



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXIX

Број: 6/2014

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXIX Свеска: 6

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад
Главни и одговорни уредник: проф. др Раде Дорословачки, декан Факултета
техничких Наука у Новом Саду

Уређивачки одбор:

Проф. др Раде Дорословачки
Проф. др Владимир Катић
Проф. др Драгиша Вилотић
Проф. др Филип Кулић
Проф. др Срђан Колаковић
Проф. др Владимир Црнојевић
Проф. др Дарко Реба
Проф. др Драган Јовановић
Проф. др Мила Стојаковић

Проф. др Драган Спасић
Проф. др Драгољуб Новаковић
Проф. др Миодраг Хаџистевић
Проф. др Растислав Шостаков
Проф. др Војин Грковић
Проф. др Стеван Станковски
Проф. др Иван Луковић
Проф. др Ђорђе Лађиновић
Доц. др Милан Мартинов

Редакција:

Проф. др Владимир Катић, уредник
Проф. др Жељен Трповски, технички
уредник
Проф. др Зора Коњовић

Проф. др Драгољуб Новаковић
Мр Мирослав Зарић
Бисерка Милетић

Штампа: ФТН – Графички центар ГРИД, Трг Доситеја Обрадовића 6

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

Штампање одобрио: Савет за издавачко-уређивачку делатност ФТН у Н. Саду

Председник Савета: проф. др Радош Радивојевић

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука / главни и одговорни уредник
Раде Дорословачки. – Год. 7, бр. 9 (1974)-1990/1991, бр.21/22 ; Год. 23, бр 1 (2008)-. – Нови
Сад : Факултет техничких наука, 1974-1991; 2008-. – илустр. ; 30 цм. –(Едиција: Техничке
науке – зборници)

Двомесечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је шеста овогодишња свеска часописа „Зборник радова Факултета техничких наука“.

Часопис је покренут давне 1960. године, одмах по оснивању Машинског факултета у Новом Саду, као „Зборник радова Машинског факултета“, а први број је одштампан 1965. године. Након осам публикованих бројева у шест година, пратећи прерастање Машинског факултета у Факултет техничких наука, часопис мења назив у „Зборник радова Факултета техничких наука“ и 1974. године излази као број 9 (VII година). У том периоду у часопису се објављују научни и стручни радови, резултати истраживања професора, сарадника и студената ФТН-а, али и аутора ван ФТН-а, тако да часопис постаје значајно место презентације најновијих научних резултата и достигнућа. Од броја 17 (1986. год.), часопис почиње да излази искључиво на енглеском језику и добија поднаслов «Publications of the School of Engineering». Једна од последица нарастања материјалних проблема и несрећних догађаја на нашим просторима јесте и привремени прекид континуитета објављивања часописа двобројем/двогодишњаком 21/22, 1990/1991. год.

Друштво у коме живимо базирано је на знању. Оно претпоставља реорганизацију наставног процеса и увођење читавог низа нових струка, као и квалитетну организацију научног рада. Значајне промене у структури високог образовања, везане за имплементацију Болоњске декларације, усвајање нове и активне улоге студената у процесу образовања и њихово све шире укључивање у стручне и истраживачке пројекте, као и покретање нових дипломских-мастер докторских студија, доносе потребу да ови, веома значајни и вредни резултати, постану доступни академској и широкој јавности. Оживљавање „Зборника радова Факултета техничких наука“, као јединственог форума за презентацију научних и стручних достигнућа, пре свега студената, обезбеђује услове за доступност ових резултата.

Због тога је Наставно-научно веће ФТН-а одлучило да, од новембра 2008. год. у облику пилот пројекта, а од фебруара 2009. год. као сталну активност, уведе презентацију најважнијих резултата свих дипломских-мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“. Поред студената дипломских-мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

Зборник излази у два облика – електронском на веб сајту ФТН-а (www.ftn.uns.ac.rs) и штампаном, који је пред вама. Обе верзије публикују се више пута годишње у оквиру промоције дипломираних инжењера-мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 01.06.2014. до 24.08.2014. год., а који се промовишу 11.09.2014. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова. Део радова већ раније је објављен на некој од домаћих или међународних научних конференција или у неком од часописа.

У Зборнику су ови радови дати као репринт уз мање визуелне корекције.

Велик број дипломираних инжењера–мастера у овом периоду био је разлог што су радови поводом ове промоције подељени у три свеске.

У овој свесци, са редним бројем 6. објављени су радови из области:

- електротехнике и рачунарства и
- мехатронике.

У свесци са редним бројем 5. објављени су радови из области:

- машинства,
- грађевинарства,
- саобраћаја,
- архитектуре и
- геодезије и геоматике.

У свесци са редним бројем 7. објављени су радови из области:

- графичког инжењерства и дизајна,
- инжењерског менаџмента и
- инжењерства заштите животне средине.

Уредништво се нада да ће и професори и сарадници ФТН-а и других институција наћи интерес да публикују своје резултате истраживања у облику регуларних радова у овом часопису. Ти радови ће бити објављивани на енглеском језику због пуне међународне видљивости и проходности презентованих резултата.

У плану је да часопис, својим редовним изласком и високим квалитетом, привуче пажњу и постане довољно препознатљив и цитиран да може да стане раме-уз-раме са водећим часописима и заслужи своје место на СЦИ листи, чиме ће значајно допринети да се оствари мото Факултета техничких наука:

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Lazar Dačić, KONCEPT VIRTUELNE ELEKTRANE I KOORDINACIJA PREKOSTRUJNE RELEJNE ZAŠTITE NA BAZI MULTI-AGENT TEHNOLOGIJE	1049
2. Dejan Drača, DIJAGNOSTIKA STANJA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA 400 kV I 220 kV U REPUBLICI SRBIJI	1053
3. Branko Borišev, Vukota Peković, Dragan Samardžija, Milko Leporis, TV TEST SIGNAL GENERATOR AND GRABBER, konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.	1057
4. Nikola Kovačević, Željko Trpovski, OPTIMIZACIJA PRENOSA MIRNE SLIKE	1061
5. Aleksandar Janković, Željko Trpovski, DIGITALNA TELEVIZIJA DRUGE GENERACIJE – DVB-T2 SA PREGLEDOM ARHITEKTURE SISTEMA I BLOKA FORMIRANJA RAMA	1065
6. Dragutin Čičulić, SOFTVERSKI ALAT ZA PRORAČUN INDUKTIVNOSTI RFID STRUKTURA	1069
7. Goran Alaša, DETEKCIJA NETEHNIČKIH GUBITAKA POMOĆU PADA NAPONA	1073
8. Nikola Lučić, PROSTIRANJE SVETLOSTI U MONOMODNOM OPTIČKOM VLAKNU	1077
9. Mile Savić, PODEŠENJE PODFREKVENTNIH RELEJA PRILIKOM ISKLJUČENJA OPTEREĆENJA	1081
10. Bojana Đurić, DIMENZIONISANJE PREKIDAČA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA	1085
11. Aleksandar Petričković, AUTOMATIZOVANE PAMETNE DISTRIBUTIVNE MREŽE	1089
12. Nikola Malivuk, Josif Tomić, DIGITALNA OBRADA ZVUKA U LABVIEW PROGRAMU	1093
13. Marko Ivanović, PRIMER ALGORITMA ZA ORTOGONALNU VIZUALIZACIJU GRAFOVA	1097
14. Duško Gutić, Vladimir Katić, Zoltan Čorba, POTENCIJAL TERMoeLEKTRIČNIH GENERATORA	1101
15. Goran Popović, Vladimir Katić, SPECIFIČNOSTI ELEKTRIČNIH INSTALACIJA JEDNE FOTONAPONSKE ELEKTRANE	1105
16. Lazar Banković, Dragan Samardžija, JEDNO REŠENJE 802.11 MESH KOMUNIKACIONOG SISTEMA IMPLEMENTIRANOG U LINUX KERNELU, konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.	1109
17. Nebojša Džinić, UPRAVLJANJE I ZAŠTITA MIKRO MREŽA	1113
18. Slobodan Steljić, RAZVOJ POSTUPAKA PRIPREME PODATAKA ZA ANALIZU PROFILA POTROŠAČA U DISTRIBUTIVNIM SISTEMIMA	1117

19.	Goran Vidaković, IMPLEMENTACIJA I ANALIZA MERA SLIČNOSTI U PROCESU KLASTEROVANJA POTROŠAČA U ELEKTRODISTRIBUTIVNIM SISTEMIMA	1121
20.	Bojan Trifunović, Veljko Mihailović, Aleksandar Zličić, Jovana Filipović, Đurđa Babić, PROŠIRENJE STB UREĐAJA PODRŠKOM ZA PRIJEM I REPRODUKCIJU SADRŽAJA KORIŠĆENJEM SAT>IP PROTOKOLA, konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.....	1125
21.	Rade Simikić, Mića Četković, Dejan Stefanović, Nikola Živanović, ON-SITE INSTALLATION SUPPORT TOOL FOR SETUP ERROR PREVENTION, konferencija Fourth International Conference on Consumer Electronics -Berlin, septembar 2014.	1128
22.	Daniel Knežević, Ivana Ostojić, Ištvan Pap, Milan Savić, INTEGRATION MECHANISM FOR LIVE STREAM QOS MONITORING IN ANDROID- BASED IPTV SET-TOP BOX; konferencija: 4th IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin (IEEE 2014 ICCE-Berlin), septembar 2014.	1130
23.	Davor Rapić, Nemanja Fimić, Nikola Kuzmanović, REALIZACIJA VIDEO POSLUŽITELJA NA DTV PLATFORMI SA VIŠE FREKVENCIJSKIH ODABIRAČA I DEKODERA BAZIRANOJ NA ANDROID OPERATIVNOM SISTEMU; konferencija: ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1133
24.	Darko Dejanović, Sreten Tanacković, Nikola Kuzmanović, JEDNO REŠENJE PROGRAMSKE PODRŠKE ZA DISTRIBUCIJU DTV SADRŽAJA NA UREĐAJE U LOKALNOJ MREŽI; konferencija: ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1137
25.	Norbert Nemet, Saša Radovanović, Rade Simikić, ADAPTIVE TR-069 SYSTEM SERVICE FOR ANDROID-BASED CONSUMER ELECTRONIC DEVICES; konferencija: 4th IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin (IEEE 2014 ICCE-Berlin), septembar 2014.	1141
26.	Miloš Lazić, PARALELNA IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA ODREĐIVANJE POLA KORISNIKA TWITTER- A NA HADOOP/MAHOUT PLATFORMI	1144
27.	Marko Obrenić, PRORAČUN TOKOVA SNAGA U ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA PRIMENOM MATRIČNOG PRISTUPA	1148
28.	Ivan Stojić, Milan Vidaković, JSP BIBLIOTEKA KOJA ENKAPSULIRA KENDO UI JQUERY BIBLIOTEKU	1152
29.	Ljubiša Barišić, INFORMACIONO-MOBILNI SISTEM e-KARTOTEKA ZA POTREBE ZDRAVSTVENE USTANOVE	1156
30.	Ivana Kovačević, INTEGRACIJA ADMS-A I POSLOVNIH APLIKACIJA KORIŠĆENJEM BIZTALK SERVERA	1160
31.	Nikola Špirić, Miloš Subotić, Jelena Simić, Radovan Škorić, Vladimir Jelovac, JEDNO REŠENJE REALIZACIJE RUKOVAOCA SISTEMSKIH RESURSA DTV UREĐAJA ZASNOVANOM NA OPERATIVNOM SISTEMU ANDROID; konferencija: ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1164
32.	Dejan Popov Tapavički, Nenad Šoškić, Aleksandar Oroz, Miloš Subotić, Miodrag Temerinac, OPTIMIZACIJA GRAFIČKE KORISNIČKE SPREGE JAVA APLIKACIJA ZA UREĐAJE BAZIRANE NA ANDROID OPERATIVNOM SISTEMU; konferencija: ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1168
33.	Saša Radovanović, Norbert Nemet, Mića Četković, Milan Z. Bjelica, Nikola Teslić, CLOUD-BASED FRAMEWORK FOR QOS MONITORING AND PROVISIONING IN CONSUMER DEVICES; konferencija: 4th IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin (IEEE 2014 ICCE-Berlin), septembar 2013.	1172
34.	Nenad Šoškić, Dejan Popov Tapavički, Nikola Kuzmanović, JEDNO REŠENJE RAZLAGANJA GRAFIČKE KORISNIČKE SPREGE NA UREĐAJIMA ZASNOVANIM NA ANDROID OPERATIVNOM SISTEMU RADI POBOLJŠANJA PERFORMANSI; konferencija: ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1175

35. Sreten Tanacković, Darko Dejanović, Milan Savić, Miloš Balać, Saša Bojić, JEDNO REŠENJE SIMULACIJE PERIFERNIH UREĐAJA NA PLATFORMI SA ANDROID OPERATIVNIM SISTEMOM; konferencija: ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1178
36. Marko Brett, Dušan Ačanski, Teodora Petrović Novković, Vranić Nikola, IP TUNER INTEGRATION IN A DVB SOFTWARE STACK; konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.	1181
37. Mića Četković, Nikola Ikonić, Vladimir Jelovac, Marko Atanasievski, REALIZACIJA SERVERA ZA AUTOMATSKU KONFIGURACIJU I NADZOR VELIKOG BROJA UREĐAJA POTROŠAČKE ELEKTRONIKE; konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.	1185
38. Bojan Trifunović, Veljko Mihailović, Aleksandar Zličić, Jovana Filipović, Đurđa Babić, PROŠIRENJE STB UREĐAJA PODRŠKOM ZA PRIJEM I REPRODUKCIJU SADRŽAJA KORIŠĆENJEM SAT>IP PROTOKOLA, konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.....	1188
39. Miloš Subotić, Nikola Špirić, Nikola Kuzmanović, JEDAN PRISTUP RAZVOJU TRODIMENZIONALNE GRAFIČKE KORISNIČKE SPREGE NA UGRAĐENIM SISTEMIMA; konferencija: ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1191
40. Stevan Medić, Predrag Dimković, Tomislav Maruna, JEDNO REŠENJE APLIKACIJE ZA KORIŠĆENJE TRIK-REŽIMA U REPRODUKCIJI VIDEO ZAPISA SNIMLJENOG U OKVIRU MREŽNO-BAZIRANOG DIGITALNOG VIDEO-SNIMAČA NA ANDROID PLATFORMI; konferencija: ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1196
41. Nemanja Ignjatov, Mića Četković, Bojan Prtvar, Dragan Trifunović, Miljan Čubrilo, REALIZACIJA PERSONALNOG REPOZITORIJUMA U CLOUDU: REŠENJE ZA SET-TOP BOKS UREĐAJE; konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.	1200
42. Nemanja Fimić, Davor Rapić, Nikola Kuzmanović , JEDNO REŠENJE PRILAGOĐENJA PROGRAMSKE PODRŠKE ZA UPRAVLJANJE DTV PRIJEMNIKOM ZASNOVANOM NA ANDROID OS-U; konferencija: ETRAN, Zlatibor, juni 2013.	1203
43. Milorad Svorcan, UTICAJ DISTRIBUIRANIH GENERATORA NA NAPONSKE PRILIKE U DISTRIBU-TIVNIM MREŽAMA I PODEŠENJE PODNAPONSKE I PRENAPONSKE ZAŠTITE	1206
44. Dinka Milovančev, Mirjana Videnović-Mišić, INTEGRISANI OPTIČKI PRIJEMNIK PROPUSNOG OPSEGA 10 Gb/s U 0,35 μ m AMS SiGe BiCMOS TEHNOLOGIJI	1210
45. Nemanja Vokić, Mirjana Videnović-Mišić, PROJEKTOVANJE FOLDED KASKODNOG OPERACIONOG TRANSKONDUKTANSNOG POJAČAVAČA U AMS 0,35 μ m TEHNOLOGIJI	1214
46. Miroslav Stefanović, Nenad Četić, Milan Kovačević, Jelena Kovačević, VOICE CONTROL SYSTEM WITH ADVANCED RECOGNITION, konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2012.	1218
47. Ivan Petrović, Nikola Čelanović, MIKROGRID PRILAGODNA PLOČA ZA TEXAS INSTRUMENTS KONTROLNE KARTICE	1222
48. Miroslav Šeša, JEDAN PRIMER REGULACIJE TEMPERATURE U PROSTORIJI PRIMENOM FUZZY ...	1226
49. Slađana Popović, MODELOVANJE I SIMULACIJA REGULACIJE AMBIJENTALNE TEMPERATURE UPOTREBOM PID I FUZZY REGULATORA	1230
50. Stojan Nedić, ANALIZA PRIMENE SOFTVERSKIH ŠABLONA U KONVERZIJI MODELA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA	1234
51. Danijela Perišić, Željko Trpovski, PERSPEKTIVE RAZVOJA DISTRIBUCIJE TV SIGNALA	1238
52. Budimir Đerić, RCAM METOD ZA OCENU UTICAJA ODRŽAVANJA NA DISTRIBUTIVNE SISTEME	1242

53.	Filip Bojanović, Željko Trpovski, MULTISENZORSKE APLIKACIJE ZA DECU OD SREDNJE DO POTPUNE OMETENOSTI U RAZVOJU BAZIRANE NA POKRETU TELA	1246
54.	Ljiljana Marijanović, ALOKACIJA SADRŽAJA U DISTRIBUIRANIM KEŠ MEMORIJAMA I PRIMENA U BUDUĆIM 4G MOBILNIM MREŽAMA	1250
55.	Tamara Bečejac, DIZAJN DVOSTEPENOG OPERACIONOG POJAČAVAČA	1254
56.	Ivan Arađanin, VIZUELIZACIJA I ANALIZA ALGORITAMA ZA BOJENJE GRAFOVA	1258
57.	Nikola Stojkov, Dušan Majstorović, JEDNO REŠENJE FIZIČKE ARHITEKTURE PODSISTEMA ZA SINHRONIZACIJU NIZA SIMULATORA U REALNOM VREMENU	1262
58.	Vedran Cuca, RAZVOJ JEZIKA ZA SPECIFIKACIJU WEB APLIKACIJA BAZIRANIH NA GOOGLE WEB TOOLKIT PLATFORMI	1266
59.	Aleksandar Stefanović, Milenko Borić Herget, Vladimir Maksović, Saša Bojić, JEDNO REŠENJE REALIZACIJE IPTV PRIJEMNIKA DIGITALNOG TELEVIZIJSKOG SIGNALA ZASNOVANOG NA ANDROID PLATFORMI; konferencija TELFOR, Beograd, novembar 2013.	1270
60.	Jovan Milošević, AUTOMATSKO GENERISANJE TESTOVA ZA JAVA APLIKACIJE: PREGLED METODA I ALATA	1274
61.	Aleksandar Životić, DSL I EDITOR ZA SPECIFIKACIJU POSLOVNIH PROCESA ZA POTREBE ANALIZE ZAHTEVA ...	1278

Radovi iz oblasti: Mehatronika

1.	Marton Lečei, PRAĆENJE BROJA PRAZNIH MESTA NA PARKINZIMA PUTEM MOBILNOG TELEFONA	1282
2.	Akoš Topolčanji, EDITOR METRIKA ZASNOVAN NA BROJAČIMA PERFORMANSI U SOFTVERU ZA DISTRIBUTIVNI MENADŽMENT SISTEM	1286
3.	Milan Mandarić, REŽIM KOČENJA TRAKASTOG TRANSPORTERA SA ELEKTROMOTORNIM POGONOM I HIDRAULIČNOM SPOJNICOM	1290
4.	Stefan Saravolac, RAZVOJ SISTEMA UPRAVLJANJA ROLETNAMA U INTELIGENTNIM ZGRADAMA	1294

KONCEPT VIRTUELNE ELEKTRANE I KOORDINACIJA PREKOSTRUPNE RELEJNE ZAŠTITE NA BAZI MULTI-AGENT TEHNOLOGIJE**VIRTUAL POWER PLANT CONCEPT AND OVERCURRENT PROTECTION RELAY COORDINATION BASED ON MULTI-AGENT SYSTEM**

Lazar Dačić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovim radom predstavljen je generalni koncept virtuelne elektrane i tehnologije na kojoj se bazira. Virtuelna elektrana vrši nadzor i upravlja opterećenjima i distribuiranim izvorima i omogućava njihov izlazak na tržište energije. Potom, razmatra se koordinacija relejne zaštite na bazi multi-agent tehnologije sa virtuelnom elektranom.

Abstract – This paper presents the general concept of virtual power plants and technologies on which they are based. Virtual power plants control and supervise loads and distributed energy resources and allows them access to the energy market. In addition, this paper also deals with coordination of relay protection based on multi-agent technology with a virtual power plant.

Ključne reči: virtuelna elektrana, pametne mreže, distribuirana proizvodnja, distribuirani izvori energije, multi-agent tehnologija.

1. UVOD

Kako bi se obuhvatili mali proizvođači energije u okviru elektroenergetskog sistema potrebna je liberalizacija tržišta. Rešenje se nalazi u razvoju novih fleksibilnijih i učinkovitijih mreža, poput koncepta naprednih mreža (Smart Grid) zasnovanom na ICT tehnologijama. Pametne mreže predstavljaju osnovu za razvoj koncepta virtualna elektrana (Virtual Power Plant – VPP), koja predstavlja kolekciju distribuiranih sistema za generisanje energije zajedno vođenih od strane centralnog kontrolnog entiteta.

Neophodno je osigurati selektivnost i koordinaciju između releja, reklosera, osigurača i druge zaštitne opreme, a koju može ozbiljno poremetiti priključivanje distribuiranih izvora. Sprovedena su mnoga istraživanja, pomoću kojih su razvijena moguća rešenja koordinacije relejne zaštite u distributivnoj mreži sa distribuiranom proizvodnjom. U ovom radu predstavljen je koncept virtuelne elektrane, pomoću kojeg se kontrolišu i vrši nadzor tereta i distribuiranih izvora, i omogućava njihov izlazak na tržište energije. Potom je razmatrana koordinacija relejne zaštite na bazi multi-agent tehnologije uz pomoć virtuelne elektrane.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji je mentor dr Duško Bekut, red.prof.

U drugom delu rada su ukratko obrađene pametne mreže, a u trećem koncept virtuelnih elektrana. U četvrtom delu je napravljen osvrt na ekonomski aspekt virtuelnih elektrana, a u petom je razmatrana zaštita. Poslednji delovi rada su posvećeni primeru, zaključku i literaturi za pisanje ovog rada.

2. PAMETNE MREŽE

Predložena definicija pametnih mreža od strane IAE, koja spaja njene funkcije i komponente, glasi: „Pametna mreža je električna mreža koja koristi digitalne i druge napredne tehnologije za praćenje i upravljanje prenosom električne energije od svih generatora da bi se zadovoljila varirajuća potražnja krajnjih korisnika. Pametne mreže koordiniraju potrebe i mogućnosti svih generatora, operatera mreža, potrošača i zainteresovanih aktera na tržištu energije kako bi upravljale svim delovima sistema što je moguće efikasnije, minimizirajući troškove i negativan uticaj na životnu sredinu uz maksimizaciju pouzdanosti, otpornosti i stabilnosti sistema“ [1].

3. KONCEPT VIRTUELNE ELEKTRANE

Virtuelna elektrana nije nov koncept. Međutim, zbog ograničenja koja postoje kada se posmatraju mreže u celosti, virtuelne elektrane nisu mogle postati značajan partner u pogledu isporuke energije distributivnom sistemu. Pametne mreže menjaju sadašnju situaciju i stvaraju veliko potencijalno tržište.

A. POSTAVKA PROBLEMA – DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA

Elektroenergetski sistem ima obaveznu da isporuči energiju kada je ona potrebna korisnicima. Dodatnu složenost u ovome unose obnovljivi izvori energije. Pored toga, distribuirani izvori energije nisu vidljivi u mreži pošto je fokus bio na priključivanju, a ne na njihovoj integraciji. Gde se prilikom priključenja, bez obzira što se mrežna ograničenja narušavaju samo nekoliko sati godišnje, kapacitet jedinica trajno limitira.

Poremećajem balansa između proizvodnje i potrošnje usled porasta decentralizovane proizvodnje, kao posledicu moglo bi imati da naponi u čvorovima pređu zacrtane granice. U studijama koje su sprovedene tokom protekle decenije, porast napona izazvan od strane distribuirane proizvodnje može predstavljati glavnu tehničku barijeru za njihovo priključivanje na mrežu [2].

Veliki proizvođači koriste nove prilike u liberalizovanom tržištu energije, koje vlasnici malih postrojenja uglavnom

ne mogu. S jedne strane neophodno je zadovoljiti niz tehničkih kriterijuma. Drugo, vlasnici malih jedinica nemaju neophodne informacije o dostupnim prilikama i posebno kako da ih iskoriste.

B. KOMPONENTE VIRTUELNE ELEKTRANE

Automatizacija elektroenergetskog sistema uglavnom se zasniva na velikom broju standarda. Neophodno je obezbediti svim zainteresovanim stranama fiksni skup standarda koji će doneti potrebnu stabilnost investicijama koje su uglavnom dugoročne. Zato se mora posvetiti pažnja standardizaciji koja će obezbediti dodatnu vrednost kroz implementaciju pametnih mreža [3].

Postoji niz distribuiranih izvora energija različitih tehnologija i proizvodnih kapaciteta, a koji su od interesa za virtuelnu elektranu:

- distribuirana proizvodnja,
- tehnologije za skladištenje energije i
- upravljanje potrošnjom (Demand Response).

Dalje, ugradnja pametnih brojila izmeniče način merenja, kao i način obračuna i naplate prodane električne energije. Takođe će inteligentni upravljački sistem u domaćinstvu (Home Energy Management System – HEMS) upravljati korišćenjem energije, kako bi se postigla ravnoteža između uštede energije i udobnog načina života.

C. REŠENJE SA VIRTUELNOM ELEKTRANOM – GLAVNI KONCEPT

Varijacije pri definisanju virtuelne elektrane postoje, ali se celokupan koncept može suziti na dve različite uloge ili funkcionalnosti. Prvo, uloga virtuelne elektrane je da obezbedi da okupljeni distribuirani izvori rade na siguran i optimizovan način, a druga uloga je da optimizuje ekonomsku vrednost distribuiranih izvora na tržištu.

Nijedan mehanizam virtualne elektrane ne može funkcionisati bez aktivnog učešća potrošača. Ukoliko se motivisanje sprovede na pravi način, informaciona podrška povećava spremnost potrošača da preduzmu potrebne aktivnosti. Zato, podatke o potrošnji moraju pratiti konkretni i za svaku situaciju specifični saveti, uz ponudu za dalju asistenciju [4]. Zato treba neprestano vršiti edukaciju potrošača kakvu dobit mogu ostvariti sa povećanjem energetske efikasnosti i aktivnim učešćem.

Mnogim korisnicima kompleksnost tržišta električne energije i tehnički zahtevi za različite pomoćne usluge predstavljali su preveliku barijeru prilikom donošenja odluke da prihvate ponudu virtuelne elektrane. Zato je pojednostavljen proces procene nekog distribuiranog izvora i sveden na samo nekoliko ključnih pitanja. Odgovore na ta pitanja vlasnici jedinica najčešće daju odmah, te se može istovremeno ustanoviti ekonomska vrednost jedinice i pregovarati o ugovoru [5].

D. USVAJANJE TEHNOLOGIJE VIRTUELNE ELEKTRANE

Neophodno je instalirati pametna brojila na lokaciji distribuiranog izvora koja će omogućiti komunikaciju sa virtuelnom elektranom. Zatim, integrisani sistem za menadžment softvera, koji je u stanju da okupi i razdvoji pojedinačne distribuirane izvore. Sistem za menadžment softvera, omogućava operateru da posmatra, upravlja i kontroliše tokove snaga između distribuiranih izvora i

distributivne ili prenosne mreže. Neophodna je interoperabilnost komunikacionih protokola kako bi se podstakla konkurencija između različitih virtuelnih elektrana i izbegla zavisnost potrošača od proizvođača i usluga jednog prodavca. Komunikacioni protokoli moraju odgovarati dizajnu pametnih brojila.

E. UPRAVLJANJE VIRTUELNOM ELEKTRANOM

Tipovi virtuelnih elektrana podeljeni su u dve kategorije, prema topologiji, gde upravljanje sistemom može biti na centralizovan ili decentralizovan način. Centralizovan sistem upravljanja ima ograničene resurse za proračun i komunikaciju, te se decentralizovana struktura favorizuje kod kompleksnih zadataka. Virtuelna elektrana sa potpuno decentralizovanim upravljanjem, mogla bi postati informacioni agent, dok bi distribuirani izvori sami donosili sve odluke.

Neka istraživanja idu u pravcu ispitivanja automatizovane agent tehnologije, poznatijoj kao multi-agent sistem (Multi Agent System – MAS). Od posebnog značaja za virtuelnu elektranu su agenti opterećenja i distribuiranih izvora. Sistem će obuhvatati veliki broj tako okupljenih agenata u manje grupe MAS, koji se organizuju u tri nivoa [6].

F. TRENDovi RAZVOJA VIRTUELNE ELEKTRANE

Postoji nekoliko velikih projekata koji doprinose budućoj implementaciji distribuiranih izvora u elektroenergetskom sistemu putem koncepta virtuelne elektrane.

1) Feniks projekat

Feniks (FENIX) projekat [7] ima za cilj da konceptualizuje, dizajnira i demonstrira tehničku arhitekturu i poslovni okvir koji bi omogućio distribuiranim izvorima da postanu deo rešenja efikasnog, sigurnog i održivog budućeg elektroenergetskog sistema Evrope. Projektom se želi obustaviti dosadašnja praksa samo priključivanja distribuiranih izvora na mrežu, i omogućiti njihovu aktivnu integraciju.

Sa jedne strane, potrebno je stvoriti komercijalni entitet koji bi okupljao izvore, odnosno komercijalne virtuelne elektrane. Sa druge strane, razvoj alata poput DMS, omogućice funkcionisanje distribuiranih izvora bez ugrožavanja integriteta sistema. Skup EMS i DMS alata, prilagođavaju se takozvanoj funkcionalnosti tehničke virtuelne elektrane.

2) Tržišno zasnovana virtuelna elektrana

Ova vrsta virtuelne elektrane aktivno učestvuje na postojećem tržištu kupujući ili prodajući energiju i/ili usluge vezane za rad mreže drugim prisutnim akterima. Njenim imenom 'tržišno zasnovana' (Market-Based Virtual power Plant – MBVPP), želi se istaći razlika u odnosu na druge virtuelne elektrane naglašavajući da se odluke koje se sprovode baziraju na tržišnim signalima. MBVPP ima mogućnost da obuhvati celo područje, što znači i pasivna opterećenja, ili isključivo distribuirane izvore kako bi delovala samo poput nezavisnog proizvođača. Ukoliko bi se obuhvatili i potrošači, onda bi MBVPP proizvodila i trošila električnu energiju, te bi na tržištu energije ugovarala potrebnu razliku za obuhvaćeno potrošačko područje poput dobavljača energije opremljenog sopstvenim proizvodnim kapacitetima [8].

G. OPTIMIZACIJA RADA VIRTUELNE ELEKTRANE

Glavni cilj virtualne elektrane jeste koordinacija rada različitih distribuiranih izvora, kako bi se zadovoljili zahtevi kupaca pri najnižoj ceni proizvodnje energije. Što znači, da se u svakom trenutku eksploatišu svi obnovljivi izvori koji su dostupni. A samo kad je to neophodno, integriše se proizvodnja na fosilna goriva, gde se daje prioritet ekonomski najefikasnijim jedinicama. To podrazumeva neprestanu varijaciju proizvodnje tokom dana, po količini i lokaciji unutar mreže, a na taj način može se očekivati uticaj na rad mreže s obzirom na naponska ograničenja i kapacitet dalekovoda [9].

H. SISTEM ZA MENADŽMENT DISTRIBUIRANIH IZVORA ENERGIJE

Pomoću sistema za menadžment distribuiranih izvora energije (Decentralised Energy Management System – DEMS) moguće je okupiti distribuirane izvore u naprednu mrežu, centralizovano kontrolisati, i optimizovati njihov rad zavisno od ekonomskih i ekoloških prilika. Kako bi bila moguća razmena informacija o stanju mreže i mogućnostima mikromreže i virtualne elektrane, DEMS mora biti povezan sa EMS i DMS. Pomoću DEMS distribuirani izvori mogu se kombinovati tako da formiraju virtualnu elektranu velikih razmera. Sistem koristi sve važne informacije, kao što su vremenska prognoza, trenutna cena električne energije, i potražnja za električnom energijom. Ti podaci daju osnovu za plansko i optimalno vođenje virtualne elektrane [10].

4. EKONOMSKI ASPEKT

Ulaganje u nove komunikacione linije teško se može pravdati potrebama mreže, pogotovo kad se upoređi sa potencijalnom dobiti od distribuiranih izvora. Kako bi se njihova vrednost otključala neophodan je razvoj mikromreže, virtualne elektrane, primena pametnih brojlara i drugih tehnologija. Jasno se vidi da je proces transformacije elektroenergetskog sistema i razvoj pojedinih tehnologija međusobno povezan. Virtualna elektrana može inteligentno obuhvatiti veliki broj kogenerativnih postrojenja, te je ovom konceptu otvoren pristup i tržištu toplotne energije i ugljenika. Nove prognoze predviđaju da će prihodi od virtualnih elektrana na godišnjem nivou širom sveta porasti sa 1 milijarde dolara u 2013. na 3,6 milijardi u 2020., prema baznom scenariju. A ukoliko bi se uvažio agresivniji scenario razvoja, mogli bi se ostvariti prihodi od 4,3 milijarde dolara u istom periodu.

5. RELEJNA ZAŠTITA

Osnovni cilj primene relejne zaštite je najbliže moguće isključenje elementa ili dela elektroenergetskog sistema sa kvarom uz očuvanje funkcionalnosti ostalog dela sistema.

A. ZAŠTITA DISTRIBUTIVNE MREŽE U PRISUSTVU DISTRIBUIRANIH IZVORA

Kako raste broj distribuiranih izvora, neophodno je razmotriti i unaprediti principe po kojima se vrši koordinacija zaštite. Svakako, struja kvara razlikovaće se

od struje normalnog pogona. Uticaj koji će distribuirani izvor imati na struje kratkog spoja u velikoj meri zavisi od njegove sposobnosti da napaja mesto kvara. Može se konstatovati da distribuirana proizvodnja utiče na: amplitudu, smer i vreme trajanja struje kratkog spoja. Sprovedena su obimna istraživanja na polju rešavanja problema zaštite u distributivnim mrežama sa distribuiranom proizvodnjom. Problemi koji se javljaju nakon priključivanja distribuiranih izvora su [11]: problem selektivnosti, skraćanje doseg releja, ostrvski rad i gubitak koordinacije između osigurača i reklozera.

B. RAZVOJ RELEJNE ZAŠTITE I MULTI-AGENT SISTEM

SCADA i DMS u okviru pametne distribucije mogu se iskoristiti za podešavanje adaptivnih prekostrujnih releja. Nedostatak ovog rešenja ogleda se u nemogućnosti da se uvek detektuju sva opterećenja i topološke promene na lokalnoj sabirnici. Decentralizovano rešenje koje nudi multi-agent tehnologija, omogućava obradu mnogih podataka koje centralizovani sistem uzima u obzir kao jednostavne konstantne vrednosti, jer bi u protivnom matematički model mogao biti vrlo složen.

1) Arhitektura multi-agent sistema

Za adaptivnu zaštitu zasnovanoj na MAS usvaja se troslojna hijerarhijska arhitektura, a koja se može realizovati unutar koncepta pametnih mreža. Sastoji se od nivoa centralizovane kontrole, nivoa kooperativne zajednice i nivoa distribuiranih agenata [12].

Svi agenti su geografski distribuirani u inteligentnim elektronskim uređajima (IED) i obuhvataju agente distribuiranih izvora, agente tereta, agente opreme i agenata relejne zaštite. MAS u distributivnoj mreži sastoji se od zajednice navedenih agenata, unutar koje agenti međusobno komuniciraju. Putem određenog agenta koji predstavlja zajednicu realizuje se komunikacija sa drugim zajednicama i kontrolnim agentom.

2) Tranzitne pojave

Jednom kad se dodele uloge agentima i izabrani kontrolni plan pokrene, postoji niz tranzitnih pojava koja mogu izazvati promenu trenutnog kontrolnog plana. Različiti uzroci mogu dovesti do promene statusa agenta. Gubitak sposobnosti regulacije nekog agenta može biti u vezi sa kvarom opreme. Zbog kritičnog nivoa goriva promeniće se status agenta distribuiranog izvora. Osim toga, spoljni faktori takođe utiču na rad, npr. ukoliko neko drvo padne na vodove i izazove prekid.

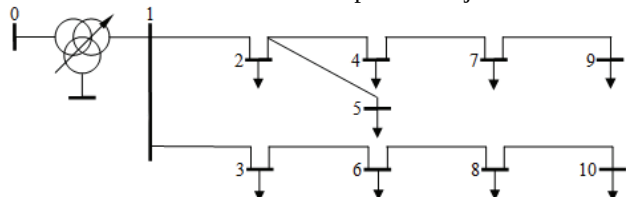
3) Koordinacija relejne zaštite sa virtualnom elektranom

Optimalna koordinacija zaštite zavisi od priključenih distribuiranih izvora, statusa rastavljača (topologije mreže) i vrste kvara. Nastala promena, bilo topološka ili izazvana priključenjem i isključenjem izvora, prenosi se u realnom vremenu kontrolnom i agentu za koordinaciju zaštite. Virtualna elektrana ima ključnu ulogu da dostavi kontrolnom i agentu za koordinaciju informacijama o distribuiranim izvorima i teretima. Agenti za koordinaciju zaštite moraju znati koji od priključenih izvora na mrežu tokom kvara ostaju priključeni i koji se isključuju, kako bi se uvažio njihov doprinos i sprovelo ponovno uključanje nakon eliminisanja kvara. Za svaki režim distributivne

mreže, agent za koordinaciju zaštite napraviće potrebne proračune i pronaći optimalna podešenja za prekostrujne releje. Značajnu ulogu igraće sposobnost učenja agenata prilikom dodavanja novih jedinica portfelju. Ažuriranjem svih proračuna pomoću agenta baze podataka formiraće se baza različitih koordinacija prekostrujnih releja. Na ovaj način virtuelna elektrana može steći uvid u uticaj njihovih izvora na rad zaštite i da li postoje kompleksni problemi prilikom koordinacije zaštite, a što bi moglo uticati na raspored angažovanja pojedinih jedinica.

6. PRIMER VIRTUELNE ELEKTRANE

Posmatra se distributivna mreža prikazana je na slici 6.1.



Slika 6.1. – Test mreža

U čvorovima 2, 3 i 5 priključeni su na mrežu farma solarnih generatora nominalne snage 1,6 MW, vetrogenerator snage 1 MW i motor na biogas koji može raditi u rasponu snage od 800 do 1500 kW. Prioritet se daje solarnim generatima i vetrogeneratoru, a motor se koristi kao rezerva. Proračuni režima sa i bez obnovljivih izvora se realizuje pomoću DMS algoritama.

Primer 1 – aktivna snaga koju farma solarnih generatora predaje mreži iznosi 1000 kW, a vetrogenerator 750 kW.

Predviđeno je da obnovljivi izvori energije snabdevaju test mrežu do 30% od ukupne aktivne energije potrošnje i gubitaka. U čvoru 9 dolazi do prekida isporuke dela energije. Proveriti da li proizvodnja distribuiranih izvora sada premašuje zadatih 30%, i odrediti za koliko virtuelna elektrana mora regulisati gore ili dole proizvodnju.

Primer 2 – proizvodnja solarnih generatora iznosi 905 kW, a vetrogeneratora 850 kW. Kada bi se u potpunosti iskoristio potencijal vetra, vetrogenerator bi proizvodio 920 kW. Usled nepredviđene pojave oblaka proizvodnja solarnih generatora se smanjuje, te se mora angažovati motor. Potrebno je izvršiti optimizaciju proizvodnje, tako što će se prioritet dati obnovljivom izvoru.

A. REZULTATI

U prvom primeru, nakon prekida isporuke energije delu potrošača, ukupna proizvodnja iz obnovljivih izvora premašuje zadato ograničenje za 2,1%. Neophodno je pomoću virtuelne elektrane smanjiti proizvodnju farme fotovoltaike na 885,48 kW ili višak energije uskladišiti za kasniju upotrebu.

Nakon gubitka proizvodnje iz farme fotovoltaike, u drugom primeru, položaj vetrogeneratora prema vetru se optimizuje tako da proizvodi sada iznosi 920 kW. Motor na biogas, kojim se nadoknađuje preostali gubitak proizvodnje, angažuje se u skladu sa ograničenjem, tako da najviše proizvodi 839,09 kW i 234,95 kVAr.

7. ZAKLJUČAK

Koncept virtuelne elektrane omogućuje optimizaciju rada obnovljivih izvora, za šta je neophodno razviti nova i

primeniti postojeća hardverska i softverska rešenja. U ovom radu navedene su mnoge tehnologije čija bi implementacije omogućila razvoj ovog koncepta.

Takođe, neophodna je planski pristupiti izgradnji novih obnovljivih izvora energije i mreža. Pratiti kakve se jedinice i gde ugrađuju, pogotovo kad se njihovo učeće poveća u proizvodnji, zbog kompenzacije reaktivne energije i koordinacije relejne zaštite.

8. LITERATURA

1. OECD (2012), „ICT Application for the Smart Grid: Opportunities and Policy Implications“, *OECD Digital Economy Papers*, No. 190.
2. Tomas Olejnczak: Distributed Generation and Virtual Power Plants: Barriers and Solutions, 26. mart 2011.
3. SMB Smart Grid Strategic Group (SG3): IEC Smart Grid Standardization Roadmap, jun 2010.
4. A. Zurborg: Unlocking Customer Value: The Virtual Power Plant, 2010.
5. Providing flexibility with a Virtual Power Plant, Intermediate Demo Report 10.2.
6. A. L. Dimeas, N. D. Hatziaargyriou: Agent based control of Virtual Power Plants, the 14th International Conference on Intelligent Systems Applications to Power System, ISAP 2007.
7. M. Braun: Virtual Power Plant in Real Application – Pilot Demonstration in Spain And England as part of European project FENIX, Internationaler ETG-Kongress „Intelligente Netze“, oktobar 2009.
8. S. You: Developing Virtual Power Plant for Optimized Distributed Energy Resources Operation and Integration, septembar 2010.
9. R. Caldon, A. R. Patria, R. Turri: Optimal Control of a Distribution System with a Virtual Power Plant, avgust 2004.
10. Decentralized Energy Management System DEMS, The intelligent way to manage decentralised generation and virtual power plants, Siemens AG.
11. E. J. Coster: Distributed Grid Operation Including Distributed Generation, septembar 2010.
12. C. Liu, Z. H. Rather, Z. Chen, C. L. Bak: Multi-agent system based adaptive protection for distributed generation integrated distribution system, *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, vol.2, no.3, oktobar 2013.

KRATKA BIOGRAFIJA



Lazar (Đorđe) Dačić rođen je 17.09.1981. godine u Novom Sadu. Fakultet Tehničkih Nauka, odsek Energetika, elektronika i telekomunikacije upisuje 2000. godine, 2003. godine opredeljuje se za smer Elektroenergetika, a 2005. za usmerenje Elektroenergetski sistemi.

DIJAGNOSTIKA STANJA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA 400 kV I 220 kV U REPUBLICI SRBIJI**DIAGNOSTICS OF THE POWER TRANSFORMERS OF 400 kV AND 220 kV IN THE REPUBLIC OF SERBIA**

Dejan Drača, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj - U radu je obrađena tema dijagnostike stanja energetskih transformatora 400 kV i 220 kV u prenosnom elektroenergetskom sistemu Republike Srbije, u cilju pravovremenog i tačnog određivanja pogonskog stanja energetskih transformatora. Poseban osvrt dat je na tumačenje rezultata ispitivanja energetskih transformatora.

Abstract – In this paper, the issue of diagnostics of the power transformers of 400 kV and 220 kV in the electric transmission system of the Republic of Serbia was studied, in order to provide timely and accurate determination of the operating status of power transformers. Particular emphasis was placed on the interpretation of test results of the power transformer.

Ključne reči: energetski transformator, ispitivanje energetskih transformatora, izolaciona ulja.

1. UVOD

Energetski transformatori (ET) nazivnih napona 400 kV i 220 kV u Republici Srbiji su u vlasništvu JP "Elektromreža Srbije". Javno preduzeće "Elektromreža Srbije" je preduzeće za prenos električne energije i upravljanje prenosnim sistemom u Republici Srbiji. Posедуje licence za obavljanje delatnosti prenosa električne energije, upravljanje prenosnim sistemom i za organizovanje tržišta električne energije. U njenom vlasništvu su transformatorske stanice 400/x kV i 220/x kV, kao i dalekovodi naponskog nivoa 110 kV, 220 kV i 400 kV. Prema podacima na dan 31.12.2013. godine, JP "Elektromreža Srbije" posedovala je sledeći broj transformatora [4]:

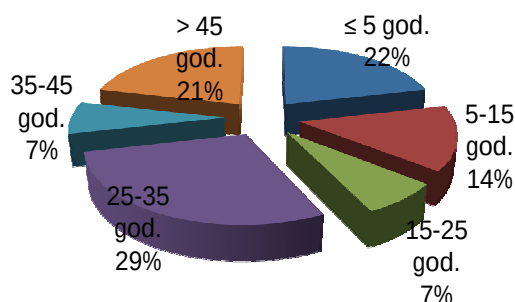
- transformatori 400/x kV - 23 komada
- transformatori 220/x kV - 31 komad

Na području AP Vojvodina (izuzev područja južnog Banata) u okviru JP "Elektromreža Srbije" deluje Pogon područja prenosnog sistema "Novi Sad", koji poseduje i održava oko 2.200 km dalekovoda i 6 transformatorskih stanica, u kojima je u pogonu 14 energetskih transformatora, trenutne knjigovodstvene vrednosti oko 13,5 mil.€.

Na slici 1 prikazana je starosna struktura ET Pogona Novi Sad.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Nimrihter, red. prof.



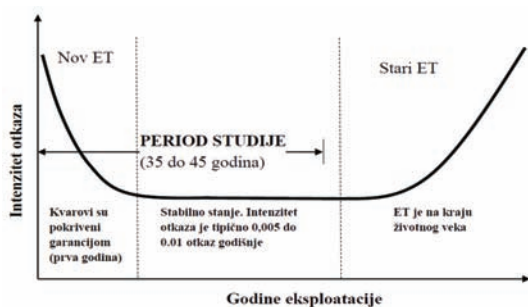
Slika 1. Starosna struktura ET Pogona "Novi Sad" [4]

S obzirom na izuzetnu važnost u EES i ekonomsku vrednost energetskih transformatora, posebna pažnja posvećuje se njihovom održavanju, u cilju njihovog ispravnog rada i pravilne ocene pogonskog stanja. Pravilna ocena pogonskog stanja donosi se nakon provedenih dijagnostičkih ispitivanja, koja obuhvataju električna ispitivanja električnog izolacionog sistema (EIS) i ET, ispitivanja izolacionog ulja (radi dobijanja informacija o pogonskom stanju ulja, čvrste izolacije i samog ET), i drugih ispitivanja koja se rade prema zahtevu, radi ekspertize stanja ET.

2. ODRŽAVANJE I KVAROVI ENERGETSKIH TRANSFORMATORA

Održavanje energetskih transformatora je skup međusobno zavisnih i povezanih postupaka pregleda, revizija, remonata i ispitivanja, a sve sa ciljem njihovog ispravnog rada i pravilne ocene pogonskog stanja. Razlikuje se korektivno održavanje (održavanje po pojavi kvara), proaktivno (otkrivanje mehanizma koji dovodi do otkaza) i preventivno održavanje. Preventivno održavanje se provodi prema utvrdjenoj periodici, koja se na osnovu rezultata ispitivanja koriguje.

Kvar energetskog transformatora podrazumeva takvo stanje zbog koga ET više ne može da obavlja svoju funkciju. Na slici 2 prikazana je kriva promene intenziteta otkaza $\lambda(t)$ tokom perioda eksploatacije ET, nakon studije provedene u Manibota Hydro elektro korporaciji u Kanadi. Uočljivo je da je stopa kvarova najveća na početku perioda eksploatacije (do oko 1 godine, kada su uzrok kvarova greške u projektovanju, izradi, transportu i montaži), i, očekivano, na kraju životnog veka ET. Grafik na slici 2 možemo prihvatiti uz rezervu da ET imaju i progresivne kvarove, tj. stanja koja će na kraju dovesti do kvara, a koja mogu trajati i više godina (degradacija celuloze, topla mesta u ET, parcijalna pražnjenja, itd.).

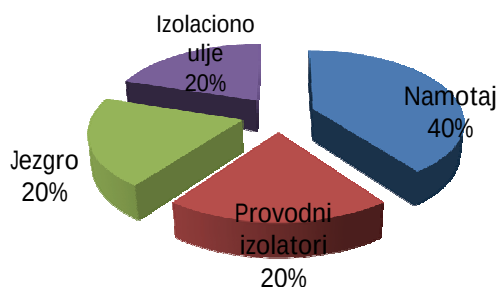


Slika 2. Promena intenziteta otkaza ET tokom perioda eksploatacije [5]

Godišnji broj kvarova i veličina negativnih posledica može se, u određenoj meri, smanjiti adekvatnim održavanjem, ali postoji veliki procenat kvarova koji se ne mogu sprečiti održavanjem (npr. ljudska greška, greške u projektovanju i proizvodnji ET, atmosferski uticaji poput udara groma).

Popravka ET, usled kvarova, u prenosnoj mreži Republike Srbije je dugotrajan proces, koji često traje i više od godinu dana. Popravka se najčešće mora izvršiti u fabričkim uslovima, što za sobom povlači velike troškove prevoza (reda 100.000,00 €), pošto se radi o prevozu vangabaritnog tereta, težine reda 150 t.

Na osnovu raspoloživih podataka u predhodnih 20 godina, na području JP "EMS", Pogon Novi Sad, dati su podaci o raspodeli kvarova prema delovima ET, prikazani na Sl. 3.



Slika 3. Raspodela kvarova ET JP „EMS“, Pogon Novi Sad, u periodu 1994-2014. godina [4]

U navedenim kvarovima dominantan uzrok kvarova su bliski kratki spojevi u TS (u prostoru između ET i sabirnice), i to u 60 % slučajeva. Bliski kratki spojevi su prouzrokovani pojavama preskoka na izolatorskim lancima usled proleta ptica, kao i ljudskom faktorom usled manipulativnih pogreški rukovalaca (otvaranje rastavljača pod teretom, uzemljavanje sabirnica pod naponom). Analizom kvarova u predhodnih 20 god. JP "EMS" je došao do zaključka da se 40 % kvarova moglo izbeći pravilnim održavanjem i ispitivanjem ET.

Kao ilustracija veličine direktnih troškova popravke ET, dati su podaci za ET 220/115/10,5 kV, ELTA, proizveden 1974. godine:

- Drumski transport iz TS Sremska Mitrovica 2 u fabriku "Minel transformatori" - 100.000 €
- Troškovi utvrđivanja kvara (defektaža) - 50.000 €
- Popravka ET - 200.000 €
- Drumsko- železnički transport u TS Srbobran - 50.000 €

Ukupni troškovi popravke iznosili su oko 400.000 €, dok je njegova knjigovodstvena vrednost pre kvara iznosila oko 300.000 € (stopa amortizacije ET je oko 2,5 % godišnje), te se postavlja pitanje ekonomske opravdanosti popravke navedenog ET. Međutim, kada se uzme u obzir značaj ET, narušenu sigurnost "n-1", vreme popravke (koje je trajalo oko 5 meseci), nedostatak novog ET koji bi zamenio postojeći (uz činjenice da je za izradu novog ET 220/110 kV, nominalne snage 250 MVA, potrebno više od godinu dana od potpisivanja ugovora, ne računajući vreme potrebno za okončanje postupka javne nabavke, i da je cena novog ET oko 2,2 mil. €), možemo smatrati da je odluka da se izvrši popravka navedenog ET ispravna.

3. ISPITIVANJE I DIJAGNOSTIKA STANJA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA

Ispitivanje energetskih transformatora su postupci utvrđivanja karakteristika energetskih transformatora merenjem uređajima i metodama, izvedene od strane specijalističke ekipe iskusnih ispitivača korisnika, ili od strane akreditovane laboratorije. Ispitivanja energetskih transformatora sprovodi se da bi se što sigurnije i preciznije odredilo njegovo stanje. Na osnovu rezultata ispitivanja se određuje dalji pogonski tretman:

- Nastavak normalnog pogona sa daljim periodičnim praćenjem karakteristika
- Nastavak pogona uz dalju pooštrenu kontrolu (mesečna, tromesečna ili šestomesečna)
- Zabrana daljeg pogona

Ispitivanja koja se vrše nad energetskim transformatorima u JP "Elektromreža Srbije" su [1] [2]:

1. Ispitivanje električne otpornosti elektroizolacionog sistema (EIS) ET (R_{60}) uz određivanje koeficijenta apsorpcije (N)
2. Ispitivanje faktora dielektričnih gubitaka ($\tan\delta$) i kapacitivnosti (C) namotaja ET
3. Ispitivanje provodnih izolatora (PI) (električna otpornost izolacije - R_{PI} , faktor dielektričnih gubitaka - $\tan\delta_{PI}$ i kapacitivnost - C_{PI})
4. Merenje električne otpornosti namotaja (R_{Cu})
5. Ispitivanje parcijalnih pražnjenja (PP)
6. Merenje struje praznog hoda (I_0) pri sniženom naponu (merenje struje magnećenja)
7. Određivanje induktivnosti usled rasipanja (L_r)
8. Određivanje frekvencijskog odziva namotaja (FO)
9. Određivanje sadržaja vlage u čvrstoj izolaciji-papiru (C_p)
10. Kontrola odnosa transformacije, kontrola polariteta i provera faznog pomeraja (sprege)
11. Termovizijska (termografska) ispitivanja
12. Ispitivanja izolacionog ulja energetskog transformatora

Radi što kvalitetnije procene stanja ET u eksploataciji dozvoljava se i primena drugih ispitivanja koja su usklađena sa konkretnim potrebama za konkretni ET, a od pomoći su za analizu i kvalitetniju procenu stanja ET. Takva posebna ispitivanja najčešće se izvode na transformatorima sumnjivim na kvar. Primeri takvih ispitivanja su: rasipna magnetna polja po površini kućišta ET, merenje vibracija uljnih pumpi, akustična ispitivanja

unutar ET, akustička ispitivanja po površini kućišta ET, itd.

Električni izolacioni sistem (EIS) podrazumeva sistem od više izolacionih materijala postavljenih između elektroda različitih potencijala u ET, te se ispitivanje stanja izolovanosti svodi na ispitivanje stanja celog EIS, koji u osnovi čine izolaciono ulje, papir i izolacioni cilindri. Električna ispitivanja kojima se daje ocena stanja EIS su ispitivanja električne otpornosti izolacije, ispitivanja tgδ i kapacitivnosti (ET i provodnih izolatora) i ispitivanje PP.

Prema vrednostima dobijenim na osnovu ispitivanja elektroizolacionog sistema (EIS), energetski transformatori se orjentaciono mogu razvrstati u tri grupe, pri čemu su ET u grupa I najboljeg kvaliteta. Tako na osnovu rezultata ispitivanja električne otpornosti EIS, ET razvrstavamo prema Tabeli 1.

Tabela 1. Orijentacione granične vrednosti R_{60}'' za definisanje grupa kvaliteta EIS [1]

U_n (kV)	R_{60}'' (MΩ), sveden na 20°C		
	I grupa kvaliteta EIS	II grupa kvaliteta EIS	III grupa kvaliteta EIS
≤ 35 (20)	≥ 300	$225 \leq R_{60}'' < 300$	< 225
110	≥ 800	$600 \leq R_{60}'' < 800$	< 600
220	≥ 1600	$1200 \leq R_{60}'' < 1600$	< 1200
400	≥ 2700	$2100 \leq R_{60}'' < 2700$	< 2100

Prilikom ispitivanja električne otpornosti R određuje se i koeficijent apsorpcije $N = R_{60}''/R_{15}''$, koji govori o stanju ovlaženosti EIS namotaja ET ili zaprljanosti površina provodnih izolatora. Generalno, visoke vrednosti koeficijenta apsorpcije N, ukazuju na suv i čist EIS. Kod ET manjih naznačenih snaga, koeficijent apsorpcije N može biti jednak 1 ili nešto iznad 1. Kod ET većih snaga, ova vrednost kreće se od 1,1 do 1,3 i više.

U pogonu, namotaji ET su izloženi delovanju elektromagnetnih sila, što, usled rastresanja i vibracija, može dovesti do deformacija namotaja. Pored sila koja su posledica normalnog rada ET i koje vremenom „rastresaju“ namotaj, usled čega dolazi do slabljenja njegove mehaničke čvrstoće, znatno su jače i opasnije elektrodinamičke sile koje nastaju pri bliskim kratkim spojevima na samom ET ili u delu postrojenja koji se napaja preko posmatranog ET. Pri nastanku bliskog kratkog spoja, usled jakih dinamičkih sila, može doći do trajne, plastične deformacije namotaja. Sama činjenica da je došlo do plastične deformacije namotaja ne mora trenutno da dovede do ispada ET, ali usled deformacija namotaja i skraćivanja normalnih rastojanja predviđenim konstrukcijom ET, vremenom može doći do kratkog spoja između delova namotaja, tj. do međuzavojnog kratkog spoja. Pored toga, svaka deformacija namotaja trajno smanjuje mehaničku otpornost namotaja na dejstvo el.dinamičkih sila pri narednom bliskom kratkom spoju.

Ispitivanja ET koja nam daju podatke o promeni stanja i geometrije namotaja i magnetnog kola ET su merenje

struje praznog hoda, merenje induktivnosti usled rasipanja i određivanje frekvencijskog odziva namotaja.

Sadržaj vlage u čvrstoj izolaciji/papiru (C_p) predstavlja težinski udeo vlage u čvrstim delovima izolacionih materijala, tj. papira. Izražava se u procentima i predstavljen je relacijom [1]

$$C_p(\%) = (G_{\text{voda u papiru}}/G_{\text{papira}}) \cdot 100 \quad (1)$$

pri čemu je:

$G_{\text{voda u papiru}}$ - težina vode u papiru

G_{papira} - težina papira

Sadržaj vlage u čvrstoj izolaciji dominantno određuje pogonsko stanje ET i zajedno sa temperaturom značajno utiče na brzinu starenja-pogoršanja izolacionih i mehaničkih karakteristika ET, kao i na trenutne vrednosti dielektričnih karakteristika EIS. Vлага u čvrstoj izolaciji postoji i u novom ET posle sušenja u fabričkim uslovima, a kasnije, tokom eksploatacije, osim što ulazi iz spoljne sredine, najčešće preko sistema za „disanje“ ET i silika gela, ona se generiše i u samom ET usled hemijskih procesa prilikom degradacije same uljno- papirne izolacije. Vлага u čvrstoj izolaciji je dominantna u odnosu na vlagu u ulju, jer je sposobnost upijanja vlage izolacije načinjene na bazi celuloznih vlakana (papir, prešpan, trafo bord, pres bord) reda 1000 puta veća od sposobnosti upijanja vlage transformatorskog ulja [2]. Ukoliko je sadržaj vlage $C_p = 0,5\%$ smatra se da je EIS nov ili dobro osušen, a ukoliko je npr. $C_p = 8\%$ stanje EIS je neprihvatljivo [1]. Merenje sadržaja vlage u čvrstoj izolaciji $C_p(\%)$ vrši se posredno preko merenja sadržaja vlage u uzorku ulja koji je uzet u temperaturno koncentraciono ravnoteži (ekvilibrijumu) pri određenoj temperaturi ET uz primenu empirijski utvrđenih karakteristika ravnoteže koncentracija vlage u sistemu ulje-papir (krive ravnoteže Nielsen, Piper, Grifen, Oommen, nomogram FIST [3].) ili direktno na uzetim uzorcima papira, kada je ET van pogona i otvoren.

Druge, indirektno –električne, metode ispitivanja sadržaja vlage u čvrstoj izolaciji, za čiju primenu je potrebno da ET bude isključen i razvezan, su [1]:

- metoda merenja povratnog napona (RVM - Recovery Voltage Meter)
- metoda merenja struje polarizacije i depolarizacije (PDC - Polarization-Depolarisation Current)
- metoda merenja faktora dielektričnih gubitaka u širem opsegu učestanosti – frekventno zavisna spektroskopija – (FDS - Frequency Domain Spectroscopy)

U JP „EMS“ se za ispitivanje C_p koristi metoda RVM.

4. ISPITIVANJE IZOLACIONIH ULJA ENERGETSKIH TRANSFORMATORA

Drugi najznačajniji faktor električnog izolacionog sistema energetskih transformatora, pored čvrste izolacije, je izolaciono (transformatorsko) ulje. Transformatorska ulja imaju ulogu da električno izoluju delove pod naponom, i da odvede toplotu. Transformatorsko ulje je takođe i važan dijagnostički medijum iz koga se dobijaju podaci o ispravnosti rada transformatora, o stanju ovlaženosti i stepenu degradacije uljno papirne izolacije.

Da bi se izolaciona ulja u transformatorima mogla koristiti kao izolaciono i rashladno sredstvo, moraju imati odgovarajuće fizičke, hemijske i električne karakteristike. U cilju ispunjavanja osnovne uloge u transformatoru, a to je izolovanje delova pod naponom, ulje mora da ima visoku dielektričnu čvrstoću, mali faktor dielektričnih gubitaka i visoku specifičnu električnu otpornost. Ulje, takođe, mora biti suvo, sa malim sadržajem vode, koja nastaje i u toku eksploatacije transformatora, kao jedan od osnovnih produkata starenja papirne izolacije. To znači da su uslov za dugogodišnju upotrebu ulja dobre karakteristike ulja i visoka otpornost ulja na oksidaciju (starenje tokom eksploatacije). Da bi ulje zadovoljilo svoju drugu osnovnu ulogu, da vrši hlađenje izolacionog sistema energetskog transformatora, ono mora da ima dobre fizičke karakteristike kao što su viskoznost, gustina, tačka stinjanja (zgušnjavanja) i dr. [2].

Pogonska ispitivanja izolacionog ulja koja se vrše su [2]:

1. *Ispitivanje pogonskog stanja i upotrebljivosti izolacionog ulja*
 - sastoji se u određivanju električnih, fizičkih i hemijskih karakteristika ulja (FHE) i sadržaja vode
2. *Ispitivanje pogonskog stanja transformatora*
 - vrši se analizom sadržaja gasova rastvorenih u ulju (gasno hromatografska analiza-GHA)
3. *Ispitivanje pogonskog stanja i stepena degradacije čvrste izolacije*
 - vrši se analizom derivata furana u ulju, uz ispitivanje sadržaja vode u uljno papirnoj izolaciji

5. ZAKLJUČAK

Zbog izuzetne važnosti energetskih transformatora u EES, kao i zbog njihove visoke ekonomske vrednosti koja je i do 3 miliona eura po jedinici, posebna pažnja se posvećuje njihovom održavanju, prvenstveno preventivnom. Sastavni deo održavanja energetskih transformatora je dobijanje pravovremene i tačne informacije o njegovom pogonskom stanju, na osnovu kojih se odlučuje o njegovom daljem tretmanu. Pravilna ocena pogonskog stanja energetskog transformatora daje se na osnovu rezultata ispitivanja navedenih u radu. Ukoliko su rezultati osnovnih, periodičnih, ispitivanja, kao što su ispitivanje otpornosti električnog izolacionog sistema, ispitivanje faktora dielektričnih gubitaka i ispitivanja izolacionog ulja, zadovoljavajući, smatra se da je energetski transformator dobrog pogonskog stanja i njegovo ispitivanje se nastavlja po utvrđenoj periodici. Ako su rezultati osnovnih ispitivanja nezadovoljavajući, tada se obavljaju i druga ispitivanja navedena u poglavlju 3., a po potrebi se obavlja ekspertiza stanja energetskog transformatora. Ekspertiza stanja se često obavlja i nakon kvara energetskog transformatora.

Pre donošenja odluke o daljem tretmanu ET nakon ispitivanja, potrebno je, zbog trenutne cene transformatora, transporta i troškova eventualne popravke

ili zamene, izvršiti i ekonomsku analizu, koja uključuje i troškove neisporučene električne energije. Dalji tretman ET podrazumeva jedan ili više sledećih koraka: nastavak redovnog održavanja, popravku na terenu, popravku u fabričkim uslovima, generalni remont, obradu uljno papirne izolacije mobilnim postrojenjem i kao krajnji korak, zamenu ET. Zbog velikog broja ET starijih od normativnog životnog veka od 25-30 godina, kao i zbog trenutne ekonomske situacije, nije moguće izvršiti željenu zamenu svih, uslovno rečeno lošijih, ET. Zbog toga je potrebno pažljivo doneti odluku o popravci, i prvenstveno generalnom remontu, vodeći računa o tome da se primenom različitih tehnologija obrade uljno papirne izolacije može postići poboljšanje karakteristika i produženje životnog veka energetskog transformatora.

Pri donošenju odluke o generalnom remontu energetskog transformatora mora se voditi računa o njegovom obimu i izboru tehnologije, jer neosnovana odluka dovodi do neopravdanih finansijskih troškova. Narušavanje tehnologije izvođenja remonta dovodi do umanjenja izolacionih karakteristika, formiranja gasnih mehurića prilikom zalivanja ulja u sud, oštećenja pojedinih delova, kontaminacije aktivnog dela i sl. Mora se voditi računa i o činjenici da prilikom sušenja aktivnog dela može doći i do ubrzanog starenja papirne izolacije. Generalni remont energetskih transformatora može se vršiti sa i bez zamene namotaja. Troškovi remonta sa zamenom namotaja su približni vrednosti novog transformatora i takav remont je ekonomski opravdan za mlade transformatore nakon havarijskog oštećenja.

Iskustva u JP „EMS“ nam pokazuje da se pravilnom primenom metoda za dijagnostiku stanja i preduzimanjem odgovarajućih koraka, životni vek energetskog transformatora može značajno produžiti, što potvrđuje činjenica da u eksploataciji postoje jedinice stare i do 55 godina, što je znatno iznad projektovanog životnog veka transformatora od 25-30 godina.

6. LITERATURA

- [1] JP "Elektromreža Srbije": Energetski transformatori - Ispitivanja i kontrole u pogonu, interni standard, 2011
- [2] JP "Elektromreža Srbije": Mineralna izolaciona ulja za primenu u visokonaponskoj opremi, interni standard, 2012.
- [3] Elektrotehnički institut "Nikola Tesla": Kompleksno dijagnostičko ispitivanje autotransformatora T-4 tip 1ABZ 400000-420s, fab.br.319014 u TS "Novi Sad 3", izveštaj br.410071, 2010.
- [4] Arhiva JP "Elektromreža Srbije"
- [5] G.Swift. T.Molinski: Power Transformer Life Cycle Cost Reduction, Manitoba Hydro, Canada, 1997

Kratka biografija:



Dejan Drača rođen je u Vinkovcima, Republika Hrvatska, 1973. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2014. godine.

TV Test Signal Generator and Grabber

Branko Borišev, Vukota Peković, Dragan Samardžija, Milko Leporis¹

Abstract – This paper illustrates a device used for set-top box testings. The primary idea was to create a system which can be used for field work. It would be a part of a bigger system which could test both, input and output functions of end users devices. Its modularity and low-power consumption are one of key benefits of this device. Further improvements on power consumption can lead to developing a system which is powered via a USB connection. The system applies FPGA to implement constant streaming. A USB microcontroller is used as an interface toward a personal computer on which a grabbed digital data is stored, or used as a video generator transmitting video samples and video test patterns.

Key words - FPGA, test generator, USB microcontroller, video grabber, VHDL.

I. INTRODUCTION

Television is one of the most important mass media today. In the past decade we are witnesses of digital television expansion. Not only that TV receivers use much more sophisticated hardware and software but also television services, provided by TV cable providers, became more complex. For using such services, and to play a wide range of multimedia, a lot of electronic devices were designed and implemented. One of the leading products in that field are set-top boxes (STB) which became more and more complex, so they can satisfy consumers ever-growing demands [1-4]. An STB is an electronic device which transforms input analog or digital TV signal into the content adjusted for TV reproduction [5]. During a production of set-top boxes, time spent on verification and testing of the products represent one third of the complete production time. In all the steps of the product manufacturing video streaming is used for all the testings. In this paper we propose a TV test signal generator which is used to improve testing efficiency during the STB manufacturing process. The device is designed as a video grabber and a generator of video test

streams. The video test streams are either automatically generated or played out from the device internal memory.

Our system has two separate functions. It can be used as a video signal generator or as a video grabbing device. The video generator sends video streams from a personal computer (PC) to the device under test with possibility to modulate the stream on the desired frequency i.e. desired channel. The streams are stored in its baseband form and used as test signals.

This device is, primary, developed for field work, when tests are needed outdoor or at a consumer location. By sending certain test streams and monitoring the output of the consumer device, we could determine whether errors during video transmission and reproduction occurred. As the second function, by grabbing the incoming RF signal the device can record it and check whether problems exist with incoming signal. Modulator on the output of the device translates the test signal on the desired frequency, so we can write a test for automatic checking of all the TV channels which are compatible with the tested STB.

Modularity of the device is one of its key benefits. A simple change of the tuner can easily make it compatible with a specific regional TV standard. Because of the 6 V to 9 V voltage it could be developed as a power autonomous device with a rechargeable battery. This paper will present the functionality of our TV test signal generator and grabber.

Section II and III will specify the requirements for the grabbing and generator functions. In Section IV we will provide details on the proposed hardware platform used in this project. In Section V the software platform is explained, and in Section VI we provide a brief summary and conclusions.

II. VIDEO GRABBER

A video signal consists of a number of frames (still images) which viewed one after another in a short time period create impression that the picture is continuously moving. The number of frames per second is determined by the persistence of vision which is 25 or more pictures per second.

The proposed video grabber is an electronic device that captures individual, digital still frames from an analog video signal or a digital video stream. It evolved from a simple, one frame grabber to a much more capable grabber which can provide a continuous grabbing function, primarily thanks to the progression of mass storage media (larger hard disk drives). To provide a precise video grabbing function we have to design a system which is capable of transmitting signal from the source of analog RF video signal to the memory module, thus storing grabbed pictures without errors.

The device user, i.e., operator decides whether to record every frame or, e.g., every third frame of the input signal. This decision depends on the storage capacity and on the

¹ ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia under Grant TR-36029

Borišev Branko, Faculty of Technical Science, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Serbia; (e-mail: borišev.branko@gmail.com)

Vukota Peković, RT-RK Institute For Computer Based Systems LLC, Narodnog fronta 23a, Novi Sad, Serbia; (e-mail: Vukota.Pekovic@rt-rk.com)

Dragan Samardžija, Faculty of Technical Science, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Serbia; (e-mail: Dragan.Samardzija@rt-rk.com)

Milko Leporis, RT-RK Institute For Computer Based Systems LLC, Narodnog fronta 23a, Novi Sad, Serbia; (e-mail: Milko.Leporis@rt-rk.com)

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Branka Boriševa. Mentor je bio prof. dr Dragan Samardžija.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.

nature of the problem. This selection will be enabled through the PC-based application.

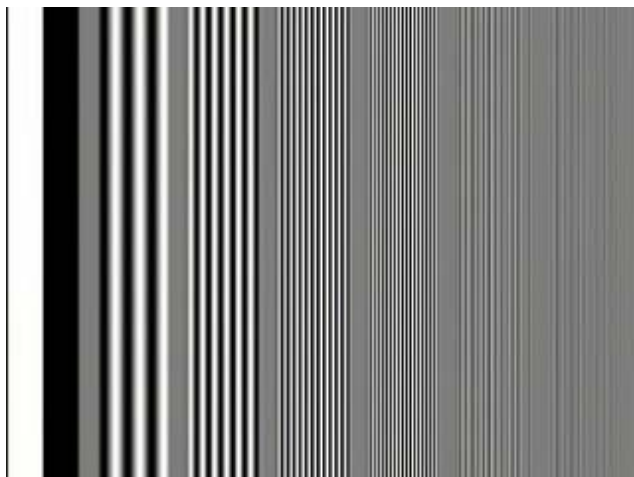
III. TV TEST GENERATOR

The proposed video generator is an electronic device that generates video patterns and signals used for analyzing and testing video systems. It produces video signals which carry characteristic information suitable for desired tests. Different kind of patterns and prepared video are available. One of the most common test signals is the color bar signal. This signal is viewed, on the display, as a picture of vertical primary and complementary colored stripes (P.1.1).



P.1.1. Color bar test signal.

There are number of signals used for testing. One which is frequently used, is a multi burst test signal formed from several sinusoidal signals, with the same amplitude but different frequency. This signal will be viewed on the display as vertical black/white stripes starting from the left to the right increasing in density (P.1.2.) [6].

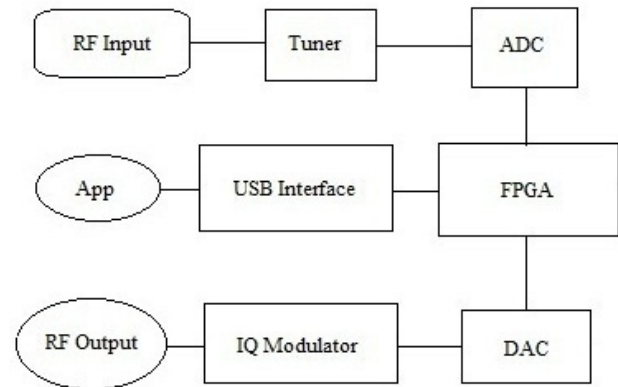


P.1.2. Multi burst test signal.

The key benefit of having the video grabbing function within this device is that we can directly store a certain part of the input RF video signal for future re-generation. Therefore this device and a laptop may be used for field work as a stand-alone system for video testing at customer location. In that way the device operator can determine and resolve potential problems with video network at consumers' location.

IV. HARDWARE DESCRIPTION

As previously mentioned, the system can be divided into two functional blocks, the video grabber and generator which will be explained later in the text.



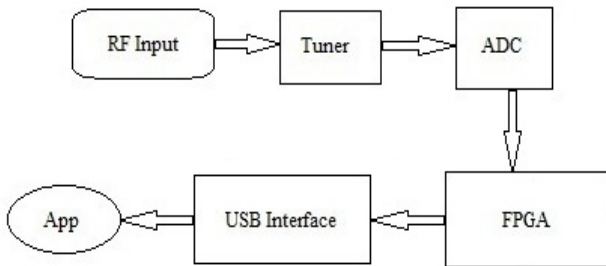
P. 2. Complete block diagram of the designed TV test signal transmitter.

The system in P.2. consists of following elements.

- RF Half NIM tuner - it includes an RF tuner, without a demodulator, output of Half NIM tuner is IF signal (intermediate frequency)
- Analog-to-digital converter (ADC) – a device that converts analog signal into digital data
- Field-programmable gate array (FPGA) integrated circuit - a reprogrammable silicon chip consisting of a configurable embedded SRAM, high-speed transceivers, high-speed I/Os, logic blocks, and routing resources
- USB microcontroller - implements the industry standard USB connectivity, it's used as an interface between the FPGA and the application which is developed for storing and processing data on the PC
- Digital-to-analog converter (DAC) – a device that converts digital data into the corresponding analog signal.
- IQ modulator – a device which performs the IQ modulation. Its input consists of two components, the I („in phase“) and Q („quadrature“) component of the waveform
- Oscillator – device which generates clock signals. Oven controlled crystal oscillator (OCXO) is used in this project. By changing the temperature, the quartz starts to expand or contract due to thermal expansion and changing the frequency of the signal produced by the oscillator. The crystal is in an enclosure which is thermo-insulated with the internal heating element.
- Clock synthesizer – a device with the input signal from the oscillator. It has multiple outputs which provide different clock signals.

The synthesizer is programmable and we control is implemented using the inter-integrated circuit (I²C) bus line.

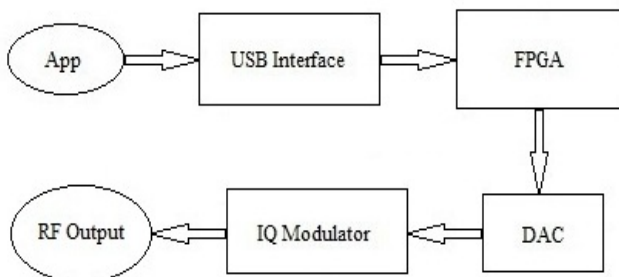
The video grabber is depicted in P. 3.



P. 3. Block diagram of the video grabber.

As seen in P.3., the RF signal is acquired with the Half NIM tuner and sent to the ADC after which the digitized signal is sent to the FPGA. In the FPGA, a FIFO buffer is implemented, used for storing coded digital signal and providing constant streaming while preventing an overflow. From the FPGA, the signal is sent to the USB microcontroller which implements the interface to the PC. Using the PC application video data is stored on the mass storage memory.

The video generator is depicted in P. 4.



P.4. Block diagram of video generators block.

As seen in P.4., a video sample is played out from the PC and is sent through the USB microcontroller to the FPGA. The FPGA stores digital data and transfers it to the DAC for analog-to-digital conversion. The signal is then modulated on the desired frequency.

The FIFO size has to be sufficiently large to prevent its overflow. The main design problem is to create constant streaming in both the grabbing and generation paths, which is solved with appropriately-sized buffers and synchronized signals.

The sampling frequency of ADC is 20 MHz. Each sample is represented with 14 bits. The difference between each digitalized value is about 201mV. In the FPGA we have implemented two FIFO buffers. One is dedicated to the video grabber function and it is used for receiving the digitized RF input signal. The input of this FIFO buffer is 14 bit wide, and is clocked using the digital clock output of the ADC. The output of this buffer is 8 bit wide and its clock is twice the input clock. The output of the buffer is

connected to the USB microcontroller with the 60 MHz clock. In this way one sample of the RF signal written in the buffer is read by the USB microcontroller in two clock cycles. Having 14 bits of data for each sample we had to add two more bits to make it compatible with reading capabilities of the USB microcontroller. The first added bit, which is the most significant bit (MSB) is logic zero and the second one is the out-of-range indicator signal (OR) of the ADC. In this way the second bit is used as a control bit. Specifically, it is set when the signal gets out of range and that sample should be eliminated. On the receiving side those extra bits are eliminated while keeping the original 14 bits.

The second FIFO implemented in the FPGA is used for the video generator function. Although this buffer fulfills the reverse functionality compared to the grabber FIFO buffer its realization is more complex. The input of this buffer is 8 bit wide and it has the 60 MHz input clock. The output of the buffer is 24 bits wide, and it has the 20 MHz clock. Original data, sent from the application and via the microcontroller is read in three clock cycles. The clock synchronizer provides this clock signal. When, in three clock cycles, all the data is sent to the DAC it generates the corresponding output analog signal. The signal is then transferred to its baseband frequency or can be modulated using the IQ modulator.

The USB microcontroller has two general functions. The first one is receiving/transmitting data from/to the FPGA. When the device is used as the video grabber it accepts the data from the FPGA and transfers it to the PC. The application developed on the PC is used for storing the digital data on a mass storage device. Already stored data can be processed for further usage. Also in that way we can determine if there is a problem with the input signal. When the device is in the video generator regime, the application can generate test signals or play out recorded streams.

The second function of the USB microcontroller is to control the tuner, ADC and clock synchronizer using the I²C bus line. The control signals are transmitted through the FPGA and the I²C bus to execute the initialization of all programmable elements of the device. When the microcontroller is used as a controlling element, two general purpose input/output pins (GPIOs) are used to organize logic in the FPGA.

The input to this device is radio frequency (RF) signals. RF signals have the frequency range from 3 kHz to 300 MHz. The TV test generator will work with the following standardized DVB signals.

- DVB-T
- DVB-T2
- DVB-S
- DVB-S2
- DVB-C

DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial) - The terrestrial television platform, traditionally uses frequencies in Bands III (174-230 MHz) and IV/V (470-862 MHz) for the provision of broadcast television services. DVB-T and DVB T2 uses OFDM (orthogonal frequency division multiplex) modulation and provides a toolkit with different numbers of carriers (1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k, 16k extended, 32k extended) and modulation

constellations (QPSK, 16 QAM, 64 QAM, 256 QAM). Each channel is 7-8 MHz wide [7].

DVB-S (Digital Video Broadcasting - Satellite) – Signal from the transmitter is sent to the satellite and then emitted back to the earth. Frequency of the signal sent from the earth is 16 GHz and the frequency of the signal sent back to earth is 11 GHz or 12 GHz. For sending to and from the satellite C-band and Q-band are used [6]. In C-band, which is used in America, programs sent from the satellite are between 3.7 GHz and 4.2 GHz. In Ku-band, which is used in Europe, signals are between 10.7GHz and 12.75GHz. Each channel is 26 – 27 MHz wide.

DVB-C (Digital Video Broadcasting - Cable) – The DVB-C standard describes transmission of digital television signals over cable lines using the MPEG-2 or MPEG-4 family of digital audio and video streams. Preferred frequency ranges of this signals are from 70 MHz to 130 MHz and/or from 300 MHz to 862 MHz. Each channel is 7-8 MHz wide [8].

V. SOFTWARE PLATFORM

For programming the FPGA we used very high speed integrated circuit hardware description language (VHDL). It is a hardware description language used for electronic design. VHDL is used to describe the structure and behavior of an application-specific integrated circuit (ASICs), FPGAs and conventional digital circuits.

VI. SUMMARY

We have described benefits of the proposed TV test signal generator and grabber. It is a device with dual functionality. All of the functions presented in this paper are vital for product testing and the corresponding customer services. Possibility of improving the mobility of

the device is particularly interesting. Use of the FPGA circuit and the device modularity allows us to easily upgrade the functions of this TV test device. If different connectivity is added, such as HDMI and use a portable PC, output of STBs could be measure at customers' location. Its usage could make the field work easier and became essential tool for the black-box testing.

LITERATURE

- [1] S. Pekowsky, R. Jaeger, "The set-top box as multi-media terminal", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 44, No. 3, August 1998.
- [2] C.-C. Lin and M.-S. Chen, "Controlling digital TV set-top box with mobile devices via an IP network", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 52, No. 3, Aug 2006, pp. 935 - 942.
- [3] A. Messer, A. Kunjithapatham, P. Rathod, M. Sheshagiri, D. Cheng, and S. Gibbs, "Internet search on TV", 5th IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2008, pp. 1240-1241.
- [4] J.H. Lim, C. Park, S.J. Park, "Home healthcare settop-box for senior chronic care using ISO/IEEE 11073 PHD standard", IEEE International Conference on Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010, pp. 216-219.
- [5] V. Pekovic, D. Banika, D. Kuburovic, V. Zlokolica, N. Vranic "Simultaneous functionality verification Engineering of Computer Based Systems (ECBS), 2012 IEEE 19th Annual IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer Based Systems
- [6] M. Petrovic "Osnovi Televizije - Prirucnik za laboratorijske vezbe" Visoka Skola elektrotehnike i racunarstva Belgrade, 2008, pp. 18-20
- [7] "Understanding DVB-T2" , DigiTAG - The Digital Terrestrial Television Action Group, 2009, pp: 2-6, Available: http://www.digitag.org/DITResources/DVB-T2_Handbook.pdf
- [8] TR 101 196, "Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Cable TV distribution systems (CATV) " Guidelines for the use of ETS 300 800, December 1997., pp: 17-20, Available: http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101100_101199/101196/01.01.01_60/tr_101196v010101p.pdf

OPTIMIZACIJA PRENOSA MIRNE SLIKE

STATIC IMAGE TRANSPORT OPTIMIZATION

Nikola Kovačević, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu opisani su mehanizmi za optimizaciju prenosa mirne slike na internetu. Detaljno su opisane, koristeći primere date u HTTP protokolu, različite implementacije kešing algoritama.

Abstract – In this paper, static image transport optimization mechanisms, are described. It is described, in detail, various caching implementations, using examples given in HTTP.

Ključne reči: Keširanje, prenos mirne slike, HTTP, Internet, CDN, image compression.

1. UVOD

Caching (keširanje) je metoda optimizacije HTML stranica koji se zasniva na privremenom čuvanju resursa na lokacijama koje se zovu keševi. Keširanje se oslanja na činjenicu da slike imaju karakter sporo promenljivih resursa. Keširanje je metoda koja se primenjuje na mnogo veći domen od digitalnih slika, ali ovde razmatramo samo keširanje digitalnih slika na HTML stranicama.

Keševi se mogu klasifikovati u više klasa, po tome gde su locirani. Najčešće korišteni su klijentski keš (browser cache), pored njega često se koristi i proksi (Proxy) keš, a postoji i posebna vrsta keširanja digitalnih slika koja se zove CDN (skraćeno od Content Delivery Network).

Uporedo sa keširanjem, optimizacije prenosa mirne slike se oslanjaju i na optimizacije veličine datoteke. Opisćemo dva najčešće korištena: komprimovanje i smanjenje veličine.

2. KLIJENTSKO KEŠIRANJE

Kao što smo već pomenuli ovaj način keširanja se najčešće koristi od gore pomenutih klasa keševa. Ovaj mehanizam keširanja radi na principu privremenog čuvanja digitalnih slika na klijentskoj strani. Sve moderni internet pretraživači imaju implementiran mehanizam lokalnog čuvanja sadržaja sa HTML stranica koje je korisnik posećivao.

Da bismo objasnili princip rada klijentskog keša moramo da se podsetimo kako izgleda mehanizam zahteva i odgovora po HTTP protokolu (detaljnije pogledati u [1]).

1. Recimo da je korisnik otvorio HTML stranicu ukucavajući njenu adresu u internet pretraživaču. To efektivno znači da je klijentski program (internet pretraživač) poslao HTTP GET zahtev na tu adresu, zahtevajući stranicu koju je korisnik ukucao.

NAPOMENA:

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Željen Trpovski, vanr. prof.

REQUEST HTTP

/GET http://www.server.com/index.html

2. Server odgovara na zahtev sa porukom da je sve u redu i vraća HTML stranicu klijentskom programu.

RESPONSE HTTP OK(200) <html ...

3. Klijentski program analizira HTML stranicu koju je dobio od servera i u njoj nalazi hiper linkove ka slikama (i ostalim resursima).

...
 <head>
 <title>This is a title</title>
 </head>
 <body>
 <p>Hello world!</p>
 <img src=
 "http://url-to-external-cdn.com/myimage.jpg">
 </body>
</html>
```

Klijent sada traži sadržaj sa navedene adrese. Navedena adresa nije više adresa servera sa koga dolazi HTML stranica već adresa CDN servera.

CDN mehanizam adresiranja koristi DNS funkciju koja se zove geo lociranje, da odredi, na osnovu lokacije klijenta, koji od servera iz celokupne CDN mreže je geografski najbliži klijentu.

Kada DNS mehanizam pronade optimalan CDN server, dalja komunikacija sa klijentom se odvija isto kao sa originalnim serverom na kome se nalazi izvorna HTML stranica. Sadržaj se servira sa CDN servera.

Servisi koji koriste usluge CDN, dostavljaju sve resurse koje žele da serviraju preko ove mreže, a potom se ti resursi multipliciraju na više lokacija (zavisno od toga koji klijenti zahtevaju koji sadržaj). Ako na nekom od CDN servera, traženi sadržaj ne postoji, on će se dobiti sa centralnog CDN servera ili sa originalnog servera koji je izvor sadržaja.

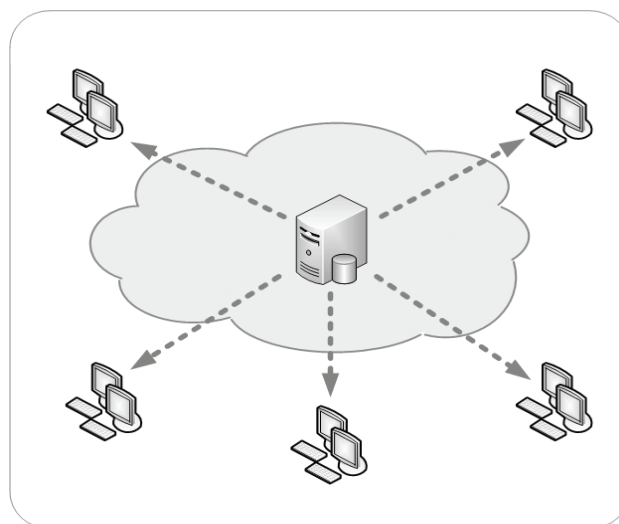
Prednosti korišćenja usluga CDN mreža su višestruke. Učitavanje HTML stranica kod klijenta je mnogostruko ubrzano (zbog manjeg čekanja na učitavanje multimedijalnih sadržaja sa udaljenih lokacija). Efektivni protok, ili brzina, mnogostruko je veća. Dostupnost sadržaja je poboljšana. Čak i u slučaju da originalni server nije dostupan (zbog kvara, preopterećenja ili privremenog održavanja) svi sadržaji koji se serviraju preko CDN-a su uvek dostupni.

Zbog svega ovoga danas je veći deo internet sadržaja serviran preko CDN mreža. Ne samo multimedijalni

sadržaj, već i ostali statički delovi HTML stranica, skript datoteke, CSS datoteke, pa često i kompletne HTML stranice.

Postoji još jedan važan razlog sve veće popularnosti CDN mreža. Kompanije Google, koja je praktično monopolista na polju pretraživanja i indeksiranja internet stranica, promenila je pravila po kojima rangira stranice (u rezultatima pretrage). HTML stranice koje se brže učitavaju su bolje rangirane nego one sporije. Motivacija koja stoji iza ove odluke jeste zadovoljstvo korisnika. Korisnici više vrednuju stranice koje, subjektivno, bolje rade, tj. objektivno brže se učitavaju, tj. sadržaj na njima brže stiže do klijenta. Stoga je brzina postala presudan faktor i sa stanovišta poslovnih zahteva, jer profit mnogih kompanija zavisi od njihovog ranga na Google pretragama (bolji rang, češća pojava u rezultatima pretrage, više posetilaca, više prodatih proizvoda).

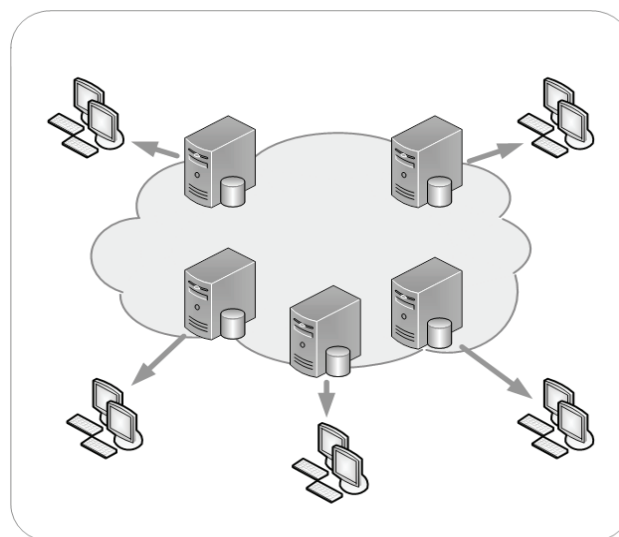
Na slici 1. prikazana je klasična server-klijent arhitektura, bez podrške CDN mreže.



Slika 1. Server-klijent arhitektura

Na ovoj slici jedan centralni server simultano opslužuje više klijenata.

Slika 2. prikazuje istu server-klijent arhitekturu ali sada koristeći podršku CDN mreže.



Slika 2. Arhitektura sa CDN mrežom

## 8. KOMPRIMOVANJE I OPTIMIZACIJA DIGITALNIH SLIKA

HTML stranica uglavnom sadrži više slika koje su ili deo prezentacije stranice ili sam sadržaj. Takođe za svaki resurs na stranici, pa tako i za slike, HTML klijent mora da uputi novi zahtev serveru. Svaki zahtev ima svoje vreme izvršavanja koje zavisi od performansi servera, od veličine slike i od propusne moći internet veze koja je na raspolaganju klijentu. Jedan od mehanizama povećanja brzine prikazivanja HTML strane, jeste takozvana optimizacija slika za internet.

Postoje dve tehnike koje se koriste paralelno.

Prva je komprimovanje slika korištenjem formata datoteka koji koriste komprimovanje. Postoje formati koji pri tom komprimovanju gube određene informacije, i oni koji čuvaju sve informacije iz originalne datoteke. Postoje veliki broj dostupnih alata, kako komercijalnih tako i besplatnih, koji služe za komprimovanje (i dekomprimovanje) digitalnih slika. U nastavku su dati neki primeri najčešće korištenih formata komprimovanih slika.

**JPEG** (.jpg) je donet od strane Joint Photographic Experts Group (otuda i skraćenica) kao standard za komprimovanje digitalnih slika. JPEG je komprimovanje sa gubicima, to znači da će određene informacije biti nepovratno izgubljene posle komprimovanja. Ovaj format je jedan od najčešće korištenih na veb-u. Uglavnom se koristi za digitalne fotografije ili foto realistične kompjuterski generisane slike, slike sa velikim rasponom boja i oblika.

**GIF** (.gif) skraćeno od Graphics Interchange Format, donet je od strane kompanije CompuServe 1987 (danas deo AOL grupacije). GIF je komprimovanje bez gubitaka. Postoje 8-bitni GIF formati, koji mogu da nose informaciju o do 256 boja, i 24 bitni koji nose informacije o više od 16 miliona boja. GIF format je pogodan za komprimovanje slika sa manje boja i slike koje sadrže puno linijskih oblika, kao što su na primer razni, crteži, grafike ili crno bele slike. Ovaj format može da sadrži više scena pa može da se koristi i za animirane slike. Problemi oko patentnih prava za patente korištene u GIF komprimovanju dovelo je do stvaranja sledećeg formata komprimovanja.

**PNG** skraćeno od Portable Network Graphics, jeste takozvani rasterski format komprimovanja digitalnih slika. Rasterski formati su oni koji nose informacije o svakoj tački (pixel-u) koji je deo slike i koji se prikazuje na ekranu. PNG je kao i GIF komprimovanje bez gubitaka.

Druga tehnika koja se koristi za optimizaciju slika na HTML stranicama jeste promena rezolucije, odnosno veličine. Slike koje su deo HTML stranica prikazuju se na monitorima koji imaju ograničene rezolucije, i često se slike unutar HTML stranica ne prikazuju u punim dimenzijama na monitorima. Ta činjenica je iskorištena u ovoj tehnici. Slike većih rezolucija se smanjuju sa neznatnim gubitkom u vizuelnom kvalitetu, ali sa značajnim smanjenjem u veličini podataka koji se prenose.

Ovakve transformacije slika mogu da se izvršavaju ili kao deo pripreme HTML stranice, ili na samom serveru kao deo odgovora na zahtev za elementima HTML stranice.

U prvom slučaju dizajner, ili druga osoba koja priprema HTML stranicu, koristi alat da manuelno redukuje dimenzije i veličinu slike. Pri tom vodeći računa o prihvatljivom gubitku na vizuelnom kvalitetu.

U drugom slučaju takva transformacija digitalne slike se dešava na serveru. Kada server locira sliku koju je klijent tražio kao svoj zahtev, predaje je posebnom alatu, koji je sledeći u lancu obrade zahteva, a koji radi pomenutu transformaciju automatizovano. Postoji više dostupnih alata koji rade ovu transformaciju, i oni mogu da se konfigurišu tako da konačni rezultat zadovolji oba kriterijuma - zadovoljavajući kvalitet uz prihvatljivu veličinu datoteke koja se prenosi. Ovi alati takođe rade i komprimovanje teksta, i keširanje i ponekad su to posebni hardverski uređaji. Takvi alati se zovu "web accelerator"-i. Detaljan spisak i opis dostupnih alata može se naći na [4].

## 9. ZAKLJUČAK

Kombinacijom korištenja svih navedenih metoda dobijaju se optimalni rezultati prenosa. Jednako je važna primena metoda keširanja kao i korištenje alata za kompresiju i optimizaciju slika. Sve navedene metode doprinose optimalnom prenosu i poboljšanju performansi Internet stranice, veb aplikacije ili servisa.

## 10. LITERATURA

[1] W3 HTTP protokol

<http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html>

[2] Definicije HTTP zaglavlja

<http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616-sec14.html>

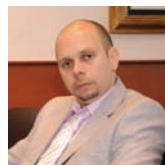
[3] Wiki strana o CDN mrežama

[http://en.wikipedia.org/wiki/Content\\_delivery\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Content_delivery_network)

[4] Web accelerator's

[http://en.wikipedia.org/wiki/Web\\_accelerator](http://en.wikipedia.org/wiki/Web_accelerator)

### Kratka biografija:



**Nikola Kovačević** rođen je u Apatinu 1978. god. Diplomski-master rad odbranio je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije



**Željko Trpovski** rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

**DIGITALNA TELEVIZIJA DRUGE GENERACIJE – DVB-T2 SA PREGLEDOM  
ARHITEKTURE SISTEMA I BLOKA FORMIRANJA RAMA****SECOND GENERATION DIGITAL TELEVISION - DVB-T2 WITH OVERVIEW OF THE  
SYSTEM ARCHITECTURE AND THE FRAME BUILDER FUNCTIONS**

Aleksandar Janković, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** - U radu je predstavljena druga generacija digitalne televizije, njene osnovne karakteristike standarda, pregled arhitekture sistema, formiranje rama, generisanje OFDM-a, mapiranje T2-rama kao i prikaz teoretskog DVB-T2 spektra. Prikazana je adaptacija moda i strima.

**Abstract** - In this paper we presented the second generation of digital television, basic characteristics of standards and overview of the system architecture, frame builder functions, the generation of OFDM, stream and mode adaptation as well as the review of theoretical DVB-T2 spectrum.

**Ključne reči:** DVB-T2, OFDM, HDTV, PLP, TS

**1. UVOD**

Prelazak sa analognog na digitalno emitovanje televizijskih signala predstavlja jedan od najsloženijih postupaka u istoriji televizije. On je, pored racionalnijeg iskorišćenja RF kanala i boljeg kvaliteta signala, doneo mnogobrojne prednosti u poređenju sa analognim prenosom što se ogleda kroz bolji kvalitet slike, smanjivanje širine kanala, interaktivnost sa gledaocima, dobar prijem signala u mobilnom režimu rada. Digitalna televizija druge generacije predviđa različite modove rada, kao što su stacionarni, portabl i mobilni prijem u zavisnosti od primenjene modulacije i kodnog količnika, koristeći nove načine modulacije i zaštitu od greške strima. Korišćenjem ovog standarda omogućiće se bolja konvergencija između tradicionalnih radiodifuznih servisa i savremenih telekomunikacionih servisa, uključujući mobilne i radiodifuzne servise.

Razvoj digitalne zemaljske televizije započeo je u Evropi početkom '90-ih godina. Formiran je DVB (Digital Video Broadcasting) konzorcijum kome pristupaju radiodifuzeri, proizvođači, operateri i regulatori sa ciljem uspostavljanja standarda radi omogućavanja prenosa digitalnog TV signala. Tokom početne faze razvila su se tri standarda: DVB-S za satelitski sistem, DVB-C za kablovski sistem i DVB-T za zemaljski sistem. Originalni DVB-T standard je razvijen za stacionarni prijem sa direkcionom zemaljskom antenom ili portabl prijem sa neusmerenom antenom.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željen Trpovski, vanr. prof.

Ukazala se potreba za novim standardom radi poboljšanja prijema TV signala unutar zgrada ili u vozilima, što je vodilo ka stvaranju novog digitalnog radiodifuznog video zemaljskog standarda verzije 2 (DVB-T2 – Digital Video Broadcasting-Terrestrial version 2) početkom 2007. godine.

Pomenuti standard je idealno rešenje kada različite servise treba podržati u jednom multipleksu, npr. HDTV (High definition TV) velike brzine preko krovne antene zajedno sa prenosom ka portabl TV prijemnicima sa sobnim antenama [1].

DVB-T2 je zasnovan na OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) modulaciji sa više nosilaca u kojoj se serijski strim podataka velike brzine transformiše u paralelne strimove podataka male brzine na predajnoj strani. Takođe, dostupni opseg kanala podeljen je na određeni broj podkanala gde je svaki podkanal ortogonalan u odnosu na druge. Strimovi podataka male brzine su modulisani na ovim podkanalima simultano na različitim frekvencijama.

Predajni sistem ima mnogo paralelnih elemenata podataka u bilo kom trenutku vremena, tako da će spektar posebnog elementa podatka u OFDM sistemu zauzeti veoma mali deo dostupnog opsega. Podnosioci su modulisani u frekvencijskom domenu, a zatim se konvertuju u vremenski domen, nakon čega se dodaje zaštitni interval pre predaje. Radi potpunog eliminisanja intersimbolske interferencije, trajanje zaštitnog intervala mora biti veća od širine kašnjenja kanala.

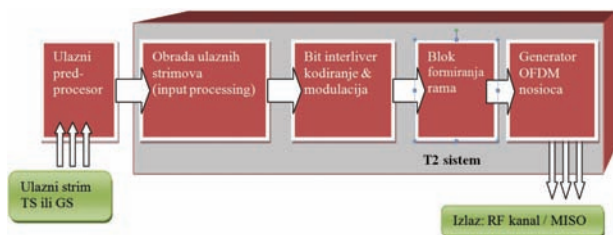
**2. ARHITEKTURA DVB-T2 SISTEMA**

Ulazi opšteg modela T2 sistema se sastoje ili od jednog ili više MPEG-2 transportnih strimova (TS) ili od jednog ili više opštih strimova (GS - Generic streams).

Na slici 1. prikazan je blok dijagram opšteg T2 sistema u čijem sklopu se ne nalazi ulazni pred-procesor koji obuhvata uslugu demultipleksiranja ulaznog transportnog strima koji služi za razdvajanje raznih usluga koje dati T2 sistem poseduje. Oni se konkretno sastoje od nekog logičkog strima podataka koji se kasnije prenose kao individualni PLP-jovi [2].

Izlaz sistema se obično sastoji od jednog signala koji se emituje preko jednog RF kanala, dok opciono sistem može generisati drugi set izlaznih signala koji će biti emitovan preko drugih predajnika, ovakav mod emitovanja se naziva MISO mod emitovanja.





Slika 1. T2 blok dijagram

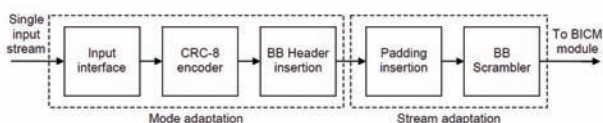
Ako na ulazu datog T2 sistema imamo samo jedan ulazni strim (PLP -Physical Layer Pipe) onda će na izlazu postojati samo jedan kontinualan kanal podataka prilikom prenosa. Ako na ulazu postoji više od jednog PLP-a, kanali podataka mogu biti vremenski podeljeni na fizičkom sloju, što omogućava različite nivoe kodiranja, modulacije i vremenskog interlivera koji će se koristiti na različitim ulaznim strimovima.

Pored T2 profila postoji i T2-Lite profil koji je namenjen da omogući usluge korisničkim aplikacijama koje ne zahtevaju mnogo velike protoke kao što su mobilno emitovanje. Ove usluge takođe mogu biti prihvaćene i od strane stacionarnih prijemnika. T2 signali se sastoje od talasa koji nosi neki određeni profil (npr. T2-base ili T2-lite profil) uključujući i buduće proširenje rama (FEF-future extension frame). U isti RF signal se mogu ukombinovati različiti profili tako što emitujemo T2 signal koristeći jedan profil sa FEF delovima drugog T2 signala koji koristi drugi profil. Pri emitovanju T2 signala koristeći neki određeni profil, FEF delovi ovog signala se ne mogu koristiti za prenos T2 signala koristeći isti profil.

Ulazni strimovi podataka podležu raznim ograničenjima kao što su dužina trajanja jednog PLP rama (T2 rama), ukupnog kapaciteta ulaznih podataka (u smislu protoka ćelija praćenog brisanjem NULL paketa i ako je moguće primena modulacije i kodiranja) koji ne bi trebali da nadmaše očekivani kapacitet T2 rama (protok podataka konstantan u vremenu) u odnosu na parametre rama. Ovo se uobičajeno postiže organizovanjem određenog PLP-a u grupu PLP-ova koji uvek koriste istu modulaciju i kodiranje (MODCOD), i interliver dubinu. Svaka grupa PLP-ova može da obuhvata jedan zajednički PLP, ali i ne mora.

Maksimalni ulazni protok bilo kog TS sistema uključujući NULL pakete je 72 Mbit/s, dok je maksimalno ostvariv protok posle brisanja NULL paketa negde oko 50Mbit/s u kanalu od 8MHz.

Na slici 2. prikazana je raspodela u kompleksniju strukturu unutrašnjosti obrade ulaznih strimova koji se sastoji od adaptacije moda ulaznog strima i adaptacije strima.



Slika 2. Sistemska blok dijagram

### 3. ADAPTACIJA MODA I STRIMA

Jedan PLP nosi jedan strim logičkih podataka, dok se na ulazu u T2 sistema može naći jedan ili više strimova sa podacima. Moduli za adaptaciju moda deluju zasebno na sadržaj svakog PLP-a deleći ulazni strim podataka na polja podataka, koji će nakon adaptacije strima formirati ramove opsega (BBFRAME - baseband frames). Režim adaptacije obuhvata ulazni interfejs koji je praćen opcionim podsistemima (sinhronizatorom ulaznog strima, brisanjem null paketa i CRC-8 enkoderom) koji onda deli dolazeći strim podataka na polja podataka ubacujući zaglavlje opsega (BBHEADER) na početku svakog polja podataka.

Svaki PLP može imati jedan ili više formata, tako da modul za adaptaciju moda može obrađivati ulazne podatke u normalnom modu (NM - normal mode) ili u modu visoke efikasnosti (HEM - high efficiency mode), a tip ulaznog strima i mod obrade određuje zaglavlje opsega (BBHEADER).

Podsistem za ulazni interfejs u modulu za adaptaciju moda primenjuje se posebno na svaki PLP, on mapira ulaz u unutrašnji logičko-bitski format, a prvi primljeni bit će biti označen kao najvažniji bit (MSB - Most Significant Bit).

Podsistem za sinhronizaciju ulaznog strima je opcion i on omogućava i garantuje odgovarajuće uslove radi dobijanja konstantne bitske brzine i konstantnog kašnjenja predaje sa kraja na kraj za bilo koji ulazni format (TS, GSE, GCS ili GFPS), jer obrada podataka u DVB-T2 modulatoru može proizvesti različito kašnjenje predaje.

Podsistem za kompenzaciju kašnjenja u TS-u. Interliver parametri mogu biti različiti za date PLP-ove u grupi i dodeljenog zajedničkog PLP-a. Da bi se omogućio rekombinujući mehanizam transportnog strima za date nesinhronizovane delove bez dodatnih zahteva za memorijom u risiveru, ulaz TS-a će biti odložen u modulatoru koji je praćen ubacivanjem ulaznih strim sinhronizacionih informacija.

Pravila TS-a zahtevaju da protok na izlazu multipleksa predajnika i ulazu demultipleksa u prijemniku bude konstantan u vremenu kao da je i kašnjenje s kraja na kraj takođe konstantno. U cilju ostvarivanja ovih uslova za neke TS signale sa promenljivim protokom potrebno je ubacivanje određenog broja null paketa kako bi dobili konstantan protok TS signala.

Podsistem za brisanje paketa sa nulama je opcion (koristi se samo za TS) i on identifikuje i briše pakete sa nulama radi nepotrebnog prekoračenja prilikom predaje, a koji se nalazi u TS radi podešavanja različite bitske brzine servisa u konstantnu bitsku brzinu TS. Kasnije se ovi paketi sa nulama mogu dodati tamo gde su bili smešteni pre brisanja u prijemniku, radi dobijanja konstantne bitske brzine.

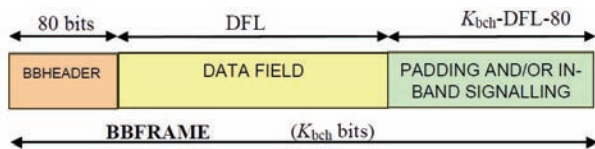


Podmodul CRC-8 koder je takođe opcion i koristi 8-bitni koder radi detektovanja greške na nivou korisničkog paketa (normalni mod i strimovi sa paketima).

Podmodul za ubacivanje zaglavlja opsega (BB header) u zavisnosti od toga da li se radi o normalnom modu ili modu visoke efikasnosti, bira 10 bita za formiranje zaglavlja i dodaje ih ispred polja sa podacima radi dobijanja informacije o formatu polja sa podacima.

Modul za adaptaciju strima preuzima zaglavlje praćeno poljem sa podacima i formira ram opsega. Sastoji se od podmodula za raspoređivanje, planiranje (scheduling), umetanje i/ili signalizaciju (padding) i kodiranje opsega (scrambling).

Ulazni strim na ulazu adaptacionog modula je sastavljen od opsega zaglavlja praćen poljem u kome se nalaze podaci kao što je prikazano na slici 3. gde na izlazu dobijamo opseg rama (BBFRAME).



Slika 3. Format opsega rama na izlazu strim adaptera

Podmodul za planiranje broji FEC blokove za svaki od PLP-ova. Počinjući od početka interliver rama, planer odvojeno broji od početka svakog FEC bloka primljenog od svakog PLP-a. Planer onda kalkuliše vrednosti dinamičkih parametara PLP-a svakog T2 rama. Zatim prosledi izračunate vrednosti radi umetanja signalizacionog podatka, L1 signalacionog generatora.

Planer ne menja podatke u PLP-ijevima za vreme rada, već se podaci baferuju, obično u memoriju interlivera koje su hronološki poredane dok traju pripreme pravljenja rama.

Podmodul za umetanje se koristi u situacijama kada količina korisničkih podataka koji su dostupni za emitovanje ne mogu u potpunosti popuniti opsege rama (BBFRAME) ili ima zahtev za celi broj korisničkih paketa. Tada se umetanje koristi radi dodavanja bita nula nakon polja sa podacima radi ispunjenja BB rama koji će nakon toga imati konstantnu dužinu. Pored toga, polje za umetanje nosi signalizacionu informaciju unutar opsega kada postoje više PLP-ijeva.

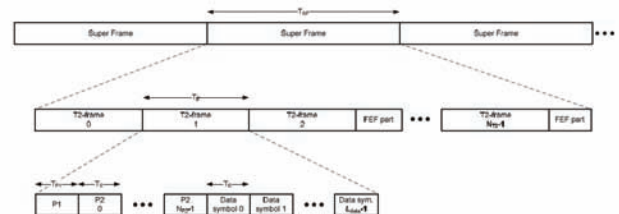
Podmodul skremblovanje osigurava da je ceo ram randomiziran, kao i da postoji sinhronizacija između randomizirane sekvence i opsega rama (BBFRAME) počinjući od MSB i završavajući se posle  $K_{bch}$  bita.

#### 4. BLOK FORMIRANJA RAMA

U ovom odeljku su definisane funkcije formiranja rama koje uvek važe za jednustriki RF kanal. Funkcija formiranja rama (Frame Builder) je da okupi ćelije nastale od vremenskog interlivera svakog PLP-a i ćelija moduliranih L1 signalnih podataka u nizove OFDM ćelija

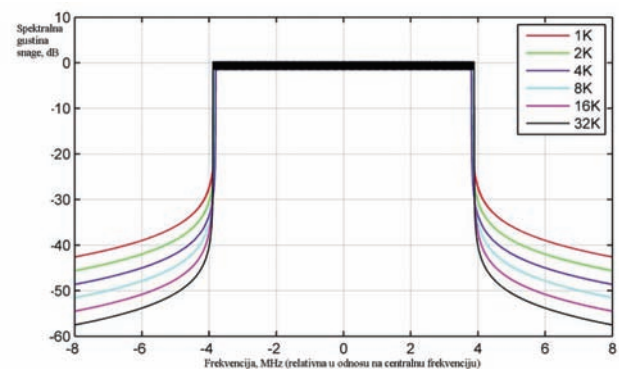
koje odgovaraju svakom od OFDM simbola koji čine ukupnu strukturu date strukture rama. Blok formiranja rama deluje u skladu sa dinamičkim parametrima koje dostavlja podmodul za planiranje i konfiguracije strukture rama.

Struktura rama DVB-T2 sistema prikazana je na slici 4. gde se gornji deo strukture rama sastoji od super-ramova koji su kasnije podeljeni u T2 ramove, a gde su oni podeljeni u OFDM simbole. Super-ram može posedovati i FEF delove.



Slika 4. Struktura rama DVB-T2 sistema na kome se vidi podela super ramova u T2 ramove koji su kasnije podeljeni u OFDM simbole

T2 okvir se sastoji od jednog uvodnog P1 simbola koji su praćeni jednim ili više P2 uvodnih simbolima nakon čega se konfigurise broj simbola podataka koji se unosi. Poslednji simbol podataka u strukturi T2 rama će biti simbol zatvaranja. P1 simboli se razlikuju od običnih OFDM simbola i oni se ubacuju kasnije. OFDM ćelija je takav deo OFDM signala koji odgovara jednom nosiocu u jednom OFDM simbolu i može biti modulisan jednom konstelacionom tačkom ili pilotom. OFDM simboli se sastoje od podjednako razmaknutih ortogonalnih nosilaca. Celokupna spektralna gustina snage moduliranih nosilaca ćelije podataka je prikazana na slici 5 [2].



Slika 5. Teoretski DVB-T2 spektar signala za zaštitni interval 1/5 (kanali od 8 MHz i sa proširenim modom nosioca 8K, 16K i 32K)

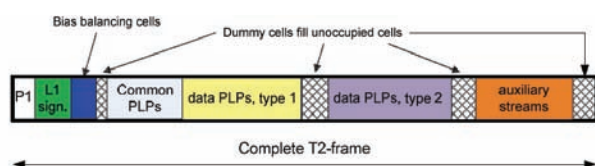
U jednom super-ramu DVB-T2 sistema se može naći maksimalno 255 T2 ramova kao i ram za buduća proširenja (FEF - Future-Extension Frame). T2 ram je podeljen na OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) simbole, a svaki T2 i FEF ram počinje P1 simbolom. T2 ramovi nose PLP-jeve i L1 signalizaciju, odnosno odgovarajuće DVB-T2 servise.

Neposredno posle ubacivanja P1 simbola ubacujemo P2 simbole čija je glavna svrha nošenje L1 signalizacije. PLP-jevi, zajednički PLP-jevi i pomoćni strimovi mogu takođe biti nošeni u P2 simbolima ili simbolima podataka pod uslovom da ima slobodnog mesta.

Svaki ram počinje BPSK modulisanim P1 simbolom, sa zaštitnim intervalom na oba kraja koji nosi 7 bita o informaciji. S obzirom da uvodni kako P1 tako i P2 mogu biti različitih formata glavna uloga signalizacije P1 jeste identifikacija formata. Naredni P2 simboli, čiji se broj ne menja za datu veličinu FFT-a, omogućuju dinamičku predaju signala, odnosno signalizaciju sloja1. Nekoliko prvih bita signalizacije (L1 pred-signalizacija) ima fiksno kodiranje i modulaciju, dok je za ostale (L1 post-signalizacija) brzina kodiranja ista 1/2, ali modulacija može biti i QPSK, 16-QAM i 64-QAM.

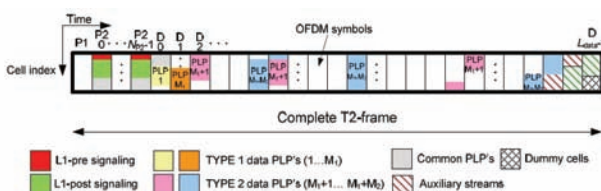
Mapiranje PLP-jeva u simbole je odrađeno na nivou OFDM ćelija i samim tim P2 (njegovi simboli podataka) mogu biti korišćeni od strane višestrukih PLP-jeva. Zajednički PLP-jevi unutar T2 rama su uvek pozicionirani pre PLP-a.

Podaci PLP-a se prenose putem pod-isečaka (sub-slices), gde je broj pod-isečaka negde između 1 i 6480. Podaci PLP-a koji su tipa 1 se prenose u jednom pod-isečku po jednom T2-ramu, dok se podaci PLP-a tipa 2 prenose sa po 2 do 6480 pod-isečaka. Broj pod-isečaka je isti za sve PLP-ove tipa 2. Struktura T2-rama je prikazana na slici 6.



Slika 6: Struktura T2 rama

Isečki i pod-isečki PLP-jeva, pomoćni strimovi i lažne ćelije su mapirane u simbolima T2-rama kao što je prikazano na slici 7. T2-ram započinje sa P1 simbolom koji je praćen  $N_{P2}$  P2 simbolom[3]. L1-pred i L1-post signalizacija su prvo mapirani u P2 simbolima, posle koga su mapirani zajednički PLP-jevi. Podaci PLP-jeva se upisuju odmah posle zajedničkog PLP-a, gde se prvo upisuje tip 1 koji je praćen upisom PLP-jeva tipa 2. Dodatni strim (ili strimovi) ako postoje se upisuju nakon upisa informacija PLP-jeva tipa 2 koji može biti praćen upisom lažnih ćelija. Zajedno lažne ćelije i dodatni strimovi ispunjavaju preostale ćelije datog rama.



Slika 7. Mapiranje podataka PLP-jeva u simbole podataka

## 5. ZAKLJUČAK

Pogodnosti koje donosi prelazak na digitalnu radiodifuziju su brojne. Građanima će digitalizacija omogućiti bolji kvalitet zvuka i slike, raznovrsniji sadržaj, više radio i televizijskih programa, unapređene dodatne usluge, portabl i mobilni prijem programa.

Gledaoci će takođe dobiti mogućnost prilagođavanja sadržaja prema potrebama različitih ciljnih grupa, interaktivnost, kao i mogućnost pružanja usluga na zahtev, niže troškove emitovanja i konvergenciju usluga.

Državi će digitalizacija omogućiti efikasnije korišćenje radio-frekvencijskog spektra, upotrebu oslobođenog dela spektra za nove usluge, promociju razvoja tehnologije i nova radna mesta, unapređenu konkurenciju i više mogućnosti za unapređenje stvaralaštva i očuvanje kulturnog identiteta.

Istovremeno, prelazak na digitalno emitovanje uveće red u etru budući da će mesto u multipleksima biti omogućeno samo emiterima sa važećim dozvolama za emitovanje programa.

## 6. LITERATURA

- [1] DVB Project, <http://www.dvb.org>
- [2] ETSI EN 302 755 v1.3.1 (2012-04) "Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)".
- [3] D.Marković, "Terestrička Digitalna Televizija", materijal u pripremi, Beograd, 2011.

### Kratka biografija:



**Aleksandar Janković** rođen je u Kovinu 1983. god. Diplomski-master rad odbranio je 2014. godine.



**Željko Trpovski** rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

## SOFTVERSKI ALAT ZA PRORAČUN INDUKTIVNOSTI RFID STRUKTURA

### SOFTWARE TOOL FOR CALCULATING INDUCTANCE OF RFID STRUCTURES

Dragutin Čičulić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazano je modelovanje RFID tagova i primena softverskog alata za računanje njihove induktivnosti. Strukture RFID tagova imaju oblik kvadratne spirale. Implementirana je biblioteka klasa za proračun i posebna aplikacija za prikazivanje rezultata. Dat je poređenje rezultata merenja i rezultata simulacije, kao i diskusija rezultata. Na osnovu diskusije, predložen je domen primene alata i moguća poboljšanja.

**Abstract** – This paper shows modeling of RFID tags and implementation of software tool for calculation of inductance of RFID tags. RFID structures have a quadratic spiral shape. Class library for calculations and separate application for results presenting are implemented. Finally, measurement results are compared with simulation results and differences are discussed. Based on discussion, domain of usage and possible improvements are suggested.

**Ključne reči:** RFID tag, proračun induktivnosti, .NET, softver

#### 1. UVOD

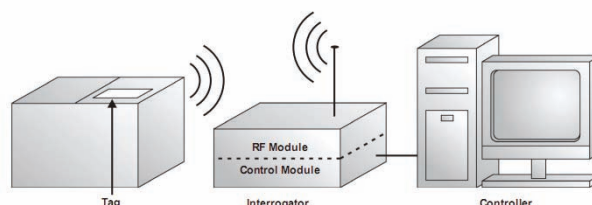
U današnjem svetu elektronike, potreba za bežičnim komunikacijama je sve veća i veća. Bežične komunikacije su prodrle u sve sfere života. Jedan od primera njihovog korišćenja su i RFID sistemi (Radio Frequency Identification).

RFID tehnologija je vrsta bežične komunikacije, razvijena sa ciljem da se jednoznačno identifikuju objekti ili ljudi [1]. Počeci RFID tehnologije se vezuju za laboratorijska ispitivanja četrdesetih godina XX veka. Mnoštvo komunikacionih tehnologija, poput satelitskih komunikacija i GPS (Global Positioning System) komunikacija, koje su se razvijale u 20. veku su uticale na istraživanja u oblastima RFID tehnologija.

Tri oblasti su bile od naročite važnosti: radio elektronika, informacione tehnologije i nauka o materijalima. Istraživanja u oblasti radio elektronike, koja su primenljiva na RFID tehnologiju, su počela u vreme drugog svetskog rata i nastavila se sve do sedamdesetih godina prošlog veka, i omogućile pravljenje antena i RFID tagova (senzora)

Istraživanja u oblasti informacionih tehnologija su omogućila umrežavanje više RFID komponenti u jedan sistem i stvaranje modernih RFID sistema. Nauka o materijalima dovela je do proizvodnje jeftinih, široko korišćenih RFID čipova, sa cenom od ispod 0.05 dolara,

čime je omogućeno da RFID tehnologija bude omasovljena i komercijalno dostupna [2].



Slika 1. Osnovni elementi RFID sistema [3]

#### 2. IZRAČUNAVANJE INDUKTIVNOSTI STRUKTURE

Ako je celokupna struktura sastavljena od pravolinijskih provodnika, onda se celokupna induktivnost strukture može izračunati kao:

$$L = \sum_{i=1}^n L_{p_i} + \sum_{k=1}^n \sum_{m=1}^n L_{p_{km}}, \quad (2.1)$$

gde je  $L_{p_i}$  samoinduktivnost  $n$ -tog segmenta, dok je  $L_{p_{km}}$  međusobna induktivnost  $k$ -tog i  $m$ -tog segmenta. Samoinduktivnost pojedinačnog segmenta se može izračunati kao:

$$L = 2l \cdot \left( \ln \frac{2l}{GMD} - 1.25 + \frac{AMD}{l} + \frac{\mu}{4} T \right), \quad (2.2)$$

gde su GMD i AMD srednje geometrijsko rastojanje između segmenata, odnosno srednje aritmetičko rastojanje između segmenata, respektivno [4]. Za slučaj provodnika pravaougaoanog poprečnog preseka, izraz se svodi na:

$$L = 2l \cdot \left( \ln \frac{2l}{w+t} + 0.25049 + \frac{w+t}{3l} + \frac{\mu}{4} T \right). \quad (2.3)$$

Korišćenjem izraza za izračunavanje induktivnosti, razvijen je softverski alat za računanje induktivnosti strukture RFID taga. Koraci algoritma su:

- definisanje vrednosti ulaznih parametara koji opisuju strukturu,
- generisanje strukture na osnovu dobijenih parametara (struktura podataka tipa liste se nameće kao jedno od rešenja, zbog relativno lake navigacije i brzog rada),
- potrebno u dvostrukoj petlji proći kroz sve elemente liste, da bi se obavilo izračunavanje,

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Mirjana Damjanović, vanredni profesor.

- primena odgovarajuće formule zavisi od međusobnog položaja segmenata, te je neophodno odrediti položaj segmenata u prostoru, a samim tim i međusobni položaj,
- potrebno je sumirati sva izračunavanja i prikazati rezultat korisniku.

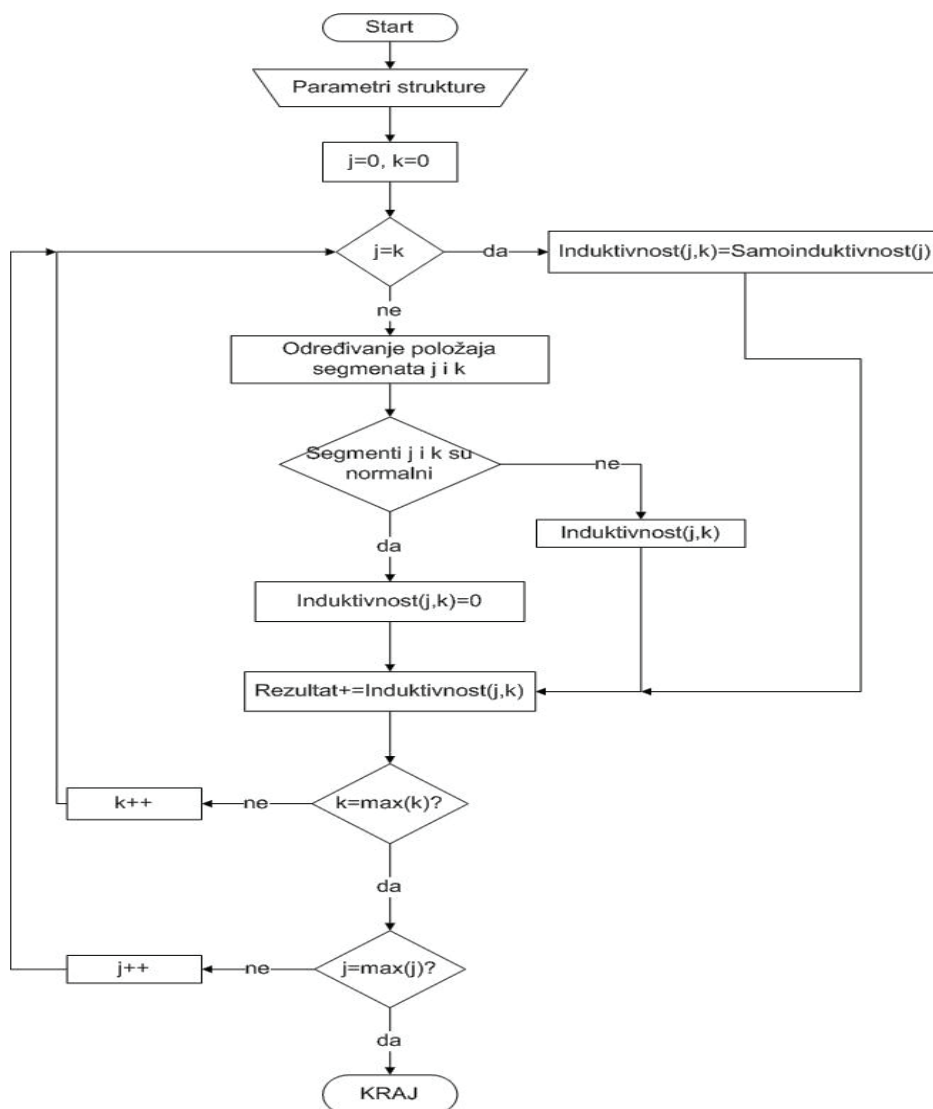
Broj segmenata strukture raste linearno u odnosu na broj zavojaka  $n$ , tako da se taj rast u razmatranjima sa veoma velikim brojem zavojaka može zanemariti [5]. Na posnovu toga se može zaključiti da algoritam ima složenost:

$$O(n)=n^2. \quad (3.1)$$

Ovo, pak, ne znači da će i vreme potrebno za izračunavanje rasti sa kvadratom, jer se ovde pretpostavlja da sve elementarne operacije traju isti vremenski interval, a u praksi to nije tako (npr. logička provera identiteta, sigurno traje kraće nego neko kompleksno izračunavanje).

### 3.ALGORITAM

Osnovni algoritam za izračunavanje induktivnosti strukture prikazan je na slici 2.



Slika 2. Osnovni algoritam za izračunavanje induktivnosti strukture

### 4. IMPLEMENTACIJA

Za implementaciju je odabrana Microsoft .NET tehnologija. Prednosti ovih tehnologija je dobra podrška i veliki broj kompatibilnih alata.

Ono što je specifično za .NET u odnosu na tradicionalne programske jezike, kao što su programski jezici C i C++, predstavlja činjenica da kompajler generiše specifičan među-jezik zasnovan na binarnom kodu, koji se naziva Common Intermediate Language (CIL). .NET tada konvertuje CIL kod u binarne instrukcije koje procesor izvršava [6].

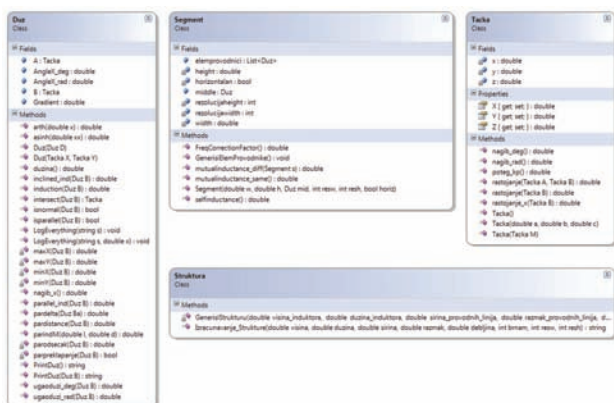
Primenom objektno-orijentisanih metoda projektovanja softvera, došlo se do strukture softverskog sistema prikazanog na slici 2.

Imajući u vidu zahteve za ponovnim korišćenjem koda, odabrano je da se sistem realizuje u dva potprojekta. Prvi je biblioteka klasa koja sadrži celokupnu logiku i koja može da se uveze i koristi u drugim softverskim rešenjima, i konzolne aplikacije za prikazivanje rezultata. Biblioteka klasa je fizički realizovana kao *dll* fajl.

Ova biblioteka nije jedinstveno digitalno potpisana, da bi se izbegla potreba za posebnim instaliranjem, a uz



odgovarajuću dokumentaciju, može da se koristi i u drugim sistemima.



Slika 3. Dijagram klasa

## 5. REZULTATI

U prvom test setu, induktori su proračunati koristeći Vilerovu metodu, a zatim su provereni uz pomoć analizatora impedanse (Agilent HP 4191A). Rezultati merenja [7] su u saglasnosti sa rezultatima simulacije dobijenim pomoću razvijeg softverskog alata. Za ovaj test set je karakteristično što, u odnosu na ostale podatke za testiranje, strukture imaju najveći broj zavoja. Cilj je bio da prikaže da li je, i u koliko meri, alat upotrebljiv za kompleksne strukture sa velikim brojem zavoja.

Drugi test set je dobijen uz pomoć alata *AntInd*, koji je razvijen da bi se dobili optimalne vrednosti geometrijskih parametara, vodeći računa o električnim svojstvima RFID taga. Rezultati su kasnije provereni korišćenjem komercijalno dostupnog softvera *CST Microwave Studio (MWS)* [8]. Test set 2 je odabran tako da bi se moglo prikazati ponašanje razvijenog alata u slučajevima kad je geometrija konstantna, osim parametra koji opisuje broj zavoja.

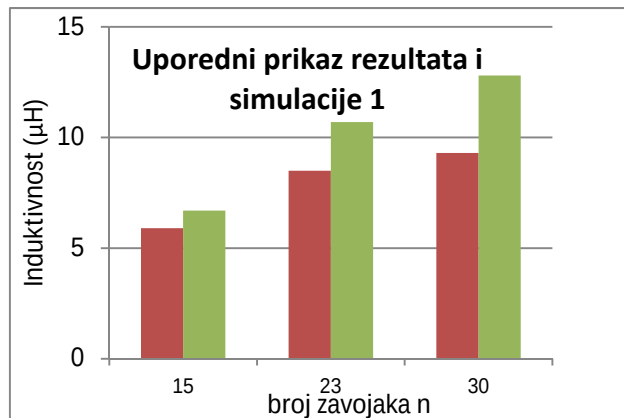
Treći test set je takođe dobijen uz pomoć alata *AntInd*. Rezultati su provereni pomoću softvera *CST Microwave Studio (MWS)* [9]. Cilj je bio da se prikaže koliko je tačan softverski alat ponaša pri računanju struktura koje imaju isti broj zavoja, ali se menja rastojanje između provodnih linija, kao i širina provodnih linija strukture.

Tabela 1. Poređenje test podataka i rezultati simulacije

Set (redni broj)	Broj zavoja	Rezultati merenja	Rezultat simulacije
1.1	15	5,9 $\mu$ H	6,7 $\mu$ H
1.2	23	8,5 $\mu$ H	10,7 $\mu$ H
1.3	30	9,3 $\mu$ H	12,8 $\mu$ H
2.1	5	3,99 $\mu$ H	4,3 $\mu$ H
2.2	6	5,31 $\mu$ H	5,7 $\mu$ H
2.3	7	6,73 $\mu$ H	7,3 $\mu$ H
2.4	8	8,22 $\mu$ H	9,0 $\mu$ H
3.1	5	3,96 $\mu$ H	4,30 $\mu$ H
3.2	5	4,14 $\mu$ H	4,45 $\mu$ H
3.3	5	4,37 $\mu$ H	4,66 $\mu$ H
3.4	5	4,78 $\mu$ H	5,01 $\mu$ H
3.5	5	5,03 $\mu$ H	5,23 $\mu$ H

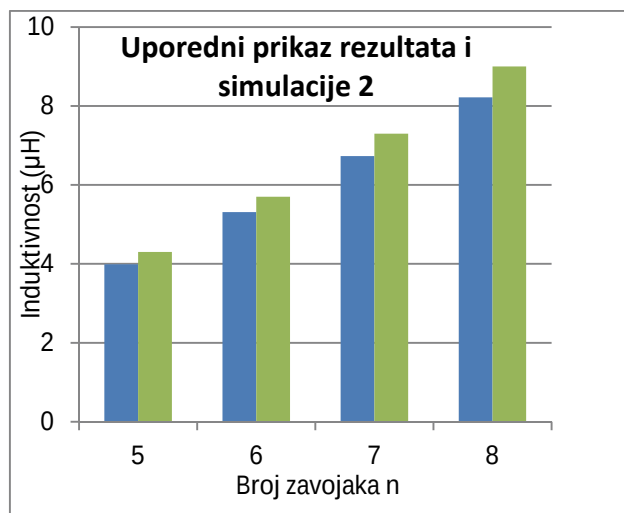
## 6. DISKUSIJA

Na slici 3 su prikazani rezultati merenja (predstavljen crvenom bojom) i simulacija (predstavljen zelenom bojom). Kao što se može primetiti, odstupanje raste porastom broja zavoja. Iako je test set mali, ima tri vrednosti, može da se zaključi da za jednu istu geometriju, alat radi dobro samo za relativno mali broj zavoja ( $n < 10$ ).



Slika 3. Uporedni prikaz rezultata merenja (crvena boja) i simulacije pomoću softverskog alata (zeleno boja) za test set 1

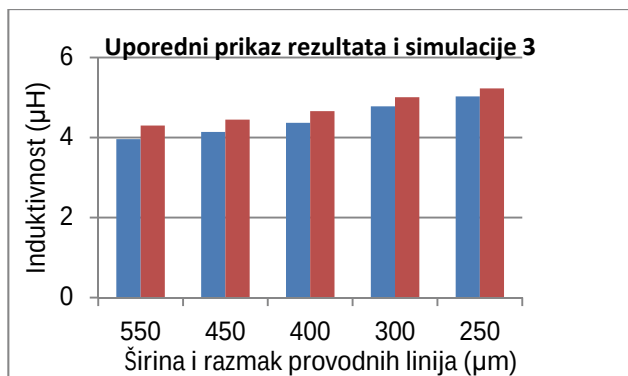
Poređenjem rezultata simulacija dobijenih pomoću softverskog alata i alata *AntInd*, može se primetiti da rezultati simulacije, prikazani na slici 4, prate porast induktivnosti koji nastaje pri korišćenju struktura sa većim brojem zavoja. Takođe se vidi da kako raste broj zavoja, tako rastu i apsolutna i relativna greška, ali za sve test strukture ostaju u prihvatljivim granicama (manjim od 10 %).



Slika 4. Uporedni prikaz rezultata simulacija dobijenih pomoću *AntInd* softverskog alata (plava boja) i razvijenog alata (zeleno boja) za test set 2

Na slici 5 vidimo da i za ovaj test set rezultati simulacije prate induktivnost koja je dobijena na drugi način [9]. Apsolutna i relativna greška se, i u ovom slučaju, održavaju u prihvatljivim granicama (do 7 %). Vidimo da induktivnost opada porastom širine provodnih linija, kao i sa povećanjem rastojanja između provodnih linija strukture, kao što se i moglo očekivati. Rezultati

simulacije dobro modeluju ovu pojavu, što je u skladu sa teorijskom osnovom.



Slika 5. Uporedni prikaz rezultata merenja (plava boja) [9] i simulacije (crvena boja) za test set 3

Na osnovu prethodno navedenog može se videti da, za test set 1, rezultati nisu zadovoljavajući i da su relativna i apsolutna greška velike. Indikativno je da test podaci, u prvom test setu, jedino daju strukture sa velikim brojem zavojaka. Takođe je i bitno napomenuti da je greška kumulativna, mada je test set suviše mali da bi se pojava mogla detaljnije analizirati.

Za preostala dva test seta, rezultati dobro modeluju test strukture, a greške se kreću u prihvatljivim granicama. Interesantno je što su, za sve strukture, u sva tri test seta, rezultati simulacije veći od izmerenih rezultata. Ovo se može objasniti time da je pri štampanju struktura došlo do „razlivanja“ (proširivanja) provodnih linija, usled čega je merena induktivnost manja. U budućem radu je potrebno da se posveti više pažnje finijem modelovanju ovih fizičkih pojava koje imaju uticaja na induktivnost, kao i drugih efekata (poput skin efekta i raspodela struje po površini provodnika za analizu rada na višim frekvencijama), koje su tek elementarno implementirane.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu je razvijen softverski alat za računanje induktivnosti struktura sačinjenih od pravih provodnika, koji su paralelni ili se nalaze pod uglom od 90°. Alat je primenjen za izračunavanje induktivnosti RFID tagova. Implementacija softverskog rešenja je obavljena u skladu sa svim principima softverskog inženjerstva, od projektovanja sistema, do implementacije koda, pisanja komentara i sl. Iz tog ugla, bilo je potrebno problemu pristupiti multidisciplinarno, prvo sa strane elektronike, za koju je bilo vezano razumevanje sistema i osnovna funkcionalnost, kao i sa strane softverskog inženjerstva za koje je bila vezana konkretna implementacija.

Cilj je bio da se napravi relativno jednostavan alat, sa velikom upotrebom vrednošću, za inženjere koji se bave projektovanjem RFID struktura. Kad se uzme u obzir da se, uz pomoć ovog alata, može za svega nekoliko sekundi predvideti vrednost induktivnosti, ne samo njen red veličine, već i vrednost u okviru prihvatljive granice greške, ovaj alat može da bude dobra početna tačka u procesu projektovanja RFID struktura.

Imajući u vidu strukturu rešenja, još jedna moguća primenabi bila za izračunavanje kapacitivnosti. Što se tiče same implementacije rešenja, moguće poboljšanje je davanje korisniku veće slobode, tj. omogućavanje da unosi segmente posebno, i tako formira sopstvenu strukturu.

Još jedna moguća izmena je pretvaranje klase *Struktura* u apstraktnu klasu, a zatim pojedinačno implementiranje generatora različitih struktura (testerastih, kružnih, struktura tipa meandar itd). Takođe, jedno od mogućih poboljšanja bi bio i razvoj korisničkog interfejsa koji bi omogućio korisniku da vidi segmente, i eventualno da vrši interakciju ili fina podešavanja.

## 8. LITERATURA

- [1] Daniel Hunt, Albert Puglia, Mike Puglia: "RFID, A guide to radio frequency identification", John Wiley & Sons Publications Inc. Hoboken, USA, 2007.
- [2] Raghu Das: "RFID explained", IDTechEx 2004, dostupna na: [www.idtech.com](http://www.idtech.com).
- [3] Jeremy Landt: "Shrouds of time: History of RFID", AIM Publication, Pitsburg, USA, 2001.
- [4] Mirjana Damjanović "Projektovanje, modelovanje i karakterizacija EMI potiskivača", FTN, Novi Sad, 2006.
- [5] John V. Guttag, "Introduction to Computation and Programming Using Python, revised and expanded edition", B&W Illus., August 2013.
- [6] Christian Gross: "Beginning C# 2008", Apress, 2007.
- [7] M. Kisić, N. Blaž, B. Dakić, A. Marić, G. Radosavljević, Lj. Živanov, M. Damjanović: "A flexible polyimide based device for displacement sensing", *IEEE International Conference on Microelectronics MIEL 2014*, Beograd, Srbija, maj 2014.
- [8] B. Dakić, M. Damjanović, Lj. Živanov, A. Menićanin, N. Blaž, M. Kisić "Design and Modeling of 13.56MHz RFID Antenna in Ink-Jet Printing Technology", *International Spring Seminar on Electronics Technology, ISSE2013*, Alba Iulia, Rumunija, maj 2013.
- [9] B. Dakić, M. Damjanović, Lj. Živanov, A. Menićanin, N. Blaž, M. Kisić "Design of RFID Antenna in Ink-Jet Printing Technology" *SISY - International Symposium of Intelligent systems and Informatics*, 2012.

### Kratka biografija:



**Dragutin Čičulić** rođen je u Vrbasu 1981. godine. Master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroročunarska elektronika je odbranio 2014. godine



**DETEKCIJA NETEHNIČKIH GUBITAKA POMOĆU PADA NAPONA**
**DETECTION OF NON-TECHNICAL LOSSES USING VOLTAGE DROP**

Goran Alaša, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad obrađuje korišćenje „pametnih“ brojlara na smanjenje netehničkih gubitaka u distributivnoj mreži. U radu je pokazano kako se vrednost pada napona na distributivnim vodovima može iskoristiti u detekciji neovlašćene potrošnje u okviru netehničkih gubitaka. Razmatranja su ilustrovana praktičnim primerom.

**Abstract** – This paper with usage of „smart“ meters on decreasing non-technical losses in distribution network. It is shown how usage of voltage drop can be used for detection of non-registered consumption within non-technical losses. Considerations are illustrated with one practical example.

**Ključne reči:** netehnički gubici, „pametna“ brojila, pad napona

**1. UVOD**

Energetski gubici su nezaobilazni deo energetske mreže širom sveta. Tehnički gubici su inherentni prirodi energetske mreže i mogu se smanjiti pomoću unapređene tehnologije i infrastrukture. Pored ovih gubitaka postoje i netehnički gubici koji u nekim slučajevima premašuju tehničke. Stoga, jedan od glavnih zadataka u distributivnim kompanijama je redukcija netehničkih gubitaka (krađa je najčešći, ali ne i jedini uzrok), a koji najčešće nastaju tako što se neovlašćena potrošnja priključuje ispred brojila.

Veliki uticaj na smanjenje netehničkih gubitaka ima razvoj „pametnih“ mreža i „pametnih“ električnih brojila. Međutim, problem koji i dalje ostaje je vezan za preuzimanje energije ispred električnih brojila. Ovaj rad se bavi upravo tom problematikom gde se predlaže da se neovlašćena potrošnja identifikuje pomoću pada napona na vodovima od transformatorskih stanica srednji-niski napon do krajnjih potrošača na niskom [1].

U drugom poglavlju dato je objašnjenje tehničkih i netehničkih gubitaka. Treće poglavlje bavi se problematikom neovlašćene potrošnje električne energije. Četvrto poglavlje bavi se uticajem „pametnih“ mreža i „pametnih“ električnih brojila na navedene gubitke. U petom poglavlju data su osnovna objašnjenja i definicije vezane za pad napona na vodovima i transformatorima i kako se to može iskoristiti za detekciju neovlašćene potrošnje što je i glavni predmet ovog rada. Takođe je dat primer proračuna pada napona na vodovima distributivne mreže, kao i promena tog pada napona usled povećanja potrošnje električne energije. Šesto i sedmo poglavlje odnose se na zaključak i korišćenu literaturu.

**2. GUBICI U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU**

Ukupni gubici električne energije mogu se podeliti u dve grupe prema načinu nastanka gubitaka i to na:

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada, čiji mentor je Duško Bekut, redovni profesor.

- Tehničke gubitke;
  - Netehničke gubitke [2];
- Kod analize gubitaka snage i energije nameće se niz zadataka od kojih se kao osnovni mogu izdvojiti:
- Tačnost određivanja ukupnih gubitaka;
  - Razdvajanje tehničkih od netehničkih gubitaka;
  - Raspodela gubitaka po elementima mreže;
  - Lociranje mesta koja predstavljaju „žarišta“ gubitaka;
  - Analiza uzroka gubitaka;
  - Izbor mera za smanjenje gubitaka [3];
- Struktura gubitaka prikazana je na slici 1 [4].

Gubici	Tehnički gubici	Gubici u prenosu	Gubici u prenosu i distribuciji	Fizički gubici
	Netehnički gubici	Gubici u distribuciji	Komercijalni gubici	Sopstvena potrošnja operatora mreže Neovlašćena potrošnja Neizmerena potrošnja (javna rasveta) Greške u merenju, obračunu i naplati

Slika 1 – Struktura gubitaka

**2.1. Tehnički gubici**

Tehnički gubici u komponentama elektroenergetskog sistema mogu se podeliti na gubitke koji zavise od napona i gubitke koji zavise od struje. Gubici koji zavise od napona, odnosno stalni gubici, posledica su održavanja elektroenergetskog sistema pod naponom odnosno u stanju stalne pogonske pripravnosti za napajanje potrošača električnom energijom. U ovu grupu spadaju gubici u jezgrima transformatora, dielektrički gubici kabela i kondenzatorskih baterija. Gubici zavisni od struje posledica su proticanja struje kroz komponente elektroenergetskog sistema i zavisni su od stepena korišćenja mreže, tj. o količini prenesene energije, odnosno zavisni su od kvadrata struje. Tehničke gubitke u prenosu moguće je mnogo tačnije odrediti nego one u distribuciji [4].

**2.2. Netehnički gubici**

Netehnički gubici predstavljaju električnu energiju koja je isporučena kupcima, ali nije naplaćena. Uglavnom su ti gubici prouzrokovani sopstvenom potrošnjom samih vlasnika i operatera mreže, energijom izgubljenom pri kvarovima (kratkim spojevima), krađom električne energije, neizmerenom potrošnjom (javna rasveta), te greškama u merenju, naplati i obradi podataka prilikom očitavanja. Takođe su prisutne i greške proizašle iz vremenskog razmaka između očitavanja brojila i obračuna električne energije [4].

Mere za smanjenje netehničkih gubitaka su:

- Uređivanje baze podataka o kupcima;
- Formiranje potrebnog broja monterskih ekipa za kontrolu;
- Ugradnja „pametnih“ električnih brojila i zamena postojeće merne infrastrukture;

- Izmeštanje mesta merenja;
- Poboljšanje očitavanja utrošene električne energije;
- Legalizacija kupaca koji su bespravno priključili svoje objekte na distributivnu mrežu;
- Ugradnja brojila za sopstvenu potrošnju;
- Provera merenja za javno osvetljenje;
- Smanjenje broja kvarova u mrežama;
- Medijska podrška na suzbijanju neovlašćene potrošnje [2].

### 3. NEOVLAŠĆENA POTROŠNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Glavni oblici neovlašćene potrošnje električne energije obuhvataju preusmeravanje (ilegalno priključivanje na napojni vod), ometanje električnog brojila i fizičke metode radi izbegavanja plaćanja. Neovlašćena potrošnja električne energije se može definisati i kao korišćenje električne energije bez predhodnog uspostavljenog ugovora sa elektrodistributivnom kompanijom ili kao kršenje stavki iz već postojećeg ugovora.

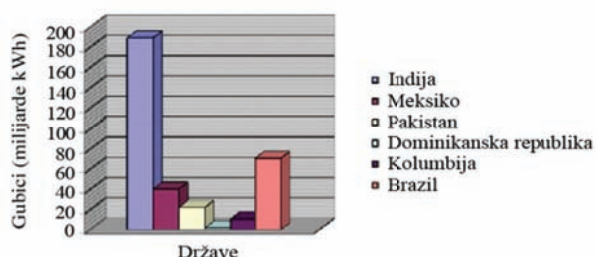
U principu, potrošači električne energije se mogu generalizovati na legalne potrošače, delimično ilegalne potrošače i ilegalne potrošače [6].

#### 3.1. Aktuelna situacija u pojedinim zemljama u svetu

Netehnički gubici u elektroenergetskom sektoru su skoro prisutni i u razvijenim zemljama, jer je cena energije visoka pa neki potrošači pokušavaju da izbegnu plaćanje. Nasuprot tome, situacija u zemljama u razvoju je znatno drugačija, cena energije je niska, ali je siromaštvo prisutno a sa tim i krađa.

Procenjuje se da elektrodistributivne kompanije (širom sveta) gube više od 25 milijardi dolara svake godine usled ilegalne potrošnje električne energije. Na primer, elektrodistributivne kompanije u Indiji gube oko 4,5 milijardi dolara svake godine zbog ilegalne potrošnje električne energije, pa redukovanje samo oko 10% netehničkih gubitaka može da sačuva oko 83.000 GWh električne energije na godišnjem nivou.

Gubitak usled ilegalne potrošnje električne energije u SAD-u iznosi oko 1-6 milijardi dolara svake godine. U Kanadi je energetska kompanija, *BC Hydro*, podnela izveštaj da ilegalna potrošnja struje, ovu kompaniju, košta 100 miliona dolara svake godine. Samo u Brazilu, na primer, nacionalna agencija za električnu energiju procenjuje da se svake godine ukrade struja vredna 4 milijarde dolara. Na slici 2 su pokazani ukupni gubici pri prenosu i distribuciji električne energije u nekoliko država [6]. Očigledno je da se svake godine ilegalno potroše milijarde kWh energije.



Slika 2 – Pregled gubitaka u prenosu i distribuciji (na godišnjem nivou) u različitim državama

#### 3.2. Neovlašćena potrošnja električne energije

Najčešći i najjednostavniji način ilegalne potrošnje električne energije je direktno priključenje potrošača na nadzemni distributivni vod, kao što je prikazano na slici 3. Drugi najčešći metod ilegalne potrošnje električne energije je manipulacija brojilima za merenje potrošnje električne energije.



Slika 3 – Jedan od postupaka krađe električne energije (izbegavanje električnog brojila)

#### 3.3. Faktori koji podstiču neovlašćenu potrošnju

Faktori koji podstiču potrošače na neovlašćenu potrošnju električne energije zavise od raznih lokalnih parametara koji se grupišu u više kategorija, kao što su društvena, politička, ekonomska, pismena, pravna, upravljačka, infrastrukturna i ekonomska kategorija faktora.

Od svih tih faktora, socio-ekonomski faktori, u najvećoj meri, utiču na potrošače da pristupe ilegalnoj potrošnji električne energije [5].

#### 3.4. Smanjenje neovlašćene potrošnje

U nedavnoj prošlosti je nekoliko tehnika predloženo za otkrivanje lokacija direktnog priključenja na napajanje ili manipulaciju električnim brojilima i identifikovanje ilegalnih potrošača. Paralelno sa tim, neke netehničke mere, kao što su inspekcija potrošača sa sumnjivim profilima opterećenja i kampanje protiv ilegalne potrošnje, takođe, su sprovedene radi kontrole neovlašćene potrošnje električne energije.

Pojava „pametnih“ električnih mreža i novih tehnologija donosi inovativne koncepte za automatizaciju električne mreže, dodajući brojne nove karakteristike alatima i uređajima koji se nalaze u distributivnoj mreži. „Pametno“ brojilo, koje se smatra osnovom moderne mreže, verovatno je sastavni element mreže koji je najviše evoluirao kako bi se postiglo što efikasnije merenje potrošnje energije. Mnoge nove karakteristike različitih tipova brojila pružaju sigurnost elektrodistributivnim kompanijama i mrežnim operaterima i čine borbu protiv ilegalne potrošnje električne energije i drugih oblika netehničkih gubitaka znatno lakšom [6].

#### 4. „PAMETNA“ BROJILA

Ovo poglavlje se bavi „pametnim“ brojilima i njihovom ulogom u borbi protiv neovlašćene potrošnje električne energije. Pitanja o dizajnu, razvoju i implementaciji „pametnih“ brojila i upravljanje podacima su, takođe, prikazana, kao i karakteristike i prednosti „pametne“ električne mreže i „pametnih“ brojila [7].

#### 4.1. Uloga „pametnih” brojila u distributivnim mrežama

„Pametno” brojilo je napredno električno brojilo koje meri potrošnju električne energije korisnika i te informacije (pored još nekih dodatnih informacija), šalje odgovarajućim sabirnim (*Metering Data Management*) sistemima u elektrodistributivnim kompanijama. Sposobnost „pametnih” brojila za dvosmernu komunikaciju omogućava elektrodistributivnim kompanijama prikupljanje informacija u vezi sa električnim napajanjem koje se vraćaju od mernog mesta korisnika natrag u električnu mrežu. Pored bezbedne komunikacije, „pametna” brojila omogućavaju, čak i na lokalnom nivou, daljinske kontrolne naredbe. Izgled jednog „pametnog” brojila dat je na slici 4 [8].



Slika 4 – „Pametno” brojilo GE I-210

#### 4.2. Komunikacione tehnologije

Korišćenje sistema „pametnih” brojila podrazumeva prenos velike količine podataka između elektrodistributivnih kompanija i „pametnih” brojila u mreži. Ovi podaci su osetljivi i poverljivi, pa pristup tim podacima treba biti omogućen samo određenim službama unutar elektrodistributivnih kompanija. Pored ograničenja ovih podataka, formulisane su i sigurnosne smernice za prenos, prikupljanje, skladištenje i održavanje podataka o potrošnji električne energije. Komunikacioni standardi i smernice su formulisani da bi se osigurao bezbedan prenos podataka unutar mreže. Jednako je važno da ti podaci predstavljaju kompletnu informaciju o korisnikovoj potrošnji električne energije i o stanju mreže bez ikakvih potencijalnih manipulacija ili pogrešnih procena [6].

#### 4.3. Problemi i izazovi

U pricipu, efikasno upravljanje distributivnom mrežom može biti alternativno rešenje umesto rekonstrukcije postojeće mreže. S obzirom na tehničke prednosti i poboljšanja u sposobnosti rada, integracija „pametne” električne mreže važi kao značajno rešenje prilikom upravljanja postojećom mrežom. Implementacija i održavanje sistema „pametnih” brojila u distributivnoj mreži podrazumeva i ulaganja vredna nekoliko milijardi dolara. Iako će ilegalni potrošači uvek pokušavati da pronađu put kako da zaobiđu mogućnosti novih tehnologija, podaci „pametne” električne mreže pružaju elektrodistributivnim kompanijama realne šanse da ostanu u prednosti i znatno smanje gubitke usled neovlašćene potrošnje električne energije [1].

### 5. PRIMENA „PAMETNIH” BROJILA U DETEKCIJI NEOVLAŠĆENE POTROŠNJE

Ovo poglavlje se bavi detekcijom neovlašćene potrošnje primenom pada napona i „pametnih brojila”. Ideja je da se

iskoriste podaci sa brojila (napon i potrošnja). Uslov je da transformator napaja više od dva potrošača, jer se detekcija neovlašćene potrošnje vrši poređenjem pada napona od svakog mernog mesta do transformatora. Ukoliko se ispred brojila ilegalno priključi potrošač, doći će do povećanja pada napona. U primeru koji je obrađen u ovom radu upravo će to povećanje pada napona pomoći u detekciji ilegalno priključenog potrošača. U nastavku slede definicije za pad napona na vodu i transformatoru.

#### 5.1. Pad napona i gubici snage na vodu distributivne mreže

Za analizu pada napona u distributivnim vodovima može se koristiti relacija:

$$\Delta U = \frac{PR}{U} \left( 1 + \frac{x}{r} \tan \varphi \right) \quad (5.1)$$

gde je P – snaga potrošnje, R – otpor voda, U – napon potrošača, r, x – podužna otpornost i impedansa ( $\varphi$  je fazni stav ove dve veličine). Kod monofaznih provodnika u najvećem broju slučajeva fazni i nulti provodnik po pravilu imaju istu impedansu, tako da kod ovakvih provodnika važi:

$$\Delta U = \frac{2PR}{U} \left( 1 + \frac{x}{r} \tan \varphi \right) \quad (5.2)$$

Gubici snage za razmatrani vod su:

$$\underline{S}_\gamma = R \frac{P^2 + Q^2}{U^2} + jX \frac{P^2 + Q^2}{U^2} \quad (5.3)$$

#### 5.2. Pad napona i gubici snage na transformatoru

Kod transformatora napon kratkog spoja služi za određivanje promene (pada) napona u transformatoru usled opterećenja (pomoću tzv. Kapovog trougla), veličine stvarne ustaljene struje kratkog spoja i mogućnosti paralelnog rada dvaju ili više transformatora. Izrazi za relativne vrednosti napona kratkog spoja i radnog i induktivnog pada napona, izraženih u procentima jednostavno se izvode:

$$u_k [\%] = 100 \frac{U_{k,n}}{U_n} = 100 \frac{Z_k I_n}{U_n} \quad (5.4)$$

$$u_r [\%] = 100 \frac{R_k I_n}{U_n} = 100 \frac{P_{k,n}}{S_n} \quad (5.5)$$

$$u_x [\%] = 100 \frac{X_k I_n}{U_n} = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} \quad (5.6)$$

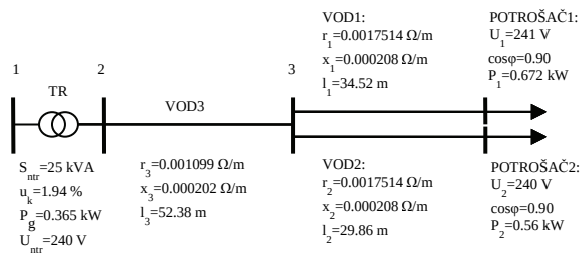
#### 5.3. Primer

Razmatra se jednostavna distributivna mreža prikazana na slici 5. Nju čine transformator, vodovi i monofazni potrošači. U zavisnosti od promene snage na potrošaču 1 izračunati ukupan pad napona od transformatora do potrošača 1, uvažavajući potrošnju na potrošaču 2. Na osnovu dobijenih rezultata ispitati mogućnost detekcije ilegalno priključenog potrošača ispred brojila 1. To uraditi za tri slučaja (u sva tri slučaja brojilo kod potrošača 1 pokazuje napon od  $U_1=241$  V):

a) Aktivna snaga potrošača 1 je  $P_1=0.672$  kW.



- b) Aktivna snaga potrošača 1 je  $P_1=0.672$  kW, ali je ispred brojila priključena neovlašćena potrošnja sa uređajem čija aktivna snaga iznosi  $P=1.3$  kW.
- c) Aktivna snaga potrošača 1 je  $P_1=0.672$  kW, ali je ispred brojila priključena neovlašćena potrošnja sa uređajem čija aktivna snaga iznosi  $P=2$  kW.



Slika 5 – Jednostavna distributivna mreža

Rešenje:

- a) Na osnovu relacija za pad napona na vodu i transformatoru dobija se:

$$\Delta U_1 = 0.36 \text{ V} - \text{pad napona na vodu 1}$$

$$\Delta U_2 = 0.26 \text{ V} - \text{pad napona na vodu 2}$$

$$\Delta U_3 = 0.59 \text{ V} - \text{pad napona na vodu 3}$$

$$\Delta U_T = 0.25 \text{ V} - \text{pad napona na transformatoru}$$

Za vrednost napona na niskonaponskoj strani transformatora kada se krene od potrošača 1, uzimajući u obzir napon koji pokazuje brojilo 1 i dobijene padove napona, dobija se:

$$U_{\Sigma 1} = U_1 + \Delta U_1 + \Delta U_3 + \Delta U_T = 242.2 \text{ V},$$

dok se za vrednost napona na niskonaponskoj strani transformatora kada se krene od potrošača 2, uzimajući u obzir napon koji pokazuje brojilo 2 i dobijene padove napona, dobija:

$$U_{\Sigma 2} = U_2 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_T = 241.1 \text{ V}.$$

Razlika između ova dva napona iznosi 1.1 V, što je nedovoljno velika vrednost da bi se uočila bilo kakva nepravilnost. Postoje dva razloga za prethodno objašnjenje. Prvi razlog je tačnost brojila. Ona iznosi 0.2%, što znači da je za vrednost napona od 241 V dozvoljeno odstupanje od 0.5 V. Drugi razlog je taj što brojilo zaokružuje realnu vrednost napona na najbliži celi broj. Tu je, takođe, moguće odstupanje od 0.5 V. Sa obzirom da svako od ta dva brojila može da prikaže vrednost napona koja se razlikuje od realne vrednosti za 1 V (0.5V+0.5V), da bi se detektovala neovlašćena potrošnja na vodu 1 potrebno je da razlika između, gore dobijena, dva napona bude veća od 2 V.

- b) Slično se može zaključiti i u ovom slučaju (razlika dva napona sada iznosi 1.79 V, povećala se ali nedovoljno).

- c) Ukupna snaga priključena na vod 1 sada je 2.672 kW (0.672 pokazuje brojilo, a neovlašćena potrošnja je snage 2 kW) Za pad napona dobijaju se sledeće vrednosti:

$$\Delta U_1 = 1.41 \text{ V} - \text{pad napona na vodu 1}$$

$$\Delta U_2 = 0.26 \text{ V} - \text{pad napona na vodu 2}$$

$$\Delta U_3 = 1.68 \text{ V} - \text{pad napona na vodu 3}$$

$$\Delta U_T = 0.67 \text{ V} - \text{pad napona na transformatoru}$$

Vrednost napona na niskonaponskoj strani transformatora kada se krene od potrošača 1, uzimajući u obzir napon koji pokazuje brojilo 1 i dobijene padove napona, sada iznosi:

$$U_{\Sigma 1} = U_1 + \Delta U_1 + \Delta U_3 + \Delta U_T = 244.76 \text{ V},$$

odnosno od potrošača 2 do transformatora:

$$U_{\Sigma 2} = U_2 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_T = 242.61 \text{ V}.$$

Razlika između ova dva napona iznosi 2.15 V, što nesumnjivo ukazuje na detekciju ilegalnog potrošača na vodu 1.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je istaknuta uloga „pametnih“ brojila u detekciji neovlašćene potrošnje električne energije.

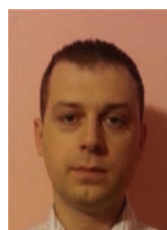
Takođe je pokazano da veličina pada napona u kombinaciji sa „pametnim“ brojlama može biti od velike koristi u smanjenju i identifikaciji neovlašćene potrošnje u distributivnim električnim mrežama sa tipičnim parametrima za potrošače snage veće od 2 kW.

Bitni faktori koji, takođe, utiču na vrednosti pada napona su dužine vodova i materijal od koga su vodovi napravljeni. Što su veće dužine distributivnih vodova, kao i naravno snaga koja je neovlašćeno priključena, tim je lakša detekcija neovlašćene potrošnje primenom „pametnih“ brojila i pada napona. U najvećem broju slučajeva, praktični prag za koji se ovom metodom može detektovati neovlašćena potrošnja je oko 2 kW.

## 7. LITERATURA

- [1] DNV KEMA: Combatting energy theft with the Smart Grid: <http://smartgridsherpa.com>, 2013.
- [2] Tehnički i komercijalni gubici električne energije: <http://www.savezenenergeticara.org.rs>, 2011.
- [3] Gubici električne energije u distributivnim mrežama: <http://c2.etf.unsa.ba>, 2013.
- [4] Analiza problematike gubitaka električne energije u distribucijskim mrežama članica EU: <http://www.ho-cired.hr>, 2010.
- [5] Reducing Technical and Non-Technical Losses in the Power Sector: <http://siteresources.worldbank.org>, 2009.
- [6] Modeling, Detection, and Prevention of Electricity Theft for Enhanced Performance and Security of Power Grid: <https://etd.ohiolink.edu>, 2012.
- [7] Fighting Electricity Theft with Advanced Metering Infrastructure: <http://www.ecitele.com>, 2010.
- [8] Residential Electrical Metering: <http://www.gedigitalenergy.com>, 2013.

### Kratka biografija:



**Goran Alaša** rođen je u Kozarskoj Dubici 1980. godine, gde je završio i osnovnu školu. Srednju elektrotehničku školu je završio 1998. godine u Prijedoru. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – smer Elektroenergetski sistemi je odbranio 2014. godine.

## PROSTIRANJE SVETLOSTI U MONOMODNOM OPTIČKOM VLAKNU

### LIGHT PROPAGATION IN SINGLE-MODE FIBRE

Nikola Lučić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

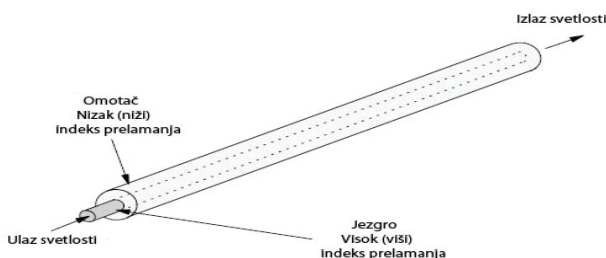
**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisano je prostiranje svetlosti u monomodnom optičkom vlaknu. Date su karakteristike monomodnog optičkog vlakna kao i mod prečnika polja i veličina tačke. Analiziran je intenzitet svetlosti na kraju vlakna kao i gubici u krivinama monomodnog vlakna. Dati su tipovi disperzije karakteristični za monomodno vlakno. Ukazano je na problem šuma pri prostiranju, refleksiju i prigušenje zbog refleksije.

**Abstract** – In this document is described light propagation in single-mode fibre. The characteristics of single-mode optical fiber, the mode field diameter and spot size. We analyzed the intensity at the end of the fiber and the losses in single-mode fiber bends. Given the types of dispersion specific for single-mode fiber. We described problems with noise propagation, reflection and attenuation due to reflection.

**Ključne reči:** monomodno prostiranje, mod polja, refleksija i disperzija

#### 1. UVOD

Optičko vlakno je izuzetno tanka nit silicijumskog stakla u geometriji sasvim poput ljudske kose. U stvarnosti to je jako uzak, jako dugačak cilindar sa posebnim karakteristikama. Kada svetlost uđe na jedan kraj vlakna ona putuje (zatvorena unutar vlakna) dok ne napusti vlakno na drugom kraju.



Slika 1. Osnovni princip prenosa svetlosti na optičko vlakno

Ističu se dva ključna faktora:

1. Jako malo svetlosti se gubi u putovanju duž vlakna.
2. Vlakno se može savijati oko uglova i svetlost će ostati unutar njega i biti vođena oko uglova.

#### NAPOMENA:

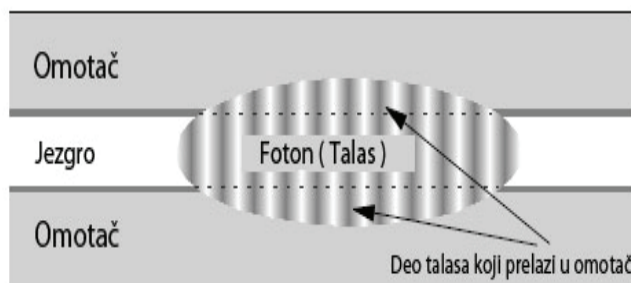
Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji je mentor bio profesor Dr Željen Trpovski.

Kako je prikazano na slici 1., optičko vlakno se sastoji iz dva dela: jezgra i omotača. Jezgro je uska cilindrična nit stakla, a omotač je cevasta košuljica koja ga okružuje. Jezgro ima (malo) viši indeks prelamanja od omotača. To znači da granica (međusklop) jezgra i omotača deluje kao savršeno ogledalo. Svetlost koja putuje duž jezgra je zatvorena ogledalom kako bi ostala unutar jezgra, čak i kada se vlakno savija oko ugla.

Kada se svetlost prenosi na vlakno, najvažniji aspekt je „koja je to vrsta svetlosti“? Elektromagnetno zračenje koje se naziva svetlošću postoji u mnogo talasnih dužina.<sup>1</sup> Ove talasne dužine se kreću od nevidljive infracrvene preko svih boja vidljivog spektra do nevidljive ultraljubičaste. Zbog karakteristika prigušljivosti koje vlakno ima, za komunikacione primene interesantna je samo „infracrvena svetlost“. Ova svetlost je obično nevidljiva, pošto su talasne dužine koje se koriste obično duže od granice vidljivosti od oko 750 nanometara (nm).<sup>2</sup> Ukoliko se kratak impuls svetlosti iz izvora kao što je laser ili LED pošalje niz usko vlakno, biće promenjen (degradiran) svojim prolaskom kroz vlakno. Izaći će (u zavisnosti od razdaljine) mnogo slabiji, produžen u vremenu („izobličen“), i na drugi način iskrivljen. Razlozi za to su sledeći: prigušenje, maksimalna snaga, polarizacija, disperzija i šumovi.

#### 2. MONOMODNO PROSTIRANJE

Jednostavan način da se razmišlja o monomodnom prostiranju je da je jezgro toliko malo u odnosu na talasne dužine svetlosti tako da je svetlost ograničena da putuje kroz sredinu vlakna. Najbolji način da se razume prenos je da se svetlost posmatra kao elektromagnetni talas u talasovodu.



Slika 2. Monomodno prostiranje

<sup>1</sup> Drugi način da se to kaže je da svetlost ima mnogo frekvencija ili boja.

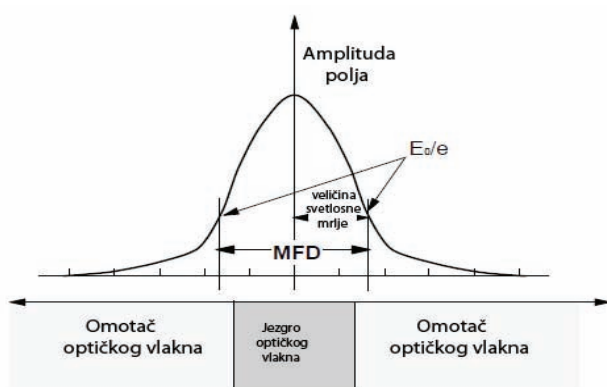
<sup>2</sup> U zavisnosti od pojedinca granice vidljivosti mogu varirati bilo gde između oko 700 nm i 800 nm.



Slika 2. prikazuje šemu kvantne svetlosti (fotona) kako putuje kroz monomodno vlakno. Važna stvar ovde je da se svetlost mora posmatrati kao elektromagnetni talas. Električno i magnetno polje eksponencijalno opadaju ako se svetlost pomera dalje od ose vlakna, ali ipak značajna količina optičke energije se prostire kroz omotač. To ne znači da veliki procenat zrakova ili fotona putuje kroz omotač.

### 3. KARAKTERISTIKE MONOMODNOG OPTIČKOG VLAKNA

Kao što je već rečeno optička energija (kod monomodnog vlakna) putuje i kroz jezgro i kroz omotač. U mnogim situacijama, traži se broj koji će prikazati meru obima regiona koji nosi optički signal. U monomodnim optičkim vlaknima prečnik jezgra nije dovoljan.



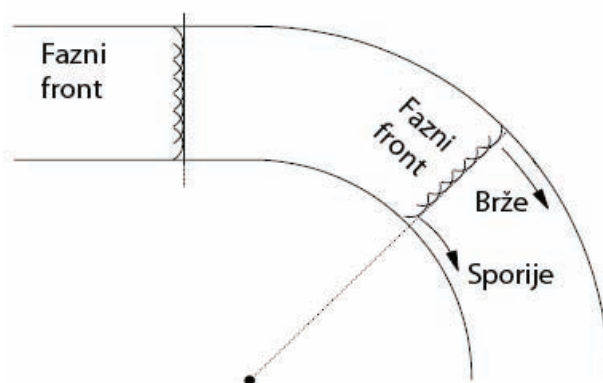
Slika 3. Definicija polja modova

Uvodi se koncept *mod polja*. Mod polja može se smatrati kao efektivno jezgro vlakna iako je pravo jezgro vlakna obično nešto manje. Važna stvar je da ne postoje striktno granice koje definišu mod polja. Iako signal opada eksponencijalno ne postoji jasno definisana granična tačka, zato se bira proizvoljna tačka kao granica. Slika 3. prikazuje raspodelu optičke energije preko prečnika tipičnog monomodnog vlakna. MFD kod standardnog monomodnog vlakna na 1550 nm je između 10,5 i 11 mikrona u zavisnosti od vlakna. Veličina tačke se takođe koristi da se opiše monomodno optičko vlakno, prečnik tačke je poluprečnik moda polja.

Kada se meri intenzitet svetlosti na kraju vlakna postoje dva mesta na kojima se to radi, na samoj krajnjoj površini vlakna i na određenoj udaljenosti od nje.

**Polje bliskog delovanja (blisko polje):** To je elektromagnetno polje na samoj krajnjoj površini vlakna, u monomodnom vlaknu to je obično profil moda vezivanja, ali ako je merenje urađeno blizu može biti mod omotača.

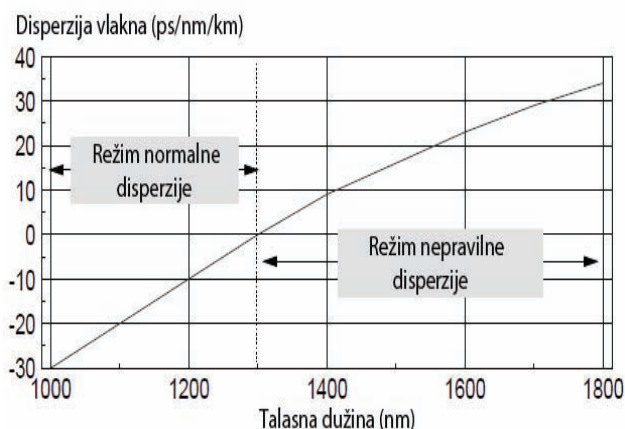
**Polje daljinskog delovanja:** Jako je teško da se polje bliskog delovanja izmeri direktno. Tako da se meri polje daljinskog delovanja i koristi da bi se odredile karakteristike polja bliskog delovanja kao što je mod prečnika polja. Polje daljinskog delovanja sastoji se od niza snopova koji se šire izvan ose vlakna. To je zbog činjenice da svetlost napušta krajnju površinu vlakna pod raznim uglovima.



Slika 4. Razlozi gubitaka u krivinama monomodnog optičkog vlakna

Smatra se da se svetlost u monomodnom vlaknu prostire kao talas, postoji čelo faze koje se kreće duž vlakna normalno u odnosu na pravac prostiranja. Vrh talasa mora biti u fazi sa sobom preko prečnika polja. Dok se vrh faze kreće u krivini svetlost se na unutrašnjem radijusu krivine mora kretati sporije nego svetlost na spoljašnjem radijusu (obzirom da jedan talas zauzima sve modove polja). To znači da svetlost na spoljnoj ivici krivine ima niži indeks prelamanja od indeksa prelamanja kod pravog vlakna. Ako krivina postane dovoljno uzana očigledno da će se indeks prelamanja smanjiti i postati jednak indeksu prelamanja omotača, tako da talas nije više ograničen i napušta vlakno.

### 4. DISPERZIJA U MONOMODNOM OPTIČKOM VLAKNU



Slika 5. Disperzija standardnog monomodnog optičkog vlakna

Pošto se modalna disperzija ne može javiti u monomodnom vlaknu, glavni izvori disperzije su *materijalna (hromatska) disperzija* i *talasna disperzija*.

**Materijalna (hromatska) disperzija:** To je posledica činjenice da indeks prelamanja stakla koje se koristi varira (malo) sa talasnom dužinom. Neke talasne dužine zbog toga imaju veće grupne brzine i putuju brže od ostalih. Pošto se svaki impuls sastoji od niza talasnih dužina on će se raširiti u izvesnoj meri tokom njegovog puta. Svi optički signali sastoje se od niza talasnih dužina.

Ovaj opseg može biti samo delić nanometra ali ipak uvek postoji opseg. Tipično optički impulsi korišćeni u komunikacionim sistemima kreću se od 0.2 nm širine do 5 nm širine za sisteme koji koriste monomodno vlakno.

*Talasna disperzija:* Oblik (profil) vlakna ima značajan uticaj na grupnu brzinu. To je zato što se električna i magnetna polja koja čine impuls svetlosti šire izvan jezgra u omotač. Veličine polja koja se preklapaju između jezgra i omotača značajno zavise od talasne dužine. Što je talasna dužina veća to se elektromagnetno polje dalje prostire u omotač.

Indeks prelamanja u talasu je prosek indeksa prelamanja jezgra i omotača u zavisnosti od relativne proporcije talasa koji putuje. Pošto se veći deo talasa pri kraćim talasnim dužinama zadržava u jezgru, kraće talasne dužine imaju veće indekse prelamanja nego duže to jest putuju sporije, signali su rasuti.

*Normalan režim disperzije:* Normalan režim disperzije je predstavljen na slici 2.38., levo od tačke gde linija prelazi nultu tačku disperzije. U tom delu duži talasi putuju brže nego kratki.

*Anomalan režim disperzije:* Predstavljen na slici 5., desno od tačke gde linija prelazi nultu tačku disperzije. U ovom slučaju u tom delu kratki talasi putuju brže od dugih.

Izgleda očigledno da je što je veća spektralna širina signala javlja se više disperzije. Nasuprot tome uža spektralna širina ima manje disperzije, beskrajno mala spektralna širina neće imati ni malo disperzije ali nažalost i ne može da prenese nikakvu informaciju.

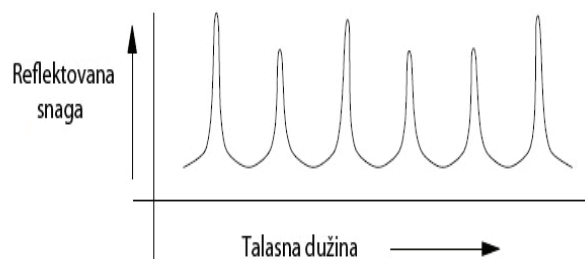
## 5. REŽIM PODELE ŠUMA

Problem je u tome što disperzija vlakna varira sa talasnom dužinom, kada laser promeni talasnu dužinu i grupna brzina se menja. Tako da umesto dobijanja disperzija kao što se očekuje ako se sve talasne dužine proizvode simultano, dobijamo nasumične i nepredvidive varijacije primljenog signala. Ovo je oblik šuma koji degradira kvalitet primljenog signala. Režim podele šuma je problem koji se javlja kod monomodnih optičkih vlakana dok kod multimodnih optičkih vlakana dominiraju modalni šum i intermodalna disperzija.

## 6. REFLEKSIJA I PRIGUŠENJE ZBOG REFLEKSIJE

Postoje mnoga mesta u optičkom komunikacionom sistemu gde se refleksija može pojaviti. U monomodnom optičkom vlaknu pretežan izvor refleksija su konektori i spojevi optičkih vlakana, interfejsi za opremu takođe mogu biti izvor refleksije. Najočigledniji rezultat refleksije da se snaga gubi u prenosu, refleksije ometaju i rad nekih tipova lasera uzrokujući gubitak kvaliteta signala i šuma iako su ovi uređaji zaštićeni izolatorima da bi minimizirali ovaj problem.

Međutim u kontekstu optičkog linka refleksija može biti izvor šuma i to se naziva prigušenje zbog refleksije. Prigušenje se definiše kao odnos između snage ulaznog signala i snage izlaznog signala.



Slika 6. Šablon prigušenja zbog refleksije

Kada se meri količina refleksije na optičkom linku desi se da reflektovana snaga značajno varira sa malim promenama u talasnoj dužini, retko se dešava kod nekoherentne svetlosti ali može biti značajna pri upotrebi kvalitetnih lasera. Ovi laseri imaju koherentnu dužinu do 40 metara. Laseri proizvode koherentnu svetlost, u fazi, samo kratko vreme pre prebacivanja na drugu talasnu dužinu ili pre gubitka faze. Koherentna svetlost je rastojanje koje svetlost lasera prelazi u optičkom vlaknu dok izvor ostaje u fazi sa sobom. Koherentna svetlost može biti do 40 metara kao što je već rečeno, međutim obično je dovoljno 10 metara za dobar kvalitet komunikacija DFB lasera. Čak i talasna dužina signala visokog kvaliteta varira brzo zbog varijacija lasera i zbog same modulacije. Čak i veoma malo drugačije talasne dužine mogu da izazovu različite količine povratnih gubitaka, što znači da brze varijacije kod talasnih dužina mogu da izazovu brze varijacije reflektovane snage. Naravno, brze varijacije u količini izgubljene energije kod signala rezultiraju brzim varijacijama u snazi signala, ovo predstavlja šum. Rastojanje između vrhova ovde se naziva „slobodni spektralni opseg“ (FSR)

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu razmatrani su principi prostiranja svetlosti u monomodnim optičkim vlaknima. Monomodno optičko vlakno zbog svojih osobina i mogućnosti primene zasigurno spada u najinteresantniji medij za prenos telekomunikacionih signala.

Zbog svojih karakteristika upotrebu pronalazi za dobijanje većih propusnih opsega i pri prenosu na velike udaljenosti.

Takođe postoje određene pojave u prostiranju svetlosti koje se smatraju veoma važnim kao što su: slabljenje optičkog signala, disperzija signala i nelinearnosti u vlaknu.

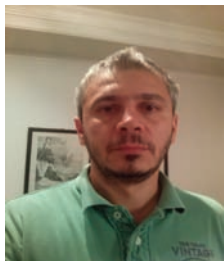
Monomodna vlakna su izuzetno skupa za proizvodnju kao i laseri koje koriste kao izvore svetlosti, ali zato prenose podatke velikom brzinom na velika rastojanja.

## 7. LITERATURA

- [1] John Gover: Optical Communication Systems, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.
- [2] Jeff Hecht: Understanding Fiber Optics 4th edition, Prentice Hall, UK, 2002.

- [3] Harry J.R. Dutton: Understanding Optical Communications, IBM, 1998.
- [4] Govind P. Agrawal: Fiber-optic Communications systems 3rd edition, John Wiley & sons, New York, 2002
- [5] Nick Massa: Fiber Optic Telecommunication, Springfield Technical Community College, Massachusetts, 2000.
- [6] [www.thefoa.org](http://www.thefoa.org)

**Kratka biografija:**



**Nikola Lučić** rođen je u Loznici 1975. god. Master rad odbranio je 2014. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije i obrada signala

## PODEŠENJE PODFREKVENTNIH RELEJA PRILIKOM ISKLJUČENJA OPTEREĆENJA UNDERFREQUENCY RELAY SETTINGS FOR LOAD SHEDDING

Mile Savić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu je odrađena analiza podešenja podfrekventnih releja prilikom isključenja opterećenja, kao i njihova koordinacija sa zaštitom generatora. Data su osnovna pravila i sugestije za izradu kvalitetnog programa isključenja opterećenja. Na primjeru izolovanog sistema je pokazano kako se treba izvršiti podešenje. Takođe, razvijena je funkcija u programskom jeziku Matlab koja taj problem rešava.

**Abstract** – This paper deals with underfrequency relay settings analyses for Load Shedding, as well as their coordination with the protection of the generators. It is described the main rules and suggestions for building high-quality program of Load Shedding. A case of isolated system is used for showing proper settings. Also it is developed function in software tool Matlab that solve that problem.

**Ključne reči:** isključenje opterećenja, Load Shedding, rasterećenje sistema, podfrekventni releji.

### 1. UVOD

Specifičnost električne energije se sastoji u tome što se ne može skladištiti u količinama koje bi bile značajne za opšte energetske potrebe, već se mora proizvoditi tačno onoliko koliko to potrošači zahtijevaju. Potrošnja se stalno vremenski mijenja, pa je zbog njene promjenljivosti i zbog nepredviđenih događaja, potrebno stalno održavati ravnotežu elektroenergetskog sistema (EES) izjednačavanjem proizvodnje i potrošnje.

Manjak snage u EES-u nastaje usled porasta potrošnje ili ispada iz pogona nekih proizvodnih jedinica (generatora ili cijelih elektrana), kao i važnijih elemenata prijenosa. Posledica neravnoteže između proizvodnje i potrošnje je odstupanje frekvencije od nominalne vrijednosti.

Kada dođe do ove neravnoteže potrebno je izvršiti na neki način uravnoteženje potrošnje i proizvodnje jer je konstantna nominalna frekvencija potrebna zbog potrošača koji su dimenzionisani za određenu frekvenciju i došlo bi do kvara ako bi radili na frekvenciji koja odstupa od nominalne.

U slučaju kada sistem ne može da zadovolji zahtjeve potrošnje, jer u sistemu ne postoji dovoljno agregata koji mogu proizvesti traženu snagu koristi se isključenje opterećenja – Load Shedding, odnosno rasterećenje sistema, što se ostvaruje isključenjem određenog broja

potrošača. Prilikom Load Shedding-a potrebno je voditi riječi o podešenju ovih releja, kao i njihovoj koordinaciji sa podfrekventnim relejima generatora, da ne bi došlo do pogrešnog djelovanja releja.

U drugom delu rada je obrađena relejna zaštita, a u trećem frekventni releji, dok su u četvrtom, petom i šestom delu obrađeni load shedding, podešenje releja i primer proračuna. U završnim delovima su dati zaključak i literatura.

### 2. POJAM RELEJNA ZAŠTITA

Relej je uređaj koji trajno kontroliše određenu električnu ili mehaničku veličinu, te kod unaprijed određene vrijednosti izaziva naglu promjenu jednog ili više signalnih ili komandnih strujnih kola.

Prema vrsti kontrolisane (ulazne) veličine razlikuju se:

- strujni releji,
- naponski releji,
- releji snage,
- impedantni releji,
- frekventni releji,
- termički releji,
- mehanički releji.

### 3. FREKVENTNI RELEJI

Frekventni releji djeluju tako da im je mjerni član rezonantno podešen na određenu frekvenciju. Ovi releji u okruženju mrežne frekvencije (50/60 Hz) s vrlo visokom tačnošću mjere apsolutnu vrijednost iznosa frekvencije i brzinu promjene frekvencije  $df/dt$ . Kada frekvencija napona na koji je relej priključen odstupa od nominalne i dođe u područje podešene, relej prorađuje i zatvara kontakt.

Postoje 2 vrste frekventnih releja:

- podfrekventni – djeluju kada frekvencija napona na koji su priključeni opadne ispod podešene vrijednosti,
- nadfrekventni – djeluju kada frekvencija napona na koji su priključeni naraste iznad podešene vrijednosti.

Podfrekventni releji se koriste za podfrekventno rasterećenje EES-a. Nadfrekventni releji služe kao zaštita od prevelike brzine obrtanja u slučajevima kada dijelovi sistema rade očno te kada nema čvrste mreže koja održava frekvenciju.

Podfrekventni releji se upotrebljavaju za:

- Rasterećivanje sistema prilikom pada frekvencije u elektroenergetskom sistemu,
- Odvajanje lokalnih, najčešće industrijskih mreža prilikom pada frekvencije,

### NAPOMENA:

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Duško Bekut, red.prof.**

- Zaštitu agregata u elektranama,
- Automatizaciju elektrana.

#### 4. LOAD SHEDDING

Manjak energije u mreži, nastao kao posljedica ispada pojedinih proizvodnih jedinica (generatora ili čitavih elektrana) ili ispada važnijih prijenosnih elemenata, ako nije prevelik, nakon nekog vremena nadoknadiće se djelovanjem turbinskih regulatora povećanjem i iskorištenjem energije uskladištene u rotirajućim masama pojedinih agregata. Ukoliko u EES-u ne postoji dovoljno rotirajuće rezerve u sistemu, kojom bi se frekvencija vratila na nominalnu, frekvencija će nastaviti padati.

Da bi se pri većim poremećajima spriječio pad frekvencije do vrijednosti na kojima je ugrožen rad agregata, a posljedica toga će biti njihovo isključenje sa mreže, što može izazvati raspad cijelog EES-a, kao zaštitna mjera upotrebljava se Load Shedding, tj. rasterećenje sistema, isključenjem određenog dijela potrošnje. Rasterećenje sistema izvodi se djelovanjem podfrekventnih releja, koji se koriste za automatsko smanjenje potrošnje u skladu sa unaprijed određenim rasporedom da bi se uspostavila ravnoteža između proizvodnje i potrošnje u sistemu. U slučaju vrlo velikih poremećaja, koji za posledicu imaju značajnu razliku između proizvodnje i potrošnje aktivne snage, djelovanjem Load Shedding-a isključuje se određeni dio potrošnje da bi se spriječio pad frekvencije do vrijednosti na kojima je ugrožen rad agregata (posebno u termoelektranama čije isključenje bi moglo prouzrokovati raspad cijelog EES-a).

#### 5. PODEŠENJE PODFREKVENTNIH RELEJA PRILIKOM LOAD SHEDDING-a

Potrebno je izabrati najpovoljniji program rasporeda Load Shedding-a koji će imati najkvalitetnije frekventne odzive za različite moguće poremećaje u sistemu. Kvalitetni frekventni odziv podrazumijeva što brži oporavak frekvencije, odnosno vraćanje frekvencije na nominalnu vrijednost, uz što manje prerasterećenje i pad frekvencije ispod nominalne vrijednosti.

Uslovi koje program Load Shedding-a mora zadovoljavati, a koji omogućavaju kvalitetan frekventni odziv sistema nakon poremećaja su:

- Pad frekvencije ispod nominalne vrijednosti ne smije biti ispod 47.0 Hz,
- Koordinacija s podfrekventnom zaštitom generatora,
- Frekvencija se mora vratiti na nominalnu vrijednost i njen oporavak mora biti brz. Frekvencija za određeni manjak u sistemu mora dostići vrijednost 49.9 Hz prije nego protekne 60 s od poremećaja (ako nema novih poremećaja u sistemu),
- Frekvencija ne smije prijeći 51.0 Hz,
- Djelovanje Load Shedding-a ne smije dovesti do daljnjih poremećaja u sistemu (npr. preopterećenje vodova),
- Treba uzeti u obzir kategorizaciju potrošača.

Snaga koja se isključuje u pojedinim čvorištima sistema određuje se na osnovu lokacija i uloge elektrana i potrošača u EES-u, tj. na osnovu konfiguracije sistema pri

normalnom pogonu i uz pretpostavljene poremećaje. Konceptija proračuna automatskog Load Shedding-a trebalo bi da sadrži:

- Određivanje karakterističnih normalnih pogonskih režima EES-a,
- Određivanje mogućih težih poremećaja u sistemu i mogućeg manjka snage za svaki pretpostavljeni poremećaj,
- Određivanje sumarne snage rasterećenja za svako pogonsko stanje,
- Određivanje snage rasterećenja koja se isključuje u pojedinim čvorovima u EES-u,
- Određivanje prorađne frekvencije prvog i posljednjeg koraka,
- Određivanje broja koraka i postotka snage isključenja po pojedinom koraku.

Iznos snage opterećenja koja se isključuje u pojedinom koraku (j) određuje se prema:

$$\Delta P_{ij} = 2 \cdot K_p \cdot (f_u - f_j) \cdot \left( 1 - \sum_{i=1}^{j-1} \Delta P_i \right) \quad (1)$$

gdje je:  $\Delta P_{ij}$  – snaga rasterećenja koja se isključuje u koraku j,  $K_p$  – regulaciona energija potrošnje,  $f_u$  – frekvencija uspostavljanja,  $f_j$  – frekvencija j-tog koraka.

Pri određivanju broja koraka koji će se koristiti za Load Shedding bitna je razlika frekvencija prorade susjednih koraka. Ta razlika se naziva stepen selektivnosti, a ako su poznate frekvencija i-tog koraka ( $f_i$ ), frekvencija i+1-og koraka ( $f_{i+1}$ ), greška releja ( $\Delta f_{gr}$ ) i promjena frekvencije ( $\Delta f$ ), izračunava se prema:

$$\Delta f_s = f_i - f_{i+1} = 2 \cdot \Delta f_{gr} + \Delta f \quad (2)$$

Najčešće je stepen selektivnosti jednak za sve korake programa Load Shedding. Ako su poznate frekvencije djelovanja prvog ( $f_i$ ) i N-tog ( $f_N$ ) koraka onda se broj koraka N određuje iz:

$$N = \frac{f_i - f_N}{\Delta f_s} + 1 \quad (3)$$

- Raspoređivanje koraka Load Shedding-a po čvorovima sistema.

##### 5.1. Određivanje prorađne frekvencije

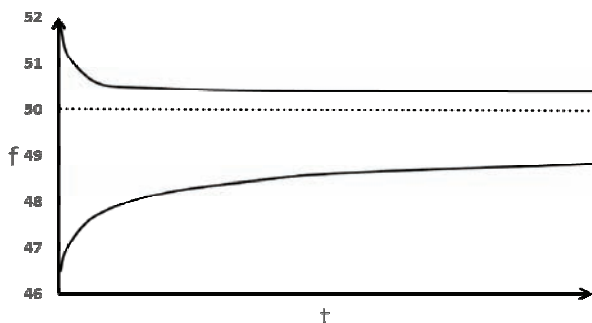
Load Shedding primjenjen u EES-ima u svijetu razlikuje se po broju koraka. Treba istaći da je prosječni „višak“ opterećenja, koji se isključuje, znatno smanjen kada se poveća broj koraka. Smanjenje rasterećenja koje se isključuje korisno je ne samo zbog toga što se manje potrošača isključuje iz sistema, već i zbog toga što su smanjene velike promjene u sistemu prilikom isključenja manjih snaga.

Izbor razmaka frekvencije podešenja releja susjednih koraka zavisi od:

- Kvaliteta releja,
- Vremena djelovanja releja Load Shedding-a i prekidača,
- Ukupne snage rasterećenja i snage rasterećenja po koracima,
- Frekvencije podešenja releja najnižeg i najvišeg koraka programa Load Shedding,
- Ukupnog broja koraka i njihovom redosledu.



Load Shedding sa većim brojem koraka omogućava kvalitetniji frekventni odziv za šta treba više releja. Koraci moraju biti razdvojeni na približno iste frekvencijske razmake. Najniža granična frekvencija mora biti veća od kritične frekvencije za dozvoljeni rad agregata u elektranama – slika 1. To je obično oko 94% nominalne frekvencije i daje granicu ispod koje će se oštetiti parne turbine nakon rada dužeg od 60 sekundi. Osim toga i frekventni releji generatora su podešeni na tu frekvenciju, pa ukoliko frekvencija padne ispod ove vrijednosti generator se odvaja od mreže. U mreži sa nominalnom frekvencijom 50 Hz najniži se korak postavlja na oko 47 Hz ili nešto više. Iz najniže frekvencije na kojoj agregat može duže raditi proizlazi gornja granica gdje se počinje sa rasterećenjem. Za termoelektrane ta frekvencija iznosi oko 48.5 Hz.



Slika 1 – Kriva dozvoljenog odstupanja frekvencije sistema

## 5.2. Određivanje snage rasterećenja po koracima

Snaga rasterećenja na prvom koraku treba biti veća nego na drugom, radi bržeg smanjenja pada frekvencije i njenog pada ispod nominalne vrijednosti. Odnos snaga rasterećenja susjednih koraka ne smije biti prevelik, zbog nepotrebnog isključenja opterećenja na prethodnom koraku. On zavisi od:

- Ukupne snage rasterećenja sistema,
- Razmaka frekventnih podešenja releja Load Shedding-a,
- Ukupnog broja koraka Load Shedding-a i redosleda koraka za koje se bira odnos,
- Snage rasterećenja prvog koraka, koja se treba izabrati tako da ne dođe do prerasterećenja za relativno male vrijednosti manjka proizvodnje.

## 5.3. Određivanje vremenskog podešenja

Vrijeme djelovanja Load Shedding-a sastoji se iz vremena djelovanja podfrekventnog releja i sopstvenog vremena djelovanja prekidača. Zbog već ugrađenih podfrekventnih releja starijih tipova u EES-u pretpostavlja se minimalno vremensko zatezanje tih releja od 0.15 s, što uz vrijeme isključenja prekidača od 0.1 s daje najkraće vrijeme isključenja jednog koraka od 0.25 s, odnosno frekvencija će do isključenja pojedinog koraka biti niža za 0.25 Hz.

Uopšteni zaključci pri izboru vremena djelovanja releja i prekidača su:

- Vrijeme djelovanja prekidača treba biti što kraće,
- Omogućavanje angažovanja rotirajuće rezerve treba realizovati sniženjem frekvencije podešenja releja prvog koraka Load Shedding-a, a ne povećanjem vremena djelovanja releja,

- Da bi se izbjeglo nepotrebno djelovanje releja, a da se omogući pravovremeno zaustavljanje pada frekvencije, preporučuje se vrijeme djelovanja releja od 0.1 – 0.2 s (zavisi od frekvencije podešenja releja prvog koraka).

## 5.4. Kategorizacija potrošača prema redosledu isključenja

Potrošači se dijele po važnosti, kako bi se odabrali potrošači koji će se koristiti za rasterećenje sistema. U zavisnosti od troškova koji nastaju kao posledica isključenja potrošači se mogu svrstati u sledeće kategorije:

- Potrošači kod kojih nema troškova u proizvodnji usled isključenja,
- Potrošači kod kojih su štete nastale isključenjem linearno proporcionalne vremenu trajanja isključenja, ali je nagib pravca zavisnosti štete od vremena mali,
- Potrošači kod kojih su štete nastale isključenjem linearno proporcionalne vremenu trajanja isključenja, ali je nagib pravca zavisnosti štete od vremena velik,
- Potrošači kod kojih nastaju i indirektno štete zbog prekida napajanja, iznos štete se povećava u trenutku isključenja i ne zavisi od trajanja prekida napajanja,
- Potrošači kod kojih nastaju i indirektno štete zbog prekida napajanja, iznos štete se povećava u trenutku isključenja i raste proporcionalno vremenu trajanja prekida napajanja,
- Potrošači većeg društvenog značaja (bolnice, pošte, televizija, saobraćaj i sl.) koji imaju odgovarajuću prednost.

## 6. PODEŠENJE PODFREKVENTNIH RELEJA ZA ZAŠTITU GENERATORA PRILIKOM LOAD SHEDDING-a

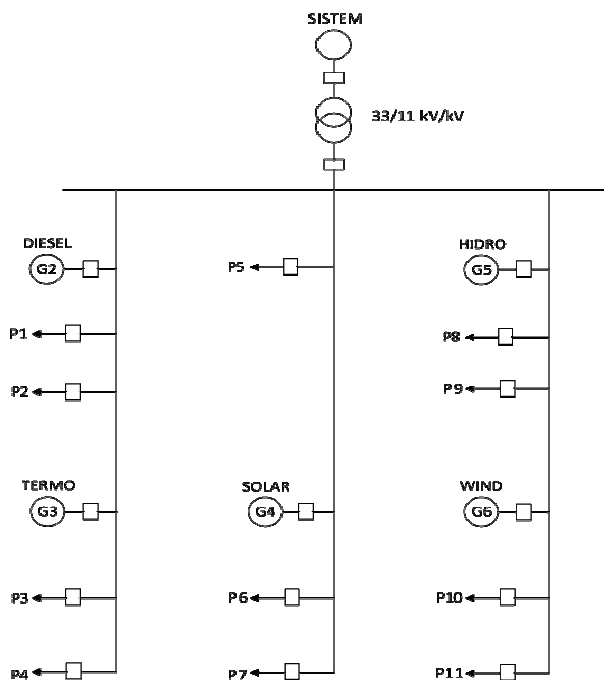
Uticaj promjene frekvencije na rad agregata zavisiće od vrste i tipa agregata. Ukoliko se radi o snižavanju frekvencije termoagregati su osjetljiviji od hidroagregata. Na različitim vrijednostima frekvencije ispod nominalne može doći do određenih oštećenja turbine (najosjetljivije su lopatice rotora) što će zavistiti od veličine, oblika i materijala od kojeg je turbina izrađena.

Ukoliko postoji podfrekventna zaštita generatora, Load Shedding mora biti s njom usklađen, da ne bi došlo do preklapanja u djelovanju. Do prorade podfrekventnih releja generatora ne smije doći prije nego što su djelovali releji Load Shedding-a ili u slučaju da se frekvencija, nakon djelovanja releja Load Shedding-a sporo oporavlja (vraća na nominalnu vrijednost). Da bi se u potpunosti uskladio rad podfrekventne zaštite turbine sa Load Shedding-om u sistemu trebaju se istražiti:

- Karakteristike frekventnog odziva sistema za različite pretpostavljene moguće poremećaje bez i sa djelovanjem Load Shedding-a,
- Vremenski odziv frekvencije za predložene podfrekventne zaštite turbine.

## 7. PRIMER PODEŠENJA PODFREKVENTNIH RELEJA PRILIKOM LOAD SHEDDING-a

Za dati izolovani 11 kV sistem (mikrogrid) sa Slika 2 podesiti podfrekventne releje za Load Shedding u 5 koraka.



Slika 2 – Izolovani sistem (mikrogrid)

Snage generatora [MW]: G1=35, G2=23, G3=24, G4=7, G5=15, G6=15.

Snage potrošača [MW]: P1=3, P2=6, P3=15, P4=8, P5=20, P6=4, P7=10, P8=23, P9=14, P10=5, P11=12.

Potrebno je izvršiti kategorizaciju potrošača i ona je izvršena na sledeći način:

1. prioritet – P8 i P5
2. prioritet – P3 i P11
3. prioritet – P4 i P6
4. prioritet – P2 i P9
5. prioritet – P1 i P7 i P10

Sledeće što treba uraditi je raspoređivanje koraka Load Shedding-a po čvorovima sistema. Za 1. korak treba isključiti 10% ukupnog opterećenja, odnosno 11,9 MW, onda se traže čvorovi sa najbližom većom snagom ili više čvorova čiji zbir snaga ima najbližu veću vrijednost, počev od najnižeg prioriteta, to su potrošački čvorovi P1, P7 i P10, i njihove snage su 3 MW, 10 MW i 5 MW.

To znači da se u 1. koraku isključuju potrošački čvorovi P1 i P7, odnosno 13 MW. Procedura se dalje nastavlja za sve korake slijedeći istu logiku. Za rešavanje ovog problema razvijena je odgovarajuća podrška u Matlab-u.

Tabela 1 – Pregled isključenja potrošača po koracima

Broj koraka	Ukupna potrošnja koju treba isključiti [%]	Ukupna snaga koju treba isključiti [MW]	Potrošači koji se isključuju u koraku	Ukupna snaga koja se isključuje [MW]
1	10%	11,9	P1, P7	13
2	20%	23,8	P10, P2	24
3	30%	35,7	P9	37
4	40%	47,6	P4, P6	49
5	50%	59,5	P11	61
6	55%	65,45	P3	76

Za ispad generatora G1 u sistemu će nastati gubitak snage od 35 MW, ali pošto se ima rotirajuća rezerva u sistemu od 11 MW, koja će reagovati dovoljno brzo, to znači da će biti manjak snage u sistemu od 24 MW, odnosno da je potrebno aktivirati 2 koraka programa Load Shedding i isključiti potrebne potrošačke čvorove. Procedura se radi za sve generatore, a rezultati su dati u Tabela 2.

Tabela 2 – Pregled koji potrošači se isključuju pri ispadu generatora

Naziv generator	Nastali manjak u sistemu [MW]	Potreban broj koraka	Potrošači koji se isključuju
G1	24	2	P1, P7, P10, P2
G2	18	2	P1, P7, P10, P2
G3	13	1	P1, P7
G4	0	0	–
G5	9	1	P1, P7
G6	4	1	P1, P7

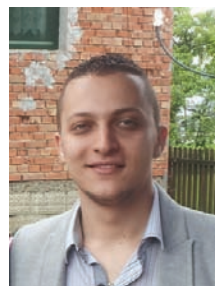
## 8. ZAKLJUČAK

U ovom radu je detaljno objašnjeno kako bi se uopštena podešavanja podfrekventnih releja trebala vršiti, koja pravila bi se trebala poštovati i koji uslovi bi trebali biti zadovoljeni, kao i njihova koordinacija sa podfrekventnim reljima generatora, prilikom projektovanja Load Shedding-a. Objašnjeno je i na koje probleme i moguće opasnosti treba obratiti posebnu pažnju prilikom izvedbe programa Load Shedding-a. Dati su načini i smjernice kako bi se izbjegli ti problemi i napravio kvalitetan Load Shedding. Kao praktičan prikaz iznijetih teorijskih stavova, dat je primjer proračuna potrebnih podešenja.

## 9. LITERATURA

- [1] D. Bekut: Relejna zaštita, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, 2009.
- [2] I. Kuzle: Dinamika i regulacija elektroenergetskog sustava, Zagreb, 2013.
- [3] J. Berdy: Load Shedding – An Application Guide, New York, 1968.
- [4] J. Berdy, P. G. Brown: Protection of Steam Turbine Generators During Abnormal Frequency Conditions, Georgia, 1974.
- [5] Western Electricity Coordinating Council: Underfrequency Load Shedding Relay Application Guide, 2004.
- [6] H. P. G. R. N. Chamikara: Design New Load Shedding Scheme Considering Possible Islanding Operations In Sri Lankan Network, Sri Lanka, 2012.

## Kratka biografija:



**Mile Savić** rođen je u Gradačcu 1989. godine. Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu upisao je školske 2008/2009, smjer energetika, elektronika i telekomunikacije. Diplomirao je na osnovnim studijama 2013. godine, smjer elektroenergetski sistemi. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2014.god.

**DIMENZIONISANJE PREKIDAČA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA****BREAKERS DIMENSIONING IN DISTRIBUTION NETWORKS**

Bojana Đurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je prikazana metodologija za proračun veličina na osnovu kojih se dimenzionišu prekidači u distributivnim mrežama u slučaju kratkog spoja. Prikazan je algoritam za proračun kapaciteta prekidača u distributivnim mrežama koji se oslanja na algoritam kratkih spojeva. Opisana su dva standarda, IEEE i IEC, na osnovu kojih se vrše navedeni proračuni, kao i sličnosti i razlike u primeni ova dva standarda. Na primeru dva fidera 20kV prikazan je postupak proračuna, i predstavljeni su dobijeni rezultati.

**Abstract** – This paper is introducing methodology used for breaker dimensioning. Methodology is considering faulted network state. Calculation of breaking capacity of breakers is based on fault calculation algorithm. Paper contains description of IEC and IEEE standard and similarities and differences between these two standards in fault calculation. Example for 20kV test network is given along with the results from the analysis.

**Ključne reči:** Prekidač, struja kvara.

**1. UVOD**

Poznavanje vrednosti struja koje se pri kratkim spojevima javljaju je od suštinskog značaja zbog jednostavne činjenice da struje kratkog spoja višestruko prevazilaze normalne radne struje, što izaziva povećana mehanička i termička naprezanja komponenti elektroenergetskog sistema. Tema ovog diplomskog rada se nalazi u okviru proračuna struja kratkih spojeva na osnovu kojih se dimenzionišu prekidači u distributivnim mrežama, kao i procena izdržljivosti prekidača na struje kvara. U planiranju razvoja elektroenergetskih sistema proračun veličina neophodnih za dimenzionisanje prekidača treba da da odgovor na pitanje o dizajnu postrojenja i pravcima razvoja s obzirom na struje kratkih spojeva. Ovi rezultati treba da ukažu da li su struje kratkih spojeva za određeno uklopno stanje mreže u okvirima mogućnosti prekidačke opreme.

U drugoj glavi je navedena prekidačka oprema koja se koristi u distributivnim mrežama. U trećoj glavi su date opšte karakteristike međunarodnih standarda IEC i ANSI koji daju detaljne preporuke o proračunavanju veličina neophodnih za dimenzionisanje prekidača. U četvrtoj glavi je opisan proračun struje kvara na mestu kvara, kao i uticaj jednosmerne komponente na ukupnu struju kvara. Peta glava predstavlja metodologiju proračuna veličina koje su neophodne za dimenzionisanje prekidača.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red.prof.**

U šestoj glavi je predstavljen primer proračuna karakterističnih veličina na test šemi i prikazani su dobijeni rezultati.

**2. RASKLOPNA OPREMA U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI**

Od rasklopnih uređaja u distributivnim mrežama se koriste:

1. prekidači,
2. osigurači,
3. rastavljači,
4. rastavne sklopke,
5. uklopke,
6. sekcionalizeri.

U ovom radu se obrađuju prekidači.

Od navedenih uređaja prekidači i osigurači su uređaji koji mogu da prekinu struje kratkih spojeva. Ostali se proveravaju na veličine koje opisuju normalne radne uslove, kao i na kratkotrajnu struju kratkog spoja koja je ekvivalent termičkoj struji kvara [1].

**3. IEC I ANSI STANDARDI**

IEC (International Electrotechnical Commission IEC 909:1988) i ANSI (American National Standards Institute 141-1986) su međunarodni standardi kojima se utvrđuje opšti, praktični i sažeti postupak proračunavanja struja kratkog spoja i koji daje rezultate u pogledu sigurnosti i zadovoljavajuće tačnosti.

IEC i ANSI standardi se primenjuju u proračunima struja kratkog spoja:

- U trofaznim naizmeničnim sistemima niskog napona,
- U trofaznim sistemima visokog napona do 230 kV i nazivne frekvencije (50 ili 60 Hz).

Takođe treba razlikovati:

- Sisteme sa strujama kratkog spoja bez prigušenja naizmenične komponente (kratki spoj daleko od generatora),
- Sisteme sa strujama kratkog spoja sa prigušenjem naizmenične komponente (kratki spoj blizu generatora).

**3.1. Sličnosti i razlike IEC i ANSI standarda**

Oba standarda se za proračune ukupne struje kratkog spoja, oslanjaju na proračun jedinstvenog (ekvivalentnog) odnos  $X/R$ , tj. vremenske konstante pri čemu se taj odnos izračunava iz ekvivalentne impedanse sa mesta kratkog spoja.

U ANSI standardu, da bi se odredio odnos  $X/R$ , preporučuje se nezavisno određivanje ekvivalentnih  $R$  i  $X$  sa mesta kratkog spoja (kada se izračunava npr. ekvivalentno  $R$  tada su sve vrednosti  $X$  zanemarene i obrnuto).

IEC standardom definisane tri dodatne procedure za određivanje odnosa X/R sa ciljem da se dobiju konzervativni rezultati (na stranu sigurnosti), od kojih se najčešće koristi metoda koja preporučuje množenje odnosa X/R koeficijentom 1.15 [2].

#### 4. STRUJA KRATKOG SPOJA

Struja kratkog spoja se računa primenom kanoničnog modela. Uslovi kratkog spoja u trofaznom čvoru k se modeluju trofaznim otočnim modulom. Pogodnim izborom parametara otočnog modula modeluje se bilo koji tip kratkog spoja. Izvođenje kanoničnog modela zasniva se samo na Kirchhoff-ovim zakonima i metodi superpozicije. [1]

Kanonični model u matričnom obliku glasi:

$$A^U \cdot \begin{bmatrix} U_{ak}^\Delta \\ U_{bk}^\Delta \\ U_{ck}^\Delta \end{bmatrix} - A^I \cdot \begin{bmatrix} I_{ak}^\Delta \\ I_{bk}^\Delta \\ I_{ck}^\Delta \end{bmatrix} + A^V \cdot \begin{bmatrix} U_{a'k}^\Delta \\ U_{b'k}^\Delta \\ U_{c'k}^\Delta \end{bmatrix} = A^0 \quad (4.1)$$

gde su:

$U_{ak}^\Delta, U_{bk}^\Delta, U_{ck}^\Delta$  - naponi na mestu kvara u delta kolu,

$I_{ak}^\Delta, I_{bk}^\Delta, I_{ck}^\Delta$  - struje na mestu kvara u delta kolu,

$U_{a'k}^\Delta, U_{b'k}^\Delta, U_{c'k}^\Delta$  - naponi otočnog modula,

$A^U, A^I, A^V, A^0$  - matrice koje opisuju mesto kvara.

Matrična forma jednačina koje opisuju topologiju kratkog spoja su:

$$\begin{bmatrix} Y_k & I \\ A^U & -A^I \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_k \\ I_k^\Delta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ A^0 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

$Z_k$  - ekvivalentna impedansa viđena sa mesta kvara.

Za potrebe oba standarda, prilikom proračuna struje kvara primenjuje se metoda ekvivalentnog naponskog izvora na mestu kratkog spoja. Ekvivalentni naponski izvor na mestu nastanka kratkog spoja sastoji se od naponskog faktora c, nazivnog napona  $U_n$ , i  $\sqrt{3}$ . Naponski faktor c se određuje prema tabeli 4.1.1. [2].

Tabela 4.1.1. Vrednosti koeficijenta c za razne naponske nivoe

Nazivni napon	Maksimalna struja kratkog spoja	Minimalna struja kratkog spoja
Niski napon 0.23/0.4 kV	1.0	0.95
Naponi 0.38/0.66 kV	1.05	1.0
Visoki napon (> 1 kV)	1.1	1.0

Treba napomenuti da ANSI standard preporučuje uvažavanje snage asinhronih motora, redukovanjem ekvivalentne impedanse, prilikom proračuna simetrične rasklopne struje i maksimalne struje kratkog spoja, i to na sledeći način:

Tabela 4.1.2. Koeficijenti za redukovanje impedanse asinhronih mašina za proračun simetrične rasklopne struje kvara

Aktivna snaga [kW]	Nominalna brzina obrtanja[ $\omega$ /min]	Koeficijent za redukovanje impedanse asinhronih mašina
>750	1800	1.5
>186	3600	1.5
<750	1800	3
<186	3600	3

Tabela 4.1.3. Koeficijenti za redukovanje impedanse asinhronih mašina za proračun maksimalne struje kvara

Aktivna snaga [kW]	Nominalna brzina obrtanja[ $\omega$ /min]	Koeficijent za redukovanje impedanse asinhronih mašina
>750	1800	1.2
>186	3600	1.2

#### 4.2. Jednosmerna komponenta struje kvara

Jednosmerna komponenta struje kratkog spoja javlja se kao posledica elektromagnetne inercije induktivnosti elemenata elektroenergetske mreže. Ona ne dozvoljava skokovitu promenu struja pri pojavi kratkog spoja od vrednosti koje su bile u režimu koji je prethodio kratkom spoju. S obzirom da ti elementi imaju i otpornost, jednosmerna komponenta kratkog spoja neće biti konstantna već će opadati s vremenskom konstantom:

$$T = \frac{L_k}{R_k} \quad (4.3)$$

Dakle jednosmernu komponentu struje kvara karakterišu dve veličine: početna vrednost i aperiodična vremenska konstanta  $T_a$  [1].

Zbir dve komponente (naizmjenične i jednosmerne) čini ukupnu struju svake faze mašine sa kratkim spojem.

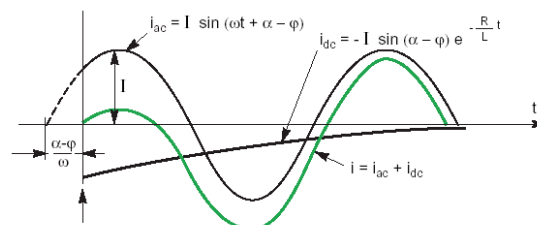
$$i(t) = i_{ac}(t) + i_{dc}(t) \quad (4.4)$$

gde su:

$i(t)$  - ukupna (fazna) struja,

$i_{ac}(t)$  - naizmjenična komponenta,

$i_{dc}(t)$  - jednosmerna komponenta.



Slika 4.1. – Ukupna fazna struja trofaznog kratkog spoja

Jasno je da se s porastom aperiodične vremenske konstante, sa sporijim opadanjem jednosmerne komponente struje kratkog spoja, povećava toplotni impuls kratkog spoja, tj. povećavaju se termička naprezanja kojima su izloženi elementi distributivne mreže.

Otežavajuća okolnost za rad prekidača koju može izazvati jednosmerna komponenta struje kratkog spoja je mogućnost pojave perioda u kojem struja kratkog spoja ne prolazi kroz nulu. Taj odloženi prolazak struje kratkog spoja kroz nulu je moguć za kvarove blizu generatora. Tada aperiodična vremenska konstanta dostiže vrednosti i do (200 – 600) ms, što znači da je opadanje jednosmerne komponente struje kvara jako sporo. Kašnjenje prolaska kroz nulu može rezultirati pregrevavanjem i kvarom prekidača. Pokušaj prekidanja (otvaranja kontakata) pre prolaska struje kroz nulu je ekvivalentan pokušaju prekidanja jednosmerne struje.



IEC standard predviđa mogućnost da se prolazak struje kratkog spoja ne dogodi u prvih nekoliko perioda. Kao moguće rešenje je dato odlaganje otvaranje kontakata prekidača. Negativni efekti ovakvog pristupa su: narušavanje stabilnosti elektroenergetskog sistema, neselektivno delovanje relejne zaštite i ne ispunjavanje uslova za unutrašnju otpornost luka. Odloženo otvaranje kontakata prekidača treba izbegavati, i ono je opravdano samo u situacijama kada zamena postojećih prekidača nije moguća, a struje kratkog spoja nadmašuju nazivne karakteristike prekidača.

Olakšavajuća okolnost za rad prekidača sa gledišta vremenske konstante je uticaj električnog luka. Pojava električnog luka dovodi do smanjivanja jednosmerne vremenske konstante, jer se pojavljuje dodatna otpornost. Stoga visoki naponi luka umanjuju problem odsustva prolaska struje kratkog spoja kroz nulu.

## 5. METODOLOGIJA ZA PROVERU KARAKTERISTIKA RASKLOPNE OPREME U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

Karakteristične veličine za dimenzionisanje prekidača u distributivnim mrežama su:

- simetrična rasklopna struja kratkog spoja,
- maksimalna struja kratkog spoja,
- termička struja,
- struja uključenja,
- maksimalna radna struja.

### 5.1. Simetrična rasklopna struja kratkog spoja - IEC

Rasklopna struja kratkog spoja se računa u odnosu na subtranzijentnu struju kratkog spoja. Vrednost koja se dobije kao rezultat proračuna kanoničnog modela, pomnožena sa faktorom koji predstavlja uticaj jednosmerne komponente [2].

$$I_b = I'' * \sqrt{1 + 2 * e^{-4\pi f t \frac{R}{X}}} \quad (5.1)$$

### 5.2. Simetrična rasklopna struja kratkog spoja - ANSI

Krajnji izraz za struju je:

$$I_b = I'' * NACD \quad (5.2)$$

Gde je

$$NACD = \frac{I_{remote}}{I_{total}} \quad (5.3)$$

Odnosno, odnos između struje koja na mesto kvara dolazi od udaljenih generatora ( $I_{remote}$ ) i ukupne struje na mestu kratkog spoja ( $I_{total}$ ) [3].

### 5.3. – Maksimalna struja kratkog spoja – IEC

Maksimalna struja kratkog spoja se može izraziti kao: [2]

$$I_p = k \sqrt{2} * I'' \quad (5.4)$$

gde je

$$k = 1.02 + 0.98 e^{-\frac{R}{X}} \quad (5.5)$$

### 5.4. – Maksimalna struja kratkog spoja – ANSI

Maksimalna struja kratkog spoja, na osnovu smernica iz ANSI standarda, računa se na sledeći način: [3]

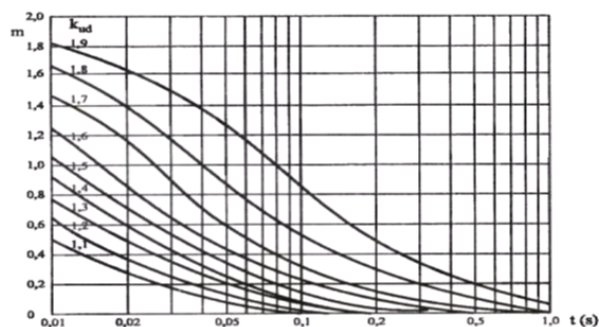
$$I_p = \sqrt{2} \left( 1 + e^{-\frac{R}{X}} \right) * I'' \quad (5.6)$$

### 5.5. – Termička struja kvara

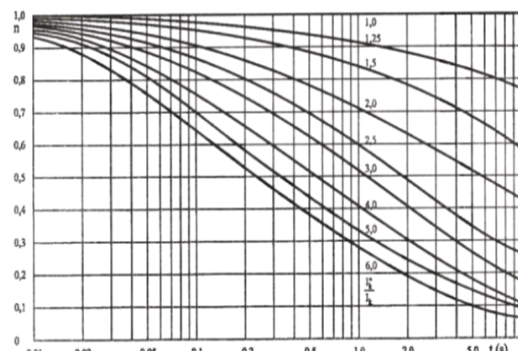
Termička struja je mera toplotnog naprezanja elemenata usled proticanja struje kvara kroz njega [2].

$$I_{th} = I'' * \sqrt{m + n} \quad (5.7)$$

m i n su parametri koji predstavljaju funkcije vremena trajanja kratkog spoja. Parametar m uzima u obzir uticaj jednosmerne komponente struje kvara, a parametar n uticaj naizmenične komponente.



Slika 5.1 – Parametar m



Slika 5.2. – Parametar n

### 5.7. Struja uključenja

Struja uključenja je najveća struja koju prekidač može da podnese kod uključivanja transformatora na naznačenom naponu. Računa se na osnovu izraza:

$$I_{inr} = 8 * I_{mr} \quad (5.8)$$

$I_{mr}$  je maksimalno opterećenje transformatora koje je ekvivalent nominalne struje transformatora, dok koeficijent k može da bude između 8-12, i u proračunima se pretpostavlja da je k=8.

### 5.6. – Maksimalna radna struja

Maksimalna radna struja prekidača je efektivna vrednost struje naznačene učestanosti koju prekidač može, bez oštećenja trajno da provodi, a da pri tome porast temperature pojedinih njegovih delova ne prekorači dozvoljene vrednosti. Ovaj uslov će biti ispunjen ako naznačena struja ne bude manja od maksimalne struje koja će teći kroz prekidač u normalnom, radnom pogonu.



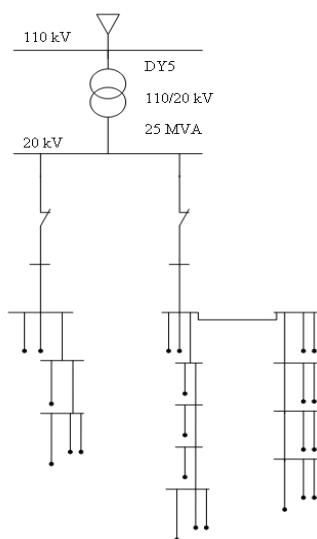
Maksimalnu radnu struju treba izabrati iz niza standardnih vrednosti:

400; 630; 800; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000 A.

## 6. PRIMERI I REZULTATI PRORAČUNA

Proračun koji je prikazan u nastavku, se vrši u kablovskoj mreži, 2 fidera 20kV, Novi Sad. Simuliraće se trolni kratak spoj u napojnom čvoru za prekidač, i izračunata vrednost će se uporediti sa kataloškim podatkom instalisanog prekidača.

Test šema se sastoji od izvora napajanja, dvonamotajnog transformatora snage 25MVA prenosnog odnosa 110/20 kV sprege DY5, od 40 grana i 40 čvorova.

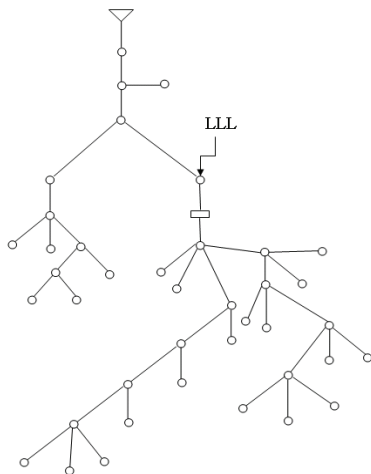


Slika 6.1. - Šematski prikaz test mreže

Za LLL kvar sa slike 7.2. na osnovu relacije 4.4 dobije se struja kvara na mestu kvara:

$$I_k = \begin{bmatrix} 5997.536 \\ 5997.541 \\ 5997.538 \end{bmatrix} [A]$$

Rezultati za prekidač sa slike, za izračunatu struju kratkog spoja, prikazani su u tabelama 6.1.1. i 6.1.2. za ANSI i IEC standard respektivno.



Slika 6.2. - Graf test mreže

Tabela 6.1.1.- Rezultati proračuna –ANSI

Breaking current [A]	6035.76
Momentary (Peak) current [A]	13202.02

Tabela 6.1.2.- Rezultati proračuna –IEC

Breaking current [A]	6719.97
Momentary (Peak) current [A]	18701.99
Thermal current [A]	6722.94

Vrednosti koje se dobiju iz proračuna se upoređuju sa nominalnim vrednostima prekidača, propisanim od strane proizvođača. Trofazni prekidač sa slike ima sledeće kataloške podatke:

Tabela 6.1.3.- Rezultati proračuna –IEC

Breaking current rated [A]	12000
Momentary (Peak) current rated [A]	20000
Thermal current rated [A]	12000
Maximum operating current rated [A]	1200
Operating voltage rated [kV]	20

Na osnovu dobijenih rezultata može se reći da će prekidač instalisan u mrežu sa slike 6.1. izdržati struju trolnog kratkog spoja, za datu topologiju mreže.

U prikazanim rezultatima se vidi razlika u proračunu koji je izvršen po smernicama ANSI i IEC standarda. ANSI standard daje preciznije rezultate, dok su rezultati koji se dobiju po smernicama IEC standarda na stranu sigurnosti.

## 6. ZAKLJUČAK

Odabir prekidača i proračun struja kratkih spojeva je komplikovan i ručni proračun klasičnim načinom i metodama bi trajao dugo, i ne bi se obratila pažnja na bitne aspekte koji su ključni u praksi. Standardi koji su obrađeni daju preporuku kako se mogu dimenzionisati prekidači, i postupak za proračun struja u različitim periodama kratkog spoja koje su potrebne za procenu mehaničkog i električnog naprezanja rasklopne opreme. U radu su objašnjeni postupci za proračun prekidača. Prikazan je proračun karakterističnih veličina za dimenzionisanje prekidača koji se nalazi na početku izvoda, na test šemi koja se sastoji od 40 grana i 40 čvorova.

## LITERATURA

- [1] Jovan Nahman, Vladica Mijailović, Razvodna postrojenja, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2005;
- [2] Proračunavanje struja kratkog spoja u trofaznim naizmeničnim sistemima (IEC 909:1988),
- [3] IEEE standard, IEEE Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis(IEEE Std C37.010™-1999 (R2005));

## Kratka biografija:



**Bojana Đurić** rođena je u Vlasenici 1990. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu upisala je školske 2008/2009, smer energetika, elektronika i telekomunikacije, a diplomirala na osnovnim studijama 2012.god., smer elektroenergetski sistemi. Diplomski – master rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva je odbranila 2014.

**AUTOMATIZOVANE PAMETNE DISTRIBUTIVNE MREŽE****AUTOMATED SMART DISTRIBUTION NETWORKS**

Aleksandar Petričković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu je obrađena potreba za primenom rešenja pametnih mreža, prednosti primene tih rešenja i izazovi sa kojima se treba suočiti u cilju povećanja pouzdanosti, efikasnosti, bezbednosti ... . Posebna pažnja posvećena je FLISR funkciji kao delu naprednog distributivnog softvera i njenoj primeni u distributivnim mrežama.

**Abstract** – This paper deals with a need for application solutions of smart network, the advantages of applying these solutions and challenges to be faced in order to increase reliability, efficiency, safety ... . Special attention is devoted to FLISR function as part of an advanced distribution software and its application in the distribution network.

**Ključne reči:** Pametne distributivne mreže, napredni DMS softver, automatizacija, lokacija kvara, izolacija kvara, restauracija napajanja

**1 UVOD**

Mnoge mreže su razvijene pre par desetina godina, u vreme kada se nije moglo naslutiti kakvim će opterećenjima u budućnosti one biti izložene. Ove mreže je sada potrebno transformisati u „pametne mreže“ kako bi se odgovorilo na izazove savremenih potrošača i industrije.

„Pametne mreže“ se mogu postići primenom već postojećih tehnologija, kao i tehnologija koje su još u razvoju. Međutim, biće potrebno izvesno vreme da se prevaziđu mnogi tehnički i drugi ne-tehnički izazovi, kao što su regulacija, bezbednost, privatnost i prava potrošača. Mnoge tehnologije koje se već primenjuju, daju zavidne rezultate na polju uštede, pouzdanosti, sigurnosti, planiranja itd [1]. U drugom delu rada su ukratko opisane osnovne komponente pametne mreže, u trećem su data rešenja za pametne mreže, dok je u četvrtom delu obrađena FLISR (Fault Location, Isolation and Supply Restoration) funkcija. U petom delu je obrađena pouzdanost, zatim su u narednim delovima dati načini za povećanje pouzdanosti i primer proračuna. Na kraju, dati su zaključak i literatura.

**2 POTREBA, IZAZOVI I KOMPONENTE PAMETNE MREŽE**

Nivo potrošnje električne energije, pouzdanost i kvalitet napajanja su usko povezani sa stepenom ekonomskog razvoja date oblasti. Potražnja za električnom energijom na nivou celog sveta raste dva puta brže u odnosu na primarnu energiju. Globalni trend digitalizacije zahteva visoku pouzdanost i kvalitet napajanja. Niska pouzdanost može da dovede do velikih ekonomskih gubitaka.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada, čiji mentor je dr Duško Bekut, redovni profesor.

U najbitnije tehničke izazove trenutno spadaju:

- Ekonomično povećanje kapaciteta mreže.
- Povećanje iskorišćenosti kapaciteta upravljanjem, odnosno kontrolom tokova snaga.
- Upravljanje i kontrola tokova snaga radi smanjenja gubitaka u prenosnom i distributivnom sistemu.
- Povezivanje obnovljivih izvora energije na mrežu sa lokalnih i udaljenih područja.
- Integracija i optimizacija sistema za skladištenje energije radi rasterećenja mreže.
- Integracija mobilnog opterećenja (na primer električnih vozila).
- Smanjivanje rizika od restrikcije; kada dođe do bilo kog poremećaja u sistemu, vrši se njegova detekcija, izolovanje i potom brzo vraćanje u prethodno stanje.
- Inteligentnim upravljanjem potrošačima smanjuje se opterećenje mreže.

Pametna mreža podrazumeva tehnologije podeljene u četiri kategorije (sloja), koje joj u zajedničkom radu omogućavaju funkcionalnost:

- inteligentno odlučivanje
- komunikacija
- senzori/aktuatori
- konverzija energije/prenos/potrošnja

**3 REŠENJA PAMETNIH MREŽA**

Pametne distributivne tehnologije su ključne u postizanju benefita od primene pametnih mreža “Smart Grid” rešenja i u spoznavanju svih potreba 21. veka. Prekidi u napajanju svih tipova potrošača električnom energijom dovode do ekonomskog gubitka ne samo za distributivno preduzeće, već i državu. Iz ovog sledi da svako distributivno preduzeće treba da kreira plan kojim se obezbeđuje sigurnije, kvalitetnije, pouzdanije i pristupačnije napajanje svakog potrošačkog čvora u mreži električnom energijom.

Plan preduzeća treba da se sastoji od [4]:

- Primene napredne infrastrukture mernog sistema.
- Korišćenja distributivnog menadžment sistema i sistema za upravljanje prekidima napajanja.
- Automatizacije distributivne mreže i transformatorskih stanica.
- Primene alata za simulaciju i optimizaciju mreže.

**3.1 Automatizacija distributivne mreže i transformatorskih stanica**

Pouzdanost je važan faktor za svakog potrošača zbog toga što će primenom automatizacije biti moguće:

- Sprečiti neplanske ishode.
- Omogućiti automatizovanu restauraciju napajanja.
- Omogućiti konstantno napajanje električnom energijom.

Kvalitet električne energije je podjednako bitan je za informaciono-tehnološke centre, industrije visokih tehnologija, jer one potpomažu:

- Omogućavanje programa za odgovore na potrebe potrošača.
- Obezbeđivanje potrošačima da upravljaju sopstvenom potrošnjom i cenama.
- Sprečavanje ekstremnih uslova kada je u pitanju preopterećenje.
- Kontrolisanje uređaja da bi se izbegla upotreba električne energije u trenucima kada je ona najskuplja.

Može se reći da se pod automatizacijom smatra „napuštanje“ zastarele infrastrukture mreže i razvijanje mreže koja je praktičnija i novčano isplativija od tradicionalne mreže, primenom savremenih uređaja kao što su IED (Intelligent Electronic Device), detektori kvara, reklozeri, automatski sekcionalizeri, itd.

### **3.2 Automatsko očitavanje brojila – AMR (Automated Meter Reading) i napredna infrastruktura mernog sistema – AMI (Advanced Metering Infrastructure)**

Distributivna preduzeća su uvela automatsko merni system – pametna brojila (AMR), zamenjujući na taj način veliki broj već instaliranih tradicionalnih brojila u električnoj mreži. Primarna svrha AMR sistema je da distributivnom preduzeću obezbedi uvid u ukupnu potrošnju električne energije i da očitava brojila na zahtev. Ovakav sistem se koristi i u boljem poslovanju distributivnog preduzeća. On predstavlja bitan i neophodan korak u transformaciji tradicionalne električne distributivne mreže u pametnu mrežu.

### **3.3 Alati za simulaciju i optimizaciju mreže**

Primenom naprednog alata za simulaciju i optimizaciju distributivna preduzeća će u budućnosti uspeti da ostvare uštede u troškovima i poboljšaju performanse mreže, koje do sada nisu bile moguće. Sposobnost da se analiziraju različiti scenariji ponašanja mreže će takođe potpomoći i buduća planiranja mreže. U slučaju kvara ili nekih nepredviđenih okolnosti osoblje distributivnog preduzeća treba da otkloni sve posledice i vrati sistem u stanje pre kvara. Planiranje i obuka za planske i neplanske događaje je potpuno korišćenjem simulatora koji tačno prezentuje sve realne uslove u kojima se mreža može naći.

### **3.4 Distributivni menadžment sistem – Distribution Management System (DMS) i Sistem za upravljanje prekidima napajanja – Outage Management System (OMS)**

Modernizacija poslovanja podrazumeva instalaciju savremenog DMS-a, odnosno ulaganje u opremu i rešenja za daljinski nadzor i upravljanje energetskim objektima, uspostavljanje komunikacionih veza za potrebe tehničkog i poslovnog informacionog i upravljačkog sistema, ugradnju računarske opreme i računarskih mreža, kao i instalaciju odgovarajućih softvera za većinu oblasti poslovanja distribucije. Troškovi modernizacije poslovanja su niži za red veličine od troškova izgradnje, održavanja i proširenja distributivne mreže, a efekti su nekoliko puta veći od ulaganja.

#### **3.4.1 Distributivni menadžment sistem (DMS)**

Moderni DMS se sastoji od sledećih integrisanih podsistema, odnosno komponenti [8]:

- SCADA sistem.
- Baza tehničkih podataka (BTP).

- DMS softver.

### **SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistem**

Sa razvojem savremenih mernih sistema, mikroprocesorskih zaštita, senzora i aktuatora u transformatorskim stanicama i na izvodima, brzih bežičnih i optičkih komunikacija, kao i računara koji su sposobni da izvršavaju veliki broj računarskih operacija u jako kratkom periodu, stvoreni su uslovi za primenu SCADA sistema na distributivne mreže. Uvođenjem SCADA sistema u elektroenergetski sistem ostvarena je automatizacija EES, posebno značajna u distributivnim mrežama.

#### **Baza tehničkih podataka (BTP)**

Baza tehničkih podataka sadrži tri osnovne grupe podataka [8]:

- statički podaci,
- sporo promenljivi podaci i
- periodično promenljivi podaci.

#### **DMS softver**

DMS Softver čine tri komponente [8]:

- editor mreže,
- dinamička sinoptička ploča i
- sistem analitičkih funkcija.

#### **3.4.2 Sistem za upravljanje prekidima napajanja (OMS)**

OMS predstavlja deo DMS-a, i jeste moćan alat za brzo i efikasno otklanjanje beznaponskih stanja u mreži. On pomaže dispečeru da na optimalni način obavi sve korake i angažuje dostupne resurse koji su neophodni za ponovno vraćanje mreže u stanje pre kvara. OMS treba da obezbedi automatizaciju koraka ili čitave akcije dispečera, ekipa na terenu i administracije vezane za izdava-nje radnih naloga, tako da se vreme potrebno za vraćanje u normalno stanje mreže znatno skрати.

Dobiti od primene OMS sistema su:

- Znatno povećanje pouzdanosti distributivne mreže.
- Smanjuje se potreba za brojem angažovanih ekipa za održavanje.
- Postižu se uštede na angažovanju resursa.
- Povećava se efikasnost u vođenju statistike vezane za prekinde napajanja, itd.

Kao jedna od zasigurno najbitnijih i najčešće primenjivanih OMS funkcija je Lokacija kvara, Izolacija kvara, restauracija (povratak) napajanja ili skraćeno FLISR.

### **4 LOKACIJA KVARA, IZOLACIJA ELEMENTA U KVARU I RESTAURACIJA NAPA JANJA – FLISR**

FLISR predstavlja skup alata (funkcionalnosti) koji se koristi za lokalizaciju i izolaciju kvara kao i restauraciju neenergizovanih potrošača.

Sledeći alati (funkcionalnosti) su deo FLISR [9]:

- Lokacija kvara (Fault Location - FL).
- Lokalizacija kvara (Fault Localization - FLL).
- Izolovanje elementa (Element Isolation - EI).
- Restauracija napajanja (Supply Restoration - SR).
- Vraćanje u normalno stanje (Return to Normal - RN).

FLISR kao kompleksna/integralna funkcija može biti pokrenuta u automatskom ili ručnom modu [9].

U zavisnosti od raspoloživog nivoa automatike na izvodima za lokaciju kvara, kao i zaštite na izvodima, razne metode

(procedure) mogu da se primenjuju za lokaciju kvara. Sledeće dve metode su implementirane u FL [9]:

- Strujna metoda.
- Metoda u kojoj se koriste indikatori kvara.

#### Lokalizacija kvara

DMS funkcija FLL se koristi da pomogne operateru da otkrije minimalnu oblast (skup deonica) gde se desio kvar predlažući niz prekidačkih operacija (pokrenutih od strane operatera ili automatski) koji će iterativno dovesti do minimalne oblasti.

#### Izolovanje elementa u kvaru (Element Isolation - EI)

Izolovanje elementa je namenjeno za izolovanje elemenata distributivne mreže. EI se može koristiti u dva slučaja:

- izolacija elementa u kvaru ili dela izvoda u kvaru koji sadrži element u kvaru,
- izolacija elemenata u slučaju kada je planirana neka operacija koja treba biti izvršena na distributivnoj mreži.

#### Restauracija napajanja (Supply Restoration - SR)

Energetska funkcija Restauracija Napajanja (SR) koristi se za određivanje optimalnog plana prekidačkih akcija u cilju restauracije napajanja dela distributivne mreže koji je pogođen kvarom.

#### Povratak u normalno stanje (Return to Normal - RN)

RN se koristi za određivanje optimalnog plana za povratak mreže (ili dela mreže) u normalno stanje.

### 5 POUZDANOST DISTRIBUTIVNE MREŽE

Udeo distributivnih mreža a posebno srednjenaponskoj (SN) mreži, u prekidima napajanja izazvanih kvarovima je oko 80%, pa je to jedan od najbitnijih razloga zbog kog posebnu pažnju treba posvetiti pouzdanosti DM. Pouzdanost DM ocenjuje se pomoću 4 osnovna indeksa pouzdanosti:

1. intenzitet otkaza napajanja potrošača  $\lambda$  [1/god] ili učestanost havarijskih otkaza  $f$  [1/god],
2. prosečno trajanje iznenadnog prekida  $r$  [h],
3. prosečno trajanje prekida zbog planskog remonta  $r_p$  [h],
4. intenzitet prekidanja napajanja zbog planskih remonta  $v$  [1/god].

Očekivano godišnje trajanje prekida zbog kvara za i-ti čvor:

$$U_i = \lambda_i * r_i \text{ [h/god]} \quad (5.1)$$

Za dobijanje kompletnije slike o pouzdanosti distributivnih mreža, pored tri osnovna indeksa pouzdanosti, izračunava se i skup dodatnih indeksa. IEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineers) definiše generalno prihvatljive pokazatelje pouzdanosti u njihovom standardu P1366 – 2012 [10].

#### Indeks prosečne frekvencije otkaza sistema (SAIFI)

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i * N_i}{N_T} = \frac{\text{ukupan broj prekida napajanja potrošača}}{\text{ukupan broj usluživanih potrošača}} \quad (5.2)$$

Ovde indeks „i“ označava indeks potrošačkog čvora.

$\lambda_i$  – intenzitet otkaza i-tog potrošačkog čvora,

$N_i$  – broj potrošača koji se napajaju u i-tom potrošačkom čvoru,

$N_T$  – ukupan broj usluživanih potrošača.

#### Indeks prosečnog trajanja otkaza sistema (SAIDI)

$$SAIDI = \frac{\sum U_i * N_i}{N_T} = \frac{\text{suma trajanja prekida pojedinih potrošača}}{\text{ukupan broj potrošača}} \quad (5.3)$$

$U_i$  – ukupno trajanje ispada čvora „i“ u toku perioda od interesa (godina, mesec, dan).

#### Indeks prosečnog trajanja otkaza potrošača (CAIDI)

$$CAIDI = \frac{\sum r_i * N_i}{\sum N_i} = \frac{\text{suma trajanja prekida potrošača}}{\text{ukupan broj potrošača u prekidu}} \quad (5.4)$$

$r_i$  – vreme potrebno za restauraciju napajanja,

$N_i$  – broj potrošača bez napajanja u „i“-tom čvoru.

#### Indeks prosečne frekvencije trenutnih otkaza sistema (MAIFI)

$$MAIFI = \frac{\sum ID_i * N_i}{N_T} \quad (5.5)$$

$ID_i$  – broj operacija prekidačkog uređaja,

$N_i$  – broj potrošača bez napajanja u „i“-tom čvoru,

$N_T$  – ukupan broj usluživanih potrošača.

#### Indeks prosečne frekvencije otkaza potrošača (CAIFI)

$$CAIFI = \frac{\sum N_0}{\sum N_i} \quad (5.6)$$

$N_i$  – broj potrošača bez napajanja u „i“-tom čvoru,

$N_0$  – broj trajnih prekida.

#### Indeks prosečne pouzdanosti napajanja (ASAI)

$$ASAI = \left[ 1 - \left( \frac{\sum r_i N_i}{N_T T} \right) \right] * 100 \quad (5.7)$$

$r_i$  – vreme potrebno za restauraciju (sati),

$T$  – period od interesa (sati),

$N_i$  – broj potrošača bez napajanja u „i“-tom čvoru,

$N_T$  – ukupan broj usluživanih potrošača.

#### Indeks neisporučene energije (ENSI)

$$ENSI = \sum P_{sr_i} U_i \quad (5.8)$$

$P_{sr_i}$  – srednja godišnja snaga potrošača u čvoru „i“

$$P_{sr} = \frac{\text{energija isporučena u periodu od interesa}}{\text{period od interesa}} \quad (5.9)$$

$U_i$  – srednje trajanje prekida napajanja čvora „i“, prosečno u toku godine.

#### Indeks prosečne neisporučene energije (AENSI)

$$AENSI = \frac{\sum P_{sr_i} U_i}{\sum N_T} \quad (5.10)$$

$N_T$  – ukupan broj usluživanih potrošača.

#### Indeks prosečne nepouzdanosti napajanja (ASUI)

$$ASUI = 1 - ASAI. \quad (5.11)$$

### 6. POVEĆANJE POUZDANOSTI DISTRIBUTIVNE MREŽE

Jedan od često korišćenih pokazatelja za ocenu povećanja pouzdanosti distributivne mreže primenom FLISR funkcionalnosti je indeks neisporučene energije (Energy Not Supplied Index – ENSI). Za proračun ovog indeksa prvo je prikazan specijalizovani algoritam, a zatim su data i dva slučaja proračuna za različite nivoe automatizacije razmatrane test mreže

#### 6.1 Algoritam za proračun neisporučene energije

- Izračunavanje ekvivalentnih intenziteta kvarova grana razmatrane distributivne mreže je:

$$\lambda_{i,ekv} = \lambda_i + \sum_{j \in \alpha_i} \lambda_j, i = 1, 2, \dots, n_g \quad (6.1)$$

$\lambda_i$  – intenzitet kvara grane (i),

$\lambda_j$  – intenzitet kvara uređaja (j) (elemenata) koji se nalazi u grani (i),

$\alpha_i$  – skup indeksa uređaja (elemenata) koji se nalaze u grani (i),

- proračun očekivanog godišnjeg trajanja prekida napajanja čvorova usled kvarova na granama mreže:

$$\tau_j = \sum_{i \in \Delta_j} \lambda_{i,ekv} \cdot T_{j,i}, j = 1, 2, \dots, n_{cv} \quad (6.2)$$

$\tau_j$  – očekivano godišnje trajanje prekida napajanja čvora (j),

$T_{j,i}$  – trajanje prekida napajanja čvora (j), usled kvara grane (i),

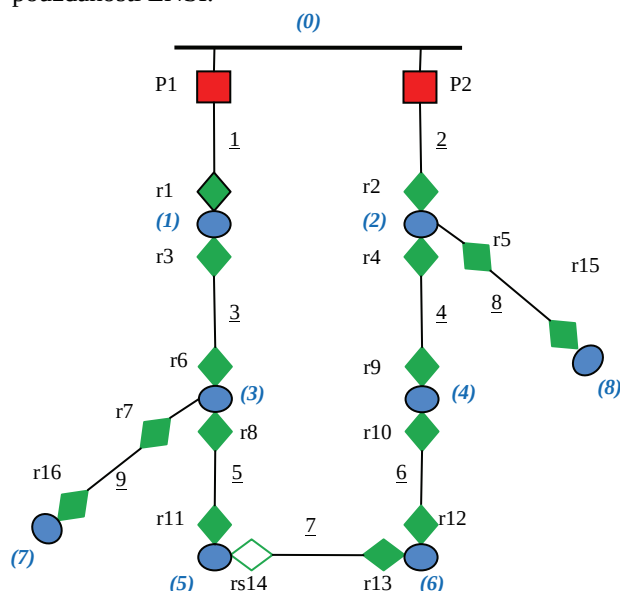
- Izračunavanje indeksa pouzdanosti ENSI:

$$ENSI = \sum_{j=1}^{n_{cv}} P_j \cdot \tau_j \quad (6.3)$$

$P_j$  – prosečna godišnja aktivna snaga potrošnje čvora (j).

## 6.2 Primer proračuna ENSI indeksa

Na primeru distributivne mreže, slika 6.1, sa inteligentnim elektronskim uređajima (IED) i daljinski kontrolisanom prekidačkom opremom) prikazan je uticaj postojanja odnosno ne postojanja detektora kvara na indeks pouzdanosti ENSI.



Slika 6.1 – Deo distributivne mreže sa dva izvoda

Koren mreže je čvor (0), dok su potrošački čvorovi predstavljani sa plavim kružićima i obeleženi sa (1), (2), ... (8). Na početku izvoda nalaze se prekidači predstavljeni sa kvadratićem označeni sa **P**. Rastavljači su predstavljeni sa zelenim rombovima i označeni sa **r**, a normalno otvoren rastavljač sa **rs**. Grane (vodovi) su označene sa podvučenim brojevima. Za razmatrani slučaj svi vodovi su kablovski i istog tipa sa podužnim intezitetom kvara  $\lambda_{i,pod} = 0.1$  [kvar/km\*god], intenziteti kvara prekidača, rastavljača i normalno otvorenog rastavljača snage su [kvar/god]:

$$\lambda_p = 0.004; \lambda_r = 0.01; \lambda_{ro} = 0.03$$

Trajanje jedne manipulacije sa daljinski upravljanim prekidačem, rastavljačem i rastavljačem snage su 1s, 1.2s i 0.9s. Aktivna snaga potrošnje u čvorovima u [MW] je:  $P_1=1.2739; P_2=2.4029; P_3=0.61808; P_4=0.43947; P_5=1.1414; P_6=1.3; P_7=2.2; P_8=1.4$ ; Dužine deonica u kilometrima :  $l_1=1; l_2=2; l_3=1; l_4=2.5; l_5=2; l_6=3.5; l_7=1; l_8=6; l_9=2$ .

Rezultati dobijeni primenom prethodno navedenog algoritma za proračune neisporučene energije u softverskom alatu MATLAB dati su u tabeli 6.1.

Godišnja neisporučena električna energija u slučaju kada u mreži ne postoje detektori kvara je  $ENSI = 0.9924$  [MWh/ god.] dok je vrednost neisporučene energije kada se u mrežu dodaju detektori kvara  $ENSI_{fl} = 0.5599$  [MWh/ god.]

Dodavanjem detektora kvara u lateralne grane izvoda očekivana godišnja neisporučena energija se smanjila za 43.58%. Evidentno je da se upotrebom detektora kvara smanjuje trajanje dužine prekida kao i očekivana godišnja

neisporučena energija, što dovodi do drastičnih ušteda distributivnih kompanija.

Tabela 6.1. Očekivano godišnje trajanje prekida po čvorovima

Čvor	Očekivano godišnje trajanje prekida u čvorovima $\tau$ (h/god)	
	Bez detektora kvara	Sa detektorima kvara
1	0.0519	0.0269
2	0.1093	0.0588
3	0.0585	0.0335
4	0.1187	0.0683
5	0.0662	0.0412
6	0.1317	0.0812
7	0.0662	0.0376
8	0.1310	0.0702

## 7 ZAKLJUČAK

U radu su opisani razlozi zbog kojih se koriste pametne mrežama (PM), a zatim i trenutno stanje EES i izazovi koji su pred nama. Opisane su osnovne komponente PM, kao i mnoga rešenja koja su do sada razvijena i koja se tek razvijaju. Navedeni su razni parametri pouzdanosti na osnovu kojih se planira dalji razvoj EES-a. Primenom rešenja PM dobijamo automatizovane pametne distributivne mreže, primenom kojih se ostvaruje značajno povećanje pouzdanosti, sigurnosti, ekonomske dobiti i zadovoljstva potrošača.

## 8 LITERATURA

- [1] J.Stoupis, Z. Wang, F. Yang, V. Donde, W. Peterson: „Restoring confidence”, ABB review, 2009.
- [2] E.Santacana, F. Pinnekamp, G. Rackliffe, Le Tang, X. Feng: „The next level of evolution”, ABB review, 2010.
- [3] C. Yuen, A. Oudalov: „Smart teamwork”, ABB Corporate Research, Baden-Dättwil, Switzerland, 2009.
- [4] Marina Ohrn, Hormoz Kazemzadeh: „Smartness in control”, ABB review, 2010
- [5] T.Sezi, B.K.Duncan: „New Intelligent Electronic Devices and Systems Change the Structure of Power Distribution Industry”, IEEE, PRAP-0012A, pp. 1-9
- [6] L.Duran, T.Ebrahim, K.Faulhaber, J.Serface, P.Sivaraman: „Clean TX Analysis on the Smart Grid”, The University of Texas at Austin, 2008
- [7] Rochester Gas and Electric Corporation New York State Electric and Gas Company: „Advanced Metering Infrastructure Overview and Plan”, February, 2007.
- [8] DMS Group: „DMS Software – Windows for Distribution Networks”, Jul 2007.
- [9] Dragan Popović, Duško Bekut, Valentina Treskanica: „Specijalizovani DMS algoritmi“, DMS Group, 2004.
- [10] U.S. Department of Energy: „Reliability Improvements from the applications of Distribution Automation Technologies“, 2012

### Kratka biografija:



**Aleksandar Petričković** rođen je u Kraljevu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – smer Elektroenergetski sistemi odbranio je 2014.godine.



**DIGITALNA OBRADA ZVUKA U LABVIEW PROGRAMU****DIGITAL SOUND PROCESSING IN LABVIEW PROGRAM**Nikola Malivuk, Josif Tomić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Ovaj master rad bavi se primenom programa LabVIEW u svrhu akvizicije, analize, obrade i reprodukcije signala sa zvučnim sadržajem. Analizirani su osnovni pojmovi vezani za diskretizaciju zvuka, kao i načini za njegovu kompresiju i skladištenje. Opisani su matematički principi analize i filtriranja signala, sa posebnim osvrtom na radik 2 FFT algoritam. Pokazane su mogućnosti LabVIEW-a za rad sa digitalnim zvukom. Analizirana su postojeća rešenja za analizu i obradu zvučnog signala. Realizovani su programi za demonstraciju rada sa digitalnim zvukom u LabVIEW.

**Abstract** – This paper deals with use of LabVIEW development environment for the purpose of audio signal acquisition, analysis, processing and reproduction. Basic concepts of sound discretization, as well as audio data compression and storage are analyzed. Mathematical principles of signal analysis and filtering are covered, with an emphasis on the radix 2 FFT algorithm. LabVIEW's capabilities of working with digital sound are shown. Existing solutions for audio signal analysis and processing are exhibited. Programs that demonstrate working with sound in LabVIEW had been developed, and are included in this project.

**Ključne reči:** Digitalna obrada signala, FFT, digitalni filteri, LabVIEW, virtualni instrument.

**1. UVOD**

Ovaj rad se bavi primenom programa LabVIEW u svrhu akvizicije, analize, obrade i reprodukcije signala sa zvučnim sadržajem, kao i rešavanjem konkretnog zadatka koji se bavi analizom i filtriranjem određenih delova spektra, uz mogućnost praktične realizacije. Zadatak je tipičan za oblast obrade zvuka i njegova rešenja se tamo često mogu sresti.

Sam projekat omogućava manipulaciju harmonijskim sadržajem zvuka zapisanog u formi WAV fajla, ili merenog sa ulaza zvučne kartice, a izrađen je u softverskom okruženju LabVIEW, verzija 8.6, proizvođača National Instruments.

**2. WAV FAJLOVI**

Sa razvojem pristupačnih personalnih računara tokom 80-ih i 90-ih godina prošlog veka je došlo i do razvoja aplikacija za rad sa multimedijalnim sadržajima, kod kojih tekst, slika zvuk i video sadržaj koji postoje u memoriji mogu biti poslani, primljeni, prikazani, promenjeni ili reprodukovani.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Josif Tomić, vanr. prof.

U poređenju sa analognom, digitalna obrada signala, pa time i zvuka, omogućava prelazak iz domena kontinualnog vremena u domen diskretnog vremena, odnosno iz domena diferencijalnog računa u domen diferencnog računa, kakav koriste moderni personalni računari. Takođe, manipulacija signala se može sprovoditi strogo softverskim putem, bez potrebe za dodatnim hardverom. Pošto digitalni zvučni zapis može zauzimati značajan deo memorijskog prostora, postoji potreba za kompresijom fajlova i njihovom standardizacijom. Dve važne stvari koje treba uzeti u obzir kada je reč o kompresiji audio fajlova su: da kompresija može rezultovati u gubicima sadržaja i da uvek postoji potreba za brzim dekodiranjem. Dve glavne osobine digitalizovanog zvuka koje opisuju njegov kvalitet su učestanost odabiranja (sample rate, mera diskretizacije vremenske ose) i veličina odbirka (sample size, mera diskretizacije amplitudske ose). Problem odabira učestanosti odabiranja rešava Nikvistova teorema odabiranja (Nyquist-Shannon sampling theorem) koja nalaže da učestanost odabiranja mora biti dva puta veća od najveće frekvencije u signalu koji se diskretizuje. Tipičan frekvencijski opseg ljudskog sluha je od (16-20) Hz do (20-22) kHz, u zavisnosti od osobe, njenog zdravlja i starosti. Ukoliko je potrebna digitalizacija zvuka sa velikom tačnošću (high fidelity), učestanost odabiranja bi trebala biti malo iznad  $2 \cdot 22 \text{ kHz} = 44 \text{ kHz}$ . Ovo je razlog zbog kojeg zvučni fajlovi visokog kvaliteta imaju učestanost odabiranja 44100 Hz.

WAVE je osnovni format fajla za čuvanje zvučnih podataka na Windows platformi. Nastao je saradnjom IBM-a i Microsoft-a. Pored Windows-a ovo je osnovni format zvučnog fajla i za većinu drugih operativnih sistema. WAVE fajlovi obično sadrže string-ove teksta koji služe za označavanje bitnih mesta u fajlu (početak, kraj, ...), labela, podataka o enkodiranju i skladištenje drugih informacija. String-ovi čija veličina nije unapred poznata su skladišteni u tzv. Pascal formatu gde prvi bajt određuje broj ASCII bajtova u string-u. WAV format fajla je specijalan slučaj WAVE-a, u kome se ne koristi kompresija. Organizacija WAVE fajla je zasnovana na standardnoj RIFF (Resource Interchange File Format) strukturi.

**3. ANALIZA DISKRETNIH SIGNALA**

Dve glavne osobine sistema su linearnost i vremenska nepromenljivost. Linearni vremenski nepromenljivi diskretni sistemi (LVN DS) predstavljaju veliku podgrupu diskretnih sistema i veoma često se sreću u praksi. Bilo koji LVN DS se može formirati korišćenjem tri osnovna elementa: sabirač, množač sa realnom konstantom i pomerač. Diskretni sistemi se opisuju diferencnim

jednačinama. Sistem se može opisati linearnom diferencnom jednačinom sa konstantnim koeficijentima, preko rekurzivne forme ili preko impulsnog odziva sistema.

U analizi diskretnih signala i sistema, kao i kod obrade signala sa diskretnim vremenom veliku ulogu ima diskretna Furijeova transformacija. Ovom transformacijom se sekvenca  $x(n)$  dužine  $L \leq N$  pretvara u skevencu odbiraka u spektralnom domenu  $X(k)$ , dužine  $N$ . Izraz koji definiše diskretnu Furijeovu transformaciju je sledeći:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cdot e^{-j \frac{2\pi}{N} k \cdot n}, k = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (1)$$

Od suštinske važnosti je činjenica da se transformacijom signala  $x(n)$  kao rezultat dobija njegov diskretni spektar  $X(k)$ . Za razliku od konvencionalne Furijeove transformacije (FT), gde je spektar signala uvek kontinualan, ovde se vrši diskretizacija spektra, tako što se uzima konačan broj određenih vrednosti kontinualnog spektra. Razmak između odabranih vrednosti kontinualnog spektra na frekvencijskoj osi iznosi  $\Delta\omega = 2\pi/N$ , odnosno  $\Delta f = f_s/N$ , gde je  $f_s$  učestanost odabiranja, a  $\Delta f$  frekvencijska rezolucija diskretne Furijeove transformacije.

Frekvencijska rezolucija direktno zavisi od dužine sekvence  $X(k)$ ,  $N$ . Ukoliko se DFT računa u više tačaka, dobija se veća frekvencijska rezolucija, i obrnuto. Iako je konvencionalna Furijeova transformacija uvek dovoljna za analizu i obradu signala, argument za korišćenje diskretne Furijeove transformacije leži u činjenici da je izraz za računanje DFT daleko jednostavniji od izraza za FT, odnosno DFT je lakši i brži za računanje.

U praksi, za rad sa sistemima i signalima se češće koristi tzv. brza Furijeova transformacija (FFT, Fast Fourier Transform). Razlog za to je taj što FFT koristi pojednostavljen algoritam za računanje transformacije, a uz iste rezultate kao i DFT. U odnosu na DFT, FFT koristi manji broj operacija (sabiranja i množenja), što rezultuje u bržem računanju. Za brzo računanje diskretne Furijeove transformacije postoje različiti algoritmi. Neki od najčešće korišćenih su radik 2, radik 4 i split-radik 8 algoritmi.

Konkretno, LabVIEW koristi radik 2 algoritam. U jednačini (1) se može uočiti da koeficijenti kojima se množe odbirci ulaznog signala imaju izraženu simetriju. Koeficijenti kojima se množe članovi ulazne sekvence parnog indeksa su isti za članove sa indeksima  $k$  i  $k+(N/2)$ , gde je  $0 \leq k \leq (N/2)-1$ . Slično se može reći i za neparne vrednosti indeksa  $m$ , s tom razlikom što su ovde koeficijenti jednaki po apsolutnoj vrednosti, ali različiti po znaku. Stoga, ulazna sekvenca od  $N$  članova se može podeliti na dve sekvence od  $N/2$  članova, od kojih prva sadrži članove sa parnim indeksima, a druga članove sa neparnim indeksima. Nove sekvence od  $N/2$  članova se po istom principu mogu raščlaniti na sekvence od  $N/4$  članova. Raščlanjivanje ulazne sekvence se može obavljati do momenta kada nove dobijene sekvence imaju samo jedan član. Za  $N=2^v$ , proces raščlanjivanja se može ponoviti  $v=\log_2 N$  puta, čime se ukupan broj operacija kompleksnog množenja redukuje na  $(N/2)\log_2 N$ , a ukupan broj operacija kompleksnog sabiranja redukuje na  $N$

$\log_2 N$ . Redosled operacija kojim se računa transformacija pri svakoj iteraciji raščlanjivanja ima naziv leptir operacija.

#### 4. FILTRIRANJE DISKRETNH SIGNALA

U obradi diskretnih sistema i signala se najčešće koriste digitalni filtri. Digitalni filtri su frekvencijski selektivni sistemi koji vrše uobličavanje frekvencijskog spektra signala diskriminacijom signala prema frekvenciji. Takvo uobličavanje spektra se najčešće svodi na propuštanje signala koji su u određenom opsegu učestanosti (propusnom opsegu), odnosno slabljenje onih signala koji nisu u tom opsegu (nepropusni opseg).

Digitalni filtri nisu skloni nelinearnostima karakterističnim za analogne filtre. Fizičke komponente analognih filtera se uvek proizvode sa određenom tolerancijom u odgovarajućim fizičkim veličinama (otpornost, kapacitivnost, induktivnost). Pored toga, skloni su uticaju temperature i starenja. Kako se povećava red filtra, pa time i broj komponenti, ovi uticaji predstavljaju sve veći problem.

Rezultati različitih postupaka sinteze digitalnih filtera su različiti, a generalno se dele u dve grupe: IIR (Infinite impulse response, filtri s beskonačnim impulsnim odzivom) i FIR (finite impulse response, filtri s konačnim impulsnim odzivom) filtri.

Izbor između IIR i FIR filtera zavisi od konkretne aplikacije. Može se doneti generalni zaključak da IIR filtri zahtevaju manje resursa uz veću brzinu obrade podataka u odnosu na FIR filtre, ali su osetljiviji na efekte usled rada sa aritmetikom konačne preciznosti i nije ih moguće realizovati sa linearnom faznom karakteristikom.

#### 5. VI ZA RAD SA ZVUKOM U LABVIEW

U mnoštvu postojećih osnovnih virtualnih instrumenata (VI) ugrađenih u LabVIEW, ovo programersko okruženje poseduje i VI za rad sa zvukom, odnosno, fajlovima nosačima zvuka i zvučnom karticom. Ovi VI-i omogućavaju relativno jednostavnu akviziciju, reprodukciju i manipulaciju zvukom.

VI za rad sa zvukom nalaze se na paleti *Functions* → *Graphics & Sound* → *Sound*. Svi virtualni instrumenti za rad sa zvukom su podeljeni na tri potpalette: Output – VI za kontrolu i konfiguraciju izlaza zvučne kartice, Input – VI za kontrolu i konfiguraciju ulaza zvučne kartice, Files – VI za kreiranje i primanje WAVE fajlova.

Najčešće upotrebljavani entiteti koje LabVIEW koristi za rad sa zvukom su: *Sound Format*, *Sound Data*, *Task ID* i *error in/out*. *Sound Format* je klaster koji se koristi za kvalitativni opis digitalnog zvuka koji se prima, šalje ili obrađuje. Tri parametra koje sadrži ovaj klaster su, redom: učestanost odabiranja, broj kanala i broj bita po odbirku.

Ovi parametri se često mogu podešavati i posebno. *Sound Data* sadrži diskretne talasne oblike, ekvivalentne zvuku s kojim se radi. *Task ID* čuva podatak dodeljen zadatku, radi prosleđivanja drugim virtualnim instrumentima za obradu zvuka.

*Error in/out* služi za prenos informacije o eventualnim greškama u radu jednog ili više VI.

## 6. ANALIZA I FILTRIRANJE SIGNALA U LABVIEW

Većina verzija softverskog paketa LabVIEW ima veliku količinu ugrađenih virtualnih instrumenata za analizu sistema i signala. Među najvažnijim standardnim funkcijama tu su realna i kompleksna FFT, VI za dobijanje spektra snage, Hilbertova i Hartlijeva transformacija, kao i njihovi inverzni ekvivalenti. Ukoliko ima potrebe za korišćenjem sopstvenih funkcija, ili ako se neke potrebne funkcije ne mogu naći u okviru ponuđenih virtualnih instrumenata, moguće je uključiti funkcije pisane kao C ili MATLAB kod. LabVIEW poseduje i paletu sa virtualnim instrumentima za realizaciju filtriranja. Funkcije ovih blokova su, u suštini, pružanje interfesja korisniku ka procesima za sintezu filtera nižeg nivoa. Ovim, naprednim funkcijama (računanje koeficijenata IIR i FIR filtera, konvolucije, parametri prozorskih funkcija itd.) se može pristupiti odabirom nekih od dve potpalette locirane u donjem desnom uglu na paleti Filters.

## 7. EKVALIZATORI

Pod pojmom ekvalizacije (eng. equalization) se podrazumeva proces atenuacije ili pojačavanja određenih delova frekventijskog spektra signala. Ekvalizacija se najčešće koristi pri snimanju, produkciji ili reprodukciji zvuka, ali se ponekad koristi i u drugim granama elektronike i telekomunikacija. Elektronska kola ili softverski programi koji se koriste u ovu svrhu se zovu ekvalizatori (equalizer). U telekomunikaciji, ekvalizatori se koriste za podešavanje frekventijskih odziva prenosnih linija. U audio elektronici, zadaci ekvalizatori mogu biti praktični (pojačavanje ili stišavanje dela spektra) ili indikativni (prikaz frekventijskog sadržaja). Dve kategorije na koje se može podeliti najveći broj ekvalizatora su parametarski (parametric equalizer) i grafički (graphic equalizer). Grafički ekvalizatori su često uključeni u konvencionalnoj potrošačkoj audio opremi ili softveru i relativno su jednostavni za korišćenje. Parametarski ekvalizatori su komplikovaniji od grafičkih i omogućavaju preciznije filtriranje. Rad sa ovakvim ekvalizatorima zahteva šire predznanje o filtriranju nego što je to slučaj kod grafičkih.

## 8. REALIZACIJA PROGRAMA

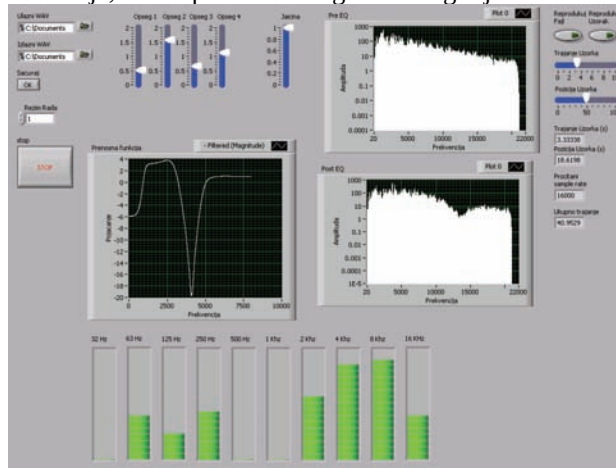
Demonstracioni programi su napravljeni u programskom okruženju LabVIEW, verzija 8.6.

### 8.1. Program za rad sa WAV fajlovima

Zadatak prvog programa je da obezbedi rad sa WAV fajlovima, odnosno njihovo otvaranje i čuvanje, filtriranje spektra talasnog oblika sadržanog u njemu, kao i vizualnu i zvučnu indikaciju promene. U programu je predviđen rad sa jednokanalnim, mono fajlovima, zbog jednostavnosti pokazivanja principa rada, uštede procesorskog vremena i jednostavnosti koda. Princip obrade i analize signala bi ostao isti i pri radu sa višekanalnim fajlovima.

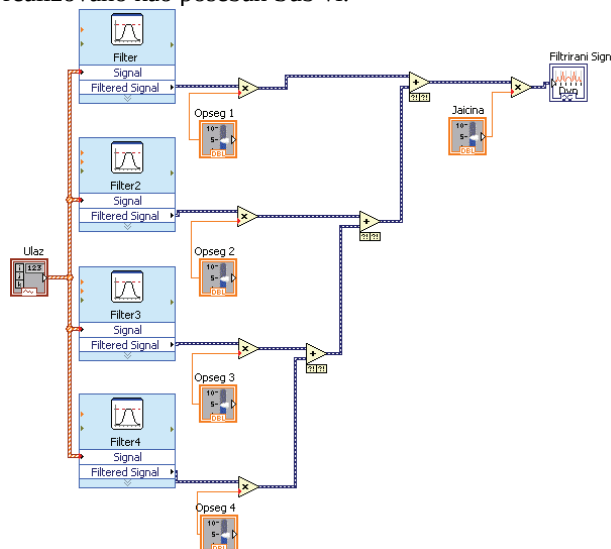
Na slici 1. je prikazan korisnički interfejs (Front Panel) prvog programa. Ovde postoje ulazne veličine za određivanje putanje ulaznog i izlaznog fajla, podešavanje parametara filtera, odabiri parametara dela fajla koji se

analizira. Grafički se prikazuje karakteristika sistema za filtriranje, kao i spektri ulaznog i izlaznog fajla.



Slika 1. Korisnički interfejs

Zbog ograničenih mogućnosti LabVIEW-a za paralelno izvršavanje većeg broja zadataka, a i radi demonstracije različitih pristupa problemu, uvedena su tri različita režima u kojima program može raditi. Režim 1: U ovom režimu program otvara ulazni fajl, filtrira njegov sadržaj prema unesenim parametrima, računa i prikazuje prenosnu funkciju, računa i prikazuje spektar ulaznog i rezultujućeg signala prema traženom trajanju i poziciji uzorka. Moguće je zvučno reprodukovati ceo fajl, ili njegov deo (uzorak), ali za vreme reprodukcije se ne računaju podaci za grafike. Ovo je jedini režim u kojem se rezultat filtriranja može sačuvati, a takođe i jedini režim u kojem se računa prenosna funkcija. Režim 2: Ovaj režim rada programa se bavi vizualizacijom zvučnog sadržaja u realnom vremenu, bez zvučne reprodukcije. Spektar filtriranog signala se prikazuje na grafiku Post EQ, kao i na stubičnom indikatoru. Režim 3: Ovaj režim demonstrira naizmenično računanje spektra i zvučnu reprodukciju signala. Brzina smenjivanja ove dve radnje zavisi od veličine analiziranog uzorka, odnosno vrednosti broja Trajanje uzorka. Na slici 2 je prikazan blok dijagram sistema za filtriranje signala u kodu, a ovo je realizovano kao poseban Sub vi.



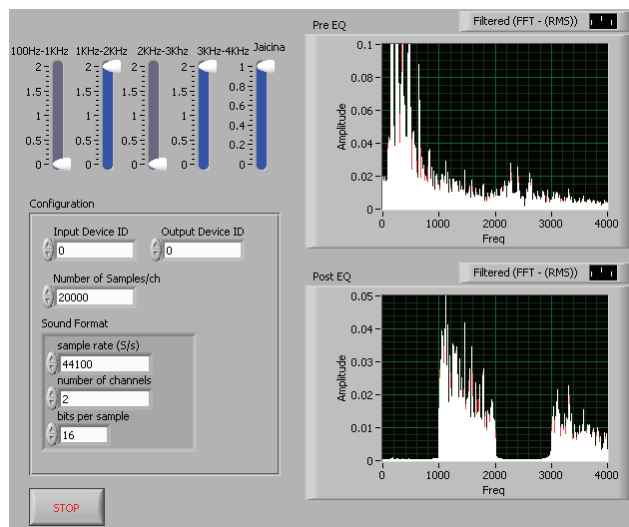
Slika 2. Blok dijagram realizovanog filtera

Filter 1 je propusnik niskih učestanosti, sa graničnom učestanošću 1000 Hz, filter 2 je propusnik opsega učestanosti, sa graničnim učestanoštima 1000 Hz i 3000 Hz, filter 3 je propusnik opsega učestanosti, sa graničnim učestanoštima 3000 Hz i 5000 Hz, a filter 4 propusnik visokih učestanosti sa graničnom frekvencijom 5000 Hz. Zbog manjeg broja operacija, odnosno uštede procesorskog vremena, i dovoljne funkcionalnosti za demonstracione svrhe svi filteri su IIR tipa, trećeg reda.

## 8.2. Program za rad sa zvučnom karticom u realnom vremenu

Zadatak drugog programa je da obezbedi rad sa zvučnom karticom u realnom vremenu. Za ovaj program je predviđeno čitanje ulaza zvučne kartice, filtriranje sadržaja i reprodukcija zvuka na izlazu zvučne kartice, uz paralelni prikaz ulaznog i rezultujućeg filtriranog signala. Na slici 3 je prikazan korisnički interfejs (Front Panel) drugog programa. Slično prethodno opisanom programu, ovde postoje grafici za prikazivanje spektra ulaznog i izlaznog signala i ulazne veličine za odabir pojačanja filtera u njihovim propusnim opsezima.

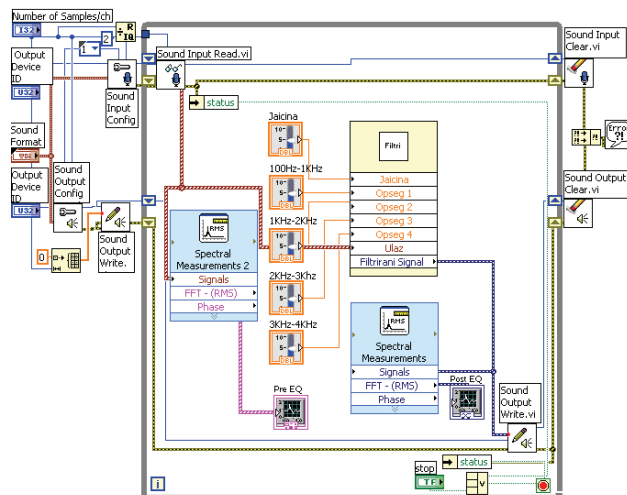
Pored ovoga, dodat je i unos parametara zvučne kartice (Device ID, za odabir drajvera zvučne kartice, ukoliko ih ima više, i broj odbiraka po kanalu), kao i mogućnost menjanja parametara klastera sound formata koji se koristi u kodu.



Slika 3. Front panel programa za rad u realnom vremenu

Na slici 4 je prikazan Blok dijagram programa za rad u realnom vremenu. Svi filteri su propusnici opsega učestanosti sa eliptičkom topologijom, desetog reda. Propusni opseg prvog filtera je od 100 Hz do 1000 Hz, drugog od 1000 Hz do 2000 Hz, trećeg od 2000 Hz do 3000 Hz, a četvrtog od 3000 Hz do 4000 Hz. Ovaj program radi u realnom vremenu sa ulazima i izlazima zvučne kartice.

Suštinski, ovim programom je implementiran virtualni instrument sa funkcijom analizatora spektra koji je ograničen frekvencijskim opsegom zvučne kartice. Funkcionalnošću ekvalizatora je pokazana mogućnost korišćenja LabVIEW-a kao digitalnog procesora signala, gde je izlazni signal prisutan na izlazu zvučne kartice.



Slika 4. Blok dijagram programa za rad u realnom vremenu

## 9. ZAKLJUČAK

Analizirana je problematika analize i obrade digitalnog signala sa zvučnim sadržajem, sa fenomenološkog i matematičkog stanovišta, a zatim su razmotrene mogućnosti korišćenog softverskog alata. Softversko okruženje se pokazalo dovoljno dobrim za izradu demonstracionih programa. Za eventualno proširenje programa bi se u obzir moglo uzeti zasebno, paralelno procesiranje različitih zadataka kao i rad sa većim brojem kanala.

## 10. LITERATURA

- [1] Josif Tomić, Milan Milovanović, "Virtualna instrumentacija primenom LabVIEW programa", FTN, Novi Sad, 2010.
- [2] National Instruments, "LabVIEW Digital Filter Design Toolkit User Manual", National Instruments Corporation, 2005.
- [3] David Salomon, "Data Compression, The Complete Reference, Fourth Edition", Springer-Verlag London Limited, 2007.
- [4] <http://www.elektronika.ftn.uns.ac.rs/images/Diskretni%20sistemi/Vezba%203.rar> - Literatura predmeta Diskretni sistemi, 2014.
- [5] <http://www.elektronika.ftn.uns.ac.rs/images/Diskretni%20sistemi/Vezba%204.rar> - Literatura predmeta Diskretni sistemi, 2014.
- [6] Cory L Clark, "LabVIEW Digital Signal Processing and Digital Communications", McGraw-Hill, 2005.
- [7] Hwei P. Hsu, "Schaum's Outlines of Theory and Problems of Signals and Systems", McGraw-Hill, 1995.
- [8] Jerry D. Gibson, "The Communications Handbook, Second Edition", CRC Press, 2002.

### Kratka biografija:



**Nikola Malivuk** rođen je u Somboru 1989. god. Osnovne akademske – bečelorske studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – na smeru za mikroročunarsku elektroniku 2012. godine.



## PRIMER ALGORITMA ZA ORTOGONALNU VIZUALIZACIJU GRAFOVA EXAMPLE OF ALGORITHM FOR ORTHOGONAL GRAPH VISUALIZATION

Marko Ivanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – Predmet ovog rada jeste analiza, opis i delimična implementacija jednog algoritma za ortogonalnu vizualizaciju grafova. Algoritam se sastoji iz tri koraka i u svakom od njih dat detaljniji opis i predlog rešavanja.

**Abstract** – The subject of this paper is to analyze, describe and partially implement an algorithm for orthogonal graph visualization. The algorithm consists of three phases and each of them gives a more detailed description of resolving.

**Ključne reči:** ortogonalni algoritam, vizualizacija grafa

### 1. UVOD

Grafovi, kao skupovi tačaka međusobno povezanih linijama, predstavljaju najbolji način za prikazivanje podataka različite prirode. Vremenom su razvijani različiti načini predstavljanja podataka, odnosno razvijane su različite vrste grafova, a zajedno sa razvijem rasla je i kompleksnost zahteva za koje se očekivalo da graf može da predstavi i reši. Tako su vremenom predstavljani različiti algoritmi koji su u stanju da ove zahteve ispune, a koji su u isto vreme primenljivi i na probleme koji nisu vezani za grafove. Grafovi se, uglavnom, koriste kako bi čoveku na što bolji, jasniji način predstavili neke podatke. Iz tog razloga se uvek težilo razvijanju grafova koji su vizualno prihvatljiviji. Tako su nastali polilinijski, pravolinijski, ortogonalni, mrežni, zatim usmereni, neusmereni, planarni, ortogonalni i drugi. Zbog svoje osobine da su elementi grafa međusobno povezani pravim linijama, i sa međusobnim uglovima deljivim sa uglom od 90°, ortogonalni grafovi su možda i najprihvatljiviji ljudskom oku, jer nude vrlo dobru preglednost. Iz ovog razloga, u ovom radu je opisan primer jednog takvog algoritma za obradu grafa, tj. algoritma koji na izlazu daje ortogonalni graf.

### 2. OPIS ALGORITMA

Algoritam za ortogonalno iscrtavanje koji je objašnjen u ovom radu može se podeliti u celine, pri čemu svaka celina kao ulaz dobija graf koji je rezultat obrade u prethodnoj celini, i jednostavno se može nazvati Topologija–Oblik–Metrika (eng. Topology–Shape–Metric [1]). Pretpostavka je da je na ulazu neusmeren graf. Ovaj algoritam je razvijen od strane Roberta Tamasia (eng.

Robert Tamassia). Osnovna ideja je da se ortogonalno iscrtavanje može opisati kroz tri osobine, a to su:

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr.prof.

topologija grafa, oblik grafa i metrika grafa. Na osnovu ovih osobina algoritam je podeljen u tri celine: planarnost, ortogonalnost i kompaktnost.

### 2. PLANARNOST

Prvi od tri koraka algoritma je planarizacija. Planarizacija određuje topologiju iscrtavanja, tj. daje planarnu reprezentaciju grafa. Svaki čvor u grafu sadrži listu grana na koje je povezan koja se naziva lista susedstva.

Cilj ove faze algoritma je smanjivanje broja preklapanja grana na najmanji mogući broj. Jedan od načina da se ovo uradi jeste da se proveriti da li je graf planaran. Ako je u pitanju neplanaran graf tada se traži najveći mogući planaran podgraf, tj. graf koji sadrži sve čvorove ali ne i sve grane polaznog grafa. Planaran podgraf se nalazi tako što se uklanjaju grane iz polaznog grafa koje narušavaju planarnost. Sledeći korak u fazi planarizacije jeste vraćanje izbačenih grana tako što se na mestima gde je bilo preklapanja grana ubacuju lažni čvorovi. Na osnovu prethodnog objašnjenja definišu se dve faze planarizacije. To su: testiranje planarnosti grafa i ugrađivanje grana.

#### 2.1. Testiranje planarnosti grafa

Osnovna ideja ovog algoritma je sledeća: prvo se kopiraju svi čvorovi iz početnog grafa u novi graf, a zatim se u novi graf dodaju jedna po jedna grana dok graf ne postane maksimalno planaran. Prvo se dodaju grane razapinjućeg stabla, a zatim jedan po jedna povratna grana grafa dok god se ne narušava planarnost novog grafa. Da bi se izvršilo testiranje planarnosti potrebno je prvo izvršiti neophodna izračunavanja nad ulaznim grafom. Ovo se radi u predobradi, a zatim se uz pomoć komponenti koje su izračunate nastavlja sa Bojer-Mirvoldovim algoritmom [2].

U predobradi uvode se i izračunavaju novi pojmovi potrebni za nastavak algoritma. Prvi pojam koji se uvodi je algoritam pretraga stabla u dubinu [3] (eng. Depth-First Search). Kao rezultat, algoritam daje razapinjuće stablo (eng. spanning tree) i raspored čvorova u stablu, pri čemu svaki čvor dobija indeks pretrage. Najmanji indeks ima koren pretrage, a ostali čvorovi dobijaju indeks kako je koji posećen za jedan veći od prethodnog. Tokom pretrage u dubinu moguće je izračunati vrednosti za svaki čvor koje su neophodne za dalji tok Bojer-Mirvold algoritma. To su virtuelni koren, spoljašnja aktivnost čvora i značajnost čvora.

Bojer-Mirvoldov algoritam prolazi kroz svaki čvor u grafa, ali u opadajućem redosledu indeksa pretrage, u cilju dodavanja grana od čvora  $v$  do njegovih naslednika i sastoji se od četiri koraka. Prvi korak, ubacivanje grane stabla od roditelja do trenutnog čvora može da se odradi u fazi predobrade. Drugi korak algoritma predstavlja potraga za značajnim čvorovima, tj. potraga za značajnim



bi-povezanim komponentama za svaki čvor do koga treba da se ubaci povratna grana grafa. Zbog svoje prirode može se nazvati pretraga putanja. Informacija iz drugog koraka se koristi u sledećem, trećem koraku algoritma. U ovom koraku se ugrađuju povratne grane i spajaju se bi-povezane komponente koje su se našle na putu između krajnjih tačaka povratne grane. Zbog svoje prirode, tj. pošto spaja bi-povezane komponente, ova metoda može da se nazove i ugrađivanje blokova, gde blok predstavlja bi-povezanu komponentu. U poslednjem koraku prolazi se kroz graf i spajaju se preostale bi-povezane komponente.

## 2.2. Ugrađivanje grana

Nakon testiranja planarnosti grafa i dobijanja maksimalnog planarnog podgraфа, u slučaju kad ulazni graf nije bio planaran, potrebno je vratiti, odnosno ponovo ugraditi u graf grane koje su narušavale planarnost. Pri ugrađivanju ovih grana na mestu preseka grana postavljaju se novi, lažni čvorovi. Broj lažnih čvorova treba da bude minimalan, tj. grana treba tako da se ugradi u graf da seče što manje ostalih grana. Način da se ovo uradi jeste da se putanja za granu koja se ugrađuje računa tako da prelazi preko najmanjeg broja ćelija grafa. Da bi se pronašla najkraća putanja potrebno je prvo poznavati pojam dvostrukog grafa, kao i poznavanje algoritma za pronalazak najkraće putanje u grafu – Dajksstrin algoritam [4]. Dvostruki graf  $G^*$  se kreira tako što se za svaku ćeliju grafa  $G$ , uključujući i spoljašnju ćeliju, kreira jedan čvor u  $G^*$ . Dva čvora u  $G^*$  su povezana onda i samo onda kad pripadaju susednim ćelijama (ćelijama koje imaju zajedničku jednu granu).

## 3. ORTOGONALNOST

Kao ulaz u ovu fazu dovodi se graf koji je rezultat prve faze algoritma. Ortogonalizacija popravља konturu, tj. oblik grafa tako što definiše broj i mesta preklapanja grana, a da pri tome broj prelamanja bude što manji, kao i uglove između susednih grana. Roberto Tamasia je razvio algoritam [5] za ortogonalni prikaz sa minimalnim brojem prelamanja. On je došao do zaključka da je računanje najmanjeg broja prelamanja za graf  $G$  ekvivalentan računanju minimalnog protoka u mreži. Protok mreže je često korišćen za modelovanje problema transporta. Algoritam Tamasia je ograničen na graf sa stepenom čvorova ne većim od 4. Pošto je u praksi ovo skoro neupotrebljivo, tj. grafovi su uglavnom sa stepenom čvorova većim od 4, razvijeni su algoritmi koji omogućavaju ortogonalizaciju grafova sa većim stepenom čvorova. Ovi algoritmi se oslanjaju na algoritam Tamasia i njegovo su proširenje. U ovom radu je korišćen i detaljnije objašnjen Quod pristup, tj. kvazi ortogonalizacija.

### 3.1. Protok mreže

Protok mreže se često koristi za modelovanje problema transporta, kao što je protok saobraćaja na putevima ili protok električne energije, tj. za sve probleme gde je potrebno premestiti neku vrednost, bila ona fizička ili apstraktna (električna energija, poruka, proizvod), od jedne tačke do druge u nekoj mreži, a da se pri tome to uradi na što efikasniji način. Jedan od najznačajnijih problema vezanih za protok mreže jeste problem protoka sa minimalnom cenom. Kompletan uvid u protok mreža i

rešavanju problema minimalnog protoka predstavljen je od strane Ravindra K. Ahuja [6].

Protok mreže  $G=(N,A)$ , gde je  $N$  skup od  $n$  čvorova, a  $A$  skup od  $m$  grana, je usmeren graf u kome protok putuje kroz grane grafa. U njemu postoje dva posebna čvora, izvorni čvor  $s$  i ponorni čvor  $t$ , pri čemu izvorni čvor ima svoju proizvodnju, a izlazni čvor potrošnju jedinica. Zbir proizvedenih i potrošenih jedinica svakog čvora u celom grafu je jednaka. Svaka grana  $(v,w)$  grafa sadrži sledeće vrednosti: cenu protoka  $c_{vw}$  - trošak po jedinici protoka za tu granu, kapacitet  $u_{vw}$  - maksimalna mogući protok na grani, donja granica  $l_{vw}$  - minimalni neophodni protok na grani.

Svakom čvoru  $v$  se dodeljuje vrednost  $b(v)$  koja predstavlja količinu protoka koja prolazi kroz čvor  $v$ . Čvor koji ima  $b>0$  zovemo izvor snage(ponude), čvor sa  $b<0$  zovemo ponor snage(potražnje), dok čvorove sa  $b=0$  zovemo pretovarni ili transportni čvorovi.

### 3.2. Tamasia algoritam za ortogonalizaciju

Roberto Tamasia je predstavio algoritam [5] koji izračunava prikaz grafa sa minimalnim brojem prelamanja grana i određuje relativne pozicije grana oko svakog čvora grafa na osnovu uglova. Kako je već pomenuto, Tamasia je došao do zaključka da se ovaj problem može svesti na problem pronalaženja minimalne cene protoka u mreži. Algoritam je ograničen na grafove sa stepenom čvorova ne većim od 4, tj. grane iz čvora mogu da se nalaze samo levo, gore, desno i dole u odnosu na čvor kome pripadaju.

Algoritma se može podeliti u tri koraka:

1. Kreiranje protoka mreže, tj. grafa  $N$ .
2. Izračunavanje protoka  $x$  sa minimalnom cenom.
3. Izračunavanje ortogonalnog izgleda grafa na osnovu protoka  $x$ .

Protok mreže potreban za otogonalizaciju modeluje se na sledeći način: to je usmeren graf pri čemu čvorovi protoka mreže predstavljaju čvorove originalnog grafa, kao i čvorove ćelija, tj. njegovog dvostrukog grafa. Uglovi predstavljaju jedinicu prenosa kroz mrežu, dobijeni od strane čvorova i prenose se između ćelija. Protok sa minimalnom cenom u mreži  $N_G=(N,A)$  za planarni graf  $G=(V,E,F)$ , pri čemu je  $F$  skup ćelija grafa  $G$ , definiše se na sledeći način: skup čvorova  $N$  je definisan kao  $N=N_V \cup N_F$ , pri čemu skup  $N_V$  sadrži sve čvorove skupa  $V$ , dok skup  $N_F$  sadrži sve čvorove skupa  $F$ , tj. sve čvorove koji predstavljaju ćelije grafa  $G$  u njegovom dvostrukom grafu. Skup grana  $A$  takođe može da se definiše kao unija  $A=A_V \cup A_F$ , pri čemu skup  $A_V$  sadrži sve grane koje povezuju svaki čvor  $v$  iz skupa  $N_V$  sa svakim čvorom  $w$  iz skupa  $N_F$ , a da su čvorovi  $v$  i  $w$  pri tome susedni. Skup  $A_F$  predstavlja skup svih grana koje povezuju svaki čvor  $v$  iz skupa  $N_F$  sa svakim čvorom  $w$  takođe iz skupa  $N_F$ , pri čemu su čvorovi  $v$  i  $w$  susedni u grafu.

Nakon kreiranja protoka mreže potrebno je izračunati protok  $x$  sa minimalnom cenom. U ovom radu je korišćen algoritam uzastopnih najkraćih puteva za računanje protoka. Algoritam uzastopnih najkraćih puteva na svakom svom koraku upotrebljava algoritam za pronalazak najkraćeg puta, tj. održava rešenje  $x$  koje zadovoljava nenegativnost i ograničenje kapaciteta, ali narušava balans mase ograničenja. Na svakom koraku

algoritam poboljšava protok duž najkraćeg puta u rezidualnoj mreži od čvora  $s$  do čvora  $t$  sa neispunjenim potražnjama. Algoritam se završava kada rešenje  $x$  zadovoljava sva ograničenja balansa mase.

Nakon računanja protoka sa minimalnom cenom treba predstaviti dobijeno rešenje tako da odgovara ortogonalnom prikazu grafa. Neka je  $G$  ulazni graf,  $P$  planarna reprezentacija grafa  $G$  i neka je  $N$  mreža protoka. Za svaki celobrojni protok  $x$  u mreži  $N$  postoji ortogonalna reprezentacija  $H$  koja proširuje planarizaciju  $P$  u kojoj je broj prelamanja grana jednak ceni protoka  $x$ .

Neka je  $v$  čvor ulaznog grafa i neka je  $w$  njegov susedni čvor u dvostrukom grafu ulaznog grafa, tj. čvor koji predstavlja ćeliju  $f$  ulaznog grafa. Neka je  $e$  grana koja povezuje čvorove  $v$  i  $w$ . Tada vrednost protoka grane  $e$  predstavlja ugao između dve susedne grane ulaznog grafa koje pripadaju ćeliji  $f$  i kojima je čvor  $v$  zajednički čvor. Sada se može definisati mapiranje vrednosti protoka: vrednost protoka 0 predstavljaće ugao levo ( $90^\circ$ ), vrednost protoka 1 predstavljaće ugao pravo ( $180^\circ$ ), vrednost 2 ugao desno ( $270^\circ$ ) i vrednost 3 predstavljaće ugao pun krug ( $360^\circ$ ).

### 3.3. Quod – Kvazi ortogonalizacija

Prethodno opisan algoritam za ortogonalizaciju daje odlične rezultate, ali je ograničen samo na planarne grafove koji imaju težinu čvorova manju ili jednaku broju 4. Kako bi se prevazišao ovaj problem razvijeni su algoritmi koji se nadovezuju na Tamasia algoritam i omogućavaju ortogonalizaciju grafova koji sadrže čvorove većih težina od 4. Jedan od takvih algoritama, koji će biti opisan u nastavku, je Kvazi ortogonalizacija (Quod) [7]. Kvazi ortogonalizacija dozvoljava, kod grafova sa težina čvorova većim od 4, da prvi deo grane, deo do prvog prelamanja, napušta čvor dijagonalno u odnosu na ortogonalni prikaz, tj. napušta čvor pod uglom koji je različit od  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  i  $360^\circ$ , dok kod grafova sa manjim težinama čvorova od 4 je zadržan potpuni ortogonalni prikaz. Osnovna ideja kvazi ortogonalizacije je da se svaki čvor  $v$ , sa težinom većom od 4, zamenjuje sa ćelijom  $f_v$ . Broj čvorova u novoj ćeliji jednak je broju susednih čvorova čvoru  $v$ . Ovako kreirana ćelija naziva se kavez (eng. cage).

Neka je graf  $T$  dobijen transformacijom čvorova sa težinom većom od 4 iz planarnog grafa  $G$ . Bitno je primetiti da graf  $T$  ostaje planaran, samo što je sada sveden na graf sa težinama čvorova ne većim od 4. Nakon transformacije grafa moguće je iskoristiti Tamasia algoritam iz prethodnog poglavlja nad grafom  $T$ . Algoritam se izvršava na isti način kako je već opisano. Bitno je napraviti razliku između kaveza i normalnih ćelija, jer nakon ortogonalizacije treba vratiti originalne čvorove u njima odgovarajuće kaveze, pa oni ne bi trebali da dobiju previše komplikovan oblik.

## 4. KOMPAKTNOST

Kompaktnost, tj. izračunavanje metrike grafa, je treća i poslednja faza algoritma za ortogonalni prikaz grafova. U prethodnim fazama izračunat je planaran graf i izračunati su svi uglovi između grana, kao i prelamanja grana. Sada je potrebno izračunati minimalne dužine delova grana između prelamanja grana i razdaljine između čvorova. Drugim rečima, u ovoj fazi se računaju stvarne koordinate

grafta i prelamanja grana. Postoji više algoritama za izračunavanje kompaktnosti grafa, a u ovom radu će biti objašnjen algoritam koji je predstavio Roberto Tamasia [7]. U ovom algoritmu koristi se, kao i delu ortogonalizacije grafa, protok mreže za izračunavanje minimalnih dužina grana. Algoritam se oslanja na graf dobijen iz prethodne faze, tj. na graf u kome čvorovi imaju težinu maksimalno 4, i uvodi dva ograničenja na ulazni graf, a to su da graf ne sme da ima prelamanja grana i da sve ćelije u grafu moraju biti pravougaonog oblika.

### 4.1. Pojednostavljeni ortogonalni prikaz grafa

Algoritam zahteva da ulazni graf nema prelamanja grana i da sve ćelije imaju pravougaoni oblik. Ovakav graf naziva se pojednostavljeni ortogonalni prikaz i biće objašnjen u ovom poglavlju. Rešenje za dobijanja pojednostavljenog ortogonalnog prikaza predstavljeno je od strane Đuzepe Di Batiste [7]. Prvi korak pri pojednostavljenju predstavlja uklanjanje svih prelamanja grana u grafu. Ovo se može uraditi na jednostavan način tako što se prolazi kroz svaku granu grafa  $e=(v,w)$  i svako prelamanje grane  $e$  zamenjuje se lažnim čvorom  $n$ . Nakon ubacivanja lažnih čvorova u graf potrebno je ispuniti i drugi uslov, tj. sve ćelije u grafu trebaju biti pravougaone. Prolazi se kroz svaku ćeliju i vrši se provera da li je ona pravougaonog oblika, ako nije dodaju se novi lažni čvorovi i lažne grane dok ćelija ne postane pravougaonog oblika.

### 4.2. Tamasia algoritam za kompaktnost

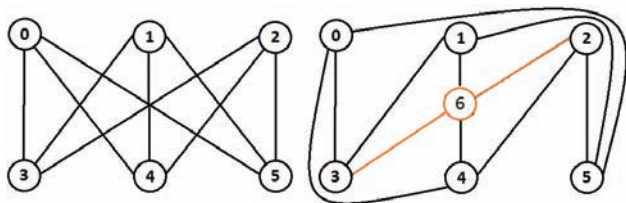
Kako je već pomenuto, ovaj algoritam na ulazu očekuje graf u kome je svaki čvor težine ne veće od 4, grane nemaju prelamanja i u kome su sve ćelije pravougaonog oblika. Modifikacija grafa, tako da odgovara ovim uslovima, je objašnjena u prethodnom poglavlju. Nakon primene algoritma na izlazu se dobija graf koji je planaran, ortogonalan i ima minimalne vrednosti dužine grana. Takođe su visina, širina i površina koju zauzima graf minimalne veličine. Za izračunavanje dužina grana koristi se, kao i u delu ortogonalizacije za računanje prelamanja grana, protok mreže. Od ulaznog grafa se kreira protok mreže u kojoj je jedinica prenosa dužina grane. Zatim se računa protok sa minimalnom cenom kako bi se dužine grana svele na minimum.

Protok mreže potreban za računanje dužina grana u grafu sastoji se od dva protoka mreže. To su horizontalni protok mreže  $F_{hor}$  koji se kreira za horizontalne grane i vertikalni protok mreže  $F_{ver}$  koji se kreira za vertikalne grane grafa. Mreže  $F_{hor}$  i  $F_{ver}$  se sastoje od čvorova dvostrukog grafa ulaznog grafa, ali samo od onih koji predstavljaju unutrašnje ćelije. Dodatno, u  $F_{hor}$  se ubacuju po jedan izvorni i ponorni čvor spoljašnje ćelije koji predstavljaju gornju i donju oblast spoljašnje ćelije, a u  $F_{ver}$  se ubacuju po jedan izvorni i ponorni čvor spoljašnje ćelije koji predstavljaju levu i desnu oblast spoljašnje ćelije. Grane protoka spajaju svake dve susedne ćelije spojene horizontalnom granom grafa za  $F_{hor}$ , tj. vertikalnom granom grafa za  $F_{ver}$ . Za obe mreže donja granica je  $b_{vw} = 1$ , zatim kapacitet protoka za svaku granu je  $u_{vw} = \infty$ , a cena protoka je  $c_{vw} = 1$ . Kako je već naglašeno, jedinica protoka u grani mreže predstavlja dužinu grane u ulaznom grafu. Nakon kreiranja mrežnog protoka može se preći na dobijanje mreže sa minimalnom cenom protoka.

Dobijanjem protoka sa minimalnom cenom, dobili smo minimalne vrednosti dužina za svaku od grana. Potrebno je još ukloniti sve lažne čvorove i grane koji su dodati tokom obrade grafa tokom sve tri faze algoritma, kao i mapirati sve elemente grafa na mrežu (eng. grid) prikazivanja.

### 4.3. Vizualizacija grafa

Vizualizacija grafa predstavlja poslednji korak algoritma u kojem je cilj da se elementima grafa dodele prave koordinate. U ovu svrhu uvodi se pojam mreže (eng. grid) u kojoj čvorovi grafa, tačke prelamanja i presecanja grana dobijaju jedinstvene koordinate. Na izlazu iz algoritma kompaktnosti graf umesto prelamanja grana i preseka grana sadrži lažne čvorove tako da se prilikom dodeljivanja koordinata vodi računa samo o čvorovima. Nakon dodeljivanja koordinata potrebno je ukloniti sve lažne čvorove i grane koje su dodate u toku izvršavanja algoritma. Prvi lažni čvorovi su dodati u toku planarizacije kada su se umesto preseka grana dodavali čvorovi kako se ne bi narušila planarnost grafa. Zatim su se u toku izvršavanja kompaktnosti dodavali lažni čvorovi na mestima prelamanja grana, i na kraju dodavani su lažne grane i čvorovi kako bi sve ćelije grafa bile pravougaonog oblika. Uklanjanje ovih lažnih čvorova izvršava se u obrnutom redosledu u kom su dodavani, tj. prvo se izbacuju oni koji su dodati prilikom modifikacije ćelija, zatim oni koji su dodati umesto prelamanja grana i na kraju oni čvorovi koji su dodati da se ne bi narušila planarnost grafa.



Slika 1. Primer testiranja planarnosti grafa

### 5. IMPLEMENTACIJA

U ovom radu implementiran je prvi deo algoritma, tj. testiranje planarnosti grafa. U poglavlju o planarnosti grafa je opisan ovaj algoritam, dok se u ovom poglavlju opisuje predlog implementacije tog algoritma. Programski jezik koji je korišćen za implementaciju je C#. Tokom realizacije rešenja korišćen je teorijski predlog rešenja koji je dat u [2]. Implementacija je podeljena u više faza, pri čemu izlaz jedne faze predstavlja ulaz u sledeću fazu. U predobradi je dat predlog rešenja za prolaz kroz graf i računanje razapinjućeg stabla grafa i za računanje potrebnih vrednosti za nastavak algoritma. U sledećim fazama, pretrazi putanja, ugrađivanju blokova, spajanju komponenti, ugrađivanju povratnih grana i postprocesu, dat je predlog rešenja testiranja planarnosti grafa.

Na slici 1 je dat primer na kojem se vidi rezultat testiranja ove faze algoritma. Levi graf sa slike 1 nije planaran, a grana koja narušava planarnost grafa je grana između čvorova 2 i 3. Kao rezultat ove faze, prikazan desno na slici 1, dobijen je graf koji u odnosu na ulazni ima jedan čvor više. Ovaj čvor 6 predstavlja presek grane, koja je narušavala planarnost grafa, sa drugom granom grafa, odnosno presek grana (2,3) i (1, 4). Takođe, dodavanjem novog čvora dodate se i dve nove grane. Na ovaj način je,

od ulaznog grafa koji nije bio planaran, dobijen planaran graf, što je bio cilj ove faze algoritma.

### 6. ZAKLJUČAK

U radu je opisan algoritam za ortogonalnu vizualizaciju grafova. Cilj je bio da se predstavi, tj. opiše jedan način generisanja grafova. U prvom delu rada bilo je potrebno upoznati se sa osnovama teorije grafova neophodne za razumevanje nastavka rada. Zatim je opisan algoritam sastavljen od tri faze. Dati su primeri algoritama kao moguće rešenje za svaku od faza. Takođe, opisani su i dodatni algoritmi koji su predstavljeni kao pomoć prilikom rešavanja problema glavnog algoritma.

Na osnovu izloženog u radu, dolazi se do zaključka da je predstavljeni algoritam vrlo kompleksan za implementaciju. Zahteva široko i detaljno poznavanje teorije grafova, kao i poznavanje velikog broja drugih algoritama, potrebnih za realizaciju glavnog algoritma. Takođe, i neki od tih dodatnih algoritama su sami po sebi kompleksni. Sa druge strane, ovaj algoritam kao rezultat daje prikaz koji u potpunosti zadovoljava zahteve ortogonalnog prikaza, tj. daje vrlo dobru preglednost, kompaktnost i podjednako dobre rezultate kako za mali broj, tako i za vrlo veliki broj elemenata.

### 7. LITERATURA

- [1] Roberto Tamassia, Giuseppe Di Battista, and Carlo Batini. "Automatic graph drawing and readability of diagrams", 1988.
- [2] Boyer, John M.; Myrvold, Wendy J. "On the cutting edge: simplified  $O(n)$  planarity by edge addition", Journal of Graph Algorithms and Applications 8, 2004.
- [3] T.H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest, and C. Stein. "Introduction to Algorithms", Second Edition. MIT Press and McGraw-Hill, 2001.
- [4] Dijkstra, E. W. "A note on two problems in connexion with graphs". Numerische Mathematik 1, 1959.
- [5] Roberto Tamassia. "On embedding a graph in the grid with the minimum number of bends". SIAM Journal of Computing, 16(3):421\_444, 1987.
- [6] R.K. Ahuja, T.L. Magnanti, and J.B. Orlin. "Network Flows". Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1993.
- [7] Giuseppe Di Battista, Peter Eades, Roberto Tamassia, and Ioannis G. Tollis. "Graph drawing: algorithms or the visualization of graphs". An Alan R. Apt book. Prentice Hall, 1999.

### Kratka biografija:



**Marko Ivanović** rođen je u Smederevu 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2014.god.

## POTENCIJAL TERMOELEKTRIČNIH GENERATORA POTENCIAL OF THERMOELECTRIC GENERATORS

Duško Gutić, Vladimir Katić, Zoltan Čorba, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu je predstavljen termoelektrični efekat, njegova praktična primena i mogućnosti. Dat je uvid u neke od uređaja koji koriste pogodnost direktnog pretvaranja toplotne energije u električnu. Predstavljena je i ideja za povećanje energetske efikasnosti termoelektrane, prikaz dela njenog pogona, kao i grub proračun dobijenih pogodnosti.

**Abstract** – This paper presents a thermoelectric effect, its practical applications and opportunities. Give an insight in some of the devices that use the convenience of direct conversion of heat into electricity. An idea to increase the energy efficiency of a thermal power plant is presented, together with details of its operation, as well as a rough calculation of the obtained benefits.

**Cljučne reči:** Termoelektrični efekat, termoelektrični element, energetska efikasnost, primena termoelektričnog elementa u termoelektrani.

### 1. UVOD

Pod termoelektričnim efektom se podrazumeva više povezanih efekata, koji imaju isti princip, a to je pretvaranje termičke energije u električnu.

Cilj je da iz molekula, koji imaju veliku energiju izvuče što više energije, koja bi se mogla upotrebiti u razne svrhe. Dakle, termička energija daje elektrone, koji su pobuđeni i vrlo pokretljivi i koji teže da predaju višak energije susednim elektronima. Upravo ta osobina se koristi, a neki od efekata, koji je objašnjavaju su Seebeck-ov, Peltier-ov i Thomson-ov efekat.

#### 1.1. Seebeck-ov efekat

Kada se zagreva jedan kraj nekog električno-provodnog materijala, pod pretpostavkom da važi teorija električnog i termičkog vođenja u metalima, posmatra se šta će se događati sa elektronima.

Budući da elektroni imaju veću kinetičku energiju na toplijem kraju, postoji rezultatni tok elektrona prema hladnijem kraju. Elektroni se mogu kretati duž materijala, s toplijeg kraja ka hladnijem, kako bi našli stanje niže energije.

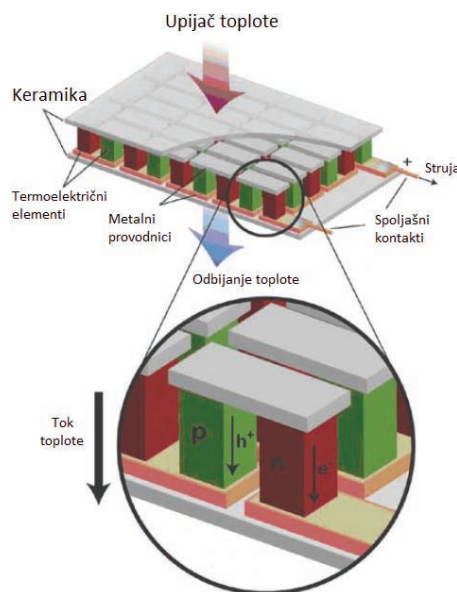
Zbog kretanja elektrona s toplijeg kraja uzorka ka hladnijem, javlja se razlika potencijala na krajevima uzorka. Razlika potencijala se još naziva i naponom, tako da se na ovaj način dobija izvor elektromotorne sile.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red.prof.

### 1.2. Peltier-ov efekat

Peltier-ov efekat spada u grupu termoelektričnih efekata, a ogleda se u tome da će spoj dva materijala, koji su u zatvorenoj petlji, poprimiti različite temperature ako kroz kolo protekne električna struja - jedan od kontakata će se ugrejati, a drugi ohladiti (slika 1). Koji od njih će imati višu, a koji nižu temperaturu, zavisi od smera struje, dok od jačine struje zavisi ravnotežna razlika temperatura. Ako se posmatra primer spoja metala i poluvodnika n-tipa, pri ravnotežnom kontaktu, Fermijevi nivoi u metalu i poluprovodniku su na istoj energiji. Pri provođenju, u struji kroz metal učestvuju elektroni energija bliskih Fermijevoj energiji, dok u poluprovodniku elektroni iz provodne zone. Zbog toga je energija slobodnih elektrona u poluprovodniku veća od one elektrona u metalu i ta strana je toplija [3].



Slika 1. Prikaz Peltier-ovog elementa

### 1.3. Thomson-ov efekat

Thomson-ov efekat se zasniva na dugom homogenom provodniku, kojim teče električna struja uzrokovana temperaturnim gradijentom.

Ako se odstrani Džulova toplota i disipacija toplote zbog raspršenja elektrona, koji učestvuju u toplotnoj provodnosti, tada se ima reverzibilna apsorpcija ili emisija toplote duž tog provodnika. Apsorpcija (emisija) količine toplote  $QT$  u jedinici vremena,  $PT$ , proporcionalna je promeni temperature  $\Delta T$  i struji  $I$ :

$$P_T = \xi_T \cdot I \cdot \Delta T \quad (1)$$



gde je  $\xi_T$  koeficijent proporcionalnosti, koji se naziva Thomson-ovim koeficijentom. Ako se zamisli da se taj dugi homogeni provodnik podeli na niz malih delova, tada se može posmatrati prelaz elektrona iz jednog dela na drugi, te se tamo javlja promena toplote između provodnika i okoline.

Naravno, da bi se taj proces mogao odvijati mora postojati razlika između Seebeck-ovih koeficijenata na tim delovima provodnika. Vidi se da je to analogno Peltier-ovom efektu na spoju dva materijala, ali na istoj temperaturi. Naravno, da bi to sve bilo zadovoljeno, Seebeck-ov koeficijent jednog materijala zavisi od temperature i mora postojati temperaturni gradijent duž tog provodnika. Tako da važi izraz:

$$\xi_T = T \cdot \frac{\delta S}{\delta T} \quad (2)$$

Na taj način dolazi se do činjenice kako Seebeck-ov koeficijent mora zavisiti od temperature kako bi se pojavio Thomson-ov efekat.

Može se uočiti kako iz ove relacije može dobiti još jednu definiciju termostruje, a to je da termostruja meri količinu prenešene toplote po jediničnom naelektrisanju i po jedinici temperature [1].

## 2. PRIMENA TERMOELEKTRIČNOG EFEKTA

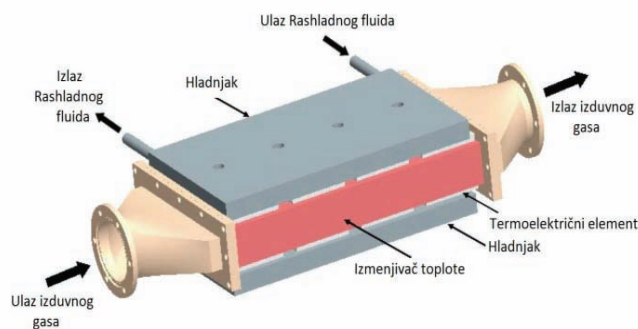
Jedan od načina kako bi se mogla poboljšati sve veća potražnja za električnom energijom jeste iskorišćavanje otpadne toplote pomoću termoelektričnih generatora. U svakodnevnom životu može se primetiti kako se gotovo svi uređaji tokom rada greju i toplota odlazi u okolinu kao otpadna energija, koja bi se mogla kvalitetno iskoristiti. Ovo zapažanje naročito kada se posmatraju automobilske motore, industrijske mašine u procesima i sl. Sve one proizvode ogromne količine neiskorišćene, otpadne toplote, koja bi se mogla pretvoriti u električnu energiju pomoću termoelektričnih uređaja.

Kao takvi, termoelektrični generatori su poluprovodnički uređaji bez pokretnih delova, te su zbog toga bešumni i pouzdani, što ih čini idealnim za male generatore u proizvodnji energije.

### 2.1. Termoenergija iz automobila

Energija dobijena sagorevanjem tečnih goriva se primarno troši na pokretanje samog vozila. Nusprodukt sagorevanja je i toplota, koja odlazi na zagrevanje samog motora i izduvnog sistema. Ova energija je totalno neiskorišćena, uvek se gubi, tako što se emituje u atmosferu. Jedan deo se samo koristi za grejanje kabine, ali samo u zimskom periodu. Termoelektrični elementi bi ovu toplotnu energiju mogli konvertovati u električnu, i tako automobilu obezbediti pomoćni izvor jednosmernog napona. Smanjenjem potrebe, ili čak eliminisanjem alternatora kao uređaja za generisanje električne energije, motor bi bio rasterećen bar za te gubitke.

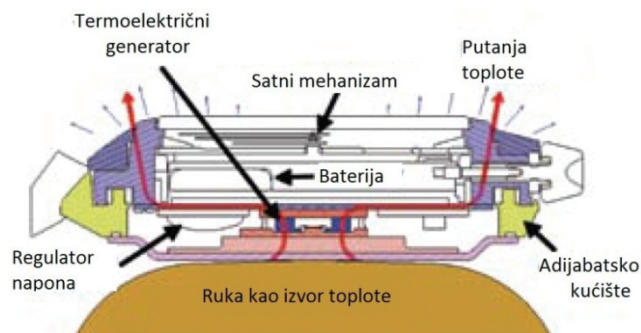
Na slici 2 je predstavljen primer izmenjivača, koji bi bio montiran na izduvni sistem svakog automobila na SUS pogon. Tehnologija se može iskoristiti i za prikupljanje toplotne energije samog SUS motora [2].



Slika 2. Primer izmenjivača toplote

### 2.2. Ručni satovi

Sledeći primer korišćenja termoelemenata je ručni sat. Telesna toplota koja se ovde koristi dolazi od strane čoveka, odnosno podlaktice jedne ruke. Na slici 3 je dat primer jednog takvog mehanizma.



Slika 3. Prikaz termo-električnog mehanizma ručnog sata

Do sada su napravljena dva ovakva modela, jedan od proizvođača Seiko, a drugi od Citizen-a.

Razlika temperatura u modulima sata je oko 1,5° K, a generisan napon praznog hoda (otvorenog kola) iznosi 300mV. Efikasnost pretvaranja energije je oko 0.1%. Iako je proizvodnja ovakvih satova obustavljena, postignit je bitan rezultat koji govori da je moguće koristiti ovu tehniku pretvaranja energije i na izvorima toplote, koji su relativno mali [3].

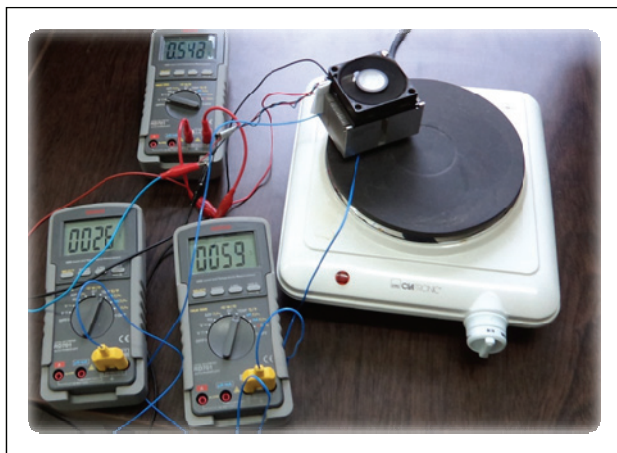
## 3. ISPITIVANJE TERMOELEMENTA

Jasno je da se električna energija javlja na krajevima elementa kada dođe do pojave razlika temperatura na stranama, od kojih je naravno jedna "topla" a druga "hladna". Eksperiment se bazirao upravo na ovoj pojavi, potrebno je nekako stvoriti gradijent temperature  $\Delta T$  i posmatrati njegovu promenu zajedno sa promenom izlaznog napona.

Ispitivani element je Peltier tipa. Ogled je vršen tako što se merila temperatura hladnog i toplog dela, kao i izlazi napon, pa su se rezultati unosili u tabelu i kasnije koristili za crtanje potrebnih krive.

Za ogled je korišćen električni rešo kao izvor toplotne energije, merači temperatura i napona su bili digitalni unimeri (slika 4). Da bi se postiglo bolje hlađenje „hladne“ strane na istu je fiksiran hladnjak sa aktivnim protokom vazduha sobne temperature.

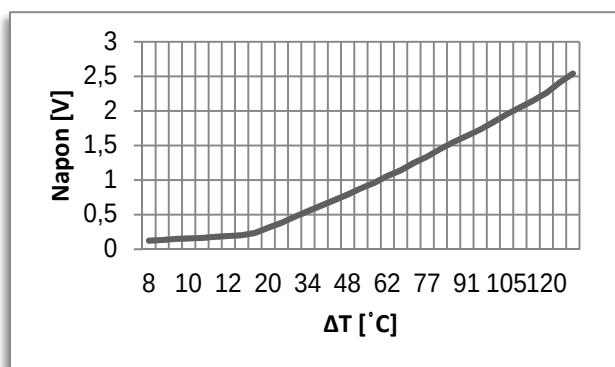




Slika 4. Izgled aparature ovog oglada

Izvođenje je se odvijalo tako što se radio ogled hlađenja, iz prostog razloga što se pomenuti izvor toplote brže greje nego što se hladi.

Na slici 5, prikazan je dobijeni grafik, naponske karakteristike termoelementa. Može se uočiti da ima dve zone – zona konstantnog napona, za temperature do oko 20 °C i linearna zona za veće temperature (do oko 130 °C).



Slika 5. Dobijeni grafik naponske karkteristike.

#### 4. JEDNA MOGUĆNOST PRIMENE TERMoeLEKTRIČNIH ELEMENATA

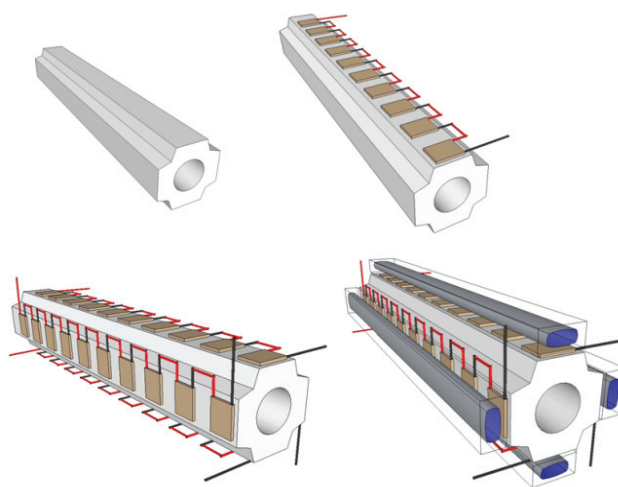
Do sada je već zaključeno da pomenuti elementi imaju dosta dobra svojstva, što ih čini vrlo atraktivnim i pogodnim za energetiku.

U današnje vreme takva mogućnost svodi se na korišćenje ove tehnologije da bi se povećala efikasnost rada, odnosno da se obezbedi što veća ušteda energije kod postojećih sistema velikih snaga. U ovom radu biće razmotrena mogućnost primene kod rashladnih sistema u termoelektranama.

Ideja koja je predstavljena u radu tiče se pronalaženja načina za iskorišćenje ogromne količine energije, koja se gubi u rashladnim tornjevima termoelektrana. Naime, postavlja se pitanje kako je moguće iskoristiti termoelektrične elemente tako da se iz pomenutog izvora „izvuče“ maksimum. Korisno dejstvo prosečne elektrane je nekih 40% ukupne snage, dok gubici u kondenzatoru, kotlu i motorima iznose 52,5%, 5,5%, 1,5%, respektivno. To su ozbiljne snage, pa su dati predlozi da se ova energija iskoristi.

#### 4.1. Gubici kondenzatora

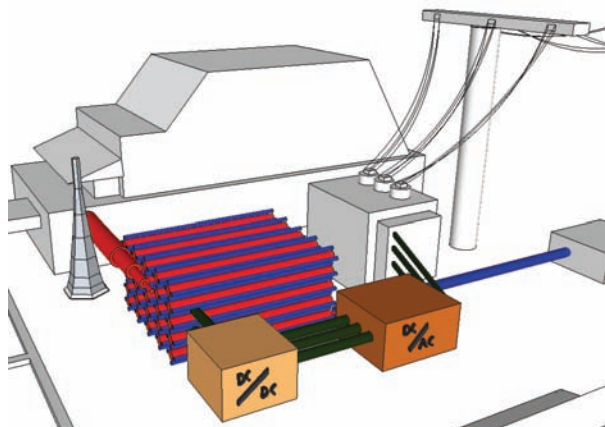
Već je navedeno da su gubici kod kondenzatora najveći. Ono što bi moglo da se uradi kod njega jeste da se vrela para koja pokreće turbine usmeri u poseban sistem cevi na koje bi bili instalirani termoelektrični generatori. Te male generatore bismo hladili vodom iz obližnje reke ili mora, tako što bi vodu pustili kroz drugi sistem cevi. Izgled ovakvog sistema slikovito je prikazan na slici 6. Termoelementi koji bi se našli između cevi sa hladnom (plave cevi) i vrelom vodom (cev u sredini) bi se električno spajali u red pa tako u sekcije. Razlog za to je dobijanje potrebnog napona koji je potreban za rad invertora (DC/AC pretvarač) da bi on mogao da injektuje konvertovanu termo-energiju u elektroenergetski sistem. Naravno, između elemenata i invertora mora postojati i DC/DC tip pretvarača napona koji bi eventualne varijacije ulaznog DC napona „pripitomio“ za stabilan rad invertora.



Slika 6. Termoelementi i cevi sa radnim fluidima kao mali sistem

Ovaj sistem bi kao pogon teorijski mogao da zameni kompetan rashladni toranj ili bi se mogao napraviti kao sastavni pogon svake postojeće termoelektrane, pa bi se rashladni toranj koristio samo u slučaju kvara termoelektričnog ili energetskog dela.

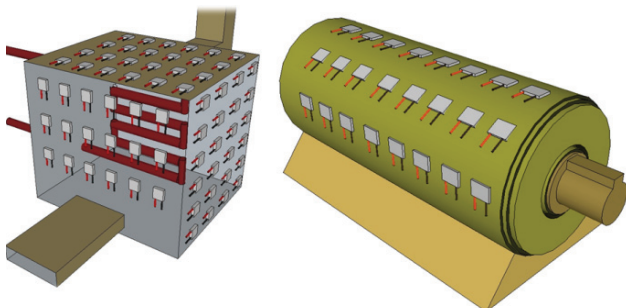
Slika 7 pokazuje slikovito izgled dela termoelektrane. U sredini može da se primeti sistem cevi, delovi pogona (energetska elektronika) za injektovanje električne energije u mrežu, kao i dovod radnih fluida.



Slika 7. Slikoviti prikaz potencijalnog pogona

## 4.2. Gubici kotla i generatora

Kao i kod kondenzatora, priča je slična kod kotla i generatora. Gubici su dosta manji ali su i dalje značajni i mogli bi se i te kako iskoristiti. Na slici 8 prikazane su pozicije za montiranje termoelektričnih elemenata. Sa slike 8 su izostavljeni delovi sa cevima za hlađenje i uređaji energetske elektronike, radi preglednosti.



Slika 8. Kotao i generator sa termoelementima

## 4.3 Energetska efikasnost

Rezultati oglada odgovaraju specifikaciji termoelemenata koje nudi proizvođač istih [4]. Navodi se da je maksimalna radna temperatura elementa (njegove tople strane) oko  $180^{\circ}\text{C}$ , ali se u pomenutom ogledu išlo do  $161^{\circ}\text{C}$  zbog bezbednosti PN spojeva. Napon na izlazu se kretao oko 2V. Kada bi ovu vrednost iskoristili da isplaniramo energetska deo ideje iz predhodnog odeljka, termogeneratori bi bili vezivani redno, pa kao takvi u cekcije gde bi se onda išlo na DC/DC pretvarač i zatim na DC/AC pretvarač, pa dalje mrežu. Sadašnji invertori koji se koriste pretvaraju 200VDC ili 400VDC u 220VAC, znači da bi i čoperi trebali da obezbede takve napone. Stoga bi se zbog prosečnog napona od 2V termogeneratori vezivali redno po 200 komada, i tako bi se više grupa vezivale paralelno. Broj potrebnih uređaja energetske elektronike zavisio bi od njihove radne snage. Paket od 200 termogeneratora (jedan red na slici 6, gore desno) može da isporuči maksimalno 1200W na 400VDC. Površina svakog elementa je oko  $16\text{cm}^2$  ( $4\text{cm} \times 4\text{cm}$ ) pa bi paket bio dugačak oko 8m, površine  $0.32\text{m}^2$  ( $4\text{cm} \times 8\text{m}$ ). Kod elektrane koja isporučuje 100MW bi bilo potrebno obezbediti 120000 paketa, a ako ih 1250 stane u 100m biće potrebno 9600 ovakvih cevi. Zapremina koju bi mogao sistem cevi da zauzima bi mogla iznositi npr.  $100\text{m} \times 100\text{m} \times 10\text{m}$  (dužina, širina, visina). Postavlja se pitanje, da li bi ovakvo postrojenje moglo u potpunosti da zameni rashladni toranj kao sastavni deo termoelektrane? Iz ove mogućnosti vidimo da su gubici u vidu toplote jedne elektrane od 100MW oko 157,8MW kada saberemo gubitke na mašinama, kondenzatoru i kotlu. Ako pretpostavimo da možemo sve gubitke da pokupimo termoelektričnim generatorima koji imaju stepen korisnog dejstva od 25% i kada se uzme u obzir i stepen korisnog dejstva uređaja energetske elektronike i pratećih elemenata (sabirница, kablova i dr.), onda bi teorijski iz elektrane mogli izvući još oko 30MW električne energije, što bi bio odličan rezultat. Predstavljeni proračuni su urađeni grubo, pa podatak od 30MW izgleda isuviše dobro. U praksi bi to verovatno bilo dosta manje, jer se

nameću problemi u funkcionisanju mašinskih elemenata u pogonu (njihova efikasnost i način izrade).

## 5. ZAKLJUČAK

Rad prikazuje dobre osobine termoelektričnih elemenata. Prikazan je način na koji funkcionišu i kako ih možemo iskoristiti. Akcenat je stavljen na pretvaranje ozbiljnih količina energije kod elektrana. Dobit je velika, zato što bismo ovim načinom pretvaranja energije mogli uštedeti: sa jedne strane dosta resursa i novca pri većoj proizvodnji energije postojećim sistemima, a sa druge strane bismo na svakih nekoliko prosečnih termoelektrana mogli da ugasimo jednu. To bi bio odličan rezultat zbog toga što bi se mnogo uticalo na smanjenje zagađenja životne sredine, s obzirom da je to jako velik problem današnjice.

## 6. LITERATURA

- [1] Danijel Kolarić, „Kvazikristali kao potencijalni termoelektrični materijali“, Diplomski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2011.
- [2] Goran Popović, „Mogućnosti primene termoelektričnih generatora“, Diplomski rad, fakultet tehničkih nauka, Nov Sad, 2013.
- [3] \*\*\*\*, "Peltierov efekt", [http://www.pmf.unizg.hr/\\_download/repository/Peltierov\\_efekt.pdf](http://www.pmf.unizg.hr/_download/repository/Peltierov_efekt.pdf)
- [4] Thermal Electronics Corp., Data Sheets, [http://www.tecteg.com/pdf\\_files/SpecTEG2-07025HT-SS.pdf](http://www.tecteg.com/pdf_files/SpecTEG2-07025HT-SS.pdf)

### Kratka biografija:



**Duško Gutić** je rođen 1989. godine u Rumi. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo - energetska elektronika i električne mašine odbranio je juna 2014. godine.



**Vladimir Katić** je rođen 1954. godine u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. godine. Od 2002. godine je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Ujedno je i prodekan Fakulteta tehničkih nauka, kao i šef katedre za energetska elektroniku i pretvarače.



**Zoltan Čorba** je magistrirao na FTN 2009. god. Radio je u razvojnom timu Novkabela, a od 1992. je na FTN kao šef Laboratorije za energetska elektroniku. Od 2008 je i šef Laboratorije za obnovljive i distribuirane izvore energije.

**SPECIFIČNOSTI ELEKTRIČNIH INSTALACIJA JEDNE FOTONAPONSKE ELEKTRANE****CHARACTERISTICS OF ELECTRICAL INSTALATIONS IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS**

Goran Popović, Vladimir Katić *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu su opisani glavni elementi fotonaponskih elektrana. Predstavljen je način i obrađena problematika prekostrujne zaštite istih, kao i uticaji atmosferskih pražnjenja kroz samu elektranu i okolinu. Detaljno je obrađena strategija zaštite od pojave prenapona, a dati su i opisani pojedini softveri za izbor i dimenzionisanje instalacione opreme ovih elektrana, kao i pregled proizvođača instalacione opreme prisutnih na tržištu Srbije.

**Abstract** – This paper gives detailed description of photovoltaic power plants and their basic components. Problems and ways of achieving overcurrent protection are also treated, as well as the effects of lightning current through the system itself and in the environment of the plant. Strategy for achieving overvoltage protection is also presented and leading software applications for designing and dimensioning the equipment are presented. Also, an overview of the main manufacturers of installation equipment in the market of Serbia is presented.

**Ključne reči:** Fotonaponske elektrane, prekostrujna zaštita, prenaponska zaštita.

**1. UVOD**

Sa porastom potrebe za električnom energijom i sve većim zagađenjem životne sredine, te porastom neželjene koncentracije CO<sub>2</sub> u atmosferi i pretećim klimatskim promenama u fokus su došli obnovljivi izvori energije. Trenutno se najviše koriste energija vetra, energija sunca i malih vodotokova. Solarna energija ima najveći potencijal, a konverzija u električnu energiju je moguća na dva načina. Korišćenjem sistema ogledala za zagrevanja određenog fluida ili vode (koncentrisane solarne elektrane) ili foto-naponskog efekta za direkto pretvaranje sunčeve u električnu energiju (foto-naponske elektrane).

Foto-naponske (FN) elektrane u konstruktivnom i operativnom smislu predstavljaju najjednostavniji oblik elektrana. Rad FN elektrana je relativno jednostavan – konverzija se obavlja u fotočelijama, koje su koncentriane i međusobno povezane u module, smeštene na FN panele. Paneli su dalje povezani u stringove, na čijim izlazima se dobija DC napon i struja.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada, čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red.prof

Za rad ovih sistema proizvođači instalacione opreme konstruisali su takve komponente, koje mogu bezbedno da kontrolišu i prekidaju strujne krugove sa jednosmernom strujom. Druga stvar koja se neminovno nameće sa naglim razvojem ovih elektrana jeste zaštita od atmosferskih pražnjenja i drugih prenapona. Iz ovih razloga je u ovom radu obrađena problematika i predstavljen način zaštite FN elektrane od struja kratkih spojeva i atmosferskih pražnjenja kao i pojave prenapona.

**2. PODELA FN ELEKTRANA**

FN elektrane se mogu podeliti na tri načina, prema snazi, prema nameni i prema mestu i vrsti montaže.

**2.1. Podela FN elektrana prema snazi**

Prema snazi FN elektrane se mogu podeliti na elektrane male snage (do 10 kW), elektrane srednje snage (od 10 kW do 100 kW) i elektrane velike snage (preko 100 kW).

**2.2. Podela FN elektrana prema nameni**

Prema nameni FN elektrane se mogu podeliti na samostalne elektrane (off-grid), koje mogu imati mogućnost skladištenja energije u slučaju male potrošnje, elektrane direktno priključene na mrežu (on-grid), koje su obično veće snage i bez mogućnosti skladištenja ili kombinovane, koje su namenjene za sopstvenu potrošnju, a višak mogu isporučivati u mrežu.

**2.3. Podela FN elektrana prema mestu i vrsti montaže**

Prema mestu montaže razlikuju se elektrane instalirane na zemlji i elektrane instalirane na krovovima objekata. Elektrane na zemlji mogu biti fiksne ili elektrane sa praćenjem sunčevog kretanja i to u jednoj ili dve ose, dok elektrane na krovovima mogu biti nadograđene na krovu ili integrisane u sam krov prilikom njegove izgradnje.

**3. ELEMENTI FN ELEKTRANA**

Osnovni element svake FN elektrane jeste FN panel, koji po principu FN konverzije vrši pretvaranje energije sunčevog zračenja u električnu energiju.

Pored FN panela u samostalnoj FN elektrani nalaze se i DC/DC pretvarači koji obezbeđuju maksimalno iskorišćenje sunčevog zračenja (MPPT algoritam) i prilagođenje naponskog nivoa potrebama skladištenja energije (akumulatorskim baterijama) i bar jedan mrežni inverter (DC/AC pretvarač), koji vrši pretvaranje jednosmerne struje iz FN panela u naizmeničnu, s'obzirom da su gotovo svi potrošači u domaćinstvu potrošači naizmenične struje.



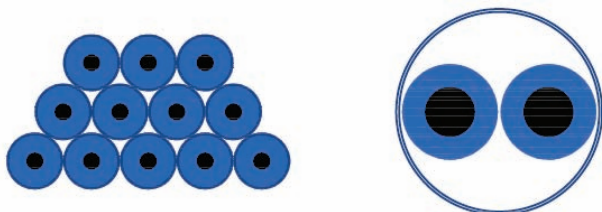
Kod direktno priključenih FN elektrana, FN paneli su neposredno povezani sa mrežnim invertorima. U zavisnosti od načina vezivanja invertora, razlikuju se FN elektrane sa centralnim invertorom, FN elektrane sa string invertorima, FN elektrane sa multi string invertorima i FN elektrane sa mikro-invertorima. Na izlazu invertora dobija se trofazni ili monofazni mrežni napon, koji se preko odgovarajućih sklopki povezuje na javnu distributivnu mrežu. U priključnom ormanu, nalaze se i bidirekcionni merni uređaji - digitala brojila, kao i komunikacioni uređaji za daljinsko praćenje rada i očitavanje parametara FN elektrane i stanja brojila.

#### 4. ELEKTRIČNA INSTALACIJA FN ELEKTRANA

Glavna karakteristika električnih instalacija FN elektrana je da se mogu podeliti na deo sa DC strujom (deo između panela i invertora) i deo kroz koji protiče AC struja (deo između invertora i potrošača ili mreže).

##### 4.1. Karakteristike i način polaganja FN kablova

Kablovi u svakom sistemu služe za povezivanje elemenata imaju ulogu da omoguće razmenu energije između njih. Kablovi na DC strani FN elektrana se znatno razlikuju od standardnih energetske kablova. S'obzirom da je sama FN elektrana direktno izložena vremenskim promenama, DC kablovi moraju biti u stanju da izdrže ekstremno velike temperaturne razlike, kišu, sneg, mraz itd., tokom čitavog radnog veka elektrane. Za međusobno povezivanje FN panela koriste se jednožilni kablovi sa jednostrukom ili dvostrukom izolacijom, koji se polažu na poledinu panela, gde temperatura dostiže u pojedinim slučajevima i 70°C tako da se su vi kablovi tipično konstruisani da izdrže temperature do 90°C. U slučaju upotrebe kablova sa jednostrukom izolacijom, isti se moraju polagati u instalacione kanale ili cevi kako bi im se obezbedila odgovarajuća mehanička zaštita. Krajevi kablova kojima su povezani paneli i formirani stringova se izvlače do spojne kutije (string spojne kutije) u kojoj se veći broj stringova paralelno povezuje kako bi se formirala DC sabirnica. Ove spojne kutije uglavnom sadrže i prekostrujnu i prenaponsku zaštitu pored obavezne sklopne opreme. Za povezivanje spojne kutije ili spojnih kutija sa invertorima, koriste se dvožilni kablovi iz čisto praktičnih razloga. FN elektrane tipično sadrže velik broj stringova, pa bi polaganje snopa kablova od panela do invertora dovelo do veće verovatnoće pojave kvara i povećanja gubitaka, a sa druge strane raspoznavanje kablova bi bilo izuzetno otežano. Prednost upotrebe jednog dvožilnog kabla umesto snopa jednožilnih je ilustrovana slikom 1.



Slika 1. Prednost upotrebe dvožilnog kabla umesto snopa jednožilnih

Kablovi na AC strani FN elektrane se ne razlikuju od standardnih energetske kablova.

#### 4.2. Dimenzionisanje kablova u FN elektranama

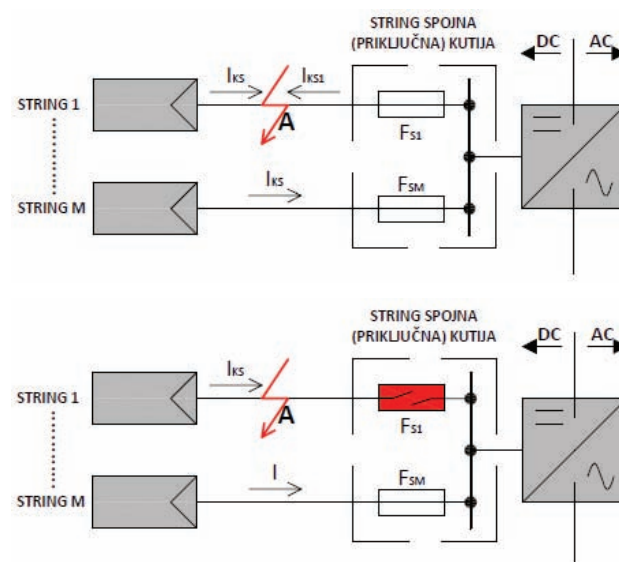
S'obzirom da je stepen iskorišćenja FN panela mali, prilikom projektovanja elektrane mora se voditi računa da se svi gubici svedu na najmanju moguću vrednost, tako da se svi string kablovi moraju dimenzionisati da pad napona na njima bude manji od 1%. To važi i za glavne DC kablove, tj. kablove koji povezuju string spojne kutije sa invertorima. Za maksimalnu jačinu struje prema kojoj se dimenzionišu kablovi, uzima se 25% jača struja od struje kratkog spoja panela, pri standardnim uslovima testiranja, koja se može očitati iz kataloga proizvođača panela, dok se za napon uzima 15% veća vrednost napona od napona praznog hoda pri standardnim uslovima testiranja. Glavni razlog što se kablovi dimenzionišu prema struji kratkog spoja je osobina FN panela da im je struja kratkog spoja svega oko 10% veća od nominalne struje.

Dozvoljeni pad napona na AC strani elektrane je takođe 1%. Međutim, ovaj kriterijum često iziskuje znatno veća novčana ulaganja, tako da se za sisteme velike instalisane snage dozvoljava pad napona na AC kablovima do 3%.

#### 4.3. Zaštitna oprema i njeno dimenzionisanje

Kao i električna instalacija, i zaštita FN elektrane može se podeliti na DC i AC stranu.

Na DC strani zaštita zavisi od broja FN stringova. U slučaju da postoji manje od tri paralelno vezana stringa ( $M < 3$ ), prekostrujna zaštita i zaštita od kratkog spoja na DC strani može se izostaviti. Razlog za to je da u tom slučaju struja kratkog spoja, koja se uspostavlja kao posledica kvara na jednom od stringova, nije dovoljna za pouzdano reagovanje zaštitnih elemenata, a sva oprema je svakako dimenzionisana da izdrži ovu jačinu struje. Ovaj slučaj je prikazan na slici 2, kada je broj stringova  $M < 3$ .



Slika 2. FN elektrana sa  $M$  stringova i sa kratkim spojem u tački A

U slučaju da FN elektrana sadrži tri ili više paralelno vezana stringa ( $M \geq 3$  za sliku 2) potrebno je obezbediti prekostrujnu zaštitu na kraju svakog string kablova, s'obzirom da je tada struja kratkog spoja u tački A jednaka  $I_{KS1} = (M-1) \cdot I_{KS}(STC)$ , pa može dovesti do oštećenja opreme, a dovoljna je za pouzdano reagovanje zaštite.

Kao prekostrujna zaštita na DC strani FN elektrana mogu se koristiti topljivi osigurači ili automatski prekidači a moraju biti dimenzionisani u skladu sa (1).

$$1.4 \cdot I_{KS}(STC) \leq I_{n0} \leq I_Z \quad (1)$$

gde su:  $I_{KS}(STC)$  - struja kratkog spoja pri standardnim uslovima testiranja,  $I_{n0}$  - nominalna struja zaštitnog elementa  $I_Z$  - trajno termički dozvoljena struja kabla

Potrebno je naglasiti da se za zaštitu od kratkog spoja na DC strani FN elektrana mora koristiti oprema namenjena za prekidanje jednosmerne struje, kako ne bi došlo do pojave požara i drugih oštećenja.

#### 4.4. Sklopna oprema i njeno dimenzionisanje

Isto kao i kod zaštitne opreme, sklopna oprema koja se koristi na DC strani elektrane mora biti u stanju da bezbedno prekine jednosmernu struju tj. da bezbedno ugasi strujni luk, koji se javlja prilikom prekidanja opterećenog strujnog kruga. Iz ovog razloga se sklopna oprema namenjena za upotrebu na DC strani realizuje u vidu većeg broja redno vezanih prekidača, kojima se manipuliše preko iste poluge. Na ovaj način se postiže znatno brže gašenje strujnog luka.

### 5. ZAŠTITA FN ELEKTRANA OD ATMOSFER-SKIH PRAŽNENJA

Karakteristika FN elektrana je, da ako su instalisane na krovovima objekata, predstavljaju najvišu tačku objekta, a ako su postavljene na otvorenim poljima, predstavljaju istaknutu zonu. U oba slučaja, njihova pozicija ih čini izuzetno podložnim direktnim ili indirektnim udarima groma i potrebno je obezbediti odgovarajuću zaštitu od ovakvih atmosferskih pražnjenja.

#### 5.1. Zaštita FN elektrana od direktnog udara groma

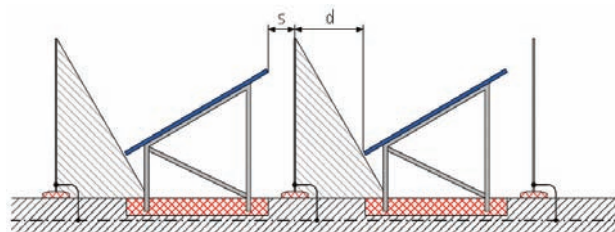
Za zaštitu od direktnog udara groma FN elektrana koristi se standardna zaštita, koja mora biti izvedena u skladu sa standardom SRPS EN 62305. Potrebno je razlikovati slučajeve za elektrane instalirane na krovovima i one postavljene na tlu.

U slučaju instaliranja krovne elektrane na objekat sa postojećom gromobranskom zaštitom, potrebno je obezbediti dovoljno rastojanje između elektrane i zaštite, kako bi se izbegla pojava varničenja prilikom udara groma. U slučaju da dovoljno rastojanje ne može biti ostvareno, svi provodni delovi elektrane moraju biti povezani sa gromobranskom zaštitom.

Za elektrane predviđene na tlu, prethodno je potrebno uraditi procenu rizika od atmosferskih pražnjenja u skladu sa SRPS EN 62305-2, a zatim ukoliko je potrebno predvideti i gromobransku zaštitu elektrane. Takođe je potrebno paziti na rastojanje između zaštite i elektrane.

Sama zaštita od direktnog udara groma bez obzira na tip elektrane se sastoji od prihvatnog sistema (štapnih hvataljki), spusnog sistema i sistema uzemljenja. Prilikom projektovanja elektrane i gromobranske zaštite, potrebno je voditi računa da senka, koja je posledica prihvatnog sistema gromobranske zaštite, ne pada na panele. Bočni presek FN elektrane instalirane na tlu sa zaštitom od direktnog udara groma, prikazan je na slici 3, gde je sa „s“ označeno potrebno rastojanje između elektrane i

zaštite, a sa „d“ potrebno rastojanje za izbegavanje senki štapnih hvataljki.

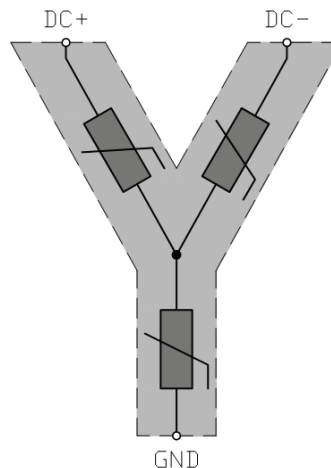


Slika 3. Izgled FN elektrane sa zaštitom od direktnog udara groma

#### 5.2. Zaštita FN elektrana od indirektnog udara groma

Indirektni udari groma tj. elektromagnetni efekti struje atmosferskog pražnjenja, koja se uspostavlja prilikom udara groma u okolinu FN elektrane, su veoma opasni, kako za samu elektranu, tako i za ostale sisteme i potrošače povezane sa njom. Posledica udara groma u okolinu elektrane je pojava prenapona u provodnim delovima iste. Glavni metod odbrane od pojave prenapona jeste izjednačavanje potencijala između provodnih delova i to direktno, povezivanjem elemenata, koji normalno nisu pod naponom, sa šinom za izjednačavanje potencijala i indirektno, preko prenaponske zaštite svih delova, koji su normalno pod naponom.

Prenaponska zaštita je nelinearni element, tipično varistor, koji u normalnom stanju ima izuzetno veliku impedansu, dok po pojavi prenapona smanjuje svoju impedansu na vrednost blisku nuli i na taj način odvodi višak energije u zemlju. Za FN elektrane razvijena je prenaponska zaštita u tzv. Y topologiji koja je prikazana na slici 4.



Slika 4. Y topologija DC prenaponske zaštite

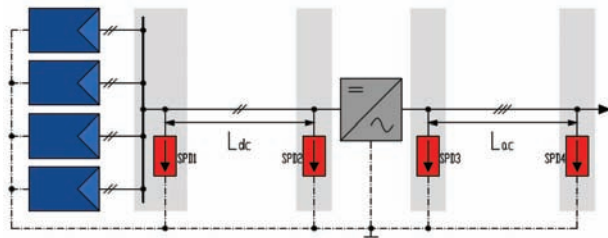
Pored tri varistora, kao na slici 4, DC prenaponska zaštita tipično sadrži i termičku zaštitu i topljive osigurače. S obzirom da impedansa varistora pred kraj radnog veka u normalnom režimu opada, a kroz sistem protiče jednosmerna struja, koja ne može da se „samougasi“, termički element je neophodan da preusmeri struju kroz topljive osigurače i dovede do kratkog spoja i reagovanja osigurača, nakon čega se postiže bezbedna izolacija prenaponske zaštite od sistema.

Prenaponska zaštita se na DC strani elektrane tipično postavlja u string spojne kutije, dok se u slučaju da je



rastojanje invertora od ovih kutija veće od 10 m postavlja dodatna prenaponska zaštita neposredno uz inverter.

Sa AC strane prenaponska zaštita se postavlja u glavni razvodni/priključni orman, a u slučaju da je rastojanje invertora u odnosu na orman veće od 10 m, postavlja se dodatna zaštita neposredno uz AC stranu invertora, kao na slici 5.



Slika 5. Lokacije postavljanja prenaponske zaštite

## 6. PREGLED SOFTVERA ZA IZBOR I DIMENZIONISANJE OPREME

Sa sve većom zastupljenošću FN elektrana, došlo je do naglog razvoja softvera za dizajniranje i optimalno dimenzionisanje istih. Tako se na tržištu mogu naći programski paketi, koji su u stanju da samostalno urade veoma kompleksan posao proračuna instalacione opreme. Jedan od njih je „PV\*SOL“.

„PV\*SOL“ je izuzetno moćan program, koji pre upotrebe zahteva obuku korisnika. On je u stanju da potpuno automatski dimenzioniše i odabere sve kablove, prekidače i osigurače i na DC i na AC strani FN elektrane.

Pored „PV\*SOL“-a, na tržištu je prisutan sličan softver, „BLUE\*SOL“, koji takođe zahteva prethodnu obuku korisnika. U stanju je da automatski obavi ožičenje kompletnog sistema, kao i da dimenzioniše svu instalacionu opremu.

Pored ovih softvera, na tržištu se mogu naći i niz jednostavnijih programa, čijom kombinacijom je moguće obaviti isti posao. Na primer, pojedini softveri nude samo dimenzionisanje kablova, dok se za izbor ostatka instalacione opreme mora upotrebiti neki drugi programski paket. Primeri ovakvih softvera su „PVscout“, „HELIOS 3D“, „Solergo“ itd.

Interesantno za „Solergo“, koji je italijanski softver, je da je uz upotrebu italijanskog univerzalnog softvera za energetske sisteme „Amperre Professional“ moguće dimenzionisati i odabrati kompletnu instalacionu opremu jedne elektrane uključujući i prenaponsku zaštitu.

## 7. STANJE TRŽIŠTA INSTALACIONE OPREME U SRBIJI

Gotovo svi svetski proizvođači instalacione opreme za energetske sisteme u svom asortimanu nude i opremu namenjenju za FN elektrane, a većina njih je prisutna i na tržištu Srbije ili u vidu predstavništva ili posredstvom drugih firmi, koji rade distribuciju njihove opreme.

Renomirani proizvođači instalacione opreme, kao što su „ABB“, „Schneider-Electric“, „Schrack Technick“ i „Siemens“, prisutni su na tržištu Srbije sa predstavništvima u Beogradu, a u svojoj ponudi imaju manje-više svu potrebnu opremu za jednu FN elektranu

(prekidače, osigurače, prenaponsku zaštitu, rastavljače, zaštitne uređaje diferencijalne struje itd.). Takođe sa predstavništvom u Beogradu, slovenački „ETI“ nudi izuzetno dobre topljive osigurače, osigurače/rastavljače, automatske prekidače i prenaponsku zaštitu.

Lider u oblasti zaštite od atmosferskih pražnjenja, nemački „DEHN“, nema posebno predstavništvo u Srbiji. Međutim, pojedine firme vrše distribuciju njihove robe, kao što je firma „ENING“ iz Subotice.

Još jedan slovenački proizvođač, koji se pak bazirao striktno na prenaponsku zaštitu i zaštitu od direktnog udara groma, firma „HERMI“, takođe ima svoje predstavništvo u Beogradu.

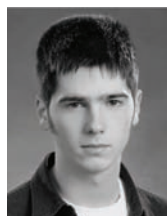
## 8. ZAKLJUČAK

Sama FN elektrana je na prvi pogled jednostavan energetski sistem. Ipak, prilikom projektovanja potrebno je obratiti veliku pažnju na dimenzionisanje i odabir instalacione opreme, a posebno opreme na DC strani elektrane, kako bi se verovatnoća nastanka požara i ostalih oštećenja svela na najmanju moguću meru. Postojanje odgovarajućih softverskih alata znatno olakšava ovaj posao. Takođe, prisustvo svih značajnijih evropskih proizvođača instalacione opreme u Srbiji, omogućuje uspešno projektovanje i realizaciju ovih sistema. Ipak, ova problematika i dalje pruža prostor za nova istraživanja i postavlja velike izazove pred inženjere.

## 9. LITERATURA

- [1] The German Energy Society, „Planning and installing Photovoltaic Systems“, 2<sup>nd</sup> Ed., Routledge, 2008.
- [2] Z. Čorba, V.A. Katić, B. Dumnić, D. Milićević, „In Grid Solar-To-Electrical Energy Conversion System Modeling and Testing“, *Thermal Science*, Vol. 16, Supl. 1, 2012, pp. S159-S171
- [3] D. Milićević, B. Popadić, B. Dumnić, Z. Čorba, V.A. Katić, „Mogućnost korišćenja solarnog potencijala u Republici Srbiji - primeri iz prakse“, *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, Vol. 16, Br. 3, 2012, pp.109-112
- [4] SRPS EN 62305:2013 „Zaštita od atmosferskog pražnjenja“, *Službeni glasnik* 11/13, 2013.
- [5] DEHN+SOHNE, „Lighting Protection Guide“, 2<sup>nd</sup> Ed., Neumarkt, Sep.2007.

### Kratka biografija:



**Goran Popović** rođen je u Kikindi 1988. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je juna 2014.god.



**Vladimir Katić** je rođen 1954. godine u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. godine. Od 2002. godine je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Trenutno je i prodekan Fakulteta tehničkih nauka i šef katedre za energetska elektroniku i pretvarače. Oblasti interesovanja su energetski pretvarači, obnovljivi izvori energije i kvalitet električne energije

# Jedno rešenje 802.11 MESH komunikacionog sistema implementiranog u LINUX kernelu

Lazar Banković, Dragan Samardžija

**Sadržaj** — Izloženo je jedno rešenje 802.11 WiFi MESH komunikacionog sistema implementiranog u LINUX kernelu. Dat je predlog jednostavnog MESH algoritma za autonomno otkrivanje topologije mreže i prosleđivanje radio okvira. Razvijeno rešenje predstavlja polaznu tačku (LINUX mehanizme) za dalju implementaciju i testiranje MESH protokola. Trenutna implementacija obuhvata mehanizme za kreiranje nove LINUX virtuelne mrežne sprege, slanje i prijem podataka preko sprege i predlog implementacije jednostavne MESH logike.

**Ključne reči** — MESH, SMESH (Simple MESH), LINUX, KERNEL, ROUTING

## I. UVOD

Računarske mreže i tehnologija iz domena računarskih komunikacija se razvija jako brzo i postoji velika potreba za bežičnom visokopropusnom mrežnom opremom.

U trenutku pisanja ovog dokumenta, dominantna tehnologija u domenu WiFi potrošačke elektronike je 2.4 GHz mrežna oprema dok smo svedoci tranzicije tehnologije ka sistemima koji uključuju rad na višim frekvencijama. Potreba za višim frekvencijama nastaje kako zbog zahteva za većim brzinama prenosa podataka, tako i zbog prezasićenosti bežičnog medijuma na 2.4 GHz. Razmotrimo WiFi sistem na 2.4 GHz i 5 GHz. Sistem na 2.4 GHz koristi 11 kanala (11 - 14 u zavisnosti od regulative države u kojoj se primenjuje). Kanali su širine 22 MHz (802.11b/g standardi) i međusobno se preklapaju (*channel overlapping*). Iz opsega je moguće izdvojiti samo 3 kanala koja se međusobno ne preklapaju (recimo kanali 1, 6, 11).

Sistem na 5 GHz ima značajno veći ukupni opseg tj. koristi 24 kanala širine 20 MHz koji se međusobno ne preklapaju, samim tim je ovaj sistem u mogućnosti da podrži mnogo više uređaja koji istovremeno komuniciraju u odnosu na sisteme na 2.4 GHz.

Sa povećanjem frekvencije rada imamo mogućnost da prenesemo veću količinu podataka po jedinici vremena, ali, snaga signala, odnosno domet uređaja, slabi. Signali na 5 GHz se takođe slabije prostiru kroz prepreke u odnosu na signale 2.4 GHz.

Lazar Banković, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija, (e-mail: [lazar.bankovic@gmail.com](mailto:lazar.bankovic@gmail.com))

Dragan Samardžija, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija, (e-mail: [Dragan.Samardzija@rt-rk.uns.ac.rs](mailto:Dragan.Samardzija@rt-rk.uns.ac.rs))

Rad je delimično finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije, na projektu tehnološkog razvoja TR36029

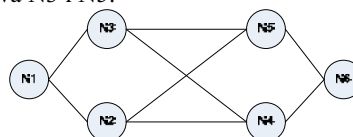
## NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Lazara Bankovića. Mentor je bio prof. dr Dragan Samardžija.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.

Rad predstavlja predlog (nacr) jednostavnog komunikacionog MESH protokola, sa distribuiranim tabelama prosleđivanja. Trenutno softversko rešenje predstavlja polaznu tačku (LINUX mehanizme) za dalju implementaciju i testiranje MESH protokola. Motivacija ovog rada je da predloži mehanizam za efikasno prevazilaženje nedostataka sistema sa radnom frekvencijom iznad 2.4 GHz upotrebom „multi-hop“ tehnike prenosa podataka. Tačnije, ako ne postoji odgovarajuća direktna komunikaciona veza između osnovnog predajnika i ciljnog prijemnika, radio okvir može biti prosleđen putem jednog ili više komunikacionih čvorova, tj. releja ili među-čvorova. U literaturi ovakvi sistemi su poznati kao MESH ili multi-hopping bežične komunikacione mreže.

## II. MESH ANALIZA PROBLEMA

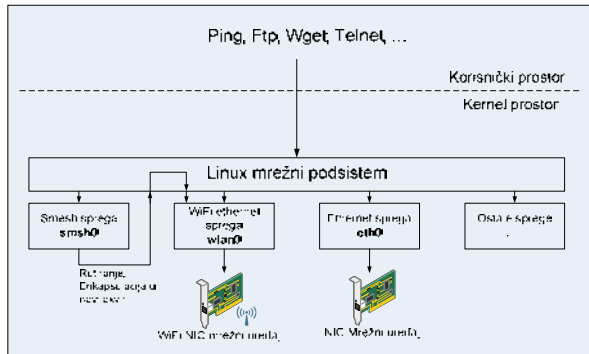
Koncept rešenja predstavlja realizaciju programske podrške za prenos podataka kroz mrežu bežičnih čvorova. Svaki mrežni čvor ima WiFi modul sa podesivom frekvencijom i funkcioniše u autonomnom i decentralizovanom (*ad-hoc*) načinu rada. Tačnije, u strukturi ove mreže ne postoji centralna jedinica ili centralni čvor preko koga bi ostali čvorovi mogli komunicirati, već svaki čvor funkcioniše autonomno, a čitava mrežna struktura je decentralizovana. Svaki čvor je dužan da pored prijema, obrade i slanja podataka, takođe i prosleđuje podatke koji nisu direktno njemu namenjeni. Komunikacija između dva čvora se dakle ostvaruje direktno ukoliko su čvorovi jedan drugome u dometu ili posredno preko među-čvorova (ukoliko direktna veza ne postoji). Očigledno je da u ovakvoj strukturi broj putanja kojima se podaci mogu kretati raste nelinearno sa brojem čvorova koji su u mreži. Zbog broja veza među čvorovima, potrebno je razviti algoritam koji će na efikasan način rešavati probleme određivanja putanje prenosa podataka. Takođe, razvijeni algoritam mora biti u stanju da sam odredi alternativne putanje kretanja podataka po otkazu jednog ili više čvorova u mreži. Ovakav tip mreže se naziva MESH [1] mreža. Na Sl. 1 prikazan je primer jedne MESH mreže koji se sastoji od šest čvorova. U datom primeru direktna komunikacija između čvora N1 i N6 nije moguća. Podaci između ta dva čvora se mogu prosleđivati indirektno, na primer, putem među-čvorova N3 i N5.



Sl. 1 – Primer MESH topologije.

### III. OPIS REALIZACIJE

Programsko rešenje je razvijeno u obliku virtualne mrežne sprege (*virtual network interface*) [2]. Pošto je sprega realizovana u LINUX operativnom sistemu, korisnik sa njom komunicira konvencionalnim LINUX načinom (kao i sa bilo kojom drugom LINUX mrežnom spregom) [2'3]. Sprega na osnovu implementiranih algoritama obrađuje i dalje prosleđuje korisničke podatke do mrežne fizičke arhitekture.



Sl. 2 – Modul instanciran u LINUX kernelu.

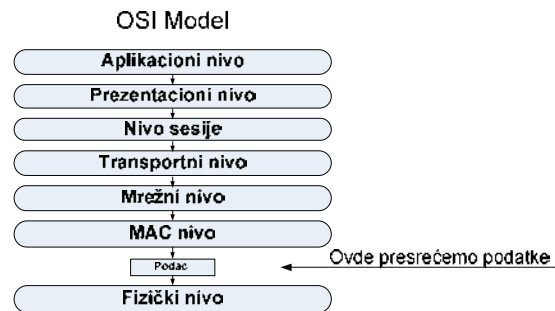
Nakon instanciranja programskog modula, u LINUX kernelu se generiše nova mrežna sprega - **smsh0** (Sl. 2). Na Sl. 2 je prikazan tok podataka iz korisničkog prostora (aplikativni softver: Ping, Ftp, Wget, Telnet...) do sprege **smsh0**, koja obrađuje podatke i zatim ih prosleđuje sprezi **wlan0**. Korisnik paralelno može koristiti sprege **smsh0** i **wlan0**.

Prosleđivanje podataka kroz mrežu se bazira se na tabeli prosleđivanja (*routing table*). Svaki mrežni čvor poseduje tabelu prosleđivanja i ona je popunjena podacima o mogućim putanjama ka ostalim mrežnim čvorovima. Tabela prosleđivanja se popunjava na osnovu kratkih poruka koje svi mrežni čvorovi periodično šalju i kojima se „oglašavaju“. Ove kratke poruke koje mrežni čvorovi šalju se nazivaju ADVERT poruke, a tabela – ADVERT tabela.

Za potrebe slanja, primanja i prosleđivanja podataka razvijen je poseban protokol na 2. nivou ISO OSI mrežnog modela. Protokol prilikom slanja enkapsulira podatke primljene iz viših nivoa mrežnog OSI modela, dodajući im zaglavlja potrebna za sprovođenje MESH algoritma. Takođe, prilikom primanja podataka proces se izvršava u suprotnom smeru, uklanjajući zaglavlja i prosleđujući višim nivoima OSI strukture. Sam modul predstavlja implementaciju bazičnih principa za funkcionisanje jedne MESH mreže i shodno tome projekat je dobio ime SMESH (*Simple MESH*). Obzirom na to da se radi o komunikaciji na 2. mrežnom nivou (L2 MAC), svaka pojava termina „adresa“ u ovom radu se odnosi na MAC ili hardversku adresu mrežnog uređaja.

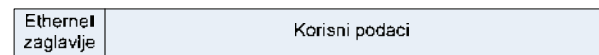
#### A. Slanje podataka

Pošto je inicijalizovao SMESH spregu na sistemu, korisnik može slati podatke konvencionalnim LINUX putem (bilo kojim aplikativnim softverom za rad sa mrežom). Korisnički podaci kreću niz OSI strukturu i u trenutku kada su potpuno spremni za slanje, SMESH sprega ih „presreće“ i dodaje zaglavlja potrebna za izvođenje MESH logike.



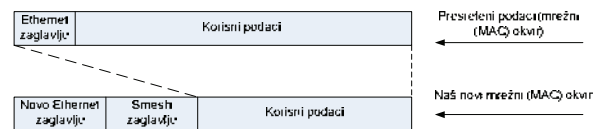
Sl. 3 - Presretanje podataka u OSI modelu.

Na Sl. 4 je data organizacija L2 mrežnog okvira[3] koju preuzme SMESH sprega.



Sl. 4 - Presretni podaci na L2 nivou.

Ethernet zaglavlje sadrži adresu izvora i odredišta, na osnovu čega SMESH sprega adresu uređaja kome bi trebalo dostaviti poruku. U MESH topologiji uređaj kome dostavljamo poruku nije uvek u direktnoj vezi sa uređajem koji šalje poruku. Da bi ostvario indirektan prenos podataka putem među-čvorova, SMESH sprega dodaje dva nova zaglavlja podacima prikazanim na Sl. 4.

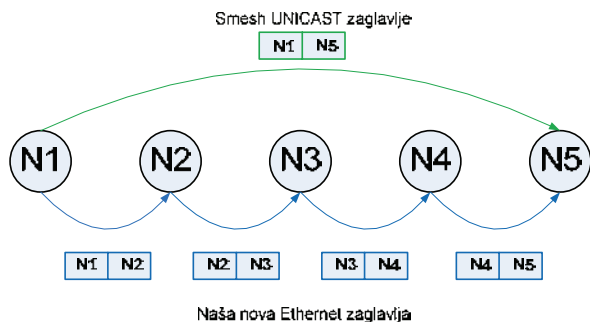


Sl. 5 – Dodavanje zaglavlja potrebnih za rad SMESH protokola.

Sl. 5 pokazuje način na koji su presretni podaci enkapsulirani u novi okvir, uz dodavanje zaglavlja potrebnih za SMESH logiku. Zaglavlje se sastoji od sledećih elemenata.

- SMESH zaglavlje (Sl. 5)  
Može biti **SMESH BROADCAST**, **SMESH UNICAST** ili **SMESH ADVERT** zaglavlje. Sadrži adresu odredišnog čvora i u slučaju SMESH UNICAST zaglavlja, adresu izvorišnog čvora. Ove adrese se odnose na MESH topologiju, tako da odredišna adresa ne mora biti adresa uređaja koji je neposredno u vezi sa uređajem koji šalje podatke. Adrese prepisujemo iz presretnog Ethernet zaglavlja (Sl. 4).
- Novo Ethernet zaglavlje (Sl. 5)  
Ovo zaglavlje sadrži adrese za svaki pojedinačni „hop“ u ovoj MESH („multi-hop“) topologiji (na primer na Sl. 6).

Na Sl. 6 je dat primer MESH topologije sa odgovarajućim novim Ethernet i SMESH zaglavljljima.

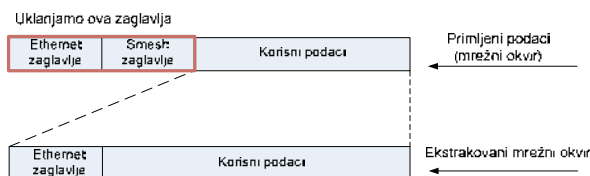


Sl. 6 – Primeri zaglavlja u MESH topologiji.

### B. Prijem podataka

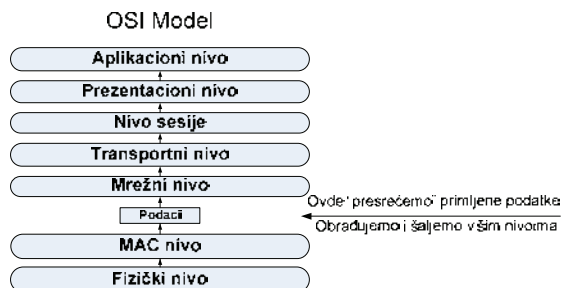
Svaki mrežni čvor proverava SMESH zaglavlje u primljenim podacima i ukoliko se određena adresa u SMESH zaglavlju poklapa sa adresom tog čvora, znači da su podaci njemu namenjeni te se tu završava prenos. Ukoliko podaci nisu namenjeni tom čvoru, on je dužan da ih prosledi dalje.

Pošto čvor primi mrežni okvir, radi obrnuti proces u odnosu na slanje, tj. uklanja Ethernet i SMESH zaglavlja koja su dodata prilikom slanja.



Sl. 7 – Izdvajanje mrežnog okvira.

Pošto je originalni mrežni okvir izdvojen, šaljem ga višim nivoima LINUX OSI strukture.



Sl. 8 – Presretanje podataka u OSI modelu u slučaju prijema.

### C. Prosleđivanje podataka

Informacije o prosleđivanju se dobijaju iz tabela, koje se u ovom projektu nazivaju **ADVERT** tabele. Svaki mrežni čvor ima svoju ADVERT tabelu. ADVERT tabela je realizovana kao *hash* tabela koja sadrži informacije o mogućim putanjama do svakog od čvorova u MESH topologiji.

Razmotrimo sledeći primer jednostavne MESH topologije sa Sl. 1. Predpostavimo da mrežni čvor N1 želi da pošalje podatke čvoru N6. Da bi saznali kako se formira putanja od N1 do N6, pogledajmo ADVERT tabele u svim čvorovima koji mogu učestvovati u transferu.

N1			N2			N3		
Do	Via	Q	Do	Via	Q	Do	Via	Q
N6	N3	3	N6	N5	2	N6	N5	2
N6	N2	3	N6	N4	2	N6	N4	2

N4			N5		
Do	Via	Q	Do	Via	Q
N6	N6	1	N6	N6	1
N6	N3	3	N6	N3	3
N6	N2	3	N6	N2	3

Sl. 9 – Primer ADVERT tabele.

Vidimo da ukoliko N1 želi poslati podatke N6, to može učiniti tako što će podatke poslati čvoru N3 ili N2. Da bi čvor N2 poslao podatke N6, on treba da ih prosledi N4 ili N5. Ista pravila važe za sve ostale čvorove. Prioritet prosleđivanja podataka se određuje prema vrednosti **Q** i svaka ADVERT tabela je sortirana prema vrednosti **Q**. Dakle, najbolji kandidat za prosleđivanje podataka je uvek prvi u ADVERT tabeli, tj. što je vrednost **Q** za dati čvor manja, to su uslovi za prosleđivanje tom čvoru bolji. Vrednost **Q** u trenutnoj SMESH implementaciji predstavlja broj „hop-ov-a“ do odredišta. Na primer, čvor N4 može slati podatke čvoru N6 u 3 „hop-a“ preko čvora N3 ili može slati direktno N6 u jednom „hop-u“.

Vrednost **Q** takođe može biti implementirana kao kompleksnija matematička funkcija koja zavisi od niza sledećih parametara.

- Opterećenja procesora uređaja na kome se SMESH modul izvršava.
- Broj paketa prosleđenih preko čvora (na ovaj način možemo kontrolisati opterećenje podacima i izbeći „uska grla“ u protoku podataka).
- Kvalitet fizičke veze između susednih čvorova (opisan odnosom nivoa snage signala, interferencije i šuma SINR).
- Parametar težine „hop-a“ (korisnik može podešavati ovaj parametar kako bi smanjio ili povećao **Q** vrednost, te na taj način formirao putanje u MESH mreži).
- Bilo koji drugi parametar koji može biti značajan za testiranje i implementaciju na određenoj platformi.

ADVERT tabele se popunjavaju u toku rada **ADVERT** protokola.

### D. ADVERT protokol

ADVERT protokol se zasniva na periodičnom slanju (na primer svake 2 sekunde) i obradi primljenih **ADVERT** poruka. ADVERT protokol može biti definisan u 5 jednostavnih koraka.

- Svaki mrežni čvor periodično šalje ADVERT poruke.
- Pošto primi poruku, svaki čvor treba da je unese u ADVERT tabelu.
- Svaki mrežni čvor mora obraditi i proslediti primljenu ADVERT poruku samo jednom (u suštini, može i više puta, ali taj broj mora biti konačan. U suprotnom može doći do nastanka kružnih putanja u mreži).
- Ukoliko mrežni čvor primi poruku koju je već poslao ili prosledio, mora je ignorisati.



Ukoliko mrežni čvor primi više poruka od istog izvornog čvora, potrebno je da ih unese u ADVERT tabelu ili da osveži ADVERT tabelu (u pitanju su različite putanje kojima je poruka stigla do odredišnog čvora).

**ADVERT poruka** se dobija tako što na mesto SMESH zaglavlja kod „novog mrežnog okvira“ (Sl. 5) stavi **ADVERT zaglavlje**, a polje korisni podaci ostaje prazno.

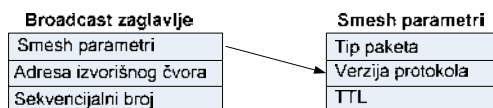
ADVERT zaglavlje	
Broadcast zaglavlje	
Adresa izvornog čvora	
Adresa perthodnog „hop-a“	
Broj „hop-ova“	

Sl. 10 ADVERT zaglavlje.

**Broadcast zaglavlje** – ADVERT poruke se ponašaju u skladu sa pravilima difuznog slanja poruka (*broadcasting*). MESH broadcasting sistem se razlikuje od broadcasting sistema u ostalim mrežama. Ovo će biti objašnjeno u delu MESH broadcast. **Adresa izvornog čvora** – adresa mrežnog čvora od koga je poruka potekla. **Adresa prethodnog „hop-a“** – adresa čvora od koga je poruka primljena. **Broj „hop-ova“** – celi broj, koji se uvećava prolaskom kroz MESH mrežu. Dakle, pre nego što čvor prosledi ADVERT poruku, dužan je da uveća ovaj broj.

#### E. MESH Broadcast

Ukoliko želimo da koristimo difuzno slanje poruka (*broadcast*) u MESH mrežama, moramo koristiti SMESH BROADCAST zaglavlja. Cilj *broadcast* mehanizma jeste da jedna poslata poruka stigne do svih ostalih čvorova, izbegavajući da se svakom čvoru pojedinačno šalje ista poruka. U osnovnom rešenju, kada ne koristimo SMESH broadcast već običan Ethernet broadcast, poruku će dobiti samo čvorovi koji su u neposrednoj fizičkoj vezi (u dometu WiFi uređaja koji šalje poruku). Na primer, ako čvor N1 šalje Ethernet broadcast okvir (Sl. 1), samo čvorovi N3 i N2 će biti u mogućnosti da prime taj okvir. Očigledno nam je potreban mehanizam u kome bi ostali čvorovi prepoznali da je primljeni okvir SMESH BROADCAST tipa i da mora biti prosleđen dalje kroz mrežu (u našem primeru N2 i N3 moraju proslediti poruku čvorovima N4 i N5).



Sl. 11 Broadcast zaglavlje.

Programska struktura **Smesh parametri** (Sl. 11) je zajednička za sve tipove SMESH paketa i paketi su tako memorijski poravnati da se ova struktura uvek nalazi na istim memorijskim lokacijama bez obzira na tip paketa (Prvi bajt svakog paketa označava tip tog paketa). **Tip paketa** – Indikator koji ukazuje na tip paketa i može biti SMESH BROADCAST (0x01) ,SMESH UNICAST (0x02) ili SMESH ADVERT (0x03). **Verzija protokola** – verzija SMESH protokola. **TTL** (*time to live*) – parametar koji koristimo za detekciju kružnih putanja i inicijalno je postavljen na neku empirijski određenu vrednost.

Prolaskom kroz svaki čvor TTL se umanjuje za 1. Ukoliko primljeni paket ima TTL 0, isti treba zanemariti i ne prosledivati. **Adresa izvorišnog čvora** – adresa čvora koji je kreirao poruku. **Sekvencijalni broj** – jedinstveni broj paketa.

#### F. Izbegavanje kružnik putanja

Izbegavanje kružnih putanja se svodi na odluku čvora o tome da li primljene podatke proslediti ili ne. Očigledno je da, ukoliko svaki čvor samo prosleđuje sve broadcast poruke koje primi, one će večno kružiti u mreži, a sama mreža postati neupotrebljiva za prenos korisničkih podataka. Svaki SMESH čvor u svojoj ADVERT tabeli pamti poslednji broadcast sekvencijalni broj, za svaki od čvorova sa kojim je imao interakciju. Odluke o prosleđivanju se donose na osnovu ove tabele.

- Ukoliko čvor primi broadcast paket sa većim sekvencijalnim brojem od zapamćenog u njegovoj tabeli, čvor treba proslediti paket i osvežiti broj u tabeli.
- Ukoliko čvor primi broadcast paket sa sekvenc. brojem koji je manji ili jednak broju u tabeli, paket se ignoriše, tabela se ne menja.
- Ukoliko čvor primi broadcast paket sa sekvencijalnim brojem 0 ili brojem koji je mnogo manji od broja u tabeli, tabela se osvežava brojem iz primljenog paketa, a paket prosleđuje.

## IV. ZAKLJUČAK

SMESH je implementacija jednostavnog i fleksibilnog MESH protokola razvijenog u LINUX kernelu. Implementacija kao takva apstrahuje kontrolu nad mrežnom fizičkom arhitekturom kao i računarskom arhitekturom na kojoj se izvršava, tj. SMESH je moguće koristiti na bilo kojoj arhitekturi na kojoj radi LINUX kao i na bilo kom Ethernet uređaju za koji postoji odgovarajuća LINUX sprega. SMESH može biti kotišćen kao osnova za dalji razvoj MESH tehnologije, merenje performansi na različitim računarskim arhitekturama i budućim mrežnim Ethernet tehnologijama.

## LITERATURA

- [1] Ekram Hossain, Kin K. Leung, “Wireless Mesh Networks: Architectures and Protocols”, Springer; 1 edition (November 30, 2007), ISBN-10: 0387688382
- [2] Jonathan Corbet, Alessandro Rubini, Greg Kroah-Hartman, “Linux Device Drivers”, 3rd ed. O'Reilly Media, February 2005, Print ISBN: 978-0-596-00590-0
- [3] Christian Benvenuti, “Understanding Linux Network Internals”, O'Reilly Media, December 2005, Print ISBN: 978-0-596-00255-8
- [4] Daniel P. Bovet, Marco Cesati, “Understanding the Linux Kernel” 3rd ed. O'Reilly Media, November 2005, Print ISBN: 978-0-596-00565-8
- [5] Robert Love “Linux Kernel Development” 3rd ed. Addison-Wesley, July 2010, ISBN10: 0-67232-946-8

## ABSTRACT

This paper presents details on one realization of a simple mesh protocol, implemented as a kernel object for LINUX kernel 2.6.

## ONE SOLUTION OF 802.11 MESH COMMUNICATION PROTOCOL, IMPLEMENTED IN LINUX KERNEL

Lazar Banković, Dragan Samardžija



## UPRAVLJANJE I ZAŠTITA MIKRO MREŽA CONTROL AND PROTECTION OF MICROGRIDS

Nebojša Džinić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – Rad ukratko opisuje upravljanje mikro mreža dok je najveći deo posvećen istraživanju uticaja distributivnih generatora na relejnu zaštitu u mikro mrežama. Prikazan je uticaj ovih generatora na koordinaciju relejne zaštite, povećanje struja kratkog spoja, smanjene doseg distantne zaštite, kao i problema u ostrvskom radu. Za različite vrste kvarova na primeru mikro mreže odrađen je proračun struja kratkog spoja korišćenjem MATLAB programskog paketa. U zavisnosti od dobijenih rezultata komentarisana su rešenja i rad relejne zaštite.

**Abstract** – This paper described microgrid control shortly while the most is dedicated to investigation of distributed generators impact on relay protection in microgrids. It is presented influence at coordination of relay protection, the increase of short-circuit current, underreacting of distance protection as well as problems in island mode. Fault current calculation is done for different fault type in microgrids using MATLAB software. Relay protection solutions and functionality are commented depending on various results.

**Ključne riječi:** mikro mreža, distributivni generatori, upravljanje mikro mrežama, relejna zaštita u mikro mrežama.

### 1. UVOD

Potražnja za električnom energijom raste iz dana u dan, dok se rezerve konvencionalnih fosilnih goriva smanjuju. Dva osnovna problema kod neobnovljivih izvora energije su ti što ih ima u ograničenim količinama i što zagađuju okolinu. Sagorevanjem fosilnih goriva oslobađa se velika količina CO<sub>2</sub> koji doprinosi povećavanju efekta staklene bašte. Nuklearna goriva nisu opasna za atmosferu, ali nuklearni otpad ostaje radioaktivan duži niz godina i mora biti skladišten u objektima specijalne namene.

Zbog nedostatka neobnovljivih izvora el. energije, kao i zbog očuvanja životne sredine, u narednom periodu obnovljivi izvori će imati sve veći značaj. U [1] je pokazano da porast upotrebe obnovljivih izvora energije u prethodnih nekoliko godina iznosi u proseku 10% na godišnjem nivou.

Uvođenjem novih tehnologija distributivne mreže postaju pametne mreže (eng. *smart grid*). Dakle, sve veći prodor obnovljivih izvora na globalnoj energetske karti je neminovan, što za sobom povlači brojne probleme vezane uz integraciju tih izvora u energetske sisteme.

### NAPOMENA:

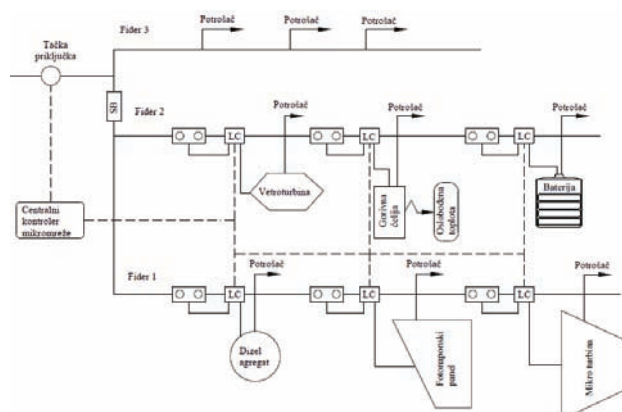
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red.prof.

Trend je takav da se obnovljivi izvori energije povezuju u manje elektroenergetske sisteme, tj. mikro mreže (eng. *microgrid*). Termin mikro mreže u literaturi najčešće se pronalazi u kontekstu distributivne proizvodnje el. energije. Pod terminom mikro mreže se podrazumeva skup potrošača, proizvodnih jedinica i elemenata za čuvanje energije koji su međusobno povezani u lokalnoj mreži.

U drugoj glavi je detaljno opisana struktura mikro mreže. Dat je uvid u oba režima rada kao i primer mikro mreže koja je povezana na distributivnu mrežu. Treća glava daje osnovu o upravljanju mikro mrežama. Takođe, date su neke osnovne informacije o primarnoj, sekundarnoj i tercijernoj regulaciji. Glava četiri je posvećena istraživanju uticaja distributivnih generatora na relejnu zaštitu mikro mreže. U petoj glavi je izložen praktični deo ovog rada. Predstavljani su primeri kvarova u različitim slučajevima, kao i rezultati proračuna struje kvara dobijeni korišćenjem MATLAB programskog paketa. U zavisnosti od struje kvara analiziran je rad prekostrujne relejne zaštite. Zaključak je dat u šestoj glavi.

### 2. MIKRO MREŽA – AKTIVNA DISTRBUTIVNA MREŽA

Proizvodnja električne energije neposredno uz potrošače za rezultat daje, poboljšan kvalitet električne energije, niže gubitke u mreži, veću sigurnost i veću pouzdanost. Na slici 1 prikazan je jedan primer mikro mreže, koja sadrži tri fidera.



Slika 1. – Tipičan primer strukture mikro mreže

Prvi fider se sastoji od: potrošača koji kao lokalnu proizvodnju ima dizel agregat, potrošača sa foto-naponskim panelom i potrošača koji kao lokalnu proizvodnju ima mikro turbinu. Drugi fider se sastoji od: potrošača sa vetroturbinom, potrošača sa gorivnom ćelijom i potrošača koji u svom sklopu ima baterije. Treći fider čine konvencionalna opterećenja koja nemaju lokalnu

proizvodnju. Sa slike 1 se vidi da centralni kontroler mikro mreže upravlja tačkom zajedničkog priključka. Sa SB je označen prekidač, pomoću kojeg se izoluje deo mikro mreže u slučaju kvara u distributivnoj mreži ili na fideru 3. Svaki od lokalnih izvora električne energije na mrežu je priključen preko lokalnog kontrolera (LC), koji je zadužen da sprovodi lokalno upravljanje distributivnim generatorom. Svi LC-ovi međusobno razmenjuju informacije preko sistema za komunikaciju ili centralnog kontrolera mikro mreže. On takođe igra važnu ulogu kao glavni dispečer opterećenja, koji je zadužen za raspored aktivnosti generatora instaliranih u mikro mreži [2].

Za mikro mreže karakteristična su dva režima, mrežno-vezani (eng. *grid-connected*) i ostrvski (eng. *isolated* ili *islanded operation*) režim rada. U slučaju mrežno-vezanog režima rada mikro mreža je preko tačke priključka povezana sa glavnom distributivnom mrežom (DM). Kada proizvodnja mikro mreže premašuje potrošnju, el. energija se prodaje. Ako u mikro mreži nedostaje el. energije, a nije moguće povećati proizvodnju, manjak je moguće nadoknaditi iz glavne DM. U ostrvskom režimu rada mikro mreža nije spojena sa glavnom DM. Za ovaj režim je bitno dobro projektovati maksimalne proizvodne kapacitete, ali i sistem za skladištenje energije iz kojeg bi se obezbedila energija u vremenu kada distributivni izvori nisu u mogućnosti da potpuno zadovolje zahteve potrošača. Ovo je izuzetno bitno u mikro mrežama gde dominiraju obnovljivi izvori energije.

### 3. UPRAVLJANJE MIKRO MREŽAMA

U mikro mrežama razlikuju se: konvencionalni distributivni generatori i distributivni generatori koji su na mrežu priključeni preko uređaja energetske elektronike, najčešće invertora.

U prvu grupu spadaju DG koji imaju mogućnost upravljanja frekventno-naponskim prilikama, zbog toga je neophodno da u svakom trenutku imaju odgovarajući rezervni kapacitet aktivne i reaktivne snage. U ovu grupu spadaju; dizel agregati, plinske elektrane, male hidro-elektrane i uređaji za skladištenje el. energije. Ovi distributivni generatori u ostrvskom režimu rada održavaju napon i frekvenciju mreže, dok u mrežno-vezanom režimu rada regulišu razmenu el. energije između mikro mreže i DM.

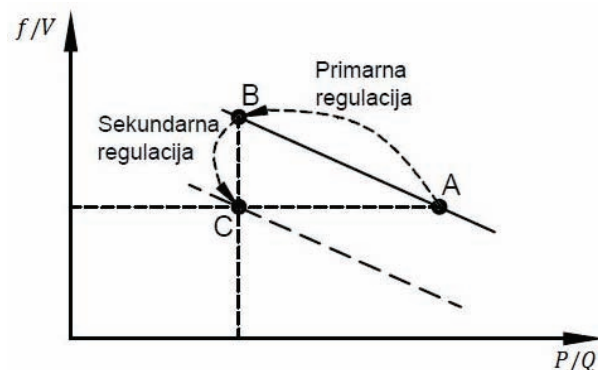
U drugu grupu spadaju distributivni izvori koji prate napon i frekvenciju mreže. To su najčešće vetrogeneratori, solarni paneli, itd. U ostrvskom režimu rada ove jedinice se mogu koristiti samo u sprezi sa jedinicama koje imaju mogućnost upravljanja frekventno-naponskim prilikama [3].

Tri hijerarhijska nivoa upravljanja mikro mrežama su:

- primarna regulacija
- sekundarna regulacija
- tercijerna regulacija

Primarna regulacija deluje na nivou generatorske jedinice i služi za raspodelu opterećenja između generatora. Ona ima najbrži odziv, ali i najniži nivo kontrole. Angažovanje generatora se određuje na osnovu napona i frekvencije mreže (disbalansa razmene).

Sekundarna regulacija predstavlja naknadno superponirano dejstvo na primarnu regulaciju. Ona ima sporiji odziv od primarne regulacije, ali deluje na nivou regulacione zone (disbalansa razmene). Služi za eliminaciju odstupanja napona i frekvencije koju prouzrokuje primarna regulacija. Na slici 2 prikazan je primer delovanja primarne regulacije i naknadno superponirano delovanje sekundarne regulacije.



Slika 2. – Primer primarne i sekundarne regulacije

U slučaju pojave viška aktivne/reaktivne snage u mikro-mreži dolazi do porasta frekvencije/napona. Primarna regulacija premešta radnu tačku iz tačke A u tačku B, kako bi zaustavila porast frekvencije/napona. Međutim, u tački B frekvencija/napon mikro mreže imaju vrednost iznad nominalnih vrednosti. Sekundarna regulacija ima zadatak da radnu tačku premesti iz tačke B u tačku C.

Tercijerna regulacija ima najsporiji odziv, ali deluje na nivou cele mikro mreže. Osnovni element mikro mreže koji sprovodi tercijernu regulaciju je centralni kontroler mikro mreže. On preko SCADA sistema komunicira sa generatorima, skladištima el. energije i potrošačima koji su opremljeni "pametnim" brojilima. Pod potrošačima koji su opremljeni "pametnim" brojilima podrazumevaju se oni potrošači koji imaju mogućnost komunikacije sa centralnim kontrolerom mikro mreže. Centralni kontroler mikro mreže reguliše proizvodnju i potrošnju u cilju obezbeđenja optimalnog rada mikro mreže (držanje zadatog nivoa razmene).

U mrežno-vezanom režimu rada tercijerna regulacija određuje napon i frekvenciju mikro mreže, dok u ostrvskom režimu rada napon i frekvencija su fiksirani na tačno zadanu vrednost.

### 4. RELEJNA ZAŠTITA U MIKRO MREŽAMA

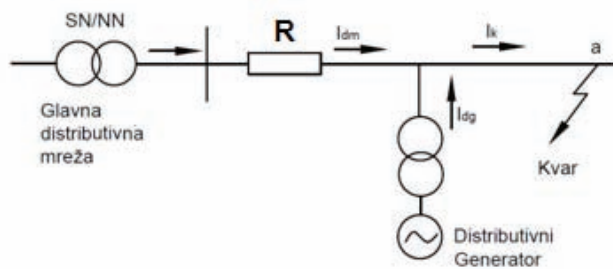
Osnovna uloga relejne zaštite je da obezbedi siguran rad elektroenergetskih sistema, tako da zaštiti krajnje korisnike i opremu. Cilj relejne zaštite je da detektuje i na odgovarajući način eliminiše kvarove koji mogu da se dogode u mikro mreži, tako da bez napajanja ostane minimalan broj potrošača. Kako u svakom slučaju nije moguće ispuniti sve zahteve koji se očekuju od sistema zaštite, potrebno je pronaći kompromis između pouzdanosti i sigurnosti [4].

Tri bitna zahteva za različite slučajeve koji čine osnovu za projektovanje sistema zaštite mikro mreže su: osetljivost, selektivnost i brzina delovanja. U zavisnosti od lokacije kvara javljaju se problemi kao što su dvosmerni tokovi

snage i promena naponskog nivoa. Izlazi DG kao npr. sinhronih generatora i DG koji su na mikro mrežu priključeni preko uređaja energetske elektronike, su nepredvidivi u slučaju kvarova. Kvarovi u mikro mrežama izazivaju visoke struje, smanjuju domet prekostrujnih releja, ostrvski rad, isključenje generatora, curenje struje u zemlju, monofazni rad i gubitak stabilnosti.

Distributivni generatori mogu izazvati probleme i ukoliko se desi slučaj da deo distributivne mreže zajedno sa distributivnim generatorom ostane u ostrvskom režimu rada. Ovo se najčešće dešava pri čišćenju kvarova iz mreže. Pored toga neki DG, kao npr. solarni paneli, predaju u mrežu monofaznu snagu. Ovo itekako utiče na ravnotežu trofaznog režima, usled čega se kao posledica javlja struja u neutralnom provodniku i tok nepredviđenih (nultih) struja u zemlju [5].

Zaštita je selektivna ukoliko se sekcija sa kvarom izoluje pomoću najbližeg releja. Da bi se obezbedio pravilan rad zaštite, bitno je da u slučaju kvara kroz relej teku odgovarajuće vrednosti struje. Slika 3 prikazuje deo mikro mreže sa jednim DG koji pokriva deo ukupne potrošnje fidera.



Slika 3. – Primer uticaja DG na struju kvara

Pod pretpostavkom da se kvar desi u tački "a", relej neće meriti pravu vrednost struje. Struji kvara doprinosi i generator, tako da je ukupna struja kvara iznosi:

$$I_k = I_{dg} + I_{dm} \quad (1)$$

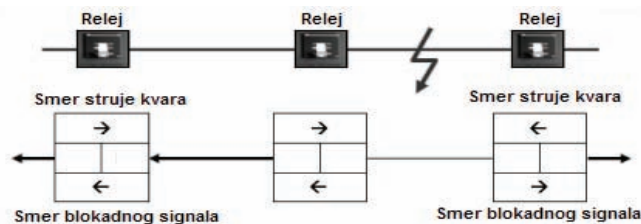
gde su:  $I_k$  – struja kvara,  $I_{dm}$  – struja koju meri relej R,  $I_{dg}$  – struja koju injektira DG.

Doprinos struji kvara koji daje distributivni generator može dovesti do toga da struja  $I_{dm}$  bude smanjena u značajnoj meri. Smanjenje struje  $I_{dm}$  koju meri relej zavisi od odnosa snage distributivnog generatora i mreže. Ako je generator priključen preko uređaja energetske elektronike on ne može značajno uticati na struju kvara. Mnogo je veća verovatnoća da se desi zaslepljenje relejne zaštite u slučaju da su DG sinhronne mašine.

Usmereni blokadni član koristi se da bi se izbegao neselektivni rad releja u mikro mrežama. On predstavlja kombinaciju standardnog blokadnog člana i usmerenog releja. Pomoću usmerenog releja se određuje smer struje kvara, a blokadni član šalje blokadni signal. Na slici 4 je prikazan rad blokadnih članova duž jednog fidera koji se napaja sa obe strane.

Ukoliko u mikro mreži nema kvara blokadni signal se šalje sa kraja fidera. Kad se desi kvar, pomoću usmerenog releja se određuje smer struje kvara. Nakon toga blokadni signal se šalje u suprotnom smeru od smera struje kvara. Pomoću usmerenog blokadnog člana moguće je

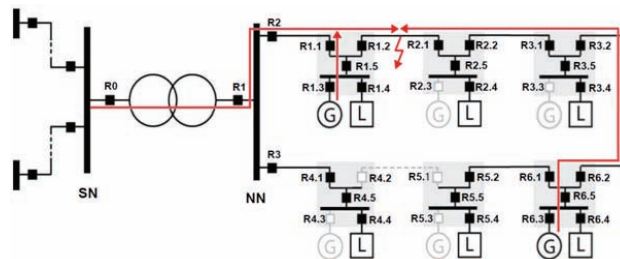
obezbediti selektivnost zaštite čak i u slučaju kada usmerenje prekostrujne zaštite nije dovoljno. Pored toga, prednost usmerene blokade je u tome što je vremensko zatezanje svih releja jednako.



Slika 4. – Usmereni blokadni član

## 5. PRIMER PRORAČUNA I PODEŠENJA RELEJNE ZAŠTITE

U okviru ovog rada razmatran je samo uticaj sinhronih generatora (SG), koji u stvari daju najveći doprinos struji kvara. Za zaštitu je korišćena prekostrujna zaštita i usmereni blokadni član. Da bi se ostvario selektivni rad ovih releja potrebno je koristiti različito vremensko zatezanje releja  $t_s$ , u intervalu između  $I_{k min}$  (očekivana minimalna struja kratkog spoja) i  $I_{k max}$  (očekivana maksimalna struja kratkog spoja). Struje  $I_{k min}$  i  $I_{k max}$  dobiju se na osnovu off-line analize jednofaznog, dvopolnog i trofaznog kratkog spoja [5]. Na slici 5 prikazan je primer mikro mreže sa kvarom. Radi jednostavnijeg proračuna u obzir su uzeta samo dva SG.



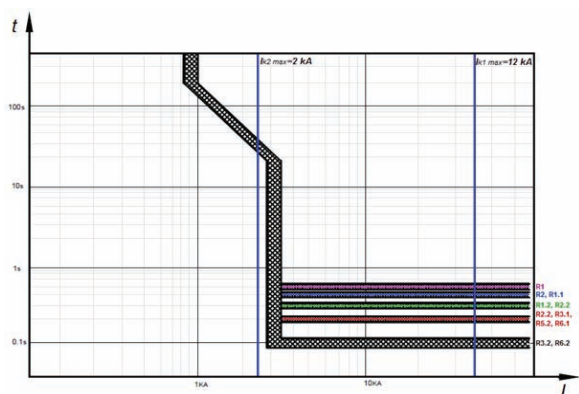
Slika 5. – Primer mikro mreže sa kvarom

Releji R1, R2, R1.1 i R1.2 će detektovati struju kvara  $I_{k1 max} = 12 \text{ kA}$ , dok će releji R6.2, R3.2, R3.1, R2.2 i R2.1 detektovati samo struju kvara  $I_{k2 max} = 2 \text{ kA}$  podržanu od SG priključenog kod potrošača 6. Proračun ovih struja dobijen je pomoću MATLAB programskog paketa.

Od grupe releja koji detektuju struju, koja dolazi sa leve strane, najmanje vremensko zadržavanje ima relej R1.2. Struja koju detektuje ovaj relej je dovoljno velika da relej nakon vremena  $t_s = 300 \text{ ms}$  eliminiše kvar iz mreže. Od druge grupe releja koji detektuju struju kvara sa desne strane, najmanje vremensko zadržavanje imaju releji R6.2 i R3.2. Sa slike 6 se vidi da je struja sa desne strane kvara manja od  $I_{k min}$ . Releji R6.2 i R3.2 odreagovaće tek nakon 15s, što je neprihvatljivo. Dakle, u ovom slučaju potrebno je ugraditi automatiku na prekidač kod R1.2, koja bi automatski otvarala i prekidač kod R2.1.

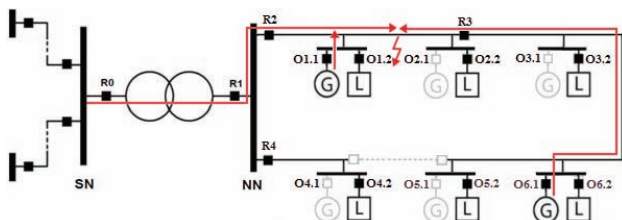
Osnovni nedostaci primene relejne zaštite u NN mrežama su ti što je potrebno izuzetno malo vremensko zatezanje relejne zaštite i potrebna su velika ulaganja. Jedno od rešenja ovih problema jeste upotreba osigurača, ali njihovom primenom se gubi smisao mikro mreža.





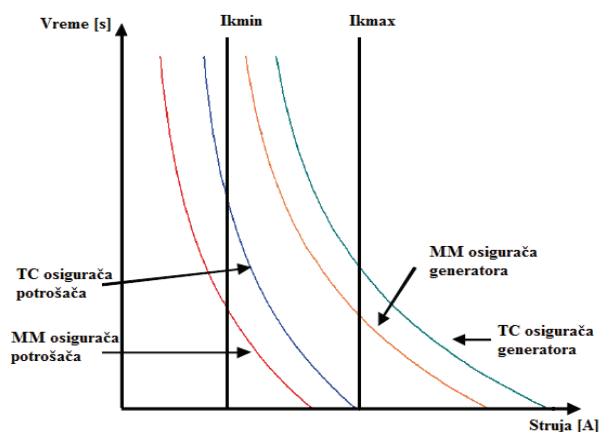
Slika 6. – Karakteristika prekostrujne zaštite

Prelaskom mikro mreže iz jednog u drugi režim rada neophodno je promeniti strujno podešenje zaštite. Međutim, ovo nije izvodljivo kod standardnih osigurača. Promenom režima rada mikro mreže struje kvara se ne menjaju bitno na mestima priključka generatora i potrošača, pa je zbog toga moguće koristiti osigurače na tim mestima. Na slici 7 prikazan je primer zaštite kombinacijom releja i osigurača.



Slika 7. – Primer zaštite kombinacijom releja i osigurača

U ovom slučaju broj releja je znatno smanjen, ali tim je smanjena i sigurnost mikro mreže. Osigurači O1.1, O2.1, O3.1, O4.1, O5.1 i O6.1 su korišćeni kao zaštita generatora, a osigurači O1.2, O2.2, O3.2, O4.2, O5.2 i O6.2 kao zaštita potrošača. Na slici 8 su prikazane karakteristike ovih osigurača.



Slika 8. – Karakteristike osigurača generatora i potrošača

Svaki osigurač je opisan sa dve karakteristike: MM (engl. *Minimal Melting*) i TC (engl. *Total Clearing*). Ove karakteristike se razlikuju po tome što kriva MM pokazuje vreme početka topljenja osigurača usled struje kvara, a kriva TC pokazuje vreme koje je potrebno da se osigurač potpuno istopi i otkloni kvar.

Karakteristike releja R2, R3 i R4 ostaju iste kao u prethodnom slučaju. Vremensko zatezanje releja R3 i R4 se postavlja na  $t_s = 300ms$ , a vremensko zatezanje releja

R2 na  $t_s = 600ms$ . Releji R3 i R4 moraju sačekati da osigurači eliminišu kvar ukoliko se on desi na potrošaču ili generatoru. U slučaju kvara sa slike 7 nije moguće alternativno napajanje drugog potrošača, dok se kvar ne otkloni iz mreže. Deo mreže desno od releja R3 ostaje u ostrvu. Potrebno je obnoviti napajanje potrošača 3, 5 i 6 preko spojnog polja, a generator kod potrošača 6 isključiti dok se ne obnovi napajanje. Ostrvski režim samo ovog dela mreže nije moguć, zbog toga što ne postoji relejna zaštita kablovskih vodova u ovom delu mreže.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu razmatrana su pitanja u vezi upravljanja mikro mrežama, kao i pitanje relejne zaštite u mikro mrežama. Ukazano je na probleme koji nastupaju kada se na mikro mrežu priključe generatori. Povećanjem broja DG u mikro mreži i njihovog udela u napajanju potrošača menja se karakter mreže, te se narušava njena stabilnost pri kvarovima.

Ulaganjem u relejnu zaštitu, automatiku i konfiguraciju mreže, moguće je postići značajno poboljšanje kvaliteta napajanja potrošača. Međutim, velika ulaganja u relejnu zaštitu znatno usporavaju razvoj ovih mreža. Razvoj mikro mreža usko je vezan za razvoj brzih, tačnih i niskobudžetnih releja sa sposobnošću brze komunikacije.

## 7. LITERATURA

- [1] World Watch Institute, <http://www.worldwatch.org/renewables-global-status-report-series>, (datum pristupa: 2014-05-01)
- [2] Y. Zoka, H. Sasaki, N. Yorino, K. Kawahara, and C.C Liu. "An interaction problem of distributed generators installed in a microgrid". In Proceedings of IEEE on Electric Utility Deregulation, Restructuring and Power Technologies Conference, Volume 2, strana 795 – 799, Hong Kong, April 2004.
- [3] M. Shahidehpour, M. E. Khodayar, "Cutting Campus Energy Costs with Hierarchical Control", IEEE Electrification magazine, vol.1, pp. 40-56, September 2013
- [4] Duško Bekut, "Relejna zaštita", Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2009.
- [5] Alexandre Oudalov, Antonio Fidigatti, "Adaptive network protection in microgrids" International Journal of Distributed Energy Source, Volume 4, pp. 201-205, 2009.

### Kratka biografija:



**Nebojša Džinić** rođen je u Tuzli 1988. godine. Diplomski-bachelor rad je odbranio na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2013 godine, kao i diplomski-master rad 2014. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi.

**RAZVOJ POSTUPAKA PRIPREME PODATAKA ZA ANALIZU  
PROFILA POTROŠAČA U DISTRIBUTIVNIM SISTEMIMA****A DEVELOPMENT OF THE DATA PREPARING PROCESS FOR AN ANALYSIS  
OF CONSUMER PROFILES IN DISTRIBUTION SYSTEMS**

Slobodan Steljić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad se bavi razvojem postupaka za pripremu podataka u procesu istraživanja podataka u oblasti distributivnih upravljačkih sistema i profilisanje potrošača u takvim sistemima. U radu su opisani domen problema i nedostaci koji su uzrokovali razvoj metoda za pripremu podataka. Navedene su metode koje su primenjene u cilju rešavanja problema i opisan način njihove implementacije. Analizirane su dobijene performanse procesa i navedena su poboljšanja koja su nastala upotrebom navedenih metoda.

**Abstract** – In this paper we present methods developed for preparing data for data mining in the scope of distribution management systems and consumer profiling in such systems. We describe a problem domain and disadvantages that caused development of the data preparation methods. An overview and description of used methods are given and also the way how they are implemented. We present an analysis of the process performance and the advantages achieved by the application of the proposed data preparation methods.

**Ključne reči:** Istraživanje podataka, distributivni upravljački sistemi, priprema podataka, uklanjanje pikova, interpolacija, paralelizacija

**1. UVOD**

U ovom radu prikazan je razvoj postupaka za pripremu podataka u procesu istraživanja podataka (*data mining*) u oblasti distributivnih upravljačkih sistema i profilisanje potrošača u takvim sistemima.

Proces istraživanja podataka obuhvata velike količine sirovih podataka i u njima traži korisne informacije. Od velikog je značaja da podaci koji ulaze u postupak istraživanja budu dobrog kvaliteta, da bi krajnji rezultati obrade bili validni, a dobijene informacije pouzdane. Prethodno iskustvo ukazuje da kvalitet ulaznih podataka često nije na zadovoljavajućem nivou.

Zbog toga, pre nego što dospeju do faze u kojoj se vrši istraživanje, nad podacima je neophodno izvršiti pripremne postupke, u cilju poboljšanja njihovog kvaliteta.

Postupci za pripremu podataka, koje treba razviti, moraju obezbediti rešenje sledećih problema:

- Otkrivanje postojanja vrednosti u ulaznom skupu podataka, koje znatno odstupaju od očekivane vrednosti posmatrane pojave, tj. postojanje tzv. pikova. Ovakve ekstremne vrednosti unose netačnost u proces istraživanja podataka, jer netačno opisuju posmatranu pojavu.
- Otkrivanje izostavljenih vrednosti u ulaznom skupu podataka. Proces istraživanja podataka mora se zasnivati na kompletnom skupu podataka, kako bi proces mogao da se izvrši sa potpunim uvidom u posmatranu pojavu.
- Unapređenje brzine postupka. Iz razloga što proces istraživanja obrađuje podatke čija se veličina izražava u gigabajtima i terabajtima, potrebno je iskoristiti sve mogućnosti koje pružaju današnje tehnologije, a time i sve raspoložive resurse računarskog sistema, kako bi se skratilo vreme trajanja procesa.

Cilj ovog rada je razvijanje postupaka kojim će navedeni problemi biti rešeni u problemskom domenu profilisanja potrošača u distributivnim upravljačkim sistemima, kako bi proces istraživanja podataka dao kvalitetne rezultate za korišćenje u daljem toku poslovnog procesa.

Aplikacija na kojoj će biti ispitani i praktično provereni rezultati ovog rada zove se LPT (*Load Profile Tool*) i njen zadatak je kreiranje tipova potrošnje u elektroenergetskim sistemima. Ulazne podatke za LPT čine merenja potrošnje električne energije i u procesu njihovog obrađivanja nailazi se na gore pomenute probleme, koje je potrebno rešiti. Njihovim rešavanjem očekuje se poboljšavanje performansi aplikacije u pogledu kvaliteta rezultata procesa i u pogledu brzine izvršavanja procesa. Vrednosti koje nedostaju ili znatno odstupaju od očekivane vrednosti negativno utiču na kvalitet podataka. Poboljšanjem kvaliteta podataka koji ulaze u proces istraživanja podataka, tj. profilisanja potrošača, očekuje se da će doći i do poboljšanja kvaliteta rezultata tog procesa. Drugim rečima, rezultujući potrošački profili preciznije će predstavljati ponašanje potrošača u elektroenergetskom sistemu. S druge strane, uvođenjem paralelne obrade u aplikaciju, umesto sekvencijalnog načina obrađivanja podataka, očekuje se povećanje brzine izvršavanja procesa pripreme podataka, a samim tim i ubrzanje celokupnog postupka profilisanja potrošača.

**2. DOMEN PROBLEMA**

Potrošački tip predstavlja više potrošača koji imaju sličan obrazac potrošnje električne energije tj. imaju slično

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red.prof.



ponašanje. Svaki potrošački tip sastoji se od više potrošačkih profila za svaki karakteristični dan (npr. radni dan, vikend, praznik) i karakterističnu sezonu (npr. zima, proleće, leto, jesen). Potrošački tipovi imaju značajnu ulogu u modelovanju elektroenergetskog sistema, jer omogućuju verifikaciju merenja, predviđanje potrošnje pojedinog dela mreže ili kompletnog sistema.

LPT deo je većeg softverskog rešenja za upravljanje elektroenergetskim distributivnim sistemom. Implementiran je u programskom jeziku C#. Ulazni podaci za LPT čine merenja potrošnje električne energije za svaki dan u određenom vremenskom periodu za pojedinačne potrošače. Na osnovu tih merenja kreiraju se vremenski dijagrami (krive) potrošnje za svakog potrošača, a to su dnevni potrošački profili. Zatim, vrši se poređenje tih dijagrama i na osnovu njihove sličnosti potrošači se razvrstavaju u različite grupe potrošnje.

Najčešći problemi koji se sreću u podacima potrebnim za rad LPT-a su nedostajući podaci ili podaci koji sadrže greške. Ovi problemi mogu nastati u procesu prikupljanja i skladištenja podataka, defektom na mernom uređaju ili iz nekog drugog razloga. Učestalost takvih nepravilnosti dovoljno je velika, tako da se moralo pronaći rešenje za taj problem, kako bi rezultati LPT obrade bili zadovoljavajući.

U slučaju kada u ulaznim podacima postoje vrednosti koje značajno odstupaju od očekivane vrednosti ili su izvan opsega mogućih vrednosti merene veličine, dolazi do situacije da se kreira dnevni potrošački profil koji netačno opisuje ponašanje potrošača. Kao primer može se uzeti situacija da je merni uređaj, usled kvara, pogrešno beležio potrošnju struje, odnosno da je snimao vrednosti potrošnje koje su mnogo veće nego što je to stvarno moguće. Time se unosi značajna greška u potrošački profil i potrošač može biti svrstan u grupu visoke potrošnje, iako to nije realan slučaj.

Ukoliko u ulaznim podacima ima nedostajućih vrednosti, može doći do situacije da se ne može kreirati kompletan potrošački profil. Potrošači koji nemaju svaki profil popunjen ne mogu učestvovati u procesu kreiranja potrošačkih tipova, jer je za to neophodno da imaju kompletne podatke koji opisuju njihovo ponašanje tokom čitave godine. Takvim potrošačima jedino može biti dodeljen već kreirani potrošački tip postupkom klasifikacije, što nije uvek zadovoljavajuće. Te nedostajuće vrednosti potrebno je nadomestiti ili izračunati na osnovu postojećih podataka ili poznatih zavisnosti, tamo gde je to izvodljivo.

Zbog velike količine podataka, obrađivanih u procesu kreiranja potrošačkih tipova koje vrši LPT, kao i u većini ostalih procesa istraživanja podataka, čak i prosto čitanje podataka sa diska i njihovo učitavanje u radnu memoriju može da potraje veoma dugo. U cilju ubrzanja učitavanja podataka, a time i celokupnog procesa, potrebno je unaprediti postupak kojim se podaci učitavaju, kako bi se što bolje iskoristile hardverske performanse računara na kojem se proces izvršava. U poređenju sa radnim taktom procesora i brzinom kojom procesor obrađuje podatke, čitanje fajlova sa diska je relativno spor proces i zbog toga treba pronaći pristup koji na najbolji način iskorišćava dostupne resurse računarskog sistema na kojem se vrši istraživanje podataka. Iako procesna moć

računara iz godine u godinu sve više raste, optimizacija procesa čitanja podataka ostaje nužna.

Prethodno navedeni problemi javljaju se u realnim situacijama, pošto je očekivano da podaci budu nesavršeni. Stoga svaki od tih problema mora biti rešen kako bi LPT davao zadovoljavajuće rezultate koji će biti korišćeni u daljem toku poslovnog procesa.

Problem vrednosti koje odstupaju (pikovi) može biti rešen uvođenjem postupka za detekciju i otklanjanje pikova. Time se ulazni skup podataka pročišćava od nepravilnosti koje mogu negativno uticati na dalji tok obrade.

Nedostajuće vrednosti, one koje su već nedostajale u ulaznim podacima, kao i one koje su odstranjene detekcijom pikova, tamo gde je to izvodljivo, biće izračunate na osnovu raspoloživih podataka, primenom metode za interpolaciju.

Uvođenjem paralelizma u proces rada aplikacije, tačnije u fazu učitavanja i pripreme podataka, biće omogućeno iskorišćavanje visokih performansi današnjih računara, a samim tim i skraćivanje vremena potrebnog za izvršavanje celokupnog procesa.

### 3. DETEKCIJA PIKOVA

Jedan od prvih problema na koji se nailazi u postupku pripreme podataka za proces istraživanja podataka, jeste otkrivanje i uklanjanje vrednosti u skupu ulaznih, sirovih podataka, koje u značajnoj meri odstupaju od očekivane vrednosti. Otkrivanje takvih vrednosti je od velike važnosti za istraživanje podataka, iz razloga što prevelike anomalije u ulaznim podacima mogu na veoma nepovoljan način da utiču na kvalitet rezultata procesa istraživanja podataka. Vrednosti koje odstupaju, pikovi (vrhovi, eng. *peaks*), unose netačnost u podacima koji se obrađuju i samim tim prouzrokuju da se u rezultatima obrade dobiju vrednosti koje netačno opisuju pojavu koja se istražuje.

Detekcija pikova u vremenskim serijama podataka, što podaci za LPT jesu, dugotrajan je problem u mnogim oblastima. Vremenske serije podataka definišu se kao niz opservacija određenog atributa i javljaju se u raznim domenima, kao što su telekomunikacije, finansije, medicina, ekologija. U takvim podacima često se javljaju velika odstupanja. Ta odstupanja uglavnom se svrstavaju u vrhove i doline. Pojave vrhova i dolina predstavljaju važne događaje u vremenskim serijama podataka i njihova detekcija je od značaja za sve domene gde se vremenske serije koriste u cilju sprovođenja analize podataka. Radi jednostavnosti, u daljem tekstu će pod terminom pik biti podrazumevani i vrh i dolina.

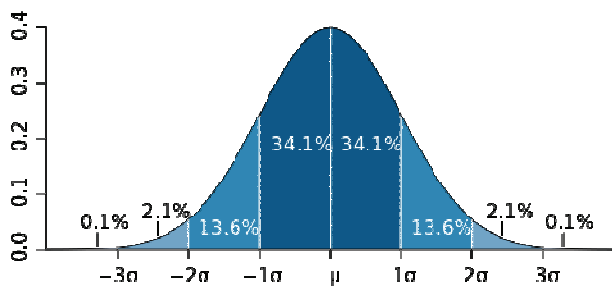
#### 3.1. Primenjeni algoritam

Algoritam koji je primenjen za detektovanje pikova u procesu pripreme podataka u okviru LPT aplikacije, zasnovan je na određivanju udaljenosti svake pojedinačne vrednosti od aritmetičke sredine skupa vrednosti pomoću standardne devijacije.

Standardna devijacija se u statistici definiše kao apsolutna mera disperzije u osnovnom skupu. Ona nam govori koliko u proseku elementi skupa odstupaju od aritmetičke sredine skupa. Označava se grčim slovom sigma,  $\sigma$ . Mala standardna devijacija ukazuje da su tačke podataka bliske

aritmetičkoj sredini skupa, dok visoka devijacija znači da su tačke skupa rasute u širokom skupu vrednosti.

U statistici često se koristi tzv. tri sigma pravilo, poznato i pod imenom 68-95-99,7, ili empirijsko pravilo. Ono govori da se, u normalnoj (Gausovoj) raspodeli, gotovo sve vrednosti nalaze unutar tri standardne devijacije od aritmetičke sredine. Grafički prikaz normalne raspodele nalazi se na slici 1.



Slika 1 – Normalna (Gausova) raspodela

Oko 68,27% vrednosti nalazi se unutar jedne standardne devijacije od aritmetičke sredine, dok je oko 95,45% vrednosti unutar dve, a gotovo sve vrednosti, to jest 99,73% od ukupnog broja, nalaze se unutar tri standardne devijacije od aritmetičke sredine vrednosti. Matematički zapisano, ove činjenice mogu biti izražene na sledeći način:

$$\Pr(\mu - \sigma \leq x \leq \mu + \sigma) \approx 0.6827$$

$$\Pr(\mu - 2\sigma \leq x \leq \mu + 2\sigma) \approx 0.9545$$

$$\Pr(\mu - 3\sigma \leq x \leq \mu + 3\sigma) \approx 0.9973,$$

gde  $x$  predstavlja opservaciju iz skupa vrednosti sa normalnom raspodelom,  $\mu$  je aritmetička sredina skupa, a  $\sigma$  standardna devijacija skupa.

Tačke koje ne zadovoljavaju uslov da se njihova vrednost nalazi unutar opsega od  $\pm$  tri standardne devijacije od aritmetičke sredine posmatranog skupa, biće smatrane za pikove, i kao takve biće uklonjene iz skupa podataka. Na njihovo mesto biće upisane vrednosti koje su dobijene procesom interpolacije, korakom koji sledi nakon detektovanja pikova u podacima.

Razlog zbog kojeg je odabran ovaj metod za detektovanje pikova leži u pretpostavci da merenja potrošnje električne energije imaju normalnu raspodelu. Ova pretpostavka proistekla je iz empirijskog analiziranja prirode podataka i domenskog znanja o posmatranoj pojavi, tj. potrošnji električne energije.

#### 4. INTERPOLACIJA

Nakon obavljenog koraka detektovanja pikova u ulaznim podacima o merenjima potrošnje električne energije i njihovog uklanjanja, potrebno je nastala upražnjena mesta popuniti vrednostima koje neće narušavati finalne rezultate obrade podataka. Međutim, detekcija pikova nije jedini mogući uzrok nedostajućih tačaka u nizu vrednosti merenja. Pojava da u ulaznim podacima izostaju neka merenja nije neuobičajena i mora biti uzeta u obzir prilikom obrade podataka. Razlozi zbog kojih dolazi do pojave nedostajućih merenih vrednosti mogu biti razni, od kojih su najvažniji:

- problemi na mestu merenja – nije uopšte moglo da se izvrši očitavanje potrošnje, bilo zbog toga što je uređaj

za merenje neispravan, bilo zbog toga što je nedostupan (isključen ili uklonjen radi održavanja),

- problemi u komunikaciji između mernog mesta i centra za prikupljanje podataka – merenje je očitano, ali zbog problema u komunikacijama nije došlo do mesta gde se podaci prikupljaju, snimaju i skladište,
- problemi u samom procesu pohranjivanja podataka – podaci su stigli do mesta za prikupljanje, ali usled neke greške nisu sačuvani (npr. sistem za upravljanje bazom podataka je bio nedostupan u određenom trenutku, ili manjak prostora na disku).

Svi gore pomenuti razlozi utiču na to da u proces istraživanja podataka mogu ući nepotpuni podaci, a to ne bi trebalo dozvoliti zbog osetljivosti algoritama za istraživanje podataka na njihov kvalitet. Nedostajuće vrednosti moguće je nadomestiti upotrebom interpolacije. U numeričkoj analizi, interpolacija je postupak kojim se između dve poznate vrednosti neke funkcije umeće neka nova, uz pomoć neke druge, obično jednostavnije, funkcije tako da nova vrednost ne odstupa od date za više od neke željene granice. Dakle, interpolacija je metod za konstruisanje novih tačaka podataka u diskretnom skupu poznatih tačaka.

##### 4.1 Primenjeni algoritam

Algoritam, koji je izabran za upotrebu pri interpoliranju tačaka, jeste metod kubnog splajna. Glavni razlozi zbog kojih je ovaj algoritam odabran su jednostavnost konstrukcije splajna, lakoća i preciznost aproksimacije i sposobnost aproksimiranja kompleksnih funkcija sa zadovoljavajućom tačnošću.

U numeričkoj analizi, splajn je dovoljno glatka polinomska funkcija, definisana deo-po-deo. Posедуje visoki stepen glatkoće na mestima gde se polinomski delovi spajaju (tzv. čvorovi splajna). Splajn je deo-po-deo polinom stepena  $k$  koji je  $k-1$  puta kontinualno diferencijabilan.

Interpolacija splajnom često se bira pre interpolacije polinomom, jer daje rezultate slične interpolaciji polinomom višeg stepena, dok se sa druge strane izbegava nestabilnost usled Runge fenomena, tj. problema oscilacije na krajevima intervala, koji se javlja pri interpolaciji polinomom višeg stepena nad skupom ekvidistantnih tačaka. Korišćenje jedinstvenog polinoma za interpolaciju nad velikim brojem tačaka gotovo uvek dovodi do nezadovoljavajućeg oscilatornog ponašanja interpolanta. Polinomi deo-po-deo daju alternativu kojom se savladavaju praktične i teorijske teškoće, karakteristične za aproksimaciju jednim polinomom visokog stepena. Osnovna prednost polinomijalne interpolacije deo-po-deo jeste mogućnost korišćenja polinoma nižeg stepena u slučaju velikog broja tačaka. Kod interpolacije deo-po-deo za zadati skup tačaka  $(t_i, y_i)$  koristi se različita funkcija nad svakim podintervalom  $[t_i, t_{i+1}]$ . Apscise  $t_i$  zovu se čvorovi (eng. knots) ili tačke prekida (eng. break points) i u njima se interpolant menja sa jedne funkcije na drugu.

Splajn koji se najčešće koristi jeste kubni splajn, to jest, splajn trećeg stepena.

## 5. PARALELIZACIJA SOFTVERA

Porastom količine podataka koje je LPT trebalo da obradi, raslo je i vreme potrebno za obradu podataka. Da bi LPT mogao da zadrži performanse koje ne bi ugrožavale poslovni proces, bilo je potrebno identifikovati koji su to koraci u toku procesa koji su vremenski najzahtevniji i ispitati kako oni mogu biti unapređeni. Kao glavni korak, čije je vreme izvršavanja direktno zavisilo od količine podataka, prepoznata je faza učitavanja podataka iz fajlova i njihovo pretprocesiranje.

Prva tačka u procesu uvođenja paralelizma u proces jeste učitavanje podataka sa hard diska. Imajući u vidu da ulazni podaci mogu da se nalaze na više različitih lokacija na lokalnom hard disku, pa čak i više različitih hard diskova, to je bila polazna osnova za paralelizovanje. Naime, u slučaju da zaista jeste ponuđeno više lokacija na raznim hard diskovima, gde su smešteni ulazni podaci za LPT, implementirano je paralelno čitanje sa svih ponuđenih lokacija tako što se svakoj niti prosledi po jedna putanja do lokacije gde se nalaze podaci. U slučaju da se podaci nalaze na različitim putanjama, ali u okviru istog hard diska, neće biti dobitka u performansama zbog same prirode hard diska koja preferira sekvencijalno čitanje podataka. Pravo poboljšanje dobilo bi se raspoređivanjem podataka na različite hard diskove, jer bi onda čitanje više grupa podataka moglo da se vrši nezavisno jedno od drugog.

Osnovni zahtev u ovom postupku jeste da ulazni fajlovi budu međusobno nezavisni, što znači da ne postoji situacija u kojoj se podaci o potrošnji električne energije jednog potrošača nalaze u odvojenim fajlovima. Razlog za uvođenje ovog zahteva je da kompletno učitavanje, pretprocesiranje i snimanje u bazu podataka jednog potrošača može da izvrši samo jedna nit. Time se dobija na konzistentnosti procesa, bez potrebe da niti međusobno komuniciraju i time nepotrebno usporavaju tok obrade.

Sledeći nivo paralelizacije jeste pretprocesiranje potrošača učitanih iz fajlova. Da bi iskorišćenje sistemskih resursa bilo što efikasnije, paralelizacija ovog dela aplikacije je zamišljena tako da se pretprocesiranje podataka vrši uporedo sa učitavanjem. Za razliku od prethodnih nivoa paralelizovanja, u ovom slučaju upotrebljena je klasa *ThreadPool*. Naime, nakon što se završi učitavanje određenog predefinisano broja potrošača, znajući zbog gore navedenog zahteva da o njima više neće biti podataka, može se startovati pretprocesiranje tih potrošača. Iz *ThreadPool* klase dobavi se slobodna programska nit i njoj se postavi zadatak izvršavanja pretprocesiranja, dok glavna programska nit nastavlja da učitava podatke sa hard diska. Kada glavna nit ponovo učitava dovoljno podataka, ona će pokrenuti novu programsku nit za pretprocesiranje predefinisano broja potrošača. U međuvremenu će pretprocesirajuća nit da završi svoj posao, i biće vraćena u red niti *ThreadPool* klase da čeka eventualni novi posao koji će joj zadati glavna nit.

Poslednji nivo paralelizacije jeste u okviru same niti za pretprocesiranje grupe potrošača. Nad listom objekata koji predstavljaju pojedinačne potrošače može se upotrebiti *Parallel.ForEach* metoda da bi se za svakog potrošača zasebno izvršilo pretprocesiranje. To može biti urađeno zbog toga što obrada jednog potrošača ne zavisi

od obrade ostalih i zbog toga može da ga obavlja zasebna programska nit.

## 6. ZAKLJUČAK

Za LPT morale su biti razvijene i implementirane metode pripreme i pretprocesiranja ulaznih podataka. Razlog za to jeste osetljivost algoritma za istraživanje podataka na njihov kvalitet. Takođe, zbog poboljšanja performansi aplikacije, bilo je potrebno da se pretprocesiranje, uz učitavanje podataka, izvršava u paralelnoj obradi. Prednosti koje su donele ove metode su sledeće:

- Otpornost procesa na nevalidne vrednosti. Implementiranjem metode za detekciju pikova u procesu pripreme podataka, sprečava se mogućnost da u proces istraživanja podataka dospeju vrednosti za koje se smatra da su nevalidne. Odbacivanjem takvih vrednosti, popravljaju se kvalitet podataka nad kojima će biti vršena istraživanja i neće dolaziti do propagiranja greške od ulaznih podataka do rezultata obrade.
- Otpornost procesa na nedostajuće vrednosti. Da bi LPT mogao da generiše potrošačke profile i tipove potrošnje, mora imati kompletan skup podataka o merenju potrošnje, koji pokriva celu godinu. Fajlovi sa podacima dobijeni od klijenta u sebi neretko mogu da imaju izostavljene vrednosti. Metoda interpolacije kubnim splajnom, koja je primenjena u LPT, izračunava nove vrednosti umesto nedostajućih na osnovu postojećih susednih vrednosti. Time se obezbeđuje kompletnost podataka koja je neophodna da bi proces istraživanja podataka bio izvršen uspešno.
- Ubrzanje procesa. Zbog potrebe da LPT obrađuje velike količine podataka, reda veličine nekoliko stotina hiljada potrošača, implementirana je paralelna obrada podataka. Uvođenjem paralelizma u proces učitavanja i pretprocesiranja podataka, dužina trajanja tih procesa je znatno skraćena. Vreme izvršavanja procesa učitavanja i pretprocesiranja podataka skraćeno je na oko 20-30% prethodnog trajanja.

Mogući pravci daljeg razvoja ovog projekta obuhvataju istraživanje i implementaciju drugog algoritma za detekciju pikova, istraživanje mogućnosti za postizanje višeg stepena paralelizacije aplikacije i istraživanje mogućnosti za distribuiranje obrade aplikacije.

## 7. LITERATURA

- [1] Michael Steinbach, Pang-Ning Tan, Vipin Kumar - Introduction to Data Mining, Pearson Education Inc., 2006.
- [2] Cleve Moler - Numerical Computing with MATLAB, SIAM, 2004.

### Kratka biografija:



**Slobodan Steljić** rođen je u Novom Sadu 1985. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i Računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2013. god.

**IMPLEMENTACIJA I ANALIZA MERA SLIČNOSTI U PROCESU KLASTEROVANJA  
POTROŠAČA U ELEKTRODISTRIBUTIVNIM SISTEMIMA****AN IMPLEMENTATION AND ANALYSIS OF SIMILARITY MEASURES IN THE  
PROCESS OF CONSUMER CLUSTERING IN ELECTRIC POWER DISTRIBUTION  
SYSTEMS**

Goran Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisan je postupak pronalaženja potrošačkih tipova u elektrodistributivnim sistemima. Postojeći algoritam koristi klasterovanje uz upotrebu Euklidske metrike za određivanje sličnosti između podataka. U okviru postojećeg algoritma implementirane su alternativne mere sličnosti, u cilju poboljšanja rezultata klasterovanja visokodimenzionalnih podataka, a zatim su predložene metode ocene kvaliteta klasterovanja i izvršena analiza rezultata za implementirane mere sličnosti.

**Abstract** – In the paper we present a process of generating consumer load profiles in electric power distribution systems. The algorithm being used deploys clustering method based on the Euclidean metric for calculating similarity measures. Within existing algorithm we implemented alternative measures of similarity, in order to improve the quality of high-dimensional data clustering. We proposed methods for clustering quality evaluation and perform analysis of implemented similarity measures.

**Ključne reči:** Istraživanje podataka, vremenske serije, mere sličnosti, klasterovanje, obrada podataka, visokodimenzionalni podaci.

**1. UVOD**

U procesu upravljanja elektrodistributivnim sistemima, jedan od najvažnijih zadataka je precizno modelovanje potrošnje, tj. modela potrošača i potrošačke grupe (tipa) kojoj posmatrani potrošač pripada.

Pod pojmom potrošač u ovom radu podrazumeva se zbirni model potrošnje svih fizičkih ili pravnih subjekata koji se napajaju sa sekundara istog transformatora srednjeg na niski napon. Potrošači koji imaju sličan obrazac potrošnje mogu se svrstati u isti potrošački tip. Na osnovu potrošačkih tipova moguće je predviđati opterećenje pojedinih delova mreže ili celokupnog sistema i prema tome efikasno modelovati sistem. U okviru savremenog DMS sistema (*Distribution Management System*) razvijen je softverski alat *Load Profile Tool* (LPT), čijom primenom se, na osnovu klijentskih podataka, kreiraju modeli potrošača i karakteristične potrošačke grupe. Postavlja se pitanje kako odrediti i čime meriti koliko je ponašanje potrošača slično, odnosno na osnovu kojih pravila (merila) grupisati potrošače u potrošačke grupe.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Luković, red.prof.

Jedna od opštih metoda za grupisanje podataka je klasterovanje, koje za određivanje sličnosti između podataka koristi neku od mera sličnosti [1]. Algoritam za pronalaženje potrošačkih tipova implementiran u okviru LPT-a, kao meru sličnosti koristi Euklidsku metriku [1], što ponekad u praktičnoj primeni dovodi do rezultata nezadovoljavajućeg kvaliteta. Tome svakako doprinosi činjenica da se Euklidske metrike ne ponašaju uvek dobro u slučaju klasterovanja visokodimenzionalnih podataka, kao i da ne uzimaju u obzir korelaciju između podataka. U domenu određivanja sličnosti vremenskih serija podataka (eng. *time series*) korelacija je od velike važnosti [2].

Cilj ovog rada je unapređenje algoritma za generisanje potrošačkih tipova unutar softverskog alata LPT. Potrebno je pronaći meru sličnosti koja će poboljšati kvalitet klasterovanja. Podatke koji opisuju ponašanje potrošača odlikuje vremenska uređenost i visoka dimenzionalnost. Sa aspekta ovih osobina podataka, potrebno je predložiti i implementirati alternativne mere sličnosti. Zatim treba analizirati uticaj izbora mere sličnosti na rezultate.

U drugom poglavlju opisan je algoritam kojim se dolazi do potrošačkih tipova. U trećem poglavlju opisane su mere sličnosti koje su analizirane u ovom radu. U četvrtom poglavlju izvršena je analiza eksperimentalnih rezultata mera sličnosti. Dat je i prikaz rezultata i njihova analiza za sve mere sličnosti.

**2. LPT ALGORITAM ZA ODREĐIVANJE  
POTROŠAČKIH TIPOVA**

Generalno, svaki potrošač električne energije ima vlastito ponašanje tokom dana koje se manje/više razlikuje od svih ostalih potrošača. U skladu s tim više potrošača koji imaju sličan obrazac potrošnje električne energije mogu da se predstavljaju svojim jedinstvenim tipom potrošnje (eng. *load type*). Svaki potrošački tip sastoji se od potrošačkih profila za svaki karakteristični dan (radni dan, vikend i praznik) i karakterističnu sezonu (zima, proleće, leto i jesen) pod određenom temperaturom. Da bi dobijeni podaci bili pogodni za analizu i modelovanje složenog sistema kao što je elektrodistributivni sistem, potrebno je koristiti razne tehnike iz područja matematike, statistike i *datamining* [1]. U izabranom domenu primene, razvijen je poseban alat, pod nazivom *Load Profile Tool* (LPT), koji uz upotrebu navedenih tehnika, u objedinjenom procesu vrši pripremu i pročišćavanje podataka o potrošačima i potrošnji električne energije, te njihovo grupisanje i klasifikaciju. Krajnji rezultat ovog procesa su generisani

klasteri koji predstavljaju potrošačke tipove, a njihovi centroidi predstavljaju normalizovane dnevne potrošačke profile (eng. *Normalized Daily Load Profile* – NDLP). NDLP je funkcija potrošnje energije u vremenu za određene vremenske podatke (temperatura  $T$ ) –  $p(t, T)$ .  $T$  osa je podeljena na konfigurabilne raspone koje je moguće definisati kroz podešavanja aplikacije. Za svaki temperaturni raspon, LPT generiše jedan potrošački profil.

NDLP-ovi se generišu na osnovu dnevnih potrošačkih tipova (eng. *Daily Load Profile* – DLP). DLP predstavlja apsolutnu vrednost dnevne potrošnje energije. Dva potrošača mogu imati slično ponašanje (oblik krive potrošnje), ali različite apsolutne vrednosti potrošnje, usled različitih angažovanih potrošačkih kapaciteta. Iako je apsolutna razlika potrošnje značajna, oni se ponašaju na sličan način.

Dnevni profili opterećenja normalizuju se tako što se podele sa srednjom godišnjom snagom potrošača, tako da korisnici koji imaju sličan oblik opterećenja imaju slične NDLP i u trendu i u relativnim vrednostima.

Sirovi podaci mogu da sadrže greške, mogu biti nepotpuni ili redundantni, što sve može negativno uticati na kvalitet klasterovanja. Stoga, da bi podaci koji se klasteruju bili što boljeg kvaliteta, neophodno je izvršiti njihovo pretprocesiranje.

Pretprocesiranjem, potrošači se dele u dve grupe, validne i nevalidne. Validni su oni koji imaju potpun skup podataka očekivanih vrednosti za sve sezone i karakteristične dane definisane na ulazu, a nevalidni su oni koji nemaju potpun skup podataka.

Ove dve grupe procesiraju se na različit način. Validni potrošači idu u proces klasterovanja u cilju određivanja potrošačkih tipova, a nevalidni se klasifikuju da bi se svakom od njih dodelio neki od tipova dobijenih u procesu klasterovanja.

Potrošači sa srednjom godišnjom potrošnjom električne energije većom od nekog definisanog konfigurabilnog parametra  $P_{av}$  predstavljaju velike potrošače i razmatraju se kao posebni tipovi.

Ne dodeljuju se ni jednom klasteru, nego je njihovo ponašanje opisano njihovim NDLP-om. Vrednost  $P_{av}$  predstavlja srednju godišnju potrošnju i definiše se kroz UI softverskog alata LPT.

Klasterovanje spada u tehnike tzv. nenadgledanog učenja i predstavlja proces nalaženja grupa objekata takvih da su objekti iz jedne grupe međusobno slični, a da su različiti od objekata iz drugih grupa [1]. LPT koristi sledeći algoritam za klasterovanje:

1. Odabir proizvoljnog uzorka validnih potrošača.
2. Spajanje svih NDLP-ova jednog potrošača u jedinstven niz vrednosti. Na ovaj način, korisnici se klasterizuju kao celina i grupišu s drugim korisnicima koji su najviše slični njima tokom cele godine.
3. Redukcija broja dimenzija upotrebom *Principal Component Analysis* (PCA) metode [1].
4. Podela skupa podataka na više podskupova koji se klasterizuju paralelno.
5. Klasterovanje K-Means algoritmom [1] uz upotrebu Euklidske metrike.
6. Spajanje sličnih klastera.
7. Ako i dalje postoje validni potrošači bez dodeljenog tipa potrošnje, ponavlja se proces od 1. koraka.

### 3. ALTERNATIVNE MERE SLIČNOSTI

Euklidska razdaljina koja se koristi i u LPT procesu klasterovanja je *de facto* najčešće upotrebljavana metrika i obično je odgovarajuća za aplikacije gde nema korelacije između atributa ili se ona sme zanemariti. U [2] autori se bave sličnim problemom kao što je slučaj u ovom radu, i detaljnije objašnjavaju zašto Euklidska metrika nije najpogodnija za podatke koji predstavljaju vremenske serije.

Kod vremenskih serija, što je i ovde slučaj, podaci predstavljaju vektore čije su vrednosti vremenski raspoređene. Euklidska metrika ne uzima u obzir korelaciju između vektora. Samim tim opravdana je pretpostavka da izbor neke od mera koje uključuju korelaciju može dovesti do preciznijih rešenja.

Euklidska razdaljina je razdaljina  $d$  između dve tačke  $x$  i  $y$  u  $n$ -dimenzionalnom prostoru, data sledećom formulom:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - y_k)^2}, \quad (1)$$

gde su  $x_k$  i  $y_k$   $k$ -ti atributi tačaka  $x$  i  $y$ .

#### 2.1 L1 metrika (Manhattan rastojanje)

Rastojanje Minkovskog [1] je uopštenje Euklidske razdaljine dato sledećom formulom:

$$d(x, y) = (\sum_{k=1}^n |x_k - y_k|^r)^{\frac{1}{r}}, \quad (2)$$

gde je  $r$  parametar,  $n$  broj dimenzija, a  $x_k$  i  $y_k$  su  $k$ -ti atributi tačaka  $x$  i  $y$ . L1 rastojanje se dobija za vrednost parametra  $r = 1$ .

#### 2.2 Kosinusna sličnost

Kosinusna sličnost, o kojoj se detaljnije može pročitati u [1,3], je mera sličnosti između dva vektora koja meri kosinus ugla između njih. Kosinusna sličnost posebno se koristi u pozitivnom prostoru, gde je rezultat u domenu  $[0,1]$ . Ove granice vrede za bilo koji broj dimenzija, te se kosinusna sličnost najčešće koristi u visokodimenzionalnim pozitivnim prostorima. Računa se po sledećoj formuli:

$$\text{similarity} = \cos(x, y) = \frac{x \cdot y}{\|x\| \|y\|}, \quad (3)$$

gde je  $x \cdot y = \sum_{k=1}^n x_k \cdot y_k$  skalarni proizvod vektora  $x$  i  $y$ , a  $\|x\| = \sqrt{\sum_{k=1}^n x_k^2}$  i  $\|y\| = \sqrt{\sum_{k=1}^n y_k^2}$  intenziteti vektora  $x$  i  $y$ .

Kosinusna razdaljina je termin koji se često koristi za komplement sličnosti u pozitivnom prostoru i ovde je korišćena u obliku:

$$\text{dist} = 1 - \text{similarity}. \quad (4)$$

#### 2.3 Cross (unakrsna) korelacija

Unakrsna korelacija predstavlja meru sličnosti između dva talasna oblika. Ako imamo dve vremenske serije  $x(i)$  i  $y(i)$  gde je  $i = 0, 1, 2, \dots, N-1$ , unakrsna korelacija  $r$  pri kašnjenju  $d$  (pomerenošću jednog signala u odnosu na drugi), definisana je kao:

$$r(d) = \frac{\sum_i [(x(i) - mx) \cdot (y(i-d) - my)]}{\sqrt{\sum_i (x(i) - mx)^2} \cdot \sqrt{\sum_i (y(i-d) - my)^2}}, \quad (5)$$

gde  $mx$  i  $my$  predstavljaju srednje vrednosti vremenskih serija. Vrednost  $r$  je u rasponu od  $-1$  do  $1$ , pri čemu  $1$  znači maksimalnu korelaciju,  $0$  da nema korelacije, a  $-1$



maksimalnu negativnu korelaciju. Više detalja, kao i primeri primene se mogu naći u [4]. U slučaju merenja potrošnje nema kašnjenja između vremenskih serija jer se vrednosti mere u istim intervalima, pa  $d$  uzima vrednost 0. Takođe, pošto korelacija meri sličnost, ovde je korišćena u obliku  $1-r$ .

## 2.4 Spirmanov koeficijent korelacije

Spirmanov koeficijent korelacije [5] kao rezultat daje približnu vrednost koeficijenta korelacije koji se tretira kao njegova dovoljno dobra aproksimacija. Prilikom korišćenja Spirmanovog koeficijenta, potrebno je rangirati vrednosti varijabli i na taj način svesti na zajedničku meru. Najmanjoj vrednosti svake varijable dodeli se rang 1, sledećoj rang 2 i tako redom do poslednje koja će imati najveći rang. Ovi rangovi koriste se u računanju koeficijenta korelacije. Formula za računanje Spirmanovog koeficijenta korelacije je:

$$r = 1 - \left( \frac{6 \sum_{i=1}^n d^2}{n(n^2-1)} \right), \quad (6)$$

gde je  $d$  razlika vrednosti rangova parova vrednosti dve posmatrane serije, a  $n$  je broj parova.

## 2.5 Sličnost oblika krivih (Curve Shape Similarity)

Ova metrika nastala je kao rezultat sprovedenog eksperimentiranja i analiza u jednom konkretnom poslovnom okruženju. Razmatrano je šta je to što bi povećalo sličnost između krivih. Pretpostavka je da bi se rezultat koji daje Euklidska metrika poboljšao ako bi se uzela u obzir i razlika prvih izvoda u tačkama krivih, tj. što je manja razlika prvih izvoda, krive se sličnije ponašaju:

$$d(x, y) = E + \sum_{k=1}^n |(x_{k+1} - x_k) - (y_{k+1} - y_k)|, \quad (7)$$

gde je  $E$  Euklidska razdaljina,  $n$  broj dimenzija, a  $x_k$  i  $y_k$  su  $k$ -ti atributi tačaka  $x$  i  $y$ .

## 4. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Za evaluaciju klasterovanja u ovom radu korišćeni su *Davies-Bouldin* (DB) i SD indeksi validnosti. *Davies-Bouldin* meri srednju vrednost sličnosti između svakog klastera sa njemu najbližijim klasterom. To nam govori koliko su klasteri međusobno slični i postoji li potreba za spajanjem ili razbijanjem klastera. Ova metoda se široko koristi u praksi [6, 7, 8]. SD indeks se temelji na konceptima prosečnog rasipanja (*scattering*) u klasterima i ukupne razdvojenosti između klastera. Rasipanje predstavlja udaljenost između elemenata u klasteru i klaster je bolji što je ta udaljenost manja, dok za udaljenost između klastera važi suprotno [9]. DB i SD indeksi validacije su implementirani tako da veća vrednost indeksa znači bolji klastering. Za potrebe testiranja korišćen je skup od oko 6000 potrošača i 3 predefinisana stratum CR1, CR2 i CR3. Stratumi predstavljaju grupe potrošača koji dele neke osobine, određene poslovnim pravilima elektrodistribucije. Prvo su testirane L-Metrike (Minkovski). Euklidska razdaljina u proseku je dala 14 klastera, dok Manhattan daje prosečno 7 klastera i nešto bolji indeks, ali i većinu potrošača svrstava u jedan klaster što nije dobro. Kosinusna sličnost u proseku daje 3 klastera (po jedan za svaki stratum), što znači da sve potrošače svrsta u jedan

klaster. Unakrsna i Spirmanova korelacija pokazale su slično ponašanje kao i kosinusna sličnost formirajući po 3 klastera, s tim da unakrsna korelacija ima nešto bolji DB indeks od kosinusne sličnosti, dok Spirmanova korelacija ima lošije indekse. Poslednja mera sličnosti koja je testirana je *Curve Shape Similarity*. I ova mera sličnosti je pokazala lošiji kvalitet klasterovanja od Euklidske metrike, ali nešto bolji od korelacionih metoda sličnosti. Vrednosti za DB indekse validacije date su u tabeli 1, a za SD indekse u tabeli 2.

	CR1	CR2	CR3
L1	0.7	0.65	0.64
L2	0.66	0.63	0.8
Cosine	0.37	0.43	0.38
Cross	0.54	0.52	0.53
Spearman	0.23	0.21	0.21
Curve Shape Sim.	0.56	0.6	0.56

Tabela 1. Vrednosti DB indeksa validnosti

	CR1	CR2	CR3
L1	1.51	1.37	2
L2	1.42	1.38	1.43
Cosine	1	0.98	1.25
Cross	1	0.85	1.04
Spearman	0.94	0.81	0.81
Curve Shape Sim.	1.19	1.43	1.59

Tabela 2. Vrednosti SD indeksa validnosti

Zaključak je da je Euklidska metrika ipak pokazala najbolji rezultat, a jedina druga koja se može uzeti u razmatranje je *Curve Shape Similarity*.

Na početku je pretpostavljeno da bi za *time series* podatke bilo pogodnije koristiti neke od mera koje uključuju korelaciju, ali ispostavilo se da su one dale lošije rezultate. Razlog tome može biti u tome što je pri pretprocesiranju korišćena PCA metoda za redukciju dimenzija što može narušiti korelaciju među podacima. Zbog ove pretpostavke testiranje je ponovljeno još jednom, ali ovoga puta bez redukcije dimenzija. Rezultati nakon ponovljenog testa prikazani su u tabeli 3 za DB indekse i u tabeli 4 za SD indekse.

	CR1	CR2	CR3
L1	0.77	0.66	0.63
L2	0.64	0.75	0.7
Cosine	0.63	0.62	0.63
Cross	0.45	0.46	0.46
Spearman	0.42	0.41	0.39
Curve Shape Sim.	0.78	0.68	1

Tabela 3. Vrednosti DB indeksa validnosti bez PCA

	CR1	CR2	CR3
L1	1.56	1.24	1.53
L2	1.27	1.39	1.44
Cosine	1.47	1.61	1.53
Cross	0.76	0.72	0.86
Spearman	0.8	0.8	0.84
Curve Shape Sim.	2.83	2.11	2.4

Tabela 4. Vrednosti SD indeksa validnosti bez PCA

Izbacivanje PCA redukcije dimenzija nije značajno uticalo na rezultat unakrsne i Spirmanove korelacije, neznatno se pokvario indeks Euklidske metrike, ali s druge strane popravili su se rezultati koje daje kosinusna sličnost i *Curve Shape Similarity*. Takođe, postignuto je da L1 metrika i kosinusna sličnost ne svrstavaju više sve potrošače u jedan klaster. Dakle, ako ne bi bilo redukcije

dimenzija, *Curve Shape Similarity*, koja je i u testiranju sa PCA redukcijom pokazala zadovoljavajuće rezultate, bila bi daleko najbolja mera sličnosti.

## 5. ZAKLJUČAK

Primarni cilj ovog rada bio je da se pokuša pronalaženje mere sličnosti koja bi dala bolje rezultate od Euklidske metrike koja se trenutno koristi u LPT procesu klasterovanja podataka. Pošto je priroda *time series* podataka takva da su podaci vremenski uređeni, a da je pri određivanju obrasca potrošnje osobina od interesa i jaka pozitivna korelacija, pošlo se od pretpostavke da je neka od mera koje uključuju korelaciju znatno pogodnija za problem ovog tipa. Euklidska metrika ne uzima u obzir korelaciju između podataka, a osim toga poznata je i po tome da ne daje dobre rezultate za veliki broj dimenzija. Zbog toga je neophodno koristiti neku od metoda za redukciju dimenzija.

Testovi su, međutim, pokazali da nijedna od predstavljenih mera nije dala bolje rezultate od Euklidske metrike (napomena: *Curve Shape Similarity* je dala zadovoljavajuće rezultate, ali ipak nedovoljno dobre da bi nadmašila Euklidsku metriku). To što je L1 metrika u pojedinim slučajevima dala bolji indeks validnosti posledica je toga što je većinu potrošača svrstala u samo jedan klaster, a ostali dobijeni klasteri sadržavali su samo po jednog potrošača pa su, samim tim, proglašeni "čistim". Takav rezultat nije prihvatljiv. Rezultati metoda koje uključuju korelaciju pokazali su znatno lošije rezultate od Euklidske metrike. Kosinusna metrika pokazala je slično ponašanje kao L1 metrika, s izuzetkom da ona čak nije izolirala ni pojedinačne slučajeve, nego je sve svrstala u jedan klaster.

Sledeća pretpostavka, kojom bi se mogli objasniti loši rezultati unakrsne i Spirmanove korelacije, jeste da je korelacija u podacima narušena redukcijom dimenzija. Ova pretpostavka dovela je do potrebe da se čitavo testiranje ponovi još jednom, ali ovaj put bez redukcije dimenzija. Ponovljeni test proizveo je znatno drugačije rezultate:

- PCA redukcija dimenzija uvedena je zbog pretpostavke da će se rezultati klasterovanja (uz upotrebu Euklidske metrike) smanjenjem broja dimenzija poboljšati. U drugom testu (bez PCA), nije primećeno značajno pogoršanje rezultata za Euklidsku metriku.
- L1 metrika izgubila je tendenciju da većinu potrošača svrstava u jedan klaster i izolira pojedinačne slučajeve. U ovom slučaju upotreba ove metrike proizvela je sličan broj klastera i slične vrednosti indeksa kao i Euklidska metrika.
- Kosinusna sličnost znatno je popravila rezultate, koji su tada bili čak i bolji nego za Euklidsku metriku. Ona nije više svrstavala sve potrošače u jedan klaster.
- Metode sa korelacijom su, suprotno pretpostavci, u drugom testu pokazale još lošije rezultate.
- *Curve Shape Similarity* mera sličnosti je dodatno popravila svoje rezultate koji su postali daleko bolji od svih ostalih i po SD i po DB indeksu validnosti.

Nakon analiza svih mera sličnosti, došlo se do sledećeg zaključka: ako nad podacima nije primenjena PCA transformacija, pronađena je potencijalno bolja mera sličnosti od Euklidske metrike, a to je *Curve Shape Similarity*. Ova mera sličnosti se može smatrati

potencijalno boljom jer su dobijeni rezultati proizvod testiranja na konkretnom, znatno manjem skupu podataka nego što je slučaj u praksi. Da bi se ova mera zaista proglasila boljom, neophodno je dalje, znatno duže testiranje u praksi, i na različitim, značajno većim skupovima podataka.

Pravci daljeg razvoja i istraživanja na ovu temu su:

- razmotriti da li je izvodljivo procesirati podatke bez redukcije dimenzija na velikim skupovima podataka, tj. da li bi takva izmena u algoritmu bila previše skupa s aspekta resursa;
- pronaći algoritam za klasterizaciju čijom primenom se dobijaju bolji rezultati, pri čemu se za ocenu kvaliteta rezultata koriste indeksi validnosti (u ovom radu analiziran je uticaj izbora mere sličnosti na kvalitet rezultata klasterovanja upotrebom *K-Means* algoritma).

## 6. LITERATURA

- [1] P. Tan, M. Steinbach and V. Kumar, *Introduction to Data Mining*, Pearson Addison-Wesley, 2006.
- [2] F. Iglesias and W. Kastner, "Analysis of Similarity Measures in Times Series Clustering for the Discovery of Building Energy Patterns", *Energies* br.6, str. 579-597, 2013.
- [3] C. M. M. Pereira and R. F. de Mello, "Common Dissimilarity Measures are Inappropriate for Time Series Clustering", *Rita* br.20, str. 25-48, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.
- [4] P. Bourke, "Cross Correlation", August 1996, <http://paulbourke.net/miscellaneous/correlate>
- [5] Spearman's rank correlation coefficient, [http://en.wikipedia.org/wiki/Spearman's\\_rank\\_correlation\\_coefficient](http://en.wikipedia.org/wiki/Spearman's_rank_correlation_coefficient)
- [6] Davies-Bouldin index, [http://en.wikipedia.org/wiki/Davies%E2%80%93Bouldin\\_index](http://en.wikipedia.org/wiki/Davies%E2%80%93Bouldin_index)
- [7] F. Kovács, C. Legány and A. Babos, "Cluster Validity Measurement Techniques", *AIKED'06 Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases*, str. 388-393, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) Stevens Point, Wisconsin, USA, 2006.
- [8] S. Saitta, B. Raphael and I. F.C. Smith, "A Bounded Index for Cluster Validity", *Lecture Notes in Computer Science* br. 4571, str. 174-187, 2007.
- [9] M. Halkidi, Y. Batistakis and M. Vazirgiannis, "Clustering Validity Checking Methods: Part II", *ACM SIGMOD Record* br. 31, str. 19-27, 2002.

### Kratka biografija:



**Goran Vidaković** rođen je u Sarajevu 1987. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2006. god. Bečelorski rad iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2013. god. Master rad iz iste oblasti odbranio je 2014. god.

# Proširenje STB uređaja podrškom za prijem i reprodukciju sadržaja korišćenjem SAT>IP protokola

Autori: Bojan Trifunović, Veljko Mihailović, Aleksandar Zličić, Jovana Filipović, Đurđa Babić

**Abstrakt-** U svetu digitalne televizije je sve popularniji kućni konvertor protokola, gde je pomoću jednog mrežnog usmerivača na server povezano nekoliko različitih uređaja (računari, mobilni telefoni, set-top boksovi i slični uređaji). Pomoću kućnog konvertora protokola možemo deliti multimedijalni sadržaj u kući. Protokoli koji podržavaju deljenje multimedijalnog sadržaja su DLNA i SAT>IP. U ovom radu je opisano proširenje STB uređaja podrškom za prijem i reprodukciju sadržaja korišćenjem SAT>IP protokola, gde će istovremeno podržavati DVB-T/T2 i SAT>IP signal.

**Ključne reči** – Kućni konvertor protokola (Home Gateway); STB; SAT>IP

## I. UVOD

Kućni konvertor protokola nije namenjen samo za deljenje multimedijalnog sadržaja u kući. Štampanje dokumenata sa različitih računara na jednom štampaču, prikaz snimka sa digitalne kamere na televizoru, smeštanje podataka sa više računara, mobilnih telefona, kamera na jedan hard disk, upravljanje jačinom svetlosti daljinskim upravljačem i još mnoge druge slične stvari su omogućene upotrebom kućnog konvertora protokola.

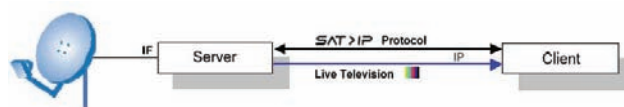
Protokoli za deljenje multimedijalnog sadržaja u kući su DLNA (Digital Living Network Alliance) protokol i SAT>IP protokol. DLNA omogućuje deljenje multimedijalnog sadržaja između multimedijalnih uređaja u lokalnoj mreži i nastao je nekoliko godina pre SAT>IP protokola. SAT>IP protokol je sličan DLNA protokolu, samo što je definisan za deljenje satelitskog signala preko IP mreže na različite multimedijalne uređaje. U SAT>IP protokolu je korišćen tok datoteka, koji sve više zamenjuje tok podataka. UPnP protokol za komunikaciju je korišćen i u SAT>IP protokolu i DLNA protokolu.

U radu je opisano deljenje multimedijalnog sadržaja primenom SAT>IP protokola, koji će omogućiti istovremeno prikazivanje zemaljskog signala (DVB-T/T2) i satelitskog signala (SAT>IP) na jednom STB uređaju. DVB-T/T2 koristi tok podataka, a SAT>IP tok datoteka. SAT>IP je sve popularniji, jer se može dobiti satelitski

signal, koji je najkvalitetniji, na STB uređaju koji nema satelitski prijemnik. Samim tim što nema satelitski prijemnik, ti STB uređaji su jeftiniji i dostupni većem krugu korisnika.

## II. SAT>IP

SAT>IP protokol obezbeđuje standardizovan način za IP klijente da pristupe uživom emitovanju multimedijalnih sadržaja sa servera koji emituju satelitski signal preko IP mreže. SAT>IP definiše komunikacioni protokol. On nije specifikacija uređaja i može se primenjivati na različitim uređajima i ti uređaji mogu biti ili klijenti ili serveri ili i klijenti i serveri u zavisnosti od funkcionalnosti uređaja.

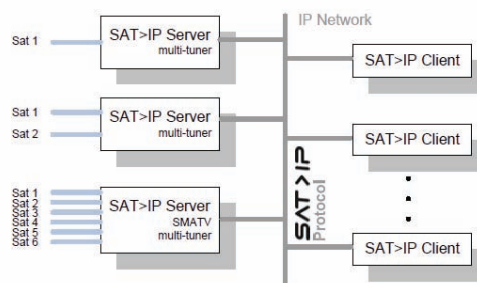


Slika 1: Komunikacija između SAT>IP klijenta i SAT>IP servera

SAT>IP klijenti obezbeđuju mogućnost za primanje i biranje televizijskog programa koji se emituje. SAT>IP klijenti mogu biti STB uređaji sa IP spregom ili programske aplikacije na programabilnom hardveru kao što su tableti, računari, pametni telefoni i slični uređaji.

SAT>IP serveri odgovaraju na zahtev od SAT>IP klijenta i prosleđuju televizijski program tim klijentima.

Jedan SAT>IP klijent može da pristupi više različitih SAT>IP servera. Broj klijenata koji mogu biti istovremeno podržani na jednom serveru zavisi od implementacije konkretnog servera.



Slika 2: Mogućnost da se na jedan SAT>IP server poveže više SAT>IP klijenata, kao i mogućnost da se klijenti povezuju na različite servere

Ovaj rad je delimično podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat TR-32029.

Bojan Trifunović, Veljko Mihailović sa Fakulteta Tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad (e-mail: [bojan.trifunovic@rt-rk.com](mailto:bojan.trifunovic@rt-rk.com), [veljko.mihailovic@rt-rk.com](mailto:veljko.mihailovic@rt-rk.com))

Aleksandar Zličić, Jovana Filipović, Đurđa Babić su sa RT-RK Instituta za sisteme zasnovane na računaru, Narodnog Fronta 23a, 21000 Novi Sad, Serbia (e-mail: [aleksandar.zlicic@rt-rk.com](mailto:aleksandar.zlicic@rt-rk.com), [jovana.filipovic@rt-rk.com](mailto:jovana.filipovic@rt-rk.com), [djurdja.babic@rt-rk.com](mailto:djurdja.babic@rt-rk.com)).

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Veljka Mihailovića. Mentor je bio doc. dr Milan Bjelica.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.

da postoji jedan prijemnik na SAT>IP server uređaju. Klijenti kontrolišu SAT>IP server preko SAT>IP protokola. Na klijentima se može prikazivati satelitski program jedino ako se server nalazi u mreži. Satelitska distribucija postaje fizički sloj satelitskih usluga i može se prosledivati najnovijim IP žičanim ili bežičnim tehnologijama.

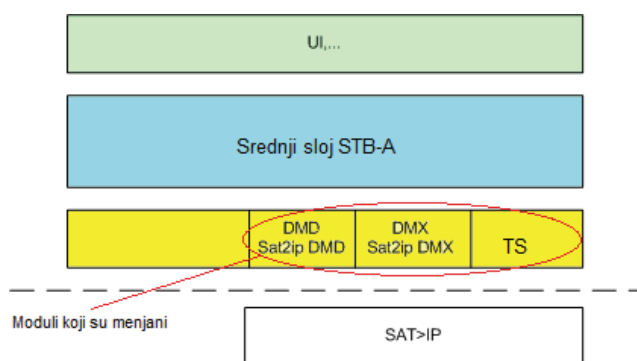
### III. POSTOJEĆA REŠENJA

Arhitektura kućnog kontrolera protokola i njegova implementacija je opisana u radu [1]. SAT>IP protokol podrazumeva deljenje satelitskog signala preko kućne ili druge privatne mreže. Postoji već nekoliko rešenja koja podržavaju SAT>IP protokol, mada ne postoje rešenja koja mogu istovremeno da podrže prikaz DVB-T/T2 signala i SAT>IP signala. Pošto je SAT>IP protokol nova stvar u svetu tehnologije, ne postoje radovi koji su se već bavili ovom temom, tako da se opširnije o SAT>IP protokolu može pročitati samo na internet stranici [2].

Najvažnije operacije na STB uređaju realizuje srednji sloj (middleware) STB uređaja. On komunicira sa nižima slojevima programske podrške i tom komunikacijom kontroliše fizičku arhitekturu [3]. Takođe, srednji sloj STB uređaja obezbeđuje potrebne programske sprege ka višim programskim slojevima [4].

### IV. REŠENJE

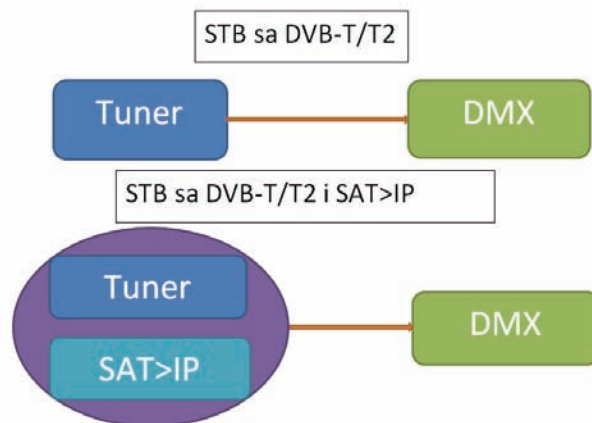
Za rešenje problema, tj proširivanje STB uređaja za prijem i reprodukciju sadržaja korišćenjem SAT>IP protokola je menjan srednji sloj STB uređaja. Promene su izvršene u sloju za abstrakciju fizičke strukture odnosno MHAL-u (Middleware Hardware Abstraction Layer), preciznije u sloju za abstrakciju rukovalaca. Moduli koji su menjani da bi se omogućilo da STB uređaj podrži istovremeno DVB-T/T2 i SAT>IP signala su: modul koji upravlja fizičkim mrežnim sprežnim modulom, modul koji upravlja demultiplekserom za razdvajanje audio/video komponenti, PES paketa i filtriranje SI sekcija i modul koji upravlja distribucijom toka od izvorišnog bloka do potrošačkog bloka. Koncept proširivanja predstavljen u narednom delu je primenljiv na bilo koji STB uređaj, koji koristi opisani srednji sloj. Ukoliko se zanemare specifičnosti srednjeg sloja, koncept je primenljiv na bilo koji STB uređaj, koji ima srednji sloj u svojoj arhitekturi.



Slika 3: SW arhitektura SAT>IP klijenta

DMD - modul koji upravlja fizičkim mrežnim sprežnim modulom (tjuner i demodulator). Pošto je cilj realizacije da se funkcionalnost STB uređaja proširi, potrebno je

SAT>IP biblioteku klijenta integrisati tako da ne naruši predašnju funkcionalnost. To se postiže apstrahovanjem biblioteke, tako da se ona predstavi srednjem sloju kao fizički tjuner, tj da srednji sloj fizički tjuner i biblioteku posmatra kao jedan uređaj.



Slika 4: Izgled DMD-a bez SAT>IP protokola i sa SAT>IP protokolom

Potrebno je obezbediti mehanizam za dobavljanje podataka. Taj mehanizam mora da omogući da se uvek dobavlja tačno određena količina podataka, koja je predviđena specifikacijom demultipleksera. Ti podaci se smeštaju u prethodno programski obezbeđeni kontejner. Uzimajući u obzir da se podaci dobijeni preko SAT>IP protokola smeštaju u kontejner, put podataka do demultipleksera je drugačiji. Koncept je sličan PVR mogućnosti, sa tim što se podaci za reprodukciju ne nalaze spoljašnjoj memoriji (hard disk, fleš memorija i slično). Podrška za PVR postoji u srednjem sloju, tako da je potrebno prilagoditi način funkcionisanja PVR modula, potrebama za prenos podataka koji se nalaze u kontejneru. Takođe, potrebno je podesiti da se podaci smeštaju u isti demultiplekser koji je korišćen pre integracije SAT>IP klijenta, zbog apstrakcije koja se želi postići. Primljeni podaci se iz kontejnera prosleđuju na DMA memorijski kontejner, koji je fizičkom arhitekturom uređaja predviđen za smeštanje programskog prenosnog toka.

Takođe, protokol podrazumeva da klijent može da se poveže sa bilo kojim SAT>IP serverom koji se nalaze na mreži putem UPnP protokola. Ovo se vrši pri inicijalizaciji SAT>IP klijenta. SAT>IP klijent traži prvi dostupan server, koji zadovoljava uslove dobre veze i kvaliteta usluga (QoS). Ukoliko iz nekog razloga, veza sa serverom oslabi ili kvalitet usluge se smanji (QoS), napravljen je mehanizam kojim je omogućeno da klijent može ponoviti proces odabiranja servera.

DMX - modul koji upravlja demultiplekserom za razdvajanje audio/video komponenti, PES paketa i filtriranje SI sekcija. Funkcionalnost ovog modula je potrebno proširiti sa mehanizmima za dodavanje PID brojeva za video i audio, kao i dodavanje pid brojeva koji se nikad ne menjaju (PAT, PMT tabele i slično). Dodavanje ovih podrazumevanih pid-ova, omogućuje da se vreme potrebno za promenu kanala, znatno smanji.

TS - modul koji upravlja distribucijom toka od izvorišnog bloka do potrošačkog bloka. Kao što je prethodno navedeno u modulu koji upravlja fizičkim mrežnim sprežnim modulom, potrebno je da se tok



podataka od SAT>IP šalje na isti demultiplekser kao pre intergacije. Uloga ovog modula je izvrši povezivanje na pravi način. To se postiže proširivanjem modula koji upravlja distribucijom toka od izvorišnog bloka do potrošačkog bloka da podrži povezivanje programskog prenosnog toka na demultiplekser.

## V. EVALUACIJA

Evaluacija sistema je rađena tako što se merilo vreme potrebno za promenu kanala prilikom korišćenja DVB-T2 signala i SAT>IP signala. Ona treba da pokaže da li treba više čekati da se promeni program koji se emituje pomoću DVB-T2 signala ili program koji se emituje pomoću SAT>IP signala.

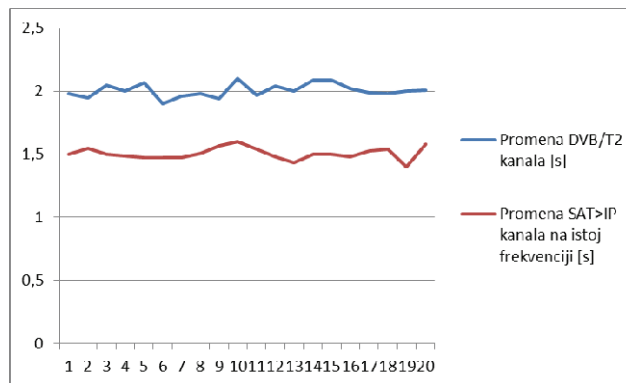
STB koji je korišćen prilikom testiranja ima sledeće karakteristike fizičke arhitekture:

- procesor – SH4 familija, čip IDeCode7105, takta od 450MHz
- Radna memorija – 256MB RAM
- Spoljna memorija – NAND fleš čip od 128MB I NOR od 4MB
- Mrežni sprežni modul (tjuner i demodulator), antenski ulaz
- HDMI
- CVBS
- Zvučni izlaz
- SPDIF
- USB 2.0
- Mrežna sprega (eng. Ethernet)

Operativni sistem koji naleže na predstavljeni STB je Linux.

Server koji je korišćen prilikom testiranja je RK-3040. To je server sa Linux operativnim sistemom, koji je opremljen sa 4 DVB-S/S2 prijemnika, spreman da podrži sledeće verzije standarda za emitovanje preko IP mreže (zemaljski signal preko IP-a ili kablovski signal preko IP-a). RK-3040 programsko rešenje je saglasno sa poslednjim SAT>IP standardom i podržava i dinamički i statički režim rada.

Vreme koje je potrebno za promenu programa koji se emituje pomoću DVB-T2 signalom je ~2s. Pri promeni programa koji se emituje pomoću SAT>IP signala ~1,5s ako su kanali na istoj frekvenciji, a ~2,5 sekunde ako kanali nisu na istoj frekvenciji. Vreme potrebno za prebacivanje kanala prilikom korišćenja SAT>IP signala se ne može tačno odrediti, jer zavisi od kvaliteta veze i kvaliteta usluga.



Slika 5: Vreme potrebno za promenu kanala

Kao što se može videti na grafiku manje vremena treba da prodje da se promeni programa koji se emituje pomoću SAT>IP signala. Jedina mana je kada se programi ne nalaze na istoj frekvenciji.

## VI. ZAKLJUČAK

SAT>IP je obećavajuća tehnologija i biće zastupljena u kućama iz više razloga. Glavni razlog je što je satelitski signal najkvalitetniji, a preko IP može da bude prikazan na više različitih uređaja (TV, lap-top, tablet...) koji ni nemaju prijemnik, a imaju mrežni priključak ili Wi-Fi.

## LITERATURA

- [1] T. Saito, „Home gateway architecture and its implementation”, Consumer Electronics, IEEE Transactions on (Volume:46, Issue:4), Nov 2000.
- [2] <http://www.satip.info>
- [3] Emmanuel Tsekles, John Cosmas, Amar Aggoun i Jonathan Loo „Converged Digital TV Services: The Role of Middleware and Future Directions of Interactive Television” International Journal of Digital Multimedia Broadcasting, Volume 2009 (2009)
- [4] Edwards, W.K., Newman, M.W., Smith, T.F., Sedivy, J. „ An extensible set-top box platform for home media applications”, Consumer Electronics, IEEE Transactions on (Volume:51, Issue:4), Nov 2005.

## ABSTRACT

In the world of digital television Home Gateway devices is becoming more popular, using which are several different devices connected with server over one router. Using Home Gateway it is possible to share multimedia contents in LAN. Communication protocol which supports sharing of multimedia contents are, among others, DLNA and SAT>IP. New feature for reception and decoding of multimedia contents using SAT>IP is to be proposed, which will provide support both for DVB-T/T2 and SAT>IP.



# On-site Installation Support Tool for Setup Error Prevention

Rade Simikić, Mića Četković  
RT-RK Institute for Computer Based Systems  
Novi Sad, Serbia  
{rade.simikic, mica.cetkovic}@rt-rk.com

Dejan Stefanović, Nikola Živanović  
RT-RK Institute for Computer Based Systems  
Novi Sad, Serbia  
{dejan.stefanovic, nikola.zivanovic}@rt-rk.com

**Abstract**—In this paper, we present an on-site installation tool for setup of consumer devices. The tool is designed as an application for Android OS based handheld devices. The application is part of a system for monitoring and configuring of set-top box devices. The system provides access to the auto configuration server and exposes the server's functionalities. The main contribution to the state of the art is facilitated maintenance of devices that are deployed in the field.

**Index Terms**—Support tool, TR-069, Android.

## I. INTRODUCTION

The number of consumer devices deployed in the field is growing rapidly. Maintenance of all these devices has become even more demanding than before. A large number of different types of devices significantly impact the complexity of technical problems that may arise during maintenance. The technical complexity has made many of the old repairing methods obsolete or insufficient.

Traditionally, an installer manually checks all possible issues on the device. One of the frequent problems is that the installer does not have an access to the service provider settings for the specific device and has to wait for the information. Ubiquitous network access enables manufacturers and service providers to monitor devices remotely. Standard technology for this purpose is covered by TR-069 Consumer Premises Equipment (CPE) WAN Management Protocol (CWMP) [1, 2].

In this paper, we present a solution for on-site installation support. The idea is to centralize solutions for all known issues in one product and to minimize time spent on resolving device issues. It is important to lead the installer to the right solution as fast as possible. The installation support tool is represented as an application for Android OS handheld devices. It can deliver all important data for a specific device available wherever or whenever it is needed.

The application is a part of the system responsible for managing all connected devices. The purpose of the system is to analyze data collected from devices and to predict device failure or malfunction. This prediction is based on crucial properties needed for devices regular functionality. Some of them are BER (bit error rate) and SNR (signal to noise ratio).

## II. RELATED WORK

Many procedures for remote management of set-top box devices, including configuration, have been standardized. Protocols and data model definitions have been developed for this purpose. Their comparisons are summarized in [3]. Managing of end user devices in home networks beyond a home gateway is limited. The service providers have to make intelligent use of their given control and management protocols. A solution for this problem is presented in [4]. All collected data are stored in the central server's data base. Access to data is only available locally. Our solution provides access to data remotely. In this paper we presented the exposed server management and configuring functionalities to the mobile application as a support tool for the installers.

## III. SUPPORT TOOL ARCHITECTURE

The architecture of the installation support tool is presented in Fig. 1.

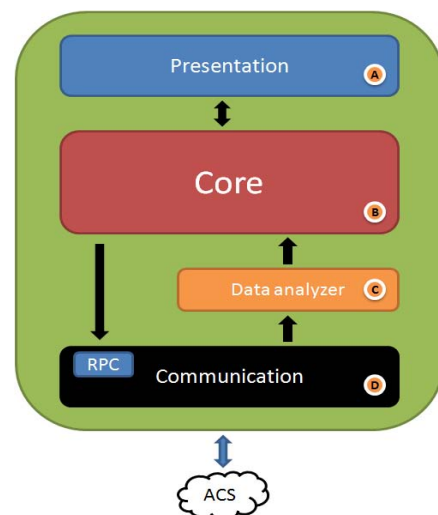


Figure 1. Support tool architecture

The tool is designed for Android based platforms and supports all versions of Android OS starting with version 3.0 (codename: Honeycomb). The application is client based. Thus, it requires network access and an Auto Configuration Server (ACS) with an appropriate web service. The application

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Radeta Simikića. Mentor je bio doc. dr Milan Bjelica.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji: Fourth International Conference on Consumer Electronics - Berlin, septembar 2014.

is designed to be modular and can easily be redesigned to support other platforms, such as iOS, Widows Mobile, or any other. It consists of four main modules:

- Presentation (A)
- Core (B)
- Data analyzer (C)
- Communication (D)

The presentation module is responsible for presenting data to the user as a list or map view. This module fully relies on the Core module.

The Core module arranges all preprocessed data received from the Data analyzer module. It then decides which graphic component is used to present each data type. The Core module also has to synchronize all user requests and data received from the server. Received data, which is out of sync, is rejected.

The main logic for parsing raw data is implemented in the Data analyzer. This module handles Java Script Object Notation (JSON) objects and prepares them for the Core module.

The Communication module is responsible for securing the communication with the ACS. Also, it provides Remote Procedure Calls (RPC) to the Core.

#### IV. EVALUATION

The evaluation of the application was based on performance and usability tests. All tests were run on Google Nexus 7 tablet device. This application uses a network connection, so network performance has great impact on the application performance. Networks used for tests are presented in Table 1.

Network type	Ping [ms]	Upload speed [Mbps]	Download speed [Mbps]
Wi-Fi	9	67.52	74.22
HSPA	55	1.17	4.65

Table 1. Network performance

In the case of performance tests, two evaluations were conducted to study the effect of the testing environment. The first test took place in a laboratory setting with ten test users. For this test, the tablet device was connected to the internet over a local Wi-Fi network. The second test took place in the field, with new test users. During the field tests, the Internet connection was established over HSPA.

The application performance was evaluated by measuring the server response time. This is the time required to complete the requested user task. The most time-consuming task was to get all parameters for a specific device, so we used that for testing purposes. Results of the performance tests are presented in Table 2. It is easy to see that network performance has a big influence on the application's efficiency. It takes 8 to 10 seconds to change a parameter value in the field environment, while in the laboratory environment it takes about 4 seconds. We can notice significant variations in the results of the field tests. This is caused by unreliable network connection.

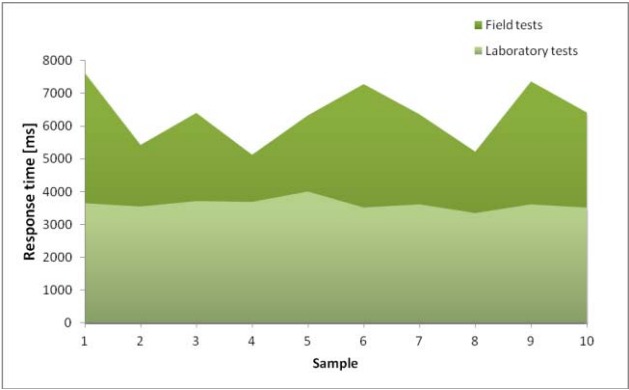


Figure 2. Test results

In a case of usability testing, users were given a brief introduction to the application. The tasks were given orally in predefined order. The time spent to resolve each task was measured and analyzed. One part of the test results is presented in Table 2.

Task	Resolving task [s]
Read BER value	32
Preview signal quality map	15
Set location of specific device	24
Preview device density map	16

Table 2. Average time spent on resolving tasks

#### V. CONCLUSION

In this paper, an on-site installation tool for setup of consumer devices was presented. As the evaluation showed, the application is easy and simple to use. Therefore, no additional training is required. The future work will focus on extending the set of features, focusing on in-depth evaluation and optimization of the data analyzing algorithms.

#### ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia under Grant TRIII-44009.

#### REFERENCES

- [1] Broadband Forum technical report, "TR-069, CPE WAN Management Protocol v1.3", Issue 1, Amendment 4, 2011
- [2] Broadband Forum technical report, "TR-135, Data Model for a TR-069 Enabled STB", Issue 1, Amendment 3, 2012
- [3] J.S. Wey, J. Luken and J. Helies, "Standardization activities for IPTV Set-Top Box Remote Management", IEEE Internet Computing, Vol. 13, No. 3, pp. 23-29, 2009
- [4] A. Delphinanto, "Remote discovery and management of end-user devices in heterogeneous private networks", 6th IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), pp. 1-5, 2009

# Integration mechanism for live stream QoS monitoring in Android-based IPTV set-top box

Daniel Knezevic, Ivana Ostojic

RT-RK Institute for Computer Based Systems  
Novi Sad, Serbia  
daniel.knezevic@rt-rk.com

Istvan Papp, Milan Savic

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad  
Novi Sad, Serbia

**Abstract**— In this paper, a solution for the integration mechanism for live stream QoS monitoring in Android-based IPTV set-top box is presented. The research offers a solution to the growing need of service providers to provide high quality of service with reduced cost for additional equipment. The proposed solution allows QoS monitoring with no need to add additional probe devices for data collection.

**Index Terms**—IPTV, QoS, Android, TR-069, monitoring

## I. INTRODUCTION

The rapid growth of broadband networks offers a great potential to telecom operators to use the internet protocol based networks as the medium for delivering media content. Such approach eliminates a need to build new infrastructures. One solution to stream media content is Internet Protocol television (IPTV). IPTV concept may be divided into three main groups: live television, time-shifted television and video on demand. The number of subscribers is growing every day. It is easy to see the common interest among service providers to monitor the network traffic and Quality of Service (QoS).

QoS applications measure quality parameters at control points, report results, and suggest improvements of the network service. A solution presented in the paper concentrates on the client-side monitoring, reduces number of control points and costs for the measuring equipment. The processing power of modern set-top boxes enables complex QoS calculations. The goal of our research is to analyze QoS provided by IPTV using Android operating system (OS).

The Android OS has become one of the most popular embedded operating systems. As an open source operating system, based on Linux kernel, Android offers more freedom for design and development than proprietary OS.

Monitoring mechanism presented in this paper supports integration with IPTV middleware with minimal integration effort. QoS monitoring mechanism has a decoupled architecture, working as an Android system service. The communication between middleware and system service can be implemented through Java Native Interface (JNI), or Android Interface Definition Language (AIDL). TR-069 protocol is used for feedback on monitoring results.

## II. RELATED RESEARCH

Quality control of delivered media content has become a must subject of latest research. Existing solutions frequently use test-bed architectures to verify their algorithms for QoS monitoring [3]. However, these solutions do not account “real-life” operating networks. Some manufacturers [4] have specialized in measuring devices for IPTV network and QoS monitoring. Our metric acquisition is achieved with monitoring of the elements involved in service provisioning, with no need to insert additional probe devices for data collection. Popularity of Android and the growing STB market gives the integration mechanisms to connect IPTV service into operating system [5]. The best of our knowledge there is no work attending for the integration mechanism for live stream QoS monitoring in Android-based IPTV devices.

## III. ARCHITECTURE

Proposed architecture is shown in Figure 1.

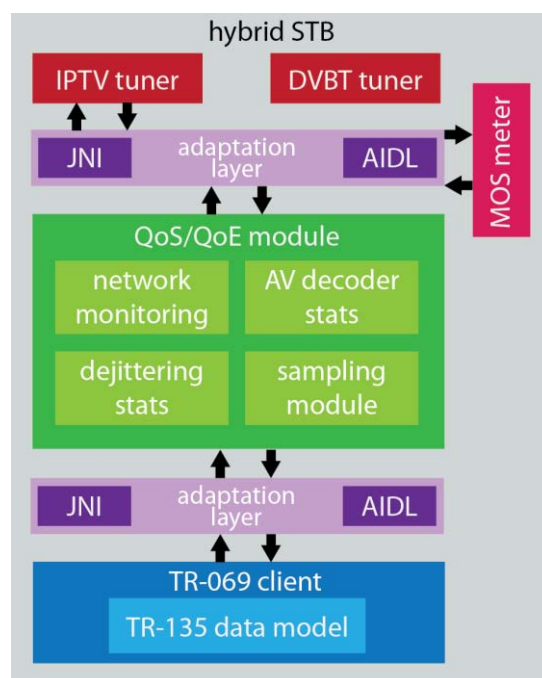


Fig. 1. QoS module architecture

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Daniela Kneževića. Mentor je bio doc. dr Milan Bjelica.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji: 4th IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin (IEEE 2014 ICCE-Berlin), septembar 2014.

QoS module is implemented as an Android service. This module uses adaptive layers (such as JNI, AIDL) to bind to IPTV middleware. Other applications or services can be easily connected with the monitoring service. One of the connected applications is the mean opinion score (MOS) application, used to calculate Quality of Experience (QoE). QoE algorithms map objective parameters, collected at application or network level, to actual impact of the perceived quality. Collection of measured metrics at each domain is performed by a dedicated monitoring module:

- **Network monitoring module** provides key information on performance of network protocols (IP, RTP, HLS, etc), which can directly affect service quality. They are collected at the client STB.
- **AV decoder stats module** provides key information about audio/video decoder. Observed parameters are lost I frames, decoded frames, frame rate, etc.
- **Dejittering stats module** provides information of AV stream input buffer status (overruns, underruns, etc).
- **Sampling module** is used to collect statistics over an extended period, allowing the headend to maintain a complete performance record across a population of STBs without the need for frequent STB/headend communication [2].

The architecture of QoS module is scalable and easy to maintain.

Retrievals of measured metrics are performed by TR-069 protocol. The protocol uses the TR-135 data model specified for STB. The data model contains all the necessary parameters for monitoring, and offers methods for performance monitoring and sampling mechanisms.

#### IV. EVALUATION

The solution was evaluated on hybrid STB, capable of reproducing media content from DVBT and IPTV transport streams. The target set-top box has ARM based Marvell BG2 88DE3100 system on chip at 1.2GHz, 1GB of RAM, 8GB NAND, DVB-T tuner, 1 HDMI output, 1 S/PDIF output, 1 Ethernet port, 1 USB port and 1 SD card slot. On the board is installed Android Jelly bean 4.2.2. (see Figure 2).



Fig. 2. Target platform

TABLE I. shows software metrics such as average memory consumption and memory footprint of key modules. The QoS module and TR-069 client together uses 1.99% of the total RAM memory.

TABLE I. EVALUATION OF QoS MONITOR SERVICE

Evaluated module	Result
QoS monitor service	118.9kB
QoS monitor service communication (adaptation layer)	5.7kB
TR-069 client	727.4kB
Average memory. consumption	22.34MB

One of the test cases was memory consumption and cpu load monitoring in active data collection and non-active mode. The refresh period of the QoS module was set to 10 seconds, and the data gathering included 60 seconds. For cpu and memory monitoring the *top* Linux command was used with refresh period of 1 second. The results show that the cpu load is below 0.5% in non-active mode and about 2% in active data collection mode. The memory consumption rises at data collection and decreases in non-active mode. Figure 3 clearly shows the difference between modes of the QoS module.

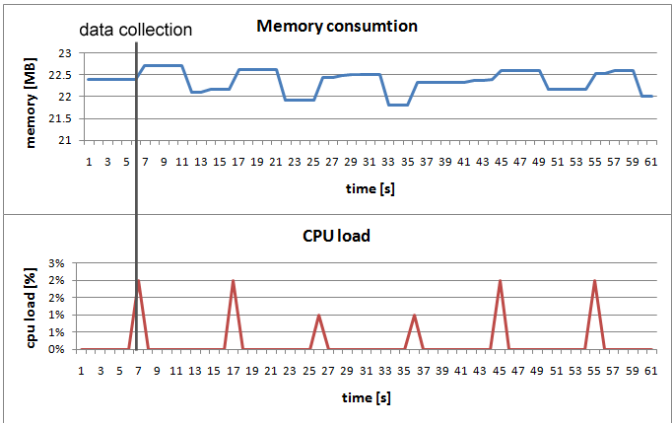


Fig. 3. Memory consumption and CPU load

The source code is evaluated with an open source tool to calculate cyclomatic complexity [6].The results show that the average function code complexity is 4.26.QoS module has 3883 lines of code.

Results of the evaluation suggest that the proposed integration mechanism consists of a group of small modules without much risk of error.

QoS parameters are evaluated using Insight ACS (Auto Configuration Server).



Fig. 4. Insight ACS

## V. CONCLUSION

In this paper architecture of integration mechanism for live stream QoS monitoring is proposed to answer the growing need of service providers to provide high Quality of Service. Future work will include the validation with various Android devices (eg. handheld devices), support for additional monitoring modules, and performance optimizations.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia under Grant TR32014.

## REFERENCES

- [1] Georgios Gardikis, Lemonia Boula, George Xilouris, Anastasios Kourtis, Evangelos Pallis, Mamadou Sidibé, Daniel Négru, (2012) "Cross-layer monitoring in IPTV networks," Communications Magazine, IEEE (Volume:50 , Issue: 7)
- [2] TR-135 Data Model for a TR-069 Enabled STB: <http://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-135.pdf> (access date June 04, 2014)
- [3] Buzila, A., Lazar, G., Blaga, T., & Dobrota, V. (2007). "Evaluation of QoS parameters for IPTV.", Acta Technica Napocensis - Electronics and Telecommunications, 48(3), 9-14. Disponible en [http://users.utcluj.ro/~atn/papers/ATN\\_3\\_2007\\_3.pdf](http://users.utcluj.ro/~atn/papers/ATN_3_2007_3.pdf)
- [4] Pixelmetrix Corporation: <http://www.pixelmetrix.com/> (access date: June 04, 2014)
- [5] Kumar, S. P. Suman, Anand, Vijay, "A ROBUST CLIENT ARCHITECTURE ON ANDROID TO CATER END-2-END REAL-TIME CONTENT MANAGEMENT AND PERSONALIZED IPTV SERVICES TO MOBILE INTERNET DEVICES.", International Journal of Next-Generation Networks. Sep2010, Vol. 2 Issue 3, p67-78. 12p. 7 Diagrams, 1 Chart.
- [6] JavaNCSS - A Source Measurement Suite for Java: <http://www.kclee.de/clemens/java/javancss/> (access date: June 04, 2014)



# Realizacija video poslužitelja na DTV platformi sa više frekvencijskih odabirača i dekodera baziranoj na Android operativnom sistemu

Davor Rapić, Nemanja Fimić, Nikola Kuzmanović, *Member, IEEE*, Milan Savić, Miladin Jovanović

**Apstrakt** — U ovom radu je opisana realizacija video poslužitelja, pri čemu je korištena platforma sa više frekvencijskih odabirača i dekodera čija sprega omogućuje proizvoljno kombinovanje istih. Prilikom realizacije rešenja korištena je mogućnost direktnog povezivanja demultipleksera i dekodera putem magistrala. Zahvaljujući ovoj hardverskoj podršci ostvareno je značajno ubrzanje rada sistema. Cilj rada je realizacija video poslužitelja na Android platformi sa mogućnošću: reprodukcije multimedijalnog sadržaja, funkcijom personalnog video snimača, kao i distribucije multimedijalnog sadržaja na mobilne uređaje i tablete.

**Cljučne reči** — Frekvencijski odabirač; Demultiplekser; Dekoder; Programski video snimač(PVR); Mozaik video; Android.

## I. UVOD

Mogućnosti kao i performanse današnjih DTV(Digitalna televizija) prijemnika kao i set-top boksova se konstantno povećavanju i na taj način omogućavaju realizaciju mnogih novih funkcionalnosti i aplikacija[1]. Prenošenjem Androida[2] na iste omogućen je brz razvoj novih aplikacija. Kako bi se omogućio razvoj onih specifičnih za DTV potrebno je omogućiti adekvatno rukovanje postojećim resursima, pri čemu je ovde prikazano jedno od mogućih rešenja.

## NAPOMENA:

**a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Davora Rapića. Mentor je bila doc. dr Jelena Kovačević.**

**b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.**

Davor Rapić – Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: davor.rapic@rt-rk.com)

Nemanja Fimić – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: nemanja.fimic@rt-rk.com)

Nikola Kuzmanović, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: nikola.kuzmanovic@rt-rk.com)

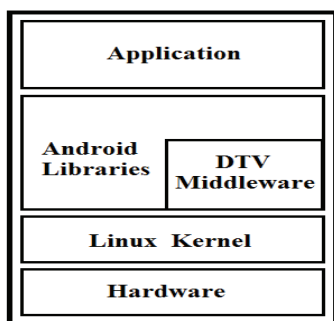
Milan Savić, , Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: milan.savic@rt-rk.com)

Miladin Jovanović, RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [miladin.jovanovic@rt-rk.com](mailto:miladin.jovanovic@rt-rk.com)).

Razvojem platformi sa više frekvencijskih odabirača i dekodera pojavljuje se mogućnost njihovog istovremenog korištenja za razne aplikacije. Na ovaj način se mogućnosti PVR podrške značajno proširuju novim mogućnostima[3]. Pojavljuje se mogućnost istovremene reprodukcije više različitih DTV servisa u vidu mozaik video scenarija. Svaki od pojedinačnih video prozora unutar mozaika može reprodukovati različit elementarni video tok podataka. Video tokovi podataka mogu dolaziti sa istih i različitih frekvencijskih odabirača, kao i iz lokalnih datoteka pri čemu je jedino ograničenje broj samih odabirača i dekodera. Mogućnost distribucije podataka putem HTTP protokola[4], ili nekim drugim protokolom predstavlja još jednu funkcionalnost dodatu u video poslužitelj. Pri čemu se za dobavljanje podataka koristi frekvencijski odabirač koji se već koristi ili ukoliko taj DTV servis trenutno nije odabran onda jedan od slobodnih ukoliko on postoji. Iz ovoga sledi da je broj klijenata ograničen brojem samih odabirača, kao i tipom zahtevanog sadržaja.

## II. OPIS PLATFORME

Za realizaciju prethodnog koncepta korištena je Broadcom-ova platforma BCM97435 VMS. Platforma korištena tokom izrade opisane programske podrške poseduje dvojezgarnu centralnu procesorsku jedinicu na radnom taktu od 1500 MHz, uz 2 GB radne memorije. Na raspolaganju nam je 8 frekvencijskih odabirača, 4 video i 6 audio dekodera, kojiima upravlja CPU. Sve ove komponente je moguće istovremeno koristiti i kombinovati na proizvoljan način, čime dobijamo veliku slobodu u pogledu kreiranja datog rešenja. Sve komponente su povezane direktno hardverski, što nam omogućuje značajno ubrzanje rada sistema. Takođe izlazne podatke sa demultipleksera je moguće istovremeno slati na neki od dekodera, kao i preuzimati i skladištiti ih na spoljnu memoriju, čime izbegavamo dodatno korištenje radne memorije.



Sl. 1. Prikaz programskog steka, pri čemu se na samom vrhu nalazi DTV aplikacija.

Platforma je bazirana na Android programskom steku. Pri čemu se u Linux kernelu nalazi programski rukovaoc samih hardverskih resursa. Pristupamo im korištenjem sprege same platforme i na taj realizujemo upravljanje resursima. Biblioteka dodata u Android programski stek, predstavlja DTV Comedia srednji sloj koji je proširen novim modulima kako bi se realizovala izložena funkcionalnost.

### III. IMPLEMENTACIJA

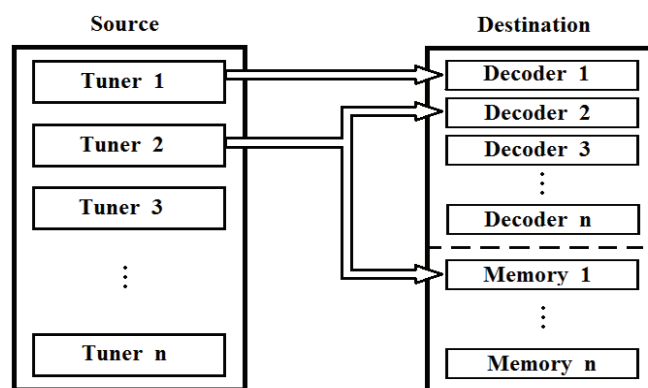
Da bi reprodukovao multimedijalni sadržaj Android OS koristi media plejer, koji je u ovom slučaju prilagođen da koristi hardverski dekodler. Kako bi to bilo moguće jedan od dekodera mora biti rezervisan upravo za njegovu upotrebu, a ovo je ostvareno upotrebom resurs menadžera gde je eksplicitno naznačeno koji od dekodera će se koristiti za potrebe Android media plejera. Ukoliko je potrebno preko ovog menadžera moguće je zatražiti dodatni dekodler, odnosno ukoliko za tim postoji potreba. Na ovaj način je korisnik je omogućeno da pušta više videa istovremeno i da se resursi u zavisnosti od potrebe alociraju dinamički.

Kao što je u samom uvodu navedeno za realizaciju same DTV funkcionalnosti korišten je Comedia srednji sloj. Da bi ova biblioteka mogla da se koristi na određenoj platformi potrebno je implementirati njene CHAL(Comedia Hardware Abstraction Layer) module čija je realizacija specifična za određenu platformu. Iz aspekta Comedie, ruta predstavlja vezu između izvora i odredišta i prilikom instanciranja navodi se tip same rute, pri čemu imamo slobodu da biramo način njene implementacije.

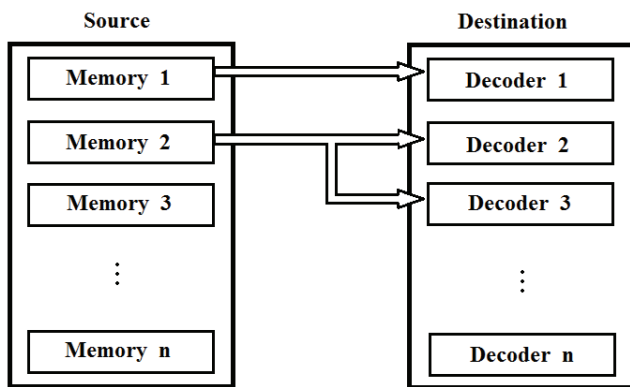
TS(Transport stream - transportni tok podataka) može dolaziti sa frekvencijskog odabirača ili sa nekog memorijskog izvora(HDD(Hard disk – spoljna memorija), ...), pa prema tome razlikujemo dva tipa izvora: „uživo” i „memorijski”. Kako bi se TS demultipleksirao potrebno je omogućiti dodavanje PID-ova(Packet Identification – identifikacija paketa) na samom izvoru i na taj način omogućiti izdvajanje željenog sadržaja(video, audio, teletext, EPG(Electronic program guide – elektronski programski vodič),...). Pošto nam sama arhitektura korištenog hardvera dozvoljava da izlaz iz

demultipleksera vodimo na više različitih odredišta nemamo potrebu za uvođenjem cirkularnog bafera u koji bi privremeno smeštali sadržaj, i nakon toga ga prosledivali na više odredišta. Ova mogućnost nam znatno podiže performanse rešenja, jer je celokupan prenos sadržaja izvršen putem internih magistrala i ne postoji potreba za privremeno prebacivanjem podataka u radnu memoriju i iz nje. Sa druge strane odredište može biti dekodler ili spoljna memorija na koju će se skladištiti sadržaj. Analogno tipu izvora i tip odredišta može biti: „uživo” ili „memorijski”. Ukoliko imamo „uživo” tip odredišta video i audio podaci se šalju na dekodere, dok sa ostalim tipovima podataka rukuje sam DTV srednji sloj(prevod, teletext, EPG, ...). Ukoliko želimo da snimimo sadržaj preuzimamo podatke od demultipleksera i šaljemo ih srednjem sloju kako bi on izvršio snimanje na spoljnu memoriju.

Kako bi smo povezali izvor sa odredištem postoji poseban modul u kojem se definiše koliko imamo izvora i kojeg su tipa, a takođe isto važi i za odredište. Ove podatke srednji sloj preuzima prilikom inicijalizacije kako bi imao informaciju koliko ruta može da instancira. Nakon toga svaki put kada se kreira ruta posebnom funkcijom se uspostavlja veza i vodi se evidencija koji izvor je povezan sa kojim odredištima, i obrnuto. Ovakav način formiranja ruta nam omogućuje lak i jednostavan način realizacije PVR funkcija, odnosno scenarija kao što su snimanje i reprodukcija, „odložena reprodukcija”, itd. Da bi realizovali prethodno navede funkcije potrebno je kreirati barem dve rute, pri čemu jedna služi za snimanje, a druga za reprodukciju sadržaja iz prethodno snimljene datoteke, dok su za funkciju „odložena reprodukcija” potrebne obe. Zahvaljujući mogućnostima same platforme moguće je kreirati više ovakvih ruta i na taj način snimati istovremeno dva ili više programa, odnosno puštati više snimljenih fajlova (mozaik scenario).

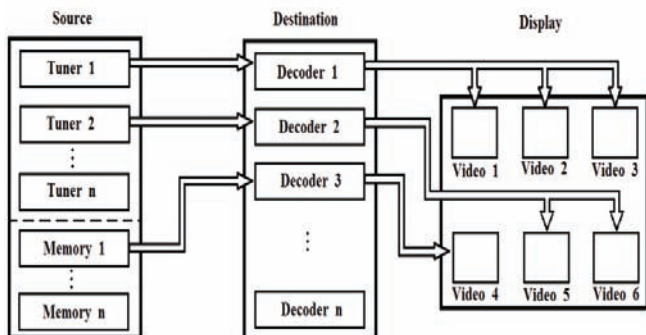


Sl. 2. Prikaz direktne rute i rute za zapis, pri čemu je moguće podatke sa istog izvora istovremeno slati na dekodler i spoljnu memoriju.



Sl. 3. Prikaz rute za reprodukciju prethodno snimljenog sadržaja

Istovremenim instanciranjem više direktnih ruta, odnosno ruta kod kojih su različiti ili isti frekvencijski odabirači povezani sa mozaik dekomerom omogućena nam je realizacija mozaik scenarija. Prilikom formiranja ovih ruta određeni dekomer mora biti otvoren u mozaik režimu. Na ovaj način istovremeno možemo videti više različitih DTV servisa na istom ekranu. Kako bi se ovo omogućilo uvedene su izmene unutar srednjeg sloja da bi se isti dekomer mogao koristiti za dekodovanje sadržaja sa različitih demultipleksa, odnosno više različitih ruta sa istim dekomerom. Svaka od ovih ruta predstavlja jedan od delova mozaik-a unutar kojih se reprodukuje jedan od DTV servisa. Da bi se dekodovani video okviri mogli istovremeno prikazati na istom displeju, on se takođe otvara u mozaik modu i nakon toga se mozaik dekomer priključuje na njega. Zahvaljujući ovome svaki od dekodovanih video tokova podataka će biti prikazan na željenim pozicijama koje se zadaju prilikom inicijalizacije displeja. Kako bi se izbegao eventualni sukob prilikom korištenja dekodera omogućena je razmena informacija između CHAL modula i samog resurs menadžera. Takođe jedan od slobodnih dekodera moguće je istovremeno koristiti kako bi se u pozadini puštao neki drugi video u normalnom režimu, tj. paralelno sa mozaikom.

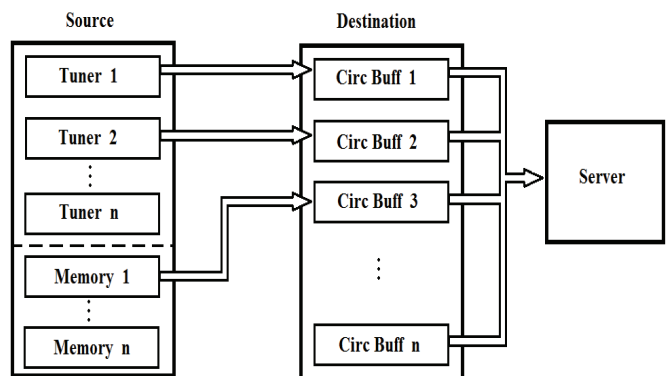


Sl. 4. Mozaik video. Više direktnih ruta kao i ruta za reprodukciju, pri čemu je svaki video prikazan u drugom prozoru.

Poslednja od mogućnosti koje su realizovane u ovom radu jeste mogućnost formiranja rute za distribuciju podataka. Ovaj tip rute je veoma sličan ruti za snimanje, a razlikuju se po tome što se sadržaj ne snima na spoljnu

memoriju, već se putem nekog od poslužilaca distribuira do korisnika putem mreže. Da bi se ova ruta realizovala potrebno je dodati novi paket unutar srednjeg sloja, u kojem će se realizovati http poslužilac. Ukoliko je potrebno, slanje sadržaja je moguće realizovati nekim drugim protokolom: hls, rtsp, itd, što zahteva implementaciju odgovarajućeg poslužioca. Za svaki zahtev se uspostavlja nova ruta. U zavisnosti od tipa zahteva, odnosno DTV servisa koji je zatražen, moguće je opslužiti određeni broj zahteva. Ukoliko je dati DTV servis već odabran na nekom od frekvencijskih odabirača, onda se može iskoristiti taj izvor, u suprotnom se mora koristiti neki od slobodnih ukoliko on postoji. Iz ovoga proizlazi ograničenje broja različitih frekvencija koje je moguće istovremeno koristiti odnosno broja DTV servisa koje je moguće gledati pod uslovom da se oni nalaze na različitim frekvencijama. Izmene samog protokola ne utiču na ostatak sistema, što je dobra osobina ovog pristupa realizaciji rešenja. Klijent po prijemu dekoduje transportni tok podataka, nekom od aplikaciju koje su mu na raspolaganju. Verzija Android 4.1

„Dželi Bin” ima ugrađenu podršku za demultipleksiranje TS i dekodovanje odgovarajućeg video i audio toka podataka, pri čemu u zavisnosti od karakteristika samog uređaja zavisi da li će proces biti izvršen hardverski ili softverski. Zahvaljujući ovome proces realizacije klijentske aplikacije je znatno olakšan.



Sl. 5. Više ruta za distribuciju sadržaja pri čemu neke od njih imaju „uživo”, a neke „memorijski” izvor. Podaci se šalju putem servera do klijenta, koji je zahteva dati sadržaj.

#### IV. ZAKLJUČAK

Rad predstavlja jedan od načina na koji je moguće implementirati video poslužilac. Ovakva koncepcija rešenja omogućuje laku implementaciju na drugim tipovima platformi kao i brz i lak način za dodavanje novih funkcionalnosti prilikom daljeg razvoja. Dalji razvoj ovog rešenja imao bi za cilj, implementaciju nekog naprednijeg poslužioca koji bi se koristio za distribuciju multimedijalnog sadržaja. Takođe moguće je enkodovati okvire koji se prikazuju na displeju, i na taj način formirati transportni tok podataka koji će na klijentskoj strani omogućiti mozaik video.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 44009.

## LITERATURA

- [1] M. Bako, T. Maruna, I. Bašičević, M. Radonjić, B. Mlikota "One solution of realization of TV application for digital TV", Telecommunications Forum (TELFOR) 19th, pp. 1398-1401, November 2011.
- [2] N. Kuzmanović, T. Maruna, M. Savić, G. Miljković, D. Isailović, "Google's Android as an application environment for DTV decoder system", ISCE 14th, pp. 1-5, June 2010.
- [3] M. Kovačev, G. Miljković, B. Korać, B. Čurčić "The realization of digital recorder function for STB based on Android", Telecommunications Forum (TELFOR) 20th, pp. 1349-1352, November 2012
- [4] K. Lazić, M. Milošević, N. Smiljković, M. Kovačev, "One implementation of adaptive streaming over HTTP on Android DTV platform", ICCE, pp. 282-284, September 2012.

## ABSTRACT

This paper describes the implementation of video server. Multi tuner, multi decoder platform that is used for realization, allows us arbitrary combination of them. During the realization, possibility of direct connecting of tuner and decoder is used. Due to this hardware support, significant acceleration of system is achieved. The aim of this paper is the realization of video server based on the Android operating system with the ability to: playback multimedia content, personal video decoder function, and distribution of multimedia content to mobile devices and tablets.

### **Implementation of Video Server on Multi-tuner, Multi-decoder DTV Platform Based on the Android Operating System.**

Davor Rapić, Nemanja Fimić, Nikola Kuzmanović,  
*Member, IEEE*, Milan Savić, Miladin Jovanović

# Jedno rešenje programske podrške za distribuciju DTV sadržaja na uređaje u lokalnoj mreži

Darko Dejanović, Sreten Tanacković, Nikola Kuzmanović, *Member IEEE*, Milan Savić, Borivoj Ivetić

**Apstrakt** – Cilj rada je da predstavi jedno rešenje programske podrške za distribuciju digitalnog video sadržaja. Krajnji uređaji koji učestvuju u procesu komunikacije se nalaze u lokalnoj mreži. Programska podrška se bazira na postojećim standardima za komunikaciju.

**Ključne reči** – HTTP; DTV; TCP; STB

## I. UVOD

NAGLI razvoj računarske tehnologije tokom prošlog veka blisko je pratila televizija. Projekat digitalnog emitovanja televizijskog programa (DVB standard)[1] usvojen poslednje deкаде prošlog veka omogućio je emitovanje približno deset digitalnih kanala umesto jednog analognog. Digitalizacija je omogućila prenos velikog broja dodatnih informacija u isto vreme sa televizijskim programom: teletekst, elektronski programski vodič, prevod, višestruki audio tokovi i drugi digitalni podaci. Digitalna televizija sa svojim prednostima je ubrzala razvoj televizijskog prijemnika. Razne nove tehnologije koje koriste monitori (LCD, plazma i LED) smanjili su gabarite kućišta televizijskog prijemnika. Razvoj višezvezgarnih procesora i njihova integracija u televizijske prijemnike proširila je njihovu osnovnu funkcionalnost. Nova hardverska podrška je bila i više nego dovoljna da izvršava dodatne složene aplikacije paralelno sa prikazom digitalnog video sadržaja.

## NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Darka Dejanovića. Mentor je bila doc. dr Jelena Kovačević.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

Darko Dejanović – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [darko.dejanovic@rt-rk.com](mailto:darko.dejanovic@rt-rk.com))

Sreten Tanacković – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [sreten.tanackovic@rt-rk.com](mailto:sreten.tanackovic@rt-rk.com))

Nikola Kuzmanović, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [nikola.kuzmanovic@rt-rk.com](mailto:nikola.kuzmanovic@rt-rk.com))

Milan Savić, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [milan.savic@rt-rk.com](mailto:milan.savic@rt-rk.com))

Borivoj Ivetić, RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [borivoj.ivetice@rt-rk.com](mailto:borivoj.ivetice@rt-rk.com))

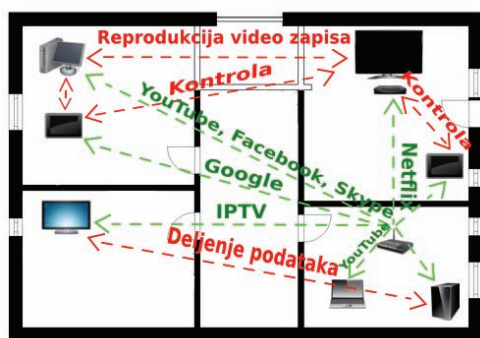
Televizijski prijemnik kao bitan uređaj u svetu potrošače elektronike postaje “mali računar” sa novim mogućnostima za dalji razvoj. Linux jezgro postaje većini proizvođača televizijskih prijemnika osnova za programsku podršku. Svaki proizvođač pravi svoju programsku podršku, ali pojavom Android operativnog sistema u mobilnoj industriji uviđa se šansa za njegovu upotrebu u DTV uređajima. Ova ideja je široko prihvatljiva iz više razloga: Android operativni sistem je realizovan i baziran na Linux jezgro za namenske uređaje, razvija se putem otvorenog koda, veliki broj dostupnih aplikacija i široka razvojna zajednica. Internet kao važna uloga u modernom svetu je morao biti podržan od strane DTV prijemnika, što je dodatno napravilo mesta za dalji razvoj.

Zahvaljujući Internetu video sadržaj postaje dostupan korisnicima putem DTV uređaja. Pristup ovom sadržaju se ostvaruje putem principa “skini pa onda gledaj” (eng. download and then play). Rastom propusne moći mreža i razvojem algoritama za kompresiju video sadržaja postaje moguće njegov prenos kao tok podataka (eng. streaming). Ovaj razvoj je doveo do toga da danas imamo “Pametne televizore” (Smart TV) i STB[2] uređaje sa jakom hardverskom podrškom (višezvezgarni procesori preko 1GHz, više operativne memorije i veliki broj različitih dekodera), mogućnosti povezivanja na internet i lokane mreže.

Potrošači kupuju sve više uređaja za svoje domove koji omogućavaju povezivanje uređaja i imaju mogućnost povezivanja, od širokopojsasnih mrežnih usmerivača, igračkih konzola, tableta, do pametnih telefona. Izvori multimedijalnog sadržaja i aplikacija nastavljaju da rastu gotovo eksponencijalno u veličini i raznovrsnosti, dok socijalno umrežavanje igra važnu ulogu kod potrošača u istraživanju i deljenju novih iskustava.

Dostupnost multimedijalnog sadržaja postaje jako bitan faktor u “Digitalnim kućama”, pa povezivanje televizijskog prijemnika u ceo taj sistem postaje bitna činjenica. Povezivanje televizijskih prijemnika u mrežu je omogućilo snimanje, reprodukciju i emitovanje televizijskog sadržaja u realnom vremenu. Televizijski uređaji sa više frekvencijskih odabirača su otvorili mogućnost emitovanja sadržaja istih ili različitih programa na druge uređaje u lokalnoj mreži.





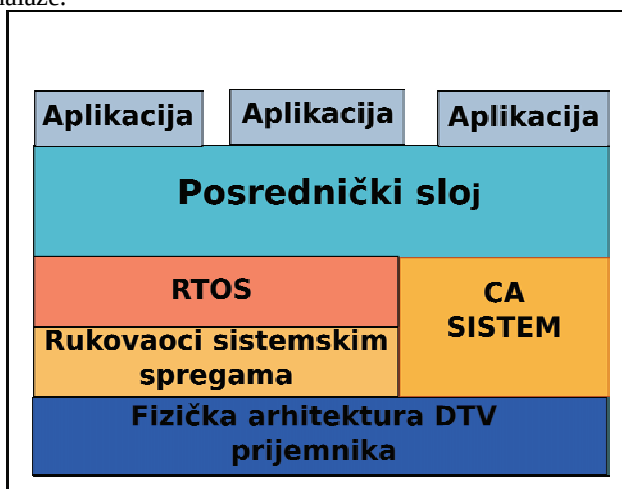
Sl. 1. Tipičan scenario kućne mreže

Menjanje trendova u medijskom svetu i pomenuti napredak televizijskog uređaja oživilo su novi koncept pod nazivom drugi ekran (eng. second screen). Ovaj koncept podrazumeva isporuku televizijskog sadržaja na alternativne uređaje, kao što su tableti, pametni telefoni, računari i drugi televizijski uređaji. Za prenos televizijskog sadržaja smo napisali programsku podršku koja je omogućila korisnicima da sa alternativnim uređajima i jednostavnim aplikacijama za reprodukciju video sadržaja gledaju televizijske programe.

## II. TEORIJSKE OSNOVE

### A. Posrednički sloj

Posrednički sloj (eng. middleware)[3] je ključni elemenat kod distribuiranih, heterogenih sistema. Cilj razvoja ove tehnologije je obezbeđenje interoperabilnosti u heterogenom okruženju. Pod interoperabilnošću se podrazumeva sposobnost za zajednički rad različitih sistema, tehnika ili organizacija. Implementira se kao softver koji se nalazi u sredini između aplikacija i baze programske podrške sistema (eng. driver, operativni sistem, mrežne funkcije). Upotrebom zajedničkog interfejsa za programiranje (eng. application programming interface - API) „maskira“ se kompleksnost entiteta ( aplikacija ili baza podataka) koji se povezuje i platforme na kojima se oni nalaze.



Sl. 2. Programska podrška DTV prijemnika

Posrednički sloj obezbeđuje standardne interfejse koji povećavaju interoperabilnost i portabilnost aplikacije. U DTV uređajima (STB) posrednički sloj se nalazi iznad

operativnog sistema. On omogućava nesmetan razvoj aplikacija bez poznavanja nižih slojeva programske podrške DTV uređaja (drajveri, operativni sistem, itd.) koja kontroliše fizičku arhitekturu i smanjuje vreme potrebno za razvoj.

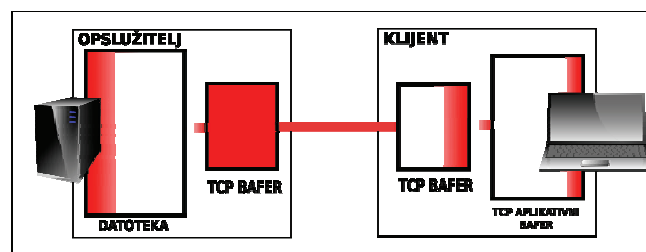
### B. Kružni bafer

Bafer je deo fizičke memorije koja služi za privremeno skladištenje podataka prilikom njihovog pomeranja. Upotreba bafera je raznovrsna i najčešće služi za održavanje kontinuiteta podataka, tj. sprečavanju gubitka podataka ako pristižu brže nego što mogu biti obrađeni. Baferi su najčešće realizuju kao red, tj. “prvi koji ulazi – prvi izlazi” (eng. first in, first out - FIFO).

Kružni bafer je često korišćen oblik bafera. Kod njega krajnji elemenat pokazuje na početak, pa sa logičke tačke gledišta ovaj bafer nema fiksni početak i kraj. Najčešća upotreba kružnog bafera je sprečavanje izlaska iz memoriskog opsega prilikom stalnog čitanja i upisa.

### C. HTTP tok podataka

HTTP je mrežni protokol koji pripada aplikativnom nivou ISO OSI referentnog modela, koji je definisan u RFC 1945[4] i RFC 2616[5]. HTTP je protokol za komunikaciju između opslužitelja i klijenta koji se izvršavaju na različitim krajnjim sistemima. HTTP se oslanja na TCP protokol. U HTTP toku podataka[6], resurs je smešten na opslužitelju kao standardna datoteka sa jedinstvenim URL identifikatorom. Kada klijent hoće da preuzme resurs (npr. pusti video), prvo uspostavi TCP konekciju sa opslužiteljom, pa pomoću HTTP GET zahteva potražuje resurs na URL lokaciji. Opslužiteljska strana šalje resurs pomoću HTTP odzivne poruke. Na klijentskoj strani aplikacija smešta podatke u bafer. Bafer se puni do nekog nivoa, koji kad se pređe, može da krene obrada pristiglih podataka (reprodukcija video sadržaja). Međutim, za prenos sačuvanog sadržaja, klijentska strana može da zatražuje podatke brže nego što može da obrađuje. Ova pojava je uzrokovana TCP mehanizmom koji iskorištava sav dostupan protok između opslužiteljske i klijentske strane. Predpostavimo da video sadržaj treba da se reprodukuje sa 2Mbps, a da je protok mreže 4Mbps, to znači da klijentska strana nije samo u stanju da na vreme reprodukuje sadržaj, nego i da akumulira višak podataka (2Mbit-a podataka svaku sekundu). Ovo je velika prednost, jer pri velikim varijacijama protoka u mreži, tj. u ovom slučaju smanjenja protoka ispod 2Mbps, klijent može da vrši reprodukciju akumuliranog sadržaja i pri tome apsorbira promene u brzini prenosa podataka.

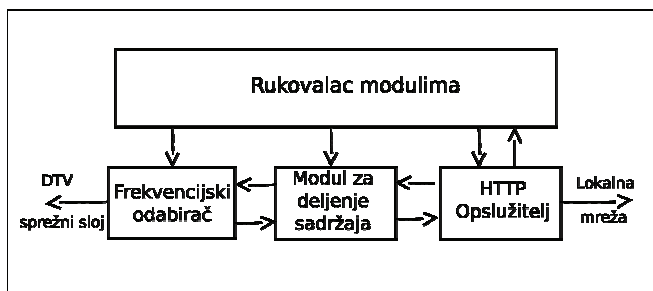


Sl. 3. HTTP komunikacija između opslužitelja i klijenta

Bafer se na klijentskoj strani zbog slojevite arhitekture protokola sastoji od dva bafera: TCP bufera i TCP aplikativnog bafera. Razmena podataka na klijentskoj strani između TCP bufera i TCP aplikativnog bafera, a na opslužiteljskoj strani između datoteke i TCP bufera se obavlja preko utične sprege. Razlika između veličine bafera na klijentskoj strani je višestruka, što omogućava aplikaciji da u jednoj operaciji isčita sav sadržaj TCP bufera. TCP protokol redukuje svoj saobraćaj u slučaju prepunjavanja TCP bufera na klijentskoj strani, tj. opslužiteljska strana smanjuje slanje podataka kroz mrežu (npr. pauziranje reprodukcije video sadržaja na klijentskoj strani). Oslanjanje HTTP protokola na TCP dozvoljava da resursi prolaze lakše kroz zaštitne barijere i NAT, za razliku od UDP saobraćaja koji je češće blokiran.

### III. OPIS REALIZACIJE

Realizovana programska podrška se sastoji od četiri modula: rukovalac modulima, frekvencijskog odabirača, modula za deljenje sadržaja i HTTP opslužitelja. Svaki modul predstavlja zasebnu celinu koja je veza sa drugim modulom ili posredničkom spregom.



Sl. 4. Interakcija između modula

Glavna funkcionalnost rukovalac modulima je da podesi početna stanja modula i pokrene HTTP opslužitelj. Pomoću njega druge aplikacije, u koje je integrisana ova programska podrška, mogu upravljati sa prenosom toka podataka.

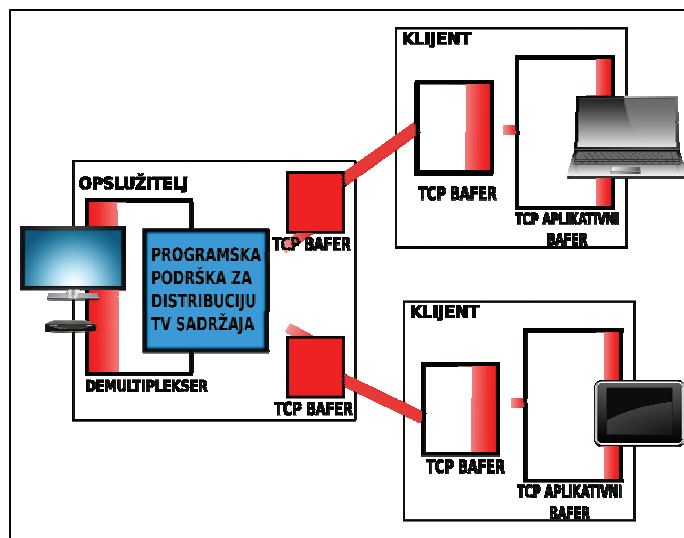
Modul frekvencijski odabirač je sprega sa posredničkim slojem programske podrške glavnih hardverskih komponenti DTV uređaja. Pomoću njega se mogu inicijalizovati i podešavati svi delovi potrebni za dobijanje TS[7] (eng. transport stream) paketa. Glavni elementi koji se inicijalizuju i podešavaju su frekvencijski odabirač i demultiplekser. Modul je realizovan sa mogućnošću da rukuje sa više frekvencijskih odabirača i demultipleksera, tj. sa svim resursima koje pruža platforma. Pri prenošenju aplikacije sa uređaja na uređaj jedine promene bi trebao da poprими modul frekvencijski odabirač.

Modul za deljenje sadržaja predstavlja srž aplikacije i spregu između modula frekvencijski odabirač i HTTP opslužitelj. U njemu se rukuje podržanim funkcionalnostima u modulu frekvencijski odabirač. Kada se preko HTTP opslužitelj dobije jedinstveni identifikator televiziskog programa (eng. DVB triplet) [8] modul za deljenje sadržaja pomoću modula frekvencijski odabirač podešava parametre frekvencijskog odabirača i demultipleksera za određeni servis. Jedinstveni identifikator televizijskog programa (eng. DVB triplet) se sastoji od originalnog mrežnog identifikatora (eng. original network identification), identifikatora transportnog toka podataka (eng. transport

stream identification) i identifikatora servisa (eng. service identification).

Posle podešavanja parametara frekvencijskog odabirača i demultipleksera počinje pristizanje TS paketa preko posredničkog sloja i modula frekvencijski odabirač u modul za deljenje sadržaja. TS paketi se upisuju u sprežnu memoriju koja je realizovana kao kružni bafer. Iz bafera HTTP opslužitelj preuzima TS pakete i formira odzivnu poruku koju šalje klijentu. Više klijenata koji su zatražili isti televizijski sadržaj koriste isti kružni bafer za dobijanje TS paketa. Bafer kao deljeni podatak u slučaju korištenja od strane više klijenata mora biti zaštićen kritičnom sekcijom. Pošto je realizovana programska podrška pisana u C programskom jeziku na Linux jezgu za rešavanje problema kritične sekcije je korišten "pthread mutex". Princip deljenja resursa između klijenta sa zatraženim istim sadržajem je doveo do uštede memorijskog prostora i procesorske snage.

Klijentska strana može da otvori više tokova podataka što omogućava reprodukciju više video sadržaja istovremeno. Svaki otvoreni tok podatak je identifikovan sa različitim URL lokatorom čiji je sastavni deo jedinstveni identifikator televizijskog programa. Ovo je olakšalo reprodukciju video sadržaja na postojećim Android aplikacijama koje imaju ugrađenog HTTP klijenta (npr. VLC player i MX player).



Sl. 5. Paralelni prenos podataka između opslužitelja i klijenta

Aplikacija je na opslužiteljskoj strani implementirana kao Android servis. Servisi na Androidu služi za obavljanje zadataka u pozadini, za razliku od aktivnosti, koja je uvek povezana sa vizualnim delom aplikacije. Nama u pozadini servis obavlja ceo navedeni mehanizam dobavljanja, deljenja i slanja TS paket.

### IV. ZAKLJUČAK

Deljenje podataka preko HTTP protokola je jedan od najčešćih načina pristupa video sadržaju na internetu (YouTube), pa realizovana programska podrška predstavlja jednostavan način implementacije postojećih tehnologija iz internet sveta u TV prijemnike za prenos video sadržaja u lokalnim mrežama.

Celokupna programska podrška je napisana na

programskom jeziku C. Ovim je omogućena lak prenos koda na različite platforme sa Android operativnim sistemom (Linux jezgrom).

Dalji razvoj se zasniva na implementaciji postojećih standarda za deljenje multimedijalnog sadržaja između uređaja, kao što su DLNA (Digital Living Network Alliance) i RVU protokol.

#### ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32014.

#### LITERATURA

- [1] DVB: The Family of International Standards for Digital Video Broadcasting (Signals and Communication Technology), Ulrich Reimers, Springer, 2004.
- [2] Hypertext Transfer Protocol, HTTP/1.0  
<http://www.w3.org/Protocols/rfc1945/rfc1945>
- [3] Digital Television: Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework, Herve Benoit, Focal Press, 2008

- [4] The Essential Guide to Digital Set-Top Boxes and Interactive TV, Gerard O'Driscoll, 1990
- [5] Hypertext Transfer Protocol, HTTP/1.1  
<http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616.html>
- [6] Computer Network – A Top-Down Approach, James F. Kurose, Keith W. Ross, 2010, Addison-Wesley
- [7] Introduction to MPEG, Systems, Technologies, and Operation, Price David, Lawrence Harte, Althos, 2012.
- [8] ETSI TS 102 539, v1.3.1,  
[http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/102500\\_102599/102539/01.03.01\\_60/ts\\_102539v010301p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102500_102599/102539/01.03.01_60/ts_102539v010301p.pdf)

#### ABSTRACT

This paper presents one implementation of digital video streaming software. End devices involved in communication process are contained within a local area network. Software is based upon existing data communication standard.

#### **One Solution of Software for Distribution of DTV Content in a Local Network**

Darko Dejanović, Sreten Tanacković, Nikola Kuzmanović,  
*Member, IEEE*, Milan Savić, Borivoj Ivetić

# Adaptive TR-069 system service for Android-based consumer electronic devices

Norbert Nemet, Saša Radovanović, Rade Simikić

RT-RK Institute for Computer Based Systems  
Novi Sad, Serbia

{norbert.nemet, sasa.radovanovic, rade.simikic}@rt-rk.com

Istvan Papp, Teodora Novković

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad  
Novi Sad, Serbia

{istvan.papp, teodora.novkovic}@rt-rk.com

**Abstract**— In this paper we propose an integration of a device configuration and monitoring module based on the TR-069 protocol (also known as CPE WAN Management Protocol) as a system service for Android-based set-top-boxes (STBs) and other consumer electronic devices. Currently there is no support for configuration and monitoring of consumer devices under Android OS. Introducing such a feature would increase the possibility for seamless integration of devices to the existing auto-configuration servers and facilitate QoS monitoring.

**Index Terms**—Android, provisioning, management, digital television

## I. INTRODUCTION

Android operating system is being increasingly adopted by consumer electronic device vendors as an OS solution. Unified platform facilitates seamless integration among devices, and also between devices and their environment. Additionally, monitoring and remote management has become one of the mandatory features nowadays. Providers request tools for Quality-of-Service (QoS) provisioning and an environment in which they can do remote troubleshooting and control of end-user devices. There is a need for a standardized solution which is platform-agnostic, what would enable its integration within the consumer device as well as further maintenance. In this paper, a standardized Android system service based on the TR-069 configuration protocol is proposed as a solution to this need. The TR-069 protocol is a natural base for solving this issue since it provides effective and specific means for provisioning and management, specialized for different types of consumer devices through data models (e.g. TR-135 data model for set-top box devices).

## II. CONFIGURATION SERVICE ARCHITECTURE

The proposed Configuration and Monitoring (C&M) service integrates with other software components (or services) of Android-based consumer devices to be able to configure and monitor device operation. It uses TR-069 protocol to allow the Auto-Configuration Server (ACS) to perform control and monitoring of the device. Integration of C&M within the Android-environment as a system service allows TR-069 functionality to run as a background task without interfering with the normal functionality of the device. The position of the

C&M module inside the Android stack is shown in Fig. 1.

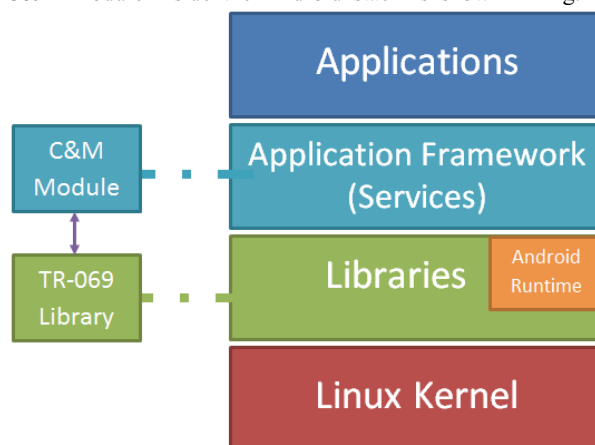


Figure 1. C&M Module inside Android stack.

Binding of the implemented service and rest of the device software is automatic and transparent. Automatic look-up system traverses the available Android system services and binds to the one providing access to the data model defined for the specific device type (e.g. TR-135 for set-top box devices). Device Abstraction Layer (DEVAL) of the C&M service is automatically instantiated once the data model service is bound to. DEVAL uses reflection mechanisms for inspecting the provisioning service and providing mapping of RPC methods available to the ACS, and calls specific for the target device. For this binding to be successfully performed a design pattern for the provisioning service of the device is introduced and must be followed strictly in order the device to be able to bind with C&M service. For the best utilization of resources, DEVAL used asynchronous mechanism for notifying the TR-069 service about important changes occurred in the service being provisioned, which are relevant for ACS and communication itself. C&M supports all three, 1.0, 1.1 and 1.3, revisions of the TR-069 protocol and the module adapts to the version the Auto-Configuration Server (ACS) dictates, as required by the standard itself. A secure connection is guaranteed using HTTPS/SSL towards the ACS. Beside monitoring and setting some basic parameters, module allows advanced features in the form of complete firmware upgrade

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Norberta Nemeta. Mentor je bio doc. dr Milan Bjelica.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji: 4th IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin (IEEE 2014 ICCE-Berlin), septembar 2013.

on specific end-devices. Top level architecture is shown on Fig. 2.

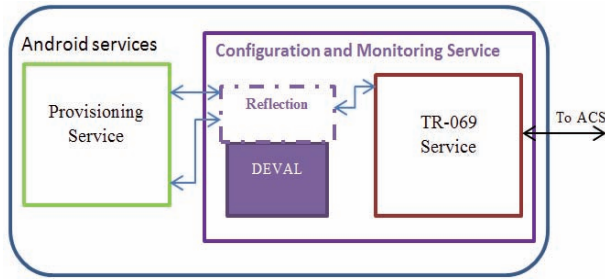


Figure 2. Top-level architecture and communication.

### III. EVALUATION AND TESTING

The target devices in the testing environment were DVB-T2 set-top-boxes (STBs) with DTV functionality implemented as a system service. Testing was done using an ACS with added support for the TR-135 data model. Test cases involved getting and setting parameters on STBs along with testing firmware upgrade functionality. The TV set output and the graphical interface of the ACS monitoring it is shown in Fig 3. Evaluation demonstrates effectiveness of run-time connection to the provisioning service. To assess the feasibility of the presented approach, the evaluation included measurements of response time to a set/get command. These response times are then compared with a solution which provides TR-069 directly within the software of STB (no reflection and no C&M service). The solution using adaptable C&M service showed to be insignificantly slower. However, the lack of a need for manual porting to every target platform and additional data model adaptations show that the use of C&M is beneficial. Measurement results are shown in Figure 4.

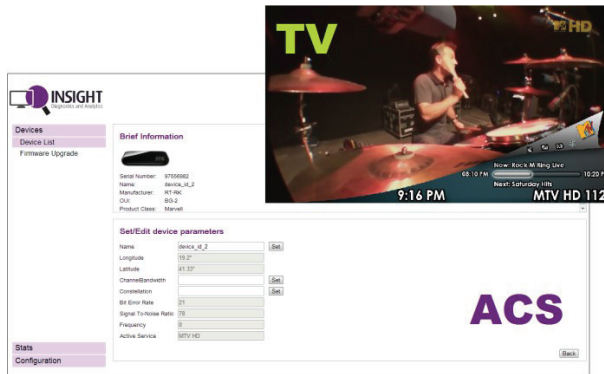


Figure 3. ACS Graphical Interface and the monitored TV set visual output.

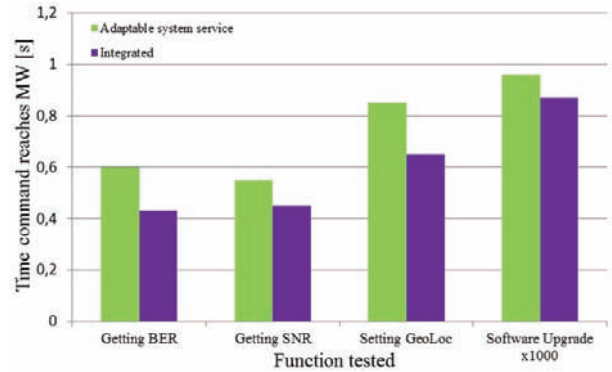


Figure 4. Testing results.

The C&M module's memory footprint is around 32 MB with fully instantiated TR-135 data model filled with appropriate data. The footprint without the data model is significantly smaller, but the C&M module demands a TR-069 supported data model to function correctly. Considering the complexity of the module and functionalities that it covers, this memory footprint is small scale and shows that the C&M module is fulfilling its purpose with acceptable resource usage.

### IV. RELATED WORK

Although Android as an operating system is widely spread and still expanding by this day, to the best of our knowledge, just a few works are concentrated on provisioning and management of a network consisted of Android-based devices. Integrating digital television functionalities using Android environment is mentioned in [1]. Further development of that idea led to functionality being integrated in Android as a system service [2]. Based on that solution, additional features were discussed and proposed [3] which led to Android becoming a considerable option for digital television sets in the future. Solution presented in this paper, inspired by previously elaborated system service [4], continued with improvements to the concept. As the concept of IoT (Internet of Things) becomes more present, it is assumed that Android will play a major role as operating system in it [5]. To the best of our knowledge there are no works concentrating on remote configuration of such devices, although IoT devices are used for remote monitoring of physical processes [6]. Android is emerging as a solution for sensors in SmartGrid architectures [7] also but without a C&M module proposition.

### V. CONCLUSION

This paper presents a solution aiming to satisfy the service providers need for a network provisioning mechanism on Android-based user end devices. To avoid slow and manual porting to each device in particular, the system service is equipped with a self-connecting feature allowing automatic portability on random devices. The future work will insist on improving module performance, whereas the porting layer will be further optimized with regard to its response time. On the other hand, the module would be evaluated with an additional number of end-devices which use data models different than TR-135. Special attention will be given to testing and



optimizing the module for IoT networks consisting of different home appliances. Also a C&M module for Smart Sensors with an adapted data model will be put to the test.

#### ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia under the project 44009, year 2011.

#### REFERENCES

- [1] N. Kuzmanovic, T. Maruna, M. Savic, G. Miljkovic, D. Isailovic, "Google's android as an application environment for DTV decoder system", ISCE Braunschweig, 2010. pp. 1-2
- [2] M. Vidakovic, N. Kuzmanovic, M. Savic, V. Mihic, "Java implementation of DTV services on the Android platform", pp. 1-3, ICCE Berlin, 2012.
- [3] S. Jovanovic, M. Punt, M.Z. Bjelica, V. Zdravkovic, M. Kukolj, "Integration of communication services for Android-based set-top box applications", pp. 1620-1624, TELFOR, 2009.
- [4] M. Vidakovic, N. Teslic, T. Maruna, V. Mihic, "Android4TV: A proposition for integration of DTV in Android devices", ICCE Las Vegas, 2012.
- [5] Miao Yun, Bu Yuxin, "Research on the architecture and key technology of Internet of Things (IoT) applied on smart grid", International Conference on Advances in Electrical Engineering, China, 2010.
- [6] E. Tang, Fu Chen, Quanyin Zhu, "Environment Monitoring System Based on Internet of Things", Emerging Technologies for Information Systems, Computing, and Management Lecture Notes in Electrical Engineering Volume 236, 2013, pp. 125-132
- [7] Chi-Shan Yu, Jun-Zhe Yang, "Designing and Implementation of an Android-based Phasor Measurement Unit", Asia Power And Energy Systems, Thailand, 2013.

**PARALELNA IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA ODREĐIVANJE POLA KORISNIKA  
TWITTER-A NA HADOOP/MAHOUT PLATFORMI****PARALLEL IMPLEMENTATION OF TWITTER USERS' GENDER CLASSIFIER  
ON HADOOP/MAHOUT PLATFORM**

Miloš Lazić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je na osnovu analize srodnih istraživanja izabrano nekoliko metoda za određivanje pola korisnika Twitter-a. Zatim su opisani modeli koji su razvijeni na osnovu izabranih metoda. Ti modeli su evaluirani na javno dostupnim podacima. Najbolje rešenje je implementirano paralelno na Hadoop/Mahout platformi da bi moglo da obrađuje velike količine podataka.

**Abstract** – This paper reviews related work on gender detection of Twitter users. The review served as a basis for the development of several models of gender classifiers. Those models were evaluated on publicly available data. The best solution was implemented in parallel on Hadoop/Mahout platform in order to be able to process large quantities of data.

**Ključne reči:** Društvene mreže, Klasifikacija, Twitter, Hadoop.

**1. UVOD**

Po broju aktivnih korisnika, Twitter spada u vodeće predstavnike društvenih mreža. U današnje vreme postoji veliki interes za upotrebom društvenih mreža kako bi se pratile informacije koje bi poslužile odgovarajućim interesnim grupama u istraživanjima, reklamama, demografiji i radi mnogih društvenih razloga. Međutim, javljaju se ograničenja u dostupnosti podataka koje sama mreža nudi pa se moraju pronaći alternativna rešenja kako bi se došlo do željenih podataka. Primer takvog nedostatka na društvenoj mreži Twitter je nepostojanje opcije da korisnik unese informaciju o svom polu. Tema ovog rada je klasifikacija Twitter korisnika po polu na osnovu sadržine njihovih poruka posredstvom Hadoop/Mahout platforme. Hadoop platforma omogućuje paralelnu obradu velikog broja podataka na mašinama koje se nalaze u klasteru (grupi servera), koji su sinhronizovani. Mahout je dodatna podrška za Hadoop, a sadrži implementaciju popularnih algoritama za klasifikaciju i kategorizaciju.

**1.1. Twitter**

Twitter je društvena mreža koja omogućava svojim korisnicima da primaju i šalju kratke tekstualne poruke (tweets). Sa jednostavnim korisničkim interfejsom, i dužinom poruke koja je ograničena na 140 karaktera, Twitter je brzo postao popularan sistem za dobijanje informacija u realnom vremenu.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stevan Gostojić, docent.**

Korisnici Twitter-a imaju mogućnost da raspravljaju o raznim temama i da objavljuju novosti, viceve, događaje, svoje raspoloženje i slično. Twitter koristi relaciju između korisnika pratiti (*to follow*). Svaki korisnik može da prati šta objavljuju drugi korisnici Twitter-a. Ukoliko neki korisnik objavi poruku, svi njegovi pratioci biće o njoj automatski obavesteni pod uslovom da je taj korisnik podesio da njegov profil bude javno vidljiv (*public*).

Twitter nudi *Application Programming Interface* (API) za pristup podacima koji koristi *Representational State Transfer* (REST) arhitekturu. Na ovaj način je omogućen programski pristup različitim podacima kao što su podaci o korisniku, vremenska linija korisnika (*timeline*), objavljene poruke, itd. U istraživanju opisanom u ovom radu je korišćena Twitter4J Java biblioteka namenjena pristupu Twitter API-u.

**1.2. Hadoop**

Hadoop [1] je platforma koja omogućava distribuirano skladištenje i izračunavanje. Bitne osobine Hadoop platforme su deljenje i paralelna obrada velikog skupa podataka. Skladištenje podataka vrši platforma pod nazivom HDFS (*Hadoop Distributed File System*) [2], dok MapReduce platforma [3] izvršava računске operacije.

HDFS omogućava korisniku da podatke organizuje u formi fajlova i foldera. HDFS je optimizovan za rad sa velikim skupom podataka. Skalabilnost i dostupnost su ključne osobine HDFS, što je postignuto zahvaljujući replikaciji podataka iz koje proističe tolerancija na greške. Uobičajena veličina bloka koju koristi HDFS je 64MB, mada je moguće ovu vrednost i povećati (najčešće na 128MB).

MapReduce je serijsko-bazirani (nema primenu u realnom vremenu) distribuirani obrazac za izračunavanje. On omogućava paralelizaciju procesa obrade velike količine podataka. Aplikacije koje rade po MapReduce obrascu implementiraju *Mapper* i *Reducer* interfejse odnosno *map* i *reduce* metode u kojima smeštaju svoju programsku logiku. One obrađuju podatke predstavljenje u obliku uređenih parova ključ-vrednost. Klasa *Mapper* vrši mapiranje ulaznih parova ključ-vrednost na posredni skup parova ključ-vrednost koji ne moraju da budu istog tipa kao i ulazne vrednosti. Ulazni par može da se mapira na nula ili više izlaznih parova koji su sortirani i podeljeni za svaki reducer.

Broj mapera je obično određen ukupnom veličinom ulaznih fajlova, odnosno zavisi od ukupnog broja blokova ulaznih dokumenata.

*Reducer* klasa umanjuje posredni skup vrednosti koje dele isti ključ na manji skup vrednosti. *Reducer* ima tri faze:

*shuffle, sort i reduce*. Broj *reducer*-a za svaki zadatak se podešava prilikom konfiguracije zadatka ili podešavanjem konfiguracionog fajla.

Pored svega korisnog što poseduju HDFS i MapReduce, oni imaju i neke mane. Slabosti HDFS su neefikasnost za rad sa malim fajlovima i nedostatak kompresije za prenos podataka preko mreže. Nedostatak MapReduce-a se ogleda i u tome što nema podršku za slučajeve u kojima je potrebna obrada podataka u realnom vremenu.

Neophodni programi za korišćenje Hadoop-a za Linux i za Windows operativne sisteme su Java i SSH (*Secure Shell*). U ovom radu korišćena verzija Hadoop-a je 1.2.1. Mahout [4] je *open source* biblioteka namenjena je mašinskom učenju. On se koristi za potrebe klasifikacije, kategorizacije i mehanizma preporuke. Mahout poseduje algoritme čije su implementacije zasnovane na MapReduce obrascu. U ovom radu korišćena verzija Mahout-a je 0.8.

## 2. MODEL KLASIFIKATORA

### 2.1 Pregled metoda klasifikacije

Klasifikacija je jedan od najčešćih zadatak mašinskog učenja, i predstavlja problem razvrstavanja nepoznate instance u jednu od unapred ponuđenih kategorija – klasa.

U procesu obučavanja klasifikacioni algoritmi uče pomoću podataka (obučavajući skup) sa unapred poznatim klasama koje označava čovek (ekspert). Rezultat procesa obučavanja je model. Model predstavlja funkciju koja određuje pripadnost novih podataka definisanim klasama.

Kvalitet klasifikatora se meri na test skupu. To je skup podataka koji nije korišćen u procesu obuke modela, a prosleđuje se prethodno kreiranom modelu bez informacija o klasi, koja je inače poznata.

Određivanje kvaliteta modela se bazira na broju ispravno, odnosno pogrešno predviđenih pripadnosti instanci određenim kategorijama i najčešće se predstavlja matricom konfuzije.

Pomoću matrice konfuzije može se proceniti kvalitet modela na osnovu parametara koje pomoću nje dobijamo: tačnost (*accuracy*), preciznost (*precision*), odziv (*recall*) i stopa greške (*classification error*). Najčešća metrika – tačnost (*accuracy*), koja predstavlja globalnu meru performansi klasifikatora bez obzira koliko klasa ima, izračunava se kao količnik ukupnog broja tačno predviđenih instanci i ukupnog broja instanci.

Pre početka klasifikacije potrebno je tekstualne dokumente prebaciti u oblik pogodan za računanje.

Svaki dokument se reprezentuje kao vektor u  $n$ -dimenzionalnom vektorskom prostoru. Broj dimenzija  $n$  se definiše kao broj različitih reči u celom skupu uzoraka (dokumenata). Na taj način se kreira matrica dokument-reč, čije dimenzije odgovaraju proizvodu broja dokumenata i broja reči u celom skupu uzoraka. Svaki element matrice predstavlja težinu reči  $a_{ij}$ , gde je  $a_{ij}$  težina reči  $i$  u dokumentu  $j$ . Postoji više načina za izračunavanje te težine:

1. najjednostavnija metoda prikazivanja težina je binarna metoda:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{ako se reč nije pojavila u dokumentu} \\ 1, & \text{ako se reč pojavila u dokumentu} \end{cases}$$

2. težina predstavlja broj pojavljivanja reči  $i$  u nekom dokumentu  $j$  (*token frequency TF*):

$$a_{ij} = f_{ij}$$

3. *tf-idf* metoda određivanja težina (*Term frequency - inverse document frequency*)

$$a_{ij} = tfidf(a_{ij}) = f_{ij} \times \log\left(\frac{N}{n_i}\right)$$

gde je  $N$  - broj dokumenata,  $n_i$  broj dokumenata u kojima se reč  $i$  pojavljuje barem jedanput.

Postoji širok spektar algoritama koji su dizajnirani za klasifikaciju teksta. Neki od najčešće korišćenih su Naive Bayes, SVM, neuronske mreže, K-NN i drugi.

Bayesov klasifikator je zasnovan na Bayesovoj teoremi. Bayesova teorema omogućuje odabir najverovatnije hipoteze iz skupa hipoteza  $H$  na osnovu skupa za učenje  $D$ , a uz uticaj predodređenih verovatnoća svake od ponuđenih hipoteza u skupu  $H$ . Da bi se preciznije objasnila Bayesova teorema, potrebno je definisati sledeće vrednosti:

**$P(h)$**  - početna verovatnoća hipoteze  $h$ . Ova verovatnoća omogućava da se prikaže početno znanje o verovatnoćama različitih hipoteza. Ukoliko takvo znanje ne postoji, može se svim hipotezama dodeliti jednaka početna verovatnoća.

**$P(D)$**  - početna verovatnoća pojavljivanja instance  $D$ . Verovatnoća govori koja je verovatnoća pojavljivanja  $D$  bez obzira na to koja je hipoteza ispravna.

**$P(D|h)$**  - uslovna verovatnoća pojavljivanja  $D$  uz uslov ispravnosti hipoteze  $h$ .

**$P(h|D)$**  - uslovna verovatnoća ispravnosti hipoteze  $h$  nakon pojavljivanja instance  $D$ . Ovo je verovatnoća koja omogućava procenu ispravnosti hipoteza nakon promatranja pojave novih instanci  $D$ .

Bayesova teorema omogućuje da se izračuna  $P(h|D)$  preko izraza:

$$P(h | D) = \frac{P(D | h)P(h)}{P(D)}$$

Za dati skup osobina, on izračunava verovatnoću da jedna instanca pripada nekoj od klasa, nakon čega se instanci dodeljuje oznaka klase sa najvećom verovatnoćom.

Naive Bayes klasifikator predstavlja veoma brz klasifikator, pogodan za klasifikaciju jer ima male zahteve što se tiče upotrebe memorije, a nekada je uspešniji i od mnogih složenijih pristupa.

### 2.2 RapidMiner

RapidMiner je softverski paket koji nudi integrisano programsko okruženje za potrebe mašinskog učenja, pretraživanja teksta, prediktivne i poslovne analize. On daje podršku u svim koracima pretraživanja podataka uključujući vizualizaciju, validaciju i optimizaciju.

### 2.3. Evaluacija različitih modela

U cilju odabira najboljeg modela, neophodno je testirati postojeće postupke preprocesiranja podataka i klasifikacione algoritme. Korišćenjem paketa RapidMiner, oni su testirani na manjem skupu podataka. Klasifikator koji je dao najbolje rezultate kasnije je implementiran na Hadoop/Mahout platformi. Prilikom evaluacije različitih modela klasifikatora (SVM i Naive Bayes) najbolje rezultate je dao Naive Bayes klasifikator. U tom procesu su se pored navedenog algoritma koristile

osobine  $n$ -grama ( $n=2$ ), za mehanizam kreiranja vektora reči se koristio  $TF$  dok se za način deljenja reči u tekstu koristio regularni izraz  $\backslash b$  (prelazi između alfanumeričkih i nealfanumeričkih karaktera). Dobijena je tačnost klasifikatora od 76,17%. Navedeni postupak je prihvaćen kao model implementacije na Hadoop/Mahout platformi.

### 3. IMPLEMENTACIJA

Korišćene tehnologije u izradi ovog master rada su zasnovane na Twitter API-ju i Hadoop [1] / Mahout [2] platformi.

#### 3.1 Prikupljanje poruka

U ovom radu su prikupljane poruke Twitter korisnika koje su pisane na engleskom jeziku, filtrirane tako da u obzir nisu uzimane one poruke koje su bile kraće od 40 karaktera. Pre finalnog upisa fajla izvršeno je filtriranje poruka, gde su iz teksta izbačeni linkovi, kao i reči koje počinju sa @ i #. Pored njih, izbačeni su i sledeći karakteri: zarez, tačka, upitnik, uzvičnik, donja crta, kao i višestruki razmaci.

Ovim postupkom skupljeno je 6000 korisnika Twitter-a čiji pol je poznat. Za svakog korisnika, preuzeta je sto jedna poruka, a one su bile spremljene u jedan tekstualni dokument, čiji bi naziv odgovarao identifikatoru autora poruka. Za proces obučavanja klasifikatora korišćene su poruke 4000 korisnika (2000 ženskih i isto toliko muških). Za proces testiranja klasifikatora korišćene su poruke 2000 korisnika (1000 ženskih i isto toliko muških).

Ovaj skup poruka korisnika po veličini zauzeća fizičke memorije nije bio dovoljno velik (manji od 64MB) da bi se proces klasifikacije mogao odvijati na Hadoop klasteru, usled čega je bilo neophodno prikupiti poruke Twitter korisnika koji nemaju poznat pol i nad njima izvršiti klasifikaciju u cilju testiranja performansi Hadoop-a.

Ukupna veličina spremljenih poruka neobebeženih korisnika Twitter-a iznosila je oko 470MB, što je bilo dovoljno da se MapReduce proces aktivira na Hadoop klasteru od šest računara.

U ovom radu korišćen je klaster od šest računara sa sledećim karakteristikama:

- korišćen je operativni sistem GNU/Linux (kernel 2.6.35.13).
- veličina RAM memorije iznosila je 2.9GB po računaru
- broj procesora po računaru bio je dva, sa taktom od 2.93GHz.

#### 3.2 Implementacija klasifikacije na Hadoop platformi

Za potrebe rada Hadoop-a na klasteru računara, neophodno je da se Hadoop instalira na svim računarima, dok je Mahout dovoljno instalirati samo na master čvoru. Pre pokretanja Hadoop-a neophodno je obezbediti SSH komunikaciju računara u klasteru. Konfiguracija Hadoop-a u klasterskom režimu rada zahteva promenu konfiguracije pet fajlova: *conf/core-site.xml*, *conf/hdfs-site.xml*, *conf/mapred-site.xml*, *conf/master* i *conf/slave*. Hadoop je konfigurisan tako da svaki čvor unutar klastera paralelno izvršava maksimalno jedan *map* i jedan *reduce* proces da bi se dobili verodostojni rezultati merenja vremena izvršavanja.

Pored raznog skupa komandi koje Mahout poseduje, neke od njih nisu bile dovoljno specifične za potrebe ovog

rada. Iz tog razloga bilo je neophodno pristupiti postupku implementacije dodatnih programa.

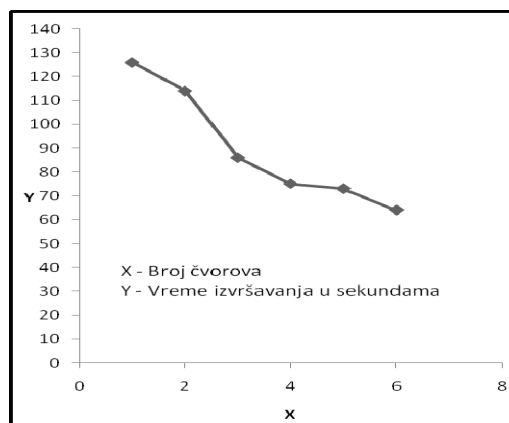
Prilikom rada sa malim fajlovima (fajlovi čija veličina ne prelazi više od uobičajene veličine bloka HDFS-a), kod Hadoop-a se javlja problem potrošnje memorije, što je predstavljalo problem i u ovom radu. Da bi se rešio taj problem, Hadoop koristi poseban format fajlova - *sequence file format*. *Sequence* fajl predstavlja kontejner za smeštanje malih fajlova, a njegov format zapisa je u obliku *<ključ, vrednost>*.

Sam proces obučavanja kao i testiranja klasifikatora je rađen pomoću Mahout frejmworka kao i ručno implementiranih programa pri čemu se taj proces dešavao samo na jednom računaru, a kao razlog tome je bila nedovoljna količina podataka.

#### 3.3. Performanse klasifikacije na Hadoop klasteru

U ovom delu rada opisane su performanse klasifikacije na Hadoop klasteru. Ovde je najviše pažnje posvećeno uporednom poređenju brzine izvršavanja klasifikacije, za slučajeve kada se klasifikacija odvija na jednom do šest čvorova.

U prvom slučaju izvršena je klasifikacija neobebeženih podataka čija je veličina iznosila oko 470MB. Ovde je korišćen princip da se rezultat klasifikacije smesti u jedan dokument, usled čega je broj *reducera* podešen na jedan. Od značajnih osobina, najviše se izdvaja vrednost utrošenog vremena za slučajeve različitog broja angažovanih čvorova unutar klastera. Ove vrednosti nisu u linearnoj zavisnosti, kao što je prikazano na slici 1.

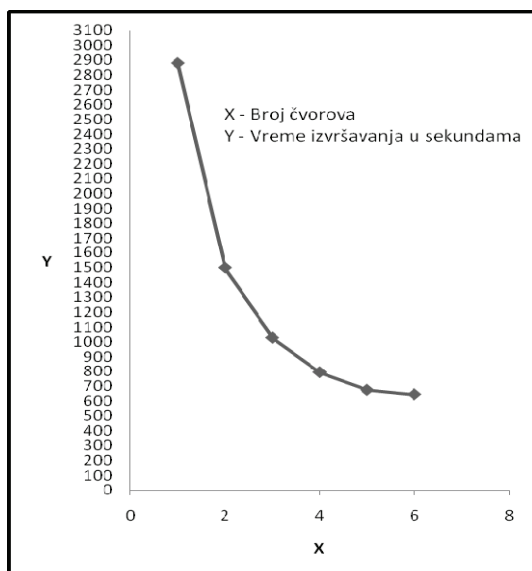


Slika 1. Vremena izvršavanja klasifikacije na Hadoop klasteru (1. postupak)

Razlog tome leži u činjenici da ova količina podataka nije dovoljna za postizanje optimalnog nivoa paralelizma, što se može obrazložiti sledećim pokušajem klasifikacije sa većom količinom podataka, pri čemu je veličina podataka za klasifikaciju iznosila 5.5GB. Za taj drugi slučaj broj *reducer-a* je određen brojem aktivnih čvorova (po preporučenoj praksi).

Prekomernim povećanjem broja *reducer-a*, povećava se vreme izvršavanja postupka obrade. Kao i u prethodnim rezultatima, i ovde se može videti da se povećanjem broja čvorova unutar klastera, dolazi do smanjenja vremena za proces klasifikacije.

Uporedni prikaz ovih vremenskih odrednica za klaster od šest čvorova je dat na slici 2. Sa slike 2 se uočava da bi optimalni broj čvorova za obradu korišćenjem ove količine podataka bio četiri.



Slika 2. Vremena izvršavanja klasifikacije na Hadoop klasteru (2. postupak)

#### 4. ZAKLJUČAK

Po broju aktivnih korisnika, Twitter spada u najveće društvene mreže današnjice. Postoje mnogi razlozi za prikupljanje informacija o njegovim korisnicima. Neki od tih razloga su marketing, demografska istraživanja, politička istraživanja, ekonomska istraživanja i drugi. Twitter API može da posluži za dobavljanje mnogih informacija o svojim korisnicima. Međutim, neke informacije nisu eksplicitno dostupne. Usled toga, razvile su se posebne tehnike za implicitno dobavljanje potrebnih informacija.

Jedno od ograničenja Twitter API-ja, koje je i tema ovog rada, je nepostojanje informacije o polu korisnika. Postoji više istraživanja na ovu temu i u njima su postignuti različiti rezultati. U njima su opisane različite osobine i algoritmi koji se mogu koristiti za određivanje pola korisnika.

U istraživanju opisanom u ovom radu izabran je Naive Bayes klasifikator. Za prikupljanje poruka korisnika Twitter-a napisan je poseban Java program koji koristi Twitter4J biblioteku za pristup Twitter servisu. Za postupak klasifikacije korišćen je Hadoop frejmwork uz oslonac na Mahout biblioteku koja poseduje ugrađeni Naive Bayes klasifikator napisan u skladu sa *map/reduce* obrascom.

Preuzete su poruke 6000 korisnika čiji pol je poznat. Klasifikator je dao tačnost koja je uporediva sa rezultatima ostalih klasifikatora koji su koristili samo sadržaj poruka. U radu je korišćen Hadoop klaster od šest računara. Usled nepostojanja dovoljne količine anotiranih podataka, za analizu performansi Hadoop klastera bilo je potrebno preuzeti veliki broj poruka korisnika čiji pol nije poznat.

Utvrđeno je da sa povećanjem broja računara unutar klastera dolazi do nelinearnog smanjenja vremena potrebnog za klasifikaciju korisnika (u slučaju kada veličina podataka postane nedovoljna za Hadoop klaster).

Neki od mogućih pravaca daljeg razvoja su povećanje obučavajućeg skupa podataka i uključivanje drugih atributa korisnika (poput punog imena korisnika, korisničkog imena, boje pozadine, biografije, itd.) u proces klasifikacije da bi se dobila veća tačnost klasifikatora.

Osim navedenih atributa, moguće je iskoristiti osobine društvene mreže (kao društvene strukture) gde bi se iskoristili uticajni korisnici koji imaju jedinstven tip pratilaca.

#### 5. LITERATURA

- [1] A. Holmes, "Hadoop in Practice", Manning Publications, ISBN-13: 978-1617290237 Shelter Island, 2012.
- [2] Hadoop HDFS  
[http://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs\\_design.html](http://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_design.html)
- [3] Hadoop MapReduce

[https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/mapred\\_tutorial.html](https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/mapred_tutorial.html)

- [4] S. Owen, R. Anil, T. Dunning, E. Friedman, "Mahout in action", Manning Publications, ISBN-10: 1935182684, 2011.

#### Kratka biografija:



**Miloš Lazić** rođen je u Kninu 1990. god. Fakultet tehničkih nauka je upisao 2008. god. Diplomirao je 2012. god. na usmerenju primenjene računarske nauke i informatika.



**PRORAČUN TOKOVA SNAGA U ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA  
PRIMENOM MATRIČNOG PRISTUPA****LOAD FLOW CALCULATION IN DISTRIBUTION NETWORKS  
BASED ON MATRIX APPROACH**

Marko Obrenić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu je razmatran problem proračuna nesimetričnih tokova snaga u distributivnim mrežama primenom matričnog pristupa. Matematički model za rešavanje problema proračuna razvijen je u programskom jeziku Fortran. Njegova verifikacija za različite tipove potrošača, eksitacije napona i tipove mreža izvršena je na primeru jednostavne test mreže. Izvršena je uporedna analiza rezultata primenom dva algoritma proračuna tokova snaga sa matričnim pristupom.

**Abstract** – In this paper non symmetric Load Flow calculation with matrix-based approach in distribution systems is analyzed. Mathematical model for solving the problem is described. Verification of mathematical model is done with simulation in Fortran programming language for different types of a consumers, excitation voltage and types of networks. Comparative analysis of the results using two Load Flow algorithms based on matrix approach are described.

**Ključne reči:** Tokovi snaga, naponi, struje, matrice, distributivne mreže.

**1. UVOD**

Proračun tokova snaga (TS) jeste jedan od bazičnih proračuna u elektroenergetici. Kao rezultat daje veličine koje upotpunjuju veličine potrebne i dovoljne za jednoznačan opis režima elektroenergetskog sistema (EES).

Režim EES, pored statusa rasklopne opreme i podešenja regulatora regulacionih resursa, karakteriše bilans snaga (aktivnih i reaktivnih) koji u svakom trenutku treba da je zadovoljen, što predstavlja glavni motiv za unapređenje i razvoj proračuna tokova snaga [1].

Prirode prenosnih i distributivnih mreža [2] zahtevaju različit tretman u proračunu TS [3].

Prenosne, trofazne, uglavnom uravnotežene mreže sa uglavnom simetričnim električnim veličinama direktnog redosleda sa jedne strane olakšavaju proračun, dok sa druge strane upetljanost prenosnih mreža otežava proračun kroz opis režima simultanim jednačinama. Distributivne mreže (DM) svojim radijalnim pogonom daju mogućnost dekaplovanja mreže na više delova (izvoda) koji se mogu posmatrati kao poseban sistem.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Goran Švenda, red.prof.

U proračunu TS takve mreže daju veću pouzdanost proračunu vršeći ga nezavisno po svakom izvodu.

Velika dimenzionalnost DM predstavlja problem u realizaciji proračuna. Sama priroda mreže koja je uslovlila podelu na prenosne i distributivne uslovlila je i različit tretman u proračunu TS.

**2. MATEMATIČKI MODEL**

Proračun TS je proračun u izabranom stacionarnom stanju. Mogu se napisati linearne relacije bilansa struja metodom potencijala čvorova [4], odakle se matričnim transformacijama prelazi u nelinearan oblik jednačina bilansa snaga. Prelazak u nelinearan oblik je zbog prirode proračuna, tj. zbog poznatih snaga (aktivnih i reaktivnih) generatora i potrošača. Jednačine za proračun su realne, algebarske (opisuju jedno stanje a ne dinamiku stanja mreže), nelinearne i simultane (zbog upetljanosti mreže jednačine ne mogu da se rešavaju zasebno).

DM zbog svojih osobina radijalnosti, velikog broja čvorova, izražene nesimetrije režimskih veličina kao i pojave savremenih distributivnih generatora malih nominalnih snaga zahtevaju poseban pristup u proračunu stacionarnog režima [5,6,7]. Proračun tokova snaga DM zasniva se na poznatom naponu korena i poznatoj specifikiranoj snazi potrošnje potrošača [3]. Koren DM se smatra balansnim čvorom (poznat moduo i fazni stav napona), ostali čvorovi su potrošački (poznata aktivna i reaktivna injektirana snaga) ili čvorovi u kojima su priključeni distributivni generatori (poznat moduo napona i injektirana aktivna snaga).

U radu su predstavljena dva metoda za proračun nesimetričnih tokova snaga primenom matričnog pristupa:

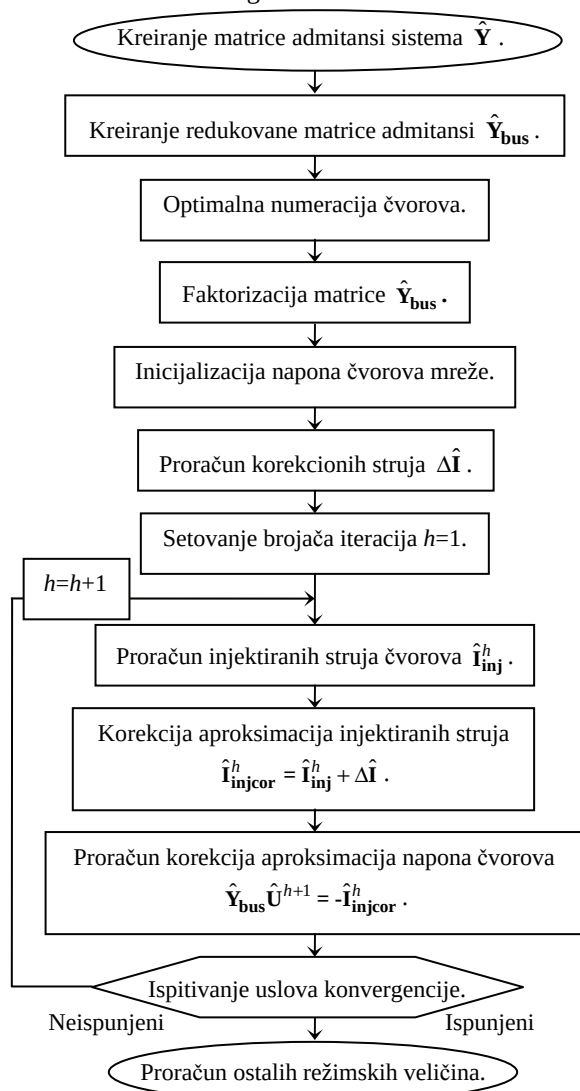
- Z-bus Gauss-ov implicitni metod [8] i
- metod injektiranih struja (*Current Injection method – CI*) [3].

Obe metode mogu da se primene u prenosnoj (upetljanoj) i distributivnoj (radijalnoj ili slaboupetljanoj) mreži. Primenom metode potencijala čvorova [9] mreža se može opisati relacijom  $\hat{Y} \cdot \hat{U} = \hat{I}$ . Nad takvim modelom mreže mogu se primeniti matrični algoritmi prikazani na slikama 1 i 2. Priroda proračuna primenom oba algoritma je slična pošto se matematički baziraju na rešavanju sličnih sistema jednačina, pri čemu se, električki gledano, u jednom slučaju koriguju naponi čvorova, a u drugom injektirane struje.

**3. VERIFIKACIJA MATEMATIČKOG MODELA**

Numerička verifikacija proračuna tokova snaga u DM izvršena je u programskom jeziku Fortran. Proračun je

realizovan na radijalnoj i slaboupetljanoj DM koja je uravnotežena. Pritom izvršen je proračun simetričnih i nesimetričnih tokova snaga.



Slika 1 – Algoritam proračuna tokova snaga primenom implicitnog Z-bus postupka

### 3.1 Test mreža

Mreža korišćena za proračun tokova snaga sastoji se od napojnog transformatora i tri izvoda. Mreža je uravnotežena, trofazna, sa monofaznim potrošačima. Sekcije mreže imaju iste parametre i dužine. Dužine sekcija su 0.3 km, a pogonski parametri sekcija su:

$$r^d = r^i = 0.579 [\Omega/\text{km}]; \quad r^o = 1.783 [\Omega/\text{km}];$$

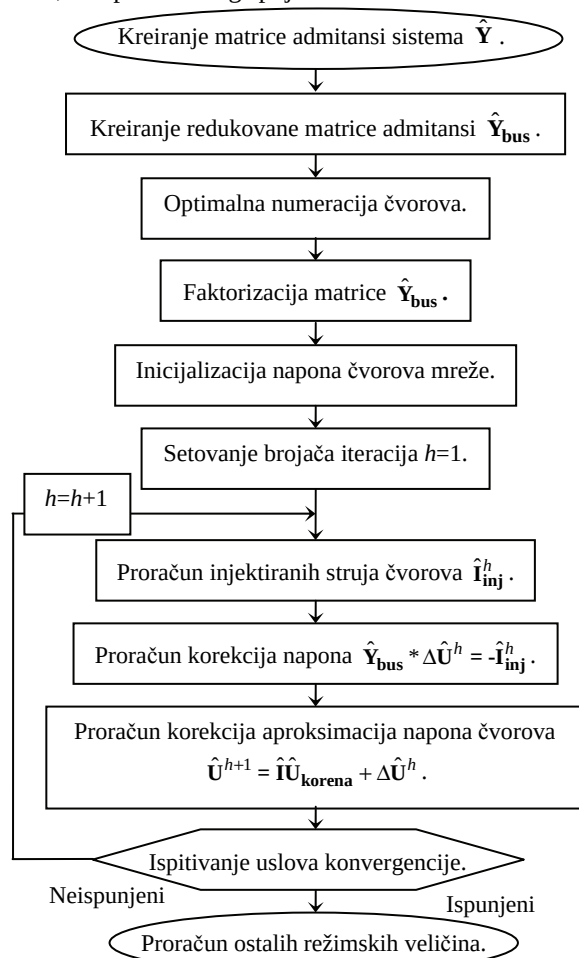
$$x^d = x^i = 0.944 [\Omega/\text{km}]; \quad x^o = 1.783 [\Omega/\text{km}];$$

$$g^d = g^i = g^o = 0.0 [\mu\text{S}/\text{km}];$$

$$b^d = b^i = b^o = 60.826 [\mu\text{S}/\text{km}];$$

Napojni trofazni transformator VN/SN ima mogućnost regulacije pod opterećenjem sa 5 regulacionih otepa (usvojena je srednja pozicija – 3) i promenom napona po otepu 0.625%. Nominalna prividna snaga transformatora je 44.8 MVA, a napon kratkog spoja 9.44%. Regulacioni monofazni transformatori, sa regulacijom pod opterećenjem, imaju 33 regulaciona otepa (usvojena je srednja pozicija – 17) i promenu napona po otepu 0.625%.

Nominalna prividna snaga regulacionih transformatora je 5MVA, a napon kratkog spoja 2.1%.



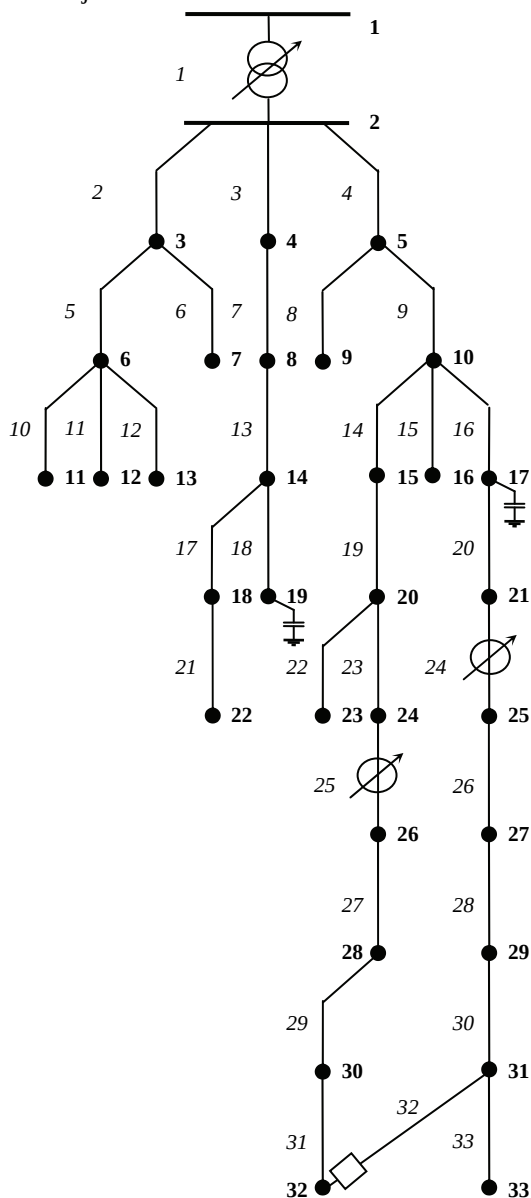
Slika 2 – Algoritam proračuna tokova snaga primenom metode injektiranih struja

U izvodu koji sadrži regulacione transformatore nalaze se i monofazne kondenzatorske baterije sa mogućnošću uključenja i isključenja. Reaktivna snaga baterija je 300 kVAr. Potrošači su modelovani kao kombinacija potrošnje nezavisne, linearno i kvadratno zavisne od napona, što je određeno koeficijentima učešća tj. zavisnosti potrošnje potrošača od napona. Potrošnja potrošača po fazi u proračunu simetričnih tokova snaga je (300–j40) kVA, a u nesimetričnim (300–j40) kVA, (200–j30) kVA i (100–j20) kVA, sa definisanim kompleksnom snagom  $\hat{S} = P - jQ = \hat{U}^* \hat{I}$ . Na slici 3 prikazana je radijalna DM nad kojom je vršen proračun. Proračun je vršen u faznom domenu sa normalizovanim vrednostima parametara mreže i režimskih veličina tako da je eliminisan idealni odnos transformacije napojnog transformatora.

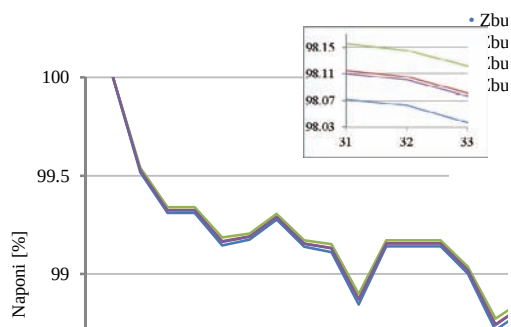
### 3.2 Proračun simetričnih tokova snaga

Proračun simetričnih tokova snaga vršen je sa tretmanom potrošača konstantnom snagom (S), modulom struje i faktora snage (I), impedansom (Z) i kombinacijom tri osnovna tipa potrošnje (SIZ) izborom koeficijenata:  $k_{spx}=0.3$ ,  $k_{ipx}=0.5$ ,  $k_{zpx}=0.2$ ,  $k_{sqx}=0.3$ ,  $k_{iqx}=0.5$ ,  $k_{zqx}=0.2$ . Proračun je vršen na radijalnoj DM (sekcija 32 je zanemarena). Na slici 4 je dat uporedni prikaz napona čvorova faze A (u ostalim fazama su pomereni za  $2\pi/3$  i

$4\pi/3$ ) sa uvažavanjem tri osnovna modela potrošača i kombinacije ta tri osnovna modela.



Slika 3 – Distributivna mreža

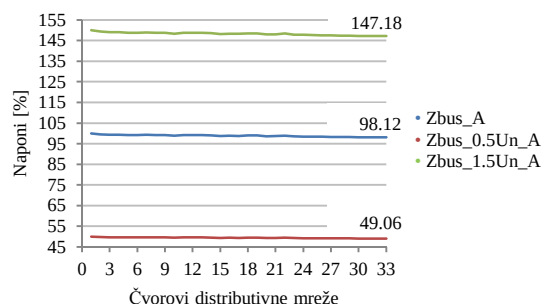


Slika 4 – Uporedni prikaz napona čvorova faze A

Oznake na slici su: Zbus – Z-bus metod proračuna tokova snaga; S, I, Z, SIZ – model potrošača; A – faza. Na uporednom prikazu napona čvorova može se uočiti malo odstupanje (manje od 0.1%) što je posledica različitog tretmana potrošača. Sa opadanjem napona, na potrošačima modelovanim konstantnom snagom raste struja a time i padovi napona, na potrošačima

modelovanim konstantnim modulom struje i faktora snage ne raste struja a na potrošačima modelovanim konstantnom impedansom struja opada, što je razlog odstupanja napona. Na dijagramu se može uočiti da su naponi u slučaju potrošača modelovanih kombinacijom tri tipa potrošnje najbliži naponima dobijenim proračunom sa potrošačima modelovanim konstantnim modulom struje i faktora snage. Ovakvi rezultati su posledica izbora koeficijenta zavisnosti potrošnje od napona tj. izabrani su koeficijenti tako da se potrošač dominantno ponaša kao potrošač konstantnog modula struje i faktora snage. Proračun sa potrošačima modelovanim konstantnim modulom struje i faktora snage i kombinacijom modela potrošača konvergirao je u 4, a modelovanim konstantnom snagom i impedansom u 5 iteracija.

Na slici 5 je dat uporedni prikaz napona čvorova faze A za nominalnu vrednost napona u korenu DM, povišenu i sniženu za 50% nominalne vrednosti. Potrošači su modelovani kao konstantna impedansa. Proračun je konvergirao u 5 iteracija u sva tri slučaja.



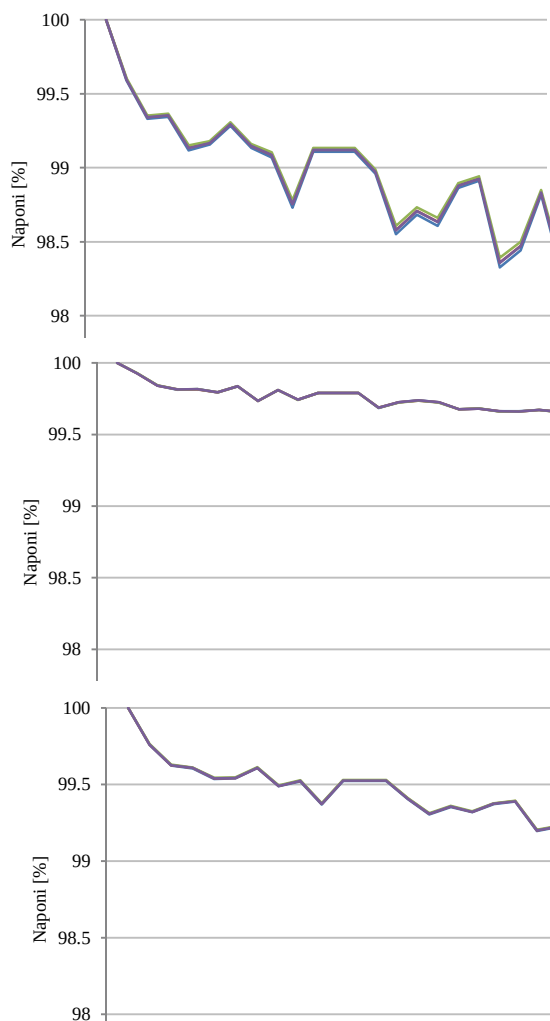
Slika 5 – Naponi čvorova faze A sa različitim eksitacijama napona korena mreže

Oznake na slici su: Zbus – Z-bus metod proračuna tokova snaga; 0.5Un – 50% niži napon korena (crveni naponski profil); 1.5Un – 50% viši napon korena (zeleni naponski profil); A – faza. Može se uočiti da se povišenjem vrednosti napona u korenu DM povećavaju vrednosti struja i padova napona. Iz ovoga se može zaključiti da su rezultati proračuna korektni i za velike promene napona, što se dešava u stanjima sistema sa kvarom.

### 3.3 Proračun nesimetričnih tokova snaga

Kod proračuna nesimetričnih tokova snaga u upetljanoj DM (normalno otvoren prekidač na sekciji 32 je zatvoren) proračun je vršen sa tretmanom potrošača kao u proračunu simetričnih TS ali sa nesimetričnom potrošnjom. Na slici 6 je dat uporedni prikaz napona čvorova po fazama za opisana četiri načina modelovanja potrošača. Oznake na slici su: CI – CI metod proračuna tokova snaga; S, I, Z, SIZ – model potrošača; A, B, C – faze. Upetljavanjem mreže pojavile su se cirkulacione struje koje kompenzuju razlike napona u petlji. Na dijagramima se mogu uočiti različiti naponi po fazama koji su posledica nesimetričnog opterećenja. Mogu se uočiti efekti proračuna sa različitim modelima potrošača u jednoj fazi opisani u proračunu simetričnih TS, čiji uticaj raste sa većim odstupanjem od napona korena. Proračun sa potrošačima modelovanim konstantnim modulom struje i faktorom snage (I) i kombinacijom modela potrošača (SIZ) konvergirao je u 4 iteracije, a sa potrošačima modelovanim konstantnom snagom (S) i

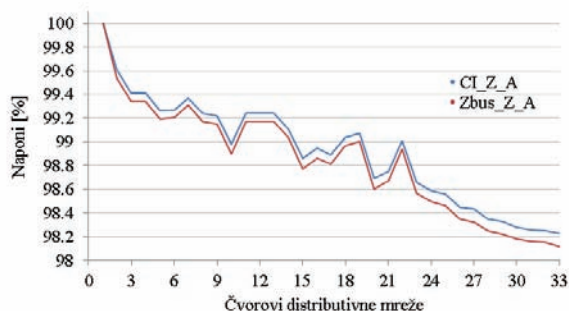
konstantnom impedansom (Z) u 5 iteracija.



Slika 6 – Uporedni prikaz napona čvorova po fazama

### 3.4 Uporedni prikaz rezultata proračuna

Zbog malih razlika proračuni ne bi trebalo da daju značajno različite rezultate, što je i potvrđeno u primerima. Na slici 7 je dat uporedni prikaz napona čvorova faze A radijalne DM izračunatih primenom matričnih postupaka (Z-bus i CI), pri čemu su potrošači modelovani konstantnom impedansom (Z) sa simetričnom potrošnjom. Može se uočiti odstupanje napona približno za 0.1%, što je prihvatljivo mala razlika. Oba postupka su konvergirala u istom broju iteracija. U proračunima sa svim tipovima potrošnje, mreža i režima odstupanje je oko 0.1%.



Slika 7 – Uporedni prikaz napona čvorova faze A

## 4. ZAKLJUČAK

U radu je izvršena analiza problema proračuna tokova snaga radijalne i slaboupetljane DM. Detaljno je obrađen problem proračuna simetričnih i nesimetričnih tokova snaga primenom iterativnih, matričnih metoda. U analizama rezultata proračuna uočeni su efekti koji potvrđuju adekvatno ponašanje režimskih veličina. Konvergencija proračuna je ostvarena u svim primerima. U uporednoj analizi rezultata proračuna primenom dva matrična postupka uočeno je minimalno odstupanje rezultata. Prednosti primene matričnih postupaka u specijalizovanim proračunima tokova snaga DM ogledaju se u robusnosti proračuna. Primena u radijalnim i slaboupetljivim mrežama ne zahteva izmene u algoritmima. Topološke promene se ogledaju u jednostavnoj promeni redukovane matrice admitansi sistema. Promena potrošnje se ogleda u jednostavnoj promeni injektiranih struja čvorova.

## 5. LITERATURA

- [1] W.H.Kersting: *Distribution System Modeling and Analysis*; Boca Raton, FL: CRC, 2002.
- [2] L.L.Grigsby: *Electric power generation, transmission, and distribution*; CRC, New York, 2007.
- [3] P.Vidović: *Nesimetrični tokovi snaga distributivnih mreža*, magistarska teza, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, novembar 2008.
- [4] V.C.Strezoski: *Analiza elektroenergetskih sistema*, skripta, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2011.
- [5] T.A.Short: *Electric Power Distribution Equipment and Systems*; CRC, New York, 2006.
- [6] G.X.Luo, A.Semlyen: *Efficient Load Flow for Large Weakly Meshed Networks*, *IEEE Trans. on PS*, Vol. 5, No. 4, pp. 1309-1316, November, 1990.
- [7] D.Rajičić, R.Taleski: *Two Novel Methods for Radial and Weakly Meshed Network Analysis*, *Electric Power Systems Research* 48, pp. 79-87, December, 1998.
- [8] T.H.Chen, M.S.Chen, K.J.Hwang, P.Kotas, E.A.Chebli: *Distribution system power flow analysis - A Rigid Approach*; *IEEE Trans. on PD*, Vol. 6, No. 3, pp. 1146-1152, July 1991.
- [9] G.Švenda: Predavanja iz predmeta: *Specijalizovani softveri u elektroenergetici*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013

### Kratka biografija:



**Marko Obrenić** rođen je u Beogradu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2014.god.

**JSP BIBLIOTEKA KOJA ENKAPSULIRA KENDO UI JQUERY BIBLIOTEKU****JSP CUSTOM TAGS WHICH ENCAPSULATE KENDO UI JQUERY LIBRARY**Ivan Stojić, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj:** Rad objašnjava i prikazuje upotrebu JSP tehnologije za kreiranje JSP biblioteke tagova koja enkapsulira Kendo UI biblioteku. Objasnjava i upotrebu REStEasy frameworka koji u potpunosti implementira Java API-a za kreiranje veb servisa prema JAX-RS specifikaciji. Implementacija je izvršena upotrebom programskog jezika Java u programskom okruženju Eclipse (verzija Kepler).

**Abstract:** This work explains and shows use of JSP technology for creating JSP library of tags that encapsulates Kendo UI library. It also explains use of REStEasy framework which implements Java API for creating web services according to JAX-RS specification. Implementations are implemented in programing environment Eclipse (version Kepler) on programing language Java.

**Ključne reči:** JSP tags, JSP custom tags, JSP library, Kendo UI, TagSupport, BodyTagSupport, REST, JAX-RS, REStEasy, jQuery.

**1. UVOD**

Razvoj interneta doveo je do usavršavanja postojećih tehnologija i stvaranja novih, koje su povećale produktivnost veb programera širom sveta. Ove tehnologije pružaju veb programerima mogućnost kreiranja vizuelno dopadljivih internet stranica veb sajtova koje svoj sadržaj mogu dinamički da generišu. Jedna od takvih tehnologija je JSP tehnologija.

JSP tehnologija omogućava veb programerima da kreiraju internet stranice upotrebom programskog jezika Java, čiji sadržaj se dinamički generiše, i koje su zasnovane na HTML, XML, ili drugom tipu dokumenta.

Pošto je ova tehnologija razvijena samo za potrebe generisanja sadržaja, a ne za njegovo stilizovanje, bilo je neophodno stvoriti poseban jezik čiji će zadatak biti opisivanje izgleda i formatiranje sadržaja internet stranica. Ovo je dovelo do stvaranja CSS jezika koji je za to zadužen.

Iako ove tehnologije nisu u potpunosti nove, može biti zaista teško raditi sa ovim modelom prilikom kreiranja vizuelno dopadljivih internet stranica, zbog velikog broja tehnologija i jezika koje se pri tome moraju koristiti. Bilo je neophodno stvoriti određene tehnologije i jezike koji će olakšati njihovu upotrebu.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Milan Vidaković.

Jedna od takvih tehnologija jeste jQuery biblioteka, koja predstavlja JavaScript biblioteku i koja je dizajnirana da pojednostavi pisanje HTML skriptova na klijentskoj strani [3].

Iako jQuery-i biblioteka skraćuje broj redova koda koji je potrebno napisati za izvršavanje određenih zadataka, razvijena je i Kendo UI biblioteka koja dodatno pojednostavljuje izvršavanje raznih zadataka i implementaciju UI komponenti, zasnovanih na standardnom skupu HTML tagova.

Enkapsulacija komponenti Kendo UI biblioteke je izvršena uz pomoć tehnologije koju nudi JSP. Ova tehnologija nudi mehanizam kreiranja JSP biblioteke koja se sastoji od custom tagova, koji proširuju standardni skup tagova JSP-a, i koji se mogu koristiti u JSP stranicama.

**2. VEB APLIKACIJA**

Veb aplikacija je dinamičko proširenje veb prezentacije. Ona omogućuje dinamičko kreiranje veb sadržaja. Postoje dve vrste veb aplikacija:

1. klasične zahtev/odgovor aplikacije i
2. AJAX bazirane aplikacije

Klasične zahtev/odgovor aplikacije generišu HTML kao dogovor na svaku akciju, a korisnik to vidi kao iznova učitanu stranicu.

Kod AJAX baziranih aplikacija JavaScript kod poziva serverske funkcije kroz HTTP protokol i na osnovu primljenog odgovora osvežava samo deo stranice, odnosno ne učitava se ponovo cela stranica.

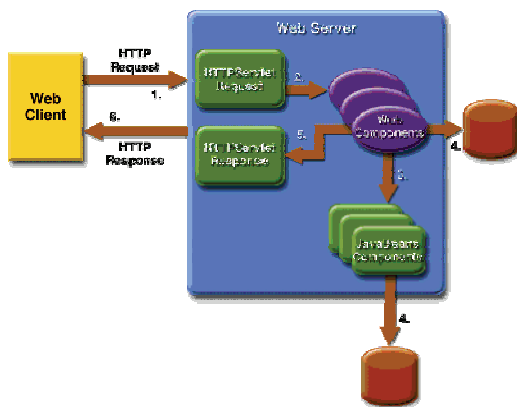
Programski jezik java poseduje standardizovanu podršku za razvoj veb aplikacija i to je deo JavaEE specifikacije.

Veb komponente Java EE specifikacije obezbeđuju sposobnost dinamičkog kreiranja veb sadržaja. Veb komponente su Java servleti, JSP stranice, ili veb krajnje tačke (eng. endpoints). Veb server koji implementira Java Servlet tehnologiju i JavaServer Pages tehnologiju konvertuje HTTP zahtev u HttpServletRequest objekat. Objekt se dostavlja kao veb komponenta, koja može da obavlja interakciju sa JavaBeans komponentom ili sa bazom podataka da bi generisala dinamički sadržaj.

Veb komponenta onda može da generiše HttpServletResponse odgovor ili da prosledi zahtev (eng. request) drugoj veb komponenti. Konačno veb komponenta generiše HttpServletResponse objekat. Veb server konvertuje ovaj objekat u HTTP odgovor (eng. HTTP Response) i vraća ga klijentu.

Servleti predstavljaju Java jezik za programiranje klasa koji dinamički obrađuje zahteve i konstruiše odgovore [1].



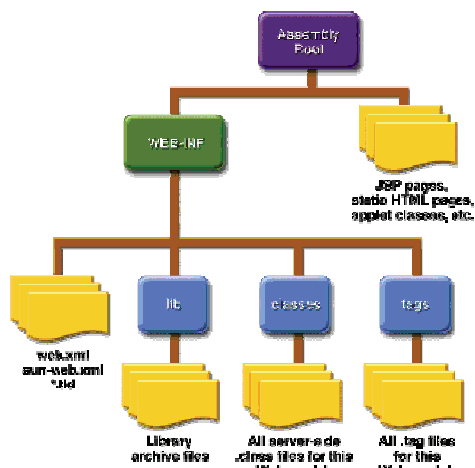


Slika 1. Ciklus obrade zahteva u Java veb aplikaciji

U J2EE arhitekturi, veb komponente i statički veb sadržaji kao što su slike se nazivaju veb resursima. Veb modul je najmanja upotrebljiva jedinica veb resursa. Direktorijum najvišeg nivoa veb modula je korenski dokument aplikacije. Korenski dokument je mesto gde se čuvaju: JSP stranice, klijentske klase, statički veb resursi. Korenski dokument sadrži poddirektorijum /WEB-INF/, koji sadrži sledeće direktorijume i fajlove:

1. *web.xml* fajl
2. TLD fajl (eng. Tag Library Descriptor)
3. direktorijum *classes*
4. direktorijum *tags*
5. direktorijum *lib*

Grafički prikaz ispravne strukture veb modula je dat u nastavku:



Slika 2. Struktura veb modula

Web fajl obezbeđuje informacije o razvoju i konfiguraciji veb komponenti koje uključuje veb aplikacija. Web fajl se mora nalaziti u WEB-INF direktorijumu veb aplikacije i mora imati ekstenziju \*.xml. U ovom fajlu se navodi relativna putanja lokacije na kojoj se nalazi TLD fajl (predstavlja JSP biblioteku *custom* tagova) i njegovo ime bez ekstenzije (ekstenzija fajla je \*.xml). Struktura *web.xml* fajla je data u nastavku:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<web-app xmlns="http://java.sun.com/xml/ns/javaee"
 xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
 xsi:schemaLocation="http://java.sun.com/xml/ns/javaee
 http://java.sun.com/xml/ns/javaee/web-app_3_0.xsd"
```

```
 id="WebApp_ID" version="3.0">
 <jsp-config>
 <taglib>
 <taglib-uri> customizedKendo </taglib-uri>
 <taglib-location>
 /WEB-INF/customizedKendo.tld
 </taglib-location>
 </taglib>
 </jsp-config>
 </web-app>
```

Listing 1. Struktura web fajla

TLD (eng. Tag Library Descriptor) predstavlja fajl koji opisuje *custom* tagove i njima odgovarajuće java klase [1]. Redosled elemenata u TLD fajlu je redosled koji je definisan u XSD šemi TLD-a fajla. XML parser ispaljuje izuzetak ako je pogrešan redosled TLD elemenata. Telo TLD fajla sadrži dodatne ugnježdene elemente u telu <taglib> ... </taglib> taga. Ovi ugnježdjeni elementi predstavljaju *custom* tagove. Tekst faj koji predstavlja TLD fajl mora da ima \*.tld ekstenziju, i da bude sačuvan u WEB-INF direktorijumu. Broj elemenata koji se mora definisati u ovom fajlu zavisi od verzije definicije dokumenta taglib-a. U nastavku je prikazana struktura TLD fajla sa najmanjim brojem elemenata, koji se moraju definisati prema specifikaciji verzije 1.2 DTD taglib-a, da bi se kreirao *custom* tag sa atributima koji se može koristiti u JSP stranici:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!DOCTYPE taglib PUBLIC "-//Sun Microsystems, Inc.//DTD JSP Tag
Library 1.2//EN"
"http://java.sun.com/j2ee/dtd/web-jspstaglibrary_1_2.dtd">

<taglib>
 <tlb-version>1.0 </tlb-version>
 <jsp-version>1.2</jsp-version>
 <short-name>bibliotekaCustomTagova</short-name>
 <tag>
 <name>editor</name>
 <tag-class>tags.TEditor</tag-class>
 <body-content>scriptless</body-content>
 <attribute>
 <name>id</name>
 <required>true</required>
 <rtexprvalue>>false</rtexprvalue>
 </attribute>
 </tag>
 ...
</taglib>
```

Listing 2. Struktura najjednostavnijeg TLD fajla

### 3. JSP CUSTOM TAGOVI

JSP tehnologija poseduje mehanizame za enkapsulaciju drugih tipova dinamičkih funkcionalnosti putem *custom* tagova, koji predstavljaju proširenje JSP jezika. JSP tag proširenja dozvoljavaju definisanje novih tagova koji se mogu koristiti u JSP stranici isto kao već postojeći. Kada JSP stranica sadrži *custom* tag ona se prevodi u servlet, a tag se kovertuje u operaciju nad objektom nazvanim tag handler. Veb kontejner poziva ovu operaciju kada servlet JSP stranice počne da se izvršava.

Paket *javax.servlet.jsp.tagext* predstavlja klase i interfejs koji služe za definisanje JavaServer Pages biblioteke *custom* tagova.

Deo ovog paketa je i klasa *BodyTagSupport*, koja nasleđuje *BodyTag* klasu, i koja predstavlja osnovnu

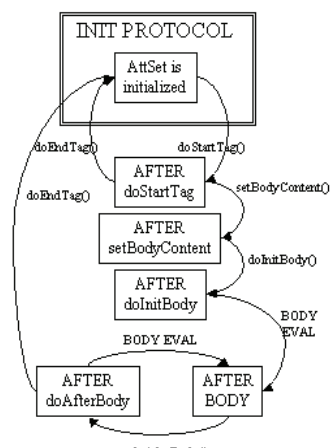
klasu, koja definiše tag hendlere (metode) *custom* tagova definisanih u JSP stranicama.

Metode klase *BodyTagSupport* su:

1. doAfterBody()
2. doEndTag()
3. doInitBody()
4. doStartTag()
5. getBodyContent()
6. getPreviousOut()
7. release()
8. setBodyContent()

Tabela 1. Spisak metoda *BodyTagSupport* klase

Prilikom rada sa klasom koja proširuje klasu *BodyTagSupport* veoma je važno razumeti redosled pozivanja i izvršavanja njenih metoda.



Slika 3. Redosled pozivanja metoda klase *BodyTagSupport*

Redosled pozivanja i izvršavanja metoda ove klase zavisi od povratnih vrednosti njenih metoda. Neke metode su tipa *void* i kao takve nemaju povratnu vrednost i ne utiču na redosled izvršavanja metoda.

Tip	Vrednost	Za
int	SKIP_BODY	doStartTag(), doAfterBody()
int	SKIP_PAGE	doEndTag()
int	EVAL_BODY_TAG	
int	EVAL_PAGE	doEndTag()
int	EVAL_BODY_AGAIN	
int	EVAL_BODY_INCLUDE	doStartTag()
int	EVAL_BODY_BUFFERED	

Tabela 2. Spisak povratnih vrednosti *BodyTagSupport* klase

U nastavku je dat primer kako treba da izgleda struktura klase koja opisuje *custom* tag koji predstavlja Kendo UI *edit* komponentu:

```
public class TEditor extends BodyTagSupport{
 private String id,style;
 public void setId(String id) {this.id = id;}
 public void setStyle(String style) {this.style = style;}
 public int doStartTag() throws JspException{
 JspWriter out = pageContext.getOut();
 try {
 out.println("<textarea id='"+id+"' style='"+style+"'>");
 } catch (IOException e) {
 e.printStackTrace();
 }
 }
}
```

```
}
return EVAL_BODY_INCLUDE;
}
public int doEndTag() throws JspException{
 TView tView=(TView)findAncestorWithClass
 (this,TView.class);

 MOEditor editors=tView.getEditors();
 editors.addEditor(new BEditor(id,style));
 tView.setEditors(editors);
 JspWriter out = pageContext.getOut();
 try {
 out.println("</textarea>");
 } catch (IOException e) {
 e.printStackTrace();
 }
 id=null;style=null;
 return SKIP_BODY;
}
}
```

Listing 3. Kreiranje klase koja opisuje *custom* tag

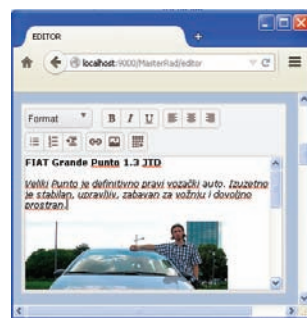
Klasa koja predstavlja tag koji je definisan u TLD fajlu mora da implementira setere za sve atribute koji su definisani u TLD fajlu za taj tag, da proširi *BodyTagSupport* klasu paketa *javax.servlet.jsp.tagext*, i da implementira odgovarajuće metode proširene klase. Seteri moraju da imaju isto ime kao i ime atributa u TLD fajlu. TLD fajl će ispaliti izuzetak za svaki atribut taga za koji ne može da pronade odgovarajući seter u klasi koja je navedena u TLD fajlu da predstavlja tag.

#### 4. KENDO UI

Današnji razvoj veb sajtova zahteva dobro poznavanje HTML5, JavaScripta i CSS. Iako ove tehnologije nisu u potpunosti nove, može biti zaista teško raditi sa ovim modelom prilikom kreiranja novih veb sajtova.

Većina JavaScript biblioteka je se pojavila da bi odgovorila na ove zahteve. One omogućavaju klijentskoj strani funkcionalnosti kroz specijalne prečice tako da programeri mogu da razvijaju veoma moćne funkcionalnosti bez pisanja, ili čak razumevanja, komplikovanog JavaScript koda.

Kompanija Telerik koja je razvila Kendo biblioteku je otišla korak dalje. Oni su napravili snažan JavaScript frejmwork nazvan Kendo UI koji je izgrađen na vrhu jQuery-ija [2]. On može da kreira vidžete na klijentskoj strani (i serverskoj) sa jednostavnim kodom, koji je lak za razumevanje.



Slika 4. Kendo UI editor komponenta

Da bi se *custom* tag koristio u JSP stranici potrebno je putem *include* direktive referencirati TLD fajl uz definisanje prefiksa u zaglavlju JSP stranice. Tag se

poziva navođenjem prefiksa i imena *custom* taga razdvojenih sa ‘.’

```
<%@ taglib prefix="k" uri="customizedKendo" %>
...
<k:editor id="e1" />


```

Listing 4. Upotreba *custom* taga u JSP stranici

## 5. RESTEasy

Veb servisi predstavljaju klijentske i serverske aplikacije koje komuniciraju zajedno preko interneta putem HTTP protokola [4].

Represental State Transfer predstavlja stil softverske arhitekture koja je zasnovana na veb standardima i HTTP protokolu. U REST zasnovanoj arhitekturi sve je resurs. Resursu se pristupa putem zajedničkog interfejsa zasnovanog na HTTP standardnim metodama.

U ovoj arhitekturi obično postoji REST server koji obezbeđuje pristup resursima i REST klijent koji pristupa i menja REST resurse. Svaki resurs treba da podržava zajedničke HTTP metode. Resursi se identifikuju putem globalnog ID-a (to je obično URI - Uniform Resource Identifier).

RESTEasy je JBOS-ov projekat koji pomaže pri izgradnji RESTful veb servisa i RESTful veb aplikacija [5]. U potpunosti implementira JAX-RS specifikaciju. Glavna razlika između RESTEasy frejmworka i JAX-RS je u tome što JAX-RS definiše samo specifikaciju serverske strane, dok RESTEasy omogućava JAX-RS dostupnim i klijentskoj strani putem RESTEasy frejmworka.

Ovaj frejmwork na klijentskoj strani omogućava mapiranje odlazećih HTTP zahteva sa udaljenim servisima upotrebom JAX-RS anotacija i interfejs proksija.

## 6. ZAKLJUČAK

Upotrebom JSP tehnologije koja nudi mehanizme za generisanje dinamičkog sadržaja internet stranica putem standardnog skupa tagova, koji je moguće proširiti sa sopstvenim skupom tagova, izvršena je enkapsulacija komponenti Kendo UI biblioteke.

Ovom implementacijom je drastično smanjen broj linija koda koje je potrebno otkucati da bi se pozvale komponente Kendo UI biblioteke. Greške koje mogu da nastanu prilikom upotrebe *custom* tagova, koji enkapsuliraju komponente Kendo UI biblioteke, svedene su na minimum.

U tu svrhu je implementiran sopstveni mehanizam za proveru vrednosti atributa tagova koji sprečava da se atributima dodele neodgovarajuće vrednosti.

Sav JavaScript kod koji je zadužen za rad komponenti se automatski generiše pozivanjem *custom* tagova. Kreirani su i veb servisi putem RESTEasy frejmworka koji u potpunosti implementira Java API prema JAX-RS specifikaciji, a za potrebe napajanja komponenti Kendo UI podacima u JSON formatu podataka.

## 7. LITERATURA

- [1] Oracle dokumentacija, 2014,  
[http://docs.oracle.com/cd/E15051\\_01/wls/docs103/taglib](http://docs.oracle.com/cd/E15051_01/wls/docs103/taglib)
- [2] Kendo UI dokumentacija,  
<http://www.telerik.com/kendo-ui>
- [3] Alex Libby, jQuery Tools UI Library, 2012,  
ISBN 978-1-84951-780-5
- [4] Sun Microsystems, RESTful WebServices  
Developer's Guide, 2009
- [5] RESTEasy  
[http://docs.jboss.org/resteasy/docs/3.0.7.Final/userguide/html\\_single/index.html](http://docs.jboss.org/resteasy/docs/3.0.7.Final/userguide/html_single/index.html)

### Kratka biografija:

**Ivan Stojić** je rođen 3.4.1988 u Užicu, Republika Srbija. Osnovnu školu je završio u Sevojnu, a Srednju tehničku školu u Požezi. Školske 2007/2008 je upisao Visoko poslovno tehničku školu strukovnih studija u Užicu, odsek informatika. Pošto je položio sve ispite predviđene nastavnim planom i programom, 2010. godine je upisao akademske studije na Tehničkom fakultetu "Mihajlo Pupin" u Zrenjaninu, odsek inženjer informatike. Po završetku studija 2012. godine je upisao master studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, odsek Računarstvo i automatika, modul Računarske nauke i informatika.

**Milan Vidaković** je rođen u Novom Sadu 1971. godine. Magistarske studije na Fakultetu tehničkih nauka je završio 1998. godine. Na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu je upisao i doktorske studije, koje je završio 2003. godine. Sledeće godine je izabran za docenta iz oblasti *Primenjene računarske nauke i informatika* na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Na istom fakultetu je 2009. godine izabran za vanrednog profesora iz oblasti *Primenjene računarske nauke i informatika*.

**INFORMACIONO-MOBILNI SISTEM e-KARTOTEKA ZA POTREBE ZDRAVSTVENE USTANOVE****INFORMACION-MOBILE SYSTEM e-FILE FOR HEALTHCARE INSTITUTION**

Ljubiša Barišić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Pod implementacijom informaciono-mobilnog sistema se podrazumeva prolazak kroz 5 faza poslovnog sistema. Tih 5 faza čine: faza analize sistema, projektovanje sistema, implementacija sistema, pakovanje sistema i instalacija sistema. Informaciono – mobilni sistem podrazumeva dva odvojena sistema koja komuniciraju preko iste baze podataka, desktop aplikaciju i mobilnu aplikaciju. Baza podataka je smeštena na udaljenoj online adresi što omogućava korisnicima jednostavnu instalaciju i pristup sa bilo koje lokacije.

**Abstract** – By implementing information - mobile system is meant to pass through five phrases of the business system. These five phases are: phase of analysis system, system design, system implementation, system packaging and installation system. Information - mobile system includes two separate systems that communicate via the same database, desktop application and mobile application. The database is located at the remote address and allowing users to easily install and access from any location.

**Ključne reči:** Desktop aplikacija, mobilna aplikacija, web server,model, setup,MySQL

**1. UVOD**

U ovom radu su vršena brojna empirijska istraživanja i analize na temu: implementacija informaciono-mobilnog sistema za potrebe zdravstvene ustanove ali i sprovođenje tih istraživanja u praksi. Informaciono – mobilni sistem (IMS) je nazvan e-Kartoteka jer je za potrebe funkcionisanja sistema neophodan Internet. Pod implementacijom IMS-a se podrazumeva prolazak kroz pet faza poslovnog sistema (slika 1).

Tih pet faza čine: faza analize sistema, projektovanje sistema, implementacija sistema, pakovanje sistema i instalacija sistema.

**Faza analize** podrazumeva detaljan opis poslovnog sistema, definisanje pojma zdravstvena informatika, predstavljanje sastava i strukture IMS-a odnosno koja se tehnologija koristila u određenom delu sistema kao i predstavljanje načina funkcionisanja i komuniciranja IMS.

**U fazu projektovanja** poslovnog sistema spadaju realizacija konceptualnog modela, fizičkog modela, generisanje skripta za kreiranje baze podataka i kreiranje finalne baze podataka na udaljenoj lokaciji web servera.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Saša Kupusinac, docent.**

Ova faza predstavlja baznu fazu poslovnog sistema i realizaciju strukture sistema.



Slika 1 Faze u procesu realizacije IMS-a

**Faza implementacije** se najviše posvećuje praktičnom delu IMS odnosno dizajniranju izgleda aplikacija sistema, realizaciji funkcionalnosti kontrola aplikacija i interakcije sa bazom podataka. Faza implementacije poslovnog sistema se sastoji iz dva dela: implementacija desktop aplikacije i implementacija mobilne aplikacije. Ove aplikacije su namenjene različitoj ciljnoj grupi korisnika, desktop aplikacija je namenjena službenicima i doktorima zdravstvene ustanove dok je mobilna aplikacija namenjena isključivo registrovanim pacijentima zdravstvene ustanove. Za fazu implementacije desktop aplikacije navije pažnje će biti posvećeno prijavi korisnika na sistem, implementaciji funkcionalnosti i dizajna pojedinih formi ali i standardne forme. Svaka od formi desktop aplikacije će naslediti standardnu formu i moći će da obavi operacije unosa, brisanja, pregleda, pretrage i izmene (CRUDS) nad tabelama u bazi, navigaciju kroz slogove tabele itd. Faza implementacije mobilne aplikacije će se najviše fokusirati na funkcionalnosti i dizajnu prijave registrovanog pacijenta na sistem ali i funkcionalnost i dizajn glavnog menija i njegovih stavki. Faza implementacije mobilne aplikacije je podeljena na dva dela. Prvi deo je razvoj funkcionalnosti i dizajna same android aplikacije, a drugi deo je razvoj mysql upita i JSON formata podataka.

**Faza pakovanja** predstavlja pakovanje IMS-a u instalacione fajlove. Ovu fazu čine dva dela: pakovanje desktop aplikacije i pakovanje mobilne aplikacije. Za pakovanje desktop aplikacije biće potrebno kreirati setup projekat na osnovu projekta desktop aplikacije.

**Faza instalacije** predstavlja fazu u kojoj se IMS instalira na uređajima korisnika i puštanje u upotrebu. Desktop aplikacija se instalira na računarima zaposlenih u



zdravstvenoj ustanovi. Mobilna aplikacija se instalira na android mobilnim uređajima pacijenta.

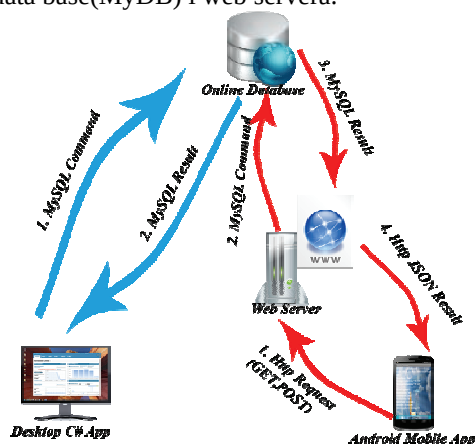
## 2. ZDRAVSTVENI SISTEM

### 2.1. Analiza poslovnog sistema

Kada je reč o definiciji zdravstvenog informacionog sistema (ZIS), treba reći da Svetska zdravstvena organizacija (SZO) isti određuje kao *deo opšteg informacionog sistema i podrazumeva mehanizam za prikupljanje, obradu, analizu i prijem informacija potrebnih za organizaciju i sprovođenje zdravstvene zaštite, ali i za istraživanja i organizaciju u zdravstvu.*

IMS kartoteke, za potrebe zdravstvene ustanove kao idejni projekat je razvijen u cilju sve veće potrebe za automatizacijom, ubrzanjem komunikacije sa korisnikom, olakšavanje rada i evidencijom učinka jedne zdravstvene ustanove u manjem ili većem radnom okruženju.

Ovaj poslovni sistem je skup od dve aplikacije koje čine jedinstvenu funkcionalnu celinu, potrebnu da se kompletno zameni stari način vođenja zdravstvene ustanove. e-Kartoteka omogućava doktoru, šalterskom radniku ali i pacijentu brz, jednostavan i funkcionalan rad. Struktura projekta e-Kartoteka se sastoji od dve različite aplikacije koje čine ovaj poslovni sistem (slika 2). Prva aplikacija je Desktop aplikacija (DA) koja je namenjena isključivo zaposlenima u zdravstvenoj ustanovi, odnosno lekarima i šalterskim radnicima. Druga aplikacija predstavlja mobilnu aplikaciju (MA) za Android uređaje i ona je namenjena isključivo pacijentima zdravstvene ustanove. Pomenute aplikacije komuniciraju preko online mysql data base(MyDB) i web servera.



Slika 2 Struktura i interakcije aplikacija sa MyDB

DA je implementirana C# programskim jezikom, dok se za komunikaciju sa MyDB odnosno za slanje i primanje podataka ka i od MyDB koriste MySQL komande sa parametrima. MA se sastoji iz dva dela odnosno kontrolera i pogleda(view). Kontroler je implementiran Java programskim jezikom dok se za pogled koristi XML jezik. MA pristupa MyDB preko web servera. MyDB se sastoji od tabela i podataka koje su kreirane SQL-om koji je generisan iz fizičkog modela.

Na web serveru se nalazi PHP kod sa svojim MySQL upitima na osnovu kojih se dobija JSON format podataka iz MyDB.

Kako bi DA poslala podatke MyDB ili primila podatke od MyDB, mora prvo da se uspostavi konekcija sa MyDB

preko konekcionog stringa. Ako se konekcija uspešno uspostavi, DA šalje MySQL komandu ka MyDB. Ako se radi o Select komandi onda MyDB šalje rezultat ka DA.

Kod MA je nešto složeniji process interakcije sa MyDB. MA prvo šalje http zahtev (GET ili POST) na osnovu JSON parsera, čime se određuje kojem PHP fajlu će se pristupiti. Na osnovu odabranog PHP fajla on pravi MySQL komandu i šalje je MyDB od koje dobija rezultat komanda. Rezultat MySQL komande se stavlja u niz koji se zatim enkoduje u JSON format i šalje se ka MA. I na kraju se JSON format smešta u JSON objekat ili JSON niz.

### 2.2. Projektovanje poslovnog sistema

Prvi od problema koji se pojavio u realizaciji projekta bilo je projektovanje baze podataka. Prilikom projektovanja konceptualnog modela, uzeti su u obzir svi značajni korisnici koji će koristiti ovaj sistem ali i aktivnosti koje će oni obavljati.

Na slici 3 je ilustrovan konceptualni model e-Kartoteke. Konceptualni model je sastavljen od sledećih entiteta: službenik, doktor, pacijent, pregled, uputnica, recept.



Slika 3 Konceptualni model e-Kartoteke

Po pitanju atributa, sledeći entiteti imaju iste atribute: doktor i službenik. Oni imaju sledeće atribute: id, ime, prezime, JMBG, adresa, telefon, zanimanje, stručna sprema, šifra logovanja, ugovor o radu. Entitet pacijent ima sledeće atribute: id, ime, prezime, JMBG, adresa, telefon, šifra logovanja, broj knjižice i obveznik doprinosa.

Entitet pregled se sastoji od sledećih atributa: id, datum, termin, razlog pregleda. Entitet uputnica poseduje sledeće atribute: id, za ustanovu, dijagnoza, primedba i entitet recept ima sledeće atribute: id, naziv leka, količina, upotreba. Relacije između entiteta su u odnosu 1:n.

Nakon kreiranja finalnog fizičkog modela vrši se generisanje SQL-a odnosno skripta za kreiranje baze podataka. Finalni script se izvršava na udaljenoj MyDB.

### 2.3. Implementacija poslovnog sistema

Poslovni sistem se sastoji od dva podsistema: desktop i mobilna aplikacija.

#### 2.3.1. Implementacija desktop aplikacije

Ova vrsta aplikacije je namenjena zaposlenima u zdravstvenoj ustanovi, pre svega doktorima i službenicima odnosno šalterskim radnicima. Okvirna ideja implementacije podsistema DA je bila da omogući korisnicima prijavu na sistem odnosno pristup na osnovi šifre, CRUDS operacije nad tabelama u bazi, navigaciju



kroz slogove tabele, različite modove pogleda pri CRUDS operacijama kao i davanje različitih nivoa ovlašćenja, ograničen ili neograničen pristup, validacija polja, nemogućnost unosa ukoliko je not null polje prazno, popunjavanje tekstualnih polja nakon selekcije sloga iz tabele.

Prvi korak u implementaciji ovog podsistema je bio kreiranje standardne forme koju će nasledivati sve ostale forme u sklopu projekta. Elementi standardne forme sačinjavaju data grid view za prikaz podataka, toolbar sa dugmadima za CRUDS operacije, navigaciju, prikaz trenutnog aktivnog moda CRUDS operacija, i dugmad na potvrdu i poništavanje operacije. Ispod data grid view-a je predviđeno mesto za dodavanje elemenata forme koja nasleđuje standardnu formu.

Toolbar standardne forme čine sledeći elementi: operacije i navigacija nad tabelom kao i prikaz trenutnog moda (slika 4). Operacije nad tabelom mogu biti: refresh, add, edit, delete, search.



Slika 4. Izgled toolbara standardne forme

Sledeći korak je bio implementacija formi doktor, službenik i pacijent. Na slici 5 je ilustrovana forma za evidenciju doktora. Za svaku formu su dodati elementi ispod data grid view-a. Te elemente čine labela, tekstualna polja, look-up akcija, date picker, combobox. Look – up akcija se sastoji od dva tekstualna polja i jednog dugmeta koje služi za selekciju stranog ključa, odnosno klikom na dugme otvara se forma (tabela) roditelj. Izborom određenog sloga u tabeli u novootvorenoj formi, prosleđuje se spoljni ključ (id) tekstualnim poljima u sklopu look – up akcije.

Slika 5 Forma doktor

Prilikom unosa JMBG polja vrši se validacija da li je taj unos broj i da li sadrži 13 cifara. Ako je unos različit od prethodno navedenog errorProvider javlja grešku prilikom klika na dugme potvrdi.

Već je napomenuto da ovom sistemu mogu pristupati doktor ili službenik. Prilikom početnog pokretanja programa, otvara se prozor u kojem se pruža opcija da se pristupi sistemu kao službenik ili kao doktor.

**Lekarski pregled** može da zakaže službenik ili doktor u dogovoru sa pacijentom preko DA ali može i pacijent preko MA ali o tome nešto kasnije (slika 6). Ova aplikacija je namenjena za rad zdravstvene ustanove u

jednoj smeni od 07h do 15h sa pauzom između 10h - 10:30h. Ali je ostavljena mogućnost da se veoma lako pređe na rad u dve smene ili da se promeni radno vreme smena.

Slika 6 Izgled forme lekarski pregled

Pored standardnih kontrola koje je nasledila od standardne forme, forma lekarski pregled ima dva look-up polja za izbor pacijenta i doktora, date picker za izbor datuma pregleda, razlog pregleda koje je neobavezno polje ali i dugmad koja predstavljaju vreme odnosno termin pregleda. Datum zakazivanja pregleda daje neka programerska ograničenja a to je da se ne može izabrati datum koji je prošao odnosno ne može se prijaviti pregled za datum u prošlosti.

Kontrole dugmuća predstavljaju rad jedne smene odnosno slobodne i zauzete termine za pregled kod određenog tj porodičnog lekara. Dugmići termina su dinamički generisani tako što su samo određena vremena pregleda i broj dugmića u jednom redu odnosno pozicija na formi.

### 2.3.2. Implementacija mobilne aplikacije

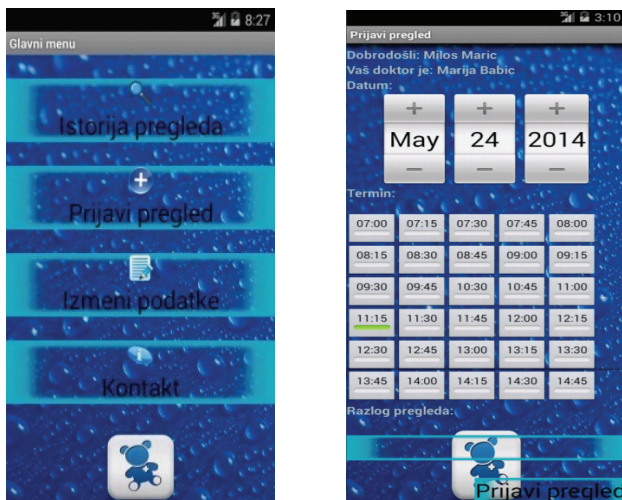
Još uvek aktivni način prijave pregleda pacijenta u većini zdravstvenih ustanova je prijava pozivom na telefon, e-mailom ili odlaskom u zdravstvenu ustanovu. Time se došlo na ideju da bi mobilna aplikacija, u doba tehničkog razvoja i korišćenje mobilne tehnologije od strane sve veće populacije, mogla olakšati posao preopterećenim službenicima ali i smanjiti gužve i vreme čekanja pacijenata u redu.

MA je podeljena u dva dela, prvi deo je razvoj funkcionalnosti i dizajna same android aplikacije, a drugi deo je razvoj mysql upita i JSON-a. Razvoj funkcionalnosti je realizovan u programu Eclipse ADT u programskom jeziku Java. Razvoj dizajna je realizovan u XML jeziku, takođe u Eclipse ADT programu. Razvoj mysql upita i JSON formata je realizovan u PHP jeziku i uz pomoć mysql naredbi. PHP kod je smešten na web serveru i njihovim izvršavanjem se dobijaju JSON podaci koji se prosleđuju MA.

Kada pokrenemo aplikaciju, otvara nam se ekran za prijavu registrovanog korisnika na deo podsistema e-Kartoteke. Za prijavu je neophodno uneti podatke kao što su korisničko ime i lozinka za koju je omogućeno šifrovanje karaktera. PHP skript za povezivanje sa bazom kao i ostali skriptovi za uzimanje i smeštanje podataka u bazu se nalaze na web serveru.

Komunikacija aplikacije sa web serverom je asinhrona komunikacija. Aplikacija šalje http zahtev prema web serveru i čeka dok on odgovori na taj zahtev odnosno čeka JSON format podataka koji se enkoduje u PHP skriptu. Taj zahtev može biti sa parametrima ako je metoda POST ili bez parametara ako je metoda GET. U metodi makeHttpRequest se još prosleđuje url do PHP skripta koji je potreban za pristup mysql-u.

Aktivnosti glavnog menija su: prikaz istorije zakazivanih lekarskih pregleda, aktivnost prijave pregleda, izmena ličnih podataka pacijenta i kontakt zdravstvene ustanove (slika 7 - levo). Prikaz istorije zakazivanih lekarskih pregleda daje mogućnost pacijentu da hronološki vidi, počevši od najvećeg datuma, sve prethodne preglede koje je zakazivao ali i mogućnost da izmeni pregled. Aktivnost prijave pregleda daje mogućnost pacijentu da prijavi pregled kod svog doktora u zavisnosti od slobodnih termina doktora kome pacijent pripada. Izmjena ličnih podataka pacijenta daje mu za pravo da izmeni neke od svojih podataka kao što su recimo: promena adrese, telefona, zanimanja. Pacijent kroz ovu aktivnost može takođe da promeni svoju lozinku pristupa na sistem. Aktivnost kontakt zdravstvene ustanove omogućava pacijentu da direktno iz aplikacije pozove zdravstvenu ustanovu na kontakt telefon, da im prosledi e-mail poruku ili uspostavi kontakt preko skype aplikacije.



Slika 7 Glavni menu (levi) i prijava pregleda (desno)

Aktivnost prijave pregleda se sastoji od nekoliko android kontrola a te kontrole su tekstualni pogledi (polja), date picker, toggle dugmadi, edit pogledi i standardno dugme (slika 7 - desno). Prilikom pokretanja aplikacije učitava se današnji datum i biraju datumi koji prethode. Kontrole toggle dugmadi se automatski generišu na osnovu vrednosti termina kao i kod DA. Kontrole date picker i toggle dugmadi su zavisne jedna od druge odnosno aplikacijski su povezane. Što znači da na osnovu odabranog datuma selektuju se dugmadi/termini koji su već prijavljeni kod tog istog doktora od strane drugih pacijenata.

### 3. ZAKLJUČAK

Sadržaj ovog rada, daje okvirnu predstavu kako bi to trebalo da izgleda jedan IMS. U suštini, ovaj rad predstavlja pružanje korisnih informacija i detalja koje osposobljavaju svakog onog ko pročitao rad, kako praktično tako i teorijski, u cilju samostalne implementacije određenog informaciono – mobilnog sistem odnosno daje se osnova na kojoj se zasniva bilo koji poslovni sistem.

IMS kartoteke, za potrebe zdravstvene ustanove kao idejni projekat je razvijen u cilju sve veće potrebe za automatizacijom, ubrzanjem komunikacije sa korisnikom, olakšavanje rada i evidencijom učinka jedne zdravstvene ustanove u manjem ili većem radnom okruženju.

Kako bi se započela realizacija poslovnog sistema, neophodno je iterativno i detaljno proći kroz faze realizacije IMS-a i posvetiti im najveću pažnju. Te faze su: faza analize, projektovanja, implementiranja, pakovanja i instaliranja poslovnog sistema. Od ovih faza najznačajnije su faze projektovanja i implementiranja. Sve ove faze su zavisne jedna od druge, što znači da faza implementiranja ne bi mogla da se realizuje bez prethodno realizovane faze projektovanja itd.

Gledanjem same strukture IMS-a, jasno se uočava koji su to delovi koji čine celinu jednog IMS-a i kako ti delovi međusobno komuniciraju i funkcionišu. Daje se uvid i u tehnologije i programske jezike koje se koriste na različitom delu IMS-a.

### 4. LITERATURA

- [1] Tutorial, Introduction to Visual Studio 2010.
- [2] Sybase, *Power Designer Conceptual Data Model*, Juli 2002.
- [3] Sirajum Monir Parvez, *C# Connect your application to online MySql Database and create a Registration Form*, 2013.
- [4] Dr.mr. Dušan Filipović, *Zdravstveni sistem*.
- [5] Nikhil Yadav, *Android Development Tutorial*, 2011

#### Kratka biografija:



**Ljubiša Barišić** rođen je u Banja Luci 1986. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarske nauke i informatika odbranio je 2014.god.

**INTEGRACIJA ADMS-A I POSLOVNIH APLIKACIJA KORIŠĆENJEM BIZTALK SERVERA****INTEGRATION OF ADMS AND BUSINESS APPLICATIONS USING BIZTALK SERVER**Ivana Kovačević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad bavi se izučavanjem integrisanja ADMS sistema i poslovnih aplikacija putem BizTalk Servera. Predočene su dobre i loše strane BizTalk-a, a potom je i praktično odrađena razmena poruka između ADMS softvera i neke poslovne aplikacije, kako bi se potvrdile performanse. Izvršeno je i poređenje sa drugim rešenjima, kako bi se moglo definisati u kojim situacijama je BizTalk zaista bolji od postojećih rešenja i kada treba koristiti baš njega.

**Abstract** – This paper deals with study of integrating ADMS systems and business applications using BizTalk Server. It is presented pros and cons of BizTalk, and then is done practical exchange of messages between ADMS software and some business application, in order to verify performances. It was also done comparison with other solutions. This was helpfull for defining in which situations BizTalk is better than existing solutions and when should it be used.

**Ključne reči:** BizTalk, integracije, SOA, PubSub, ESB

**1. UVOD**

Softverski sistemi se sve češće sastoje iz velikog broja podsistema i aplikacija različitih proizvođača [1]. Ti podsistemi i aplikacije su odvojeno dizajnirani i svako od njih ima svoje interfejs, svoje mehanizme slanja i primanja poruka, kao i svoje formate tih poruka. Integracija ovako raznorodnih aplikacija može biti prilično skupa i vremenski zahtevna, pogotovo ukoliko se ne koriste standardi. Zato se uvodi pojam *middleware*-a i upotreba softvera kao servisa.

Arhitektura orijentisana servisima (Service-Oriented Architecture koncept [2]) je arhitektura koja se temelji na slabo povezanim servisima (*loose coupling*), višestrukoj upotrebi (*reuse*) i interoperabilnosti između različitih programskih i poslovnih sistema. Ovo je izuzetno korisno za velike sisteme, u kojima velik broj različitih aplikacija treba da komunicira, pri čemu vrlo često su aplikacije pisane u različitim jezicima i za različite platforme. Enterprise Service Bus je jedan od modela koji se koristi za implementiranje komunikacije aplikacija zasnovanih na SOA konceptu.

Zadatak *middleware*-a je da se pojednostave integracije, tako što se brinu o razmeni i rutiranju poruka. Oni praktično povezuju odvojene aplikacije – npr. uspostavljanje

veze između web servera i baze podataka, što omogućava korisnicima da traže podatke iz baze putem forme prikazane na web stranici. Integracija *middleware*-a se klasifikuje na osnovu domena u kojem

se koriste, pa tako postoje: Cloud, B2B, Aplikativne integracije i integracije podataka. Ovaj rad se bavi aplikativnim integracijama, razmatra postojeća open source rešenja i komercijalna rešenja, a posebno se bavi BizTalk Serverom, koji je odabran za praktičan deo rada.

Postoji velik broj komercijalnih integracionih platformi, poput: TIBCO Messaging, IBM Integration Bus, Neuron ESB, Microsoft BizTalk Server, itd.

IBM Integration Bus [3] omogućava razvoj na različitim platformama, kao i migraciju na Unix ili Linux operativnom sistemu. Tok podataka je jako jasan i monitoring je veoma dobro odrađen.

Interfejs Neuron ESB-ja [4] je prilično intuitivan, što omogućava rad sa ovim alatom bez potrebe da se prethodno pročita velik broj stranica iz dokumentacije, međutim ukoliko je potrebna, dokumentacija je jako detaljna. Ono što je zamerka je da ne postoji vizuelna reprezentacija transformacija, kao i mali broj online primera, u odnosu na neka druga rešenja.

Oracle Service Bus [5] ima velik broj funkcionalnosti, postoji grafički editor, koji može dosta da pojednostavi mapiranje. Postoji vrlo dobra podrška, ali je OSB prilično kompleksan i visoki su troškovi licenciranja i podrške.

SAP PI [6] ima monitoring bolji od većine postojećih proizvoda, ima dobre mapere i adaptore i mogućena je i sinhrona i asinhrona komunikacija. Međutim SAP se oslanja na druge proizvođače za većinu adaptera. Takođe postoji mali broj kompetentnih konsultanata, pa se samim tim povećavaju troškovi integrisanja.

Postoje i brojna OpenSource rešenja: Apatar, Jitterbit Integration Server, NserviceBus, BlueIntegrator, itd. Ni jedno od open source rešenja nije ni blizu po kvalitetu, dokumentaciji i broju mogućnosti kao komercijalna rešenja. Obično su lakša za upotrebu, uglavnom zbog manjka funkcionalnosti.

NserviceBus [7] ima mogućnost ponovnog slanja poruka, ukoliko prvo slanje iz nekog razloga ne uspe. U poređenju sa komercijalnim rešenjima, daleko je skromniji, bar što se tiče podržanih protokola.

Mirth [8] je manje kompleksan, lakši za učenje i razvijanje rešenja. Ali, za razliku od nekih komercijalnih rešenja ne garantuje isporuku poruka. Većina adaptera nema mogućnost ponovnog slanja poruka (ukoliko prvo slanje iz nekog razloga ne uspe). Stoga, ukoliko se želi

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji je mentor dr Aleksandar Erdeljan, vanr. prof.**



postići ova funkcionalnost potrebno je napisati sopstvenu proceduru za to.

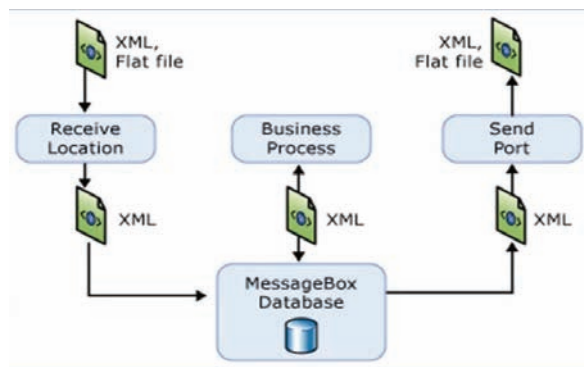
## 2. BIZTALK SERVER

BizTalk Server [9] obezbeđuje alate za integraciju različitih sistema. On ujedinjuje servise i razvojne alate, kako bi pružio programerima robusno okruženje za razvijanje i izvršavanje biznis procesa. BizTalk Server olakšava integrisanje aplikacija i bezbedno povezivanje preko Interneta.

Ako imamo više aplikacija/sistema svaka aplikacija može zahtevati da komunicira putem drugačijeg protokola koristeći specifične formate poruka. To znači da BizTalk *messaging engine* mora da bude sposoban da komunicira sa svakom od aplikacija putem njenog protokola i formata, kao i da konvertuje poruke prema protokolu koji zahtevaju drugi sistemi. Pored toga, tipična BizTalk aplikacija ima mogućnost da koordiniše i prati status svih delova biznis procesa.

Na slici 1. prikazan je tok podataka pri povezivanju dva sistema u BizTalk Server integraciji. Prvi sistem šalje poruku, koja se prihvata od strane *pipeline*-a, gde se vrši konverzija te poruke u XML format. Potom se ta konvertovana poruka zapisuje u MessageBox bazu podataka gde se vrši orkestracija. Ona se brine oko pravila koja moraju da budu ispoštovana da bi sve bilo u skladu sa zahtevima biznis procesa.

Na primer, očekuje se da u zaglavlju poruke bude definisan pošaljalac poruke, i ukoliko to nije ispoštovano poruka se odbija, a ukoliko jeste poruka se prosleđuje dalje u *pipeline* drugog sistema, koji treba da konvertuje tu poruku u odgovarajući format.



Slika 1. Šema BizTalk integracije

Postoje tri glavna izazova pri integraciji aplikacija: razmena poruka (*message transportation*), konverzija poruka (*message conversion*) i rukovanje biznis procesima (*business process management*).

Kod razmene poruka sistemi mogu na različite načine da komuniciranje, npr. razmenom datoteka, pristupanjem web servisima, i sl. Stoga BizTalk ima velik broj adaptera da bi mogao sve to da podrži.

Konverzija poruka podrazumeva menjanje formata poruka, koji će biti adekvatan za sistem kome se poruka šalje. Različiti sistemi podržavaju različite formate poruka, tako da nakon primanja poruke BizTalk šalje poruku u *pipeline* da bi se ona konvertovala u XML format. Ovaj proces se naziva parsiranje, a ukoliko je potrebna konverzija iz XML-a u neki drugi format izvršava se i process serijalizacije.

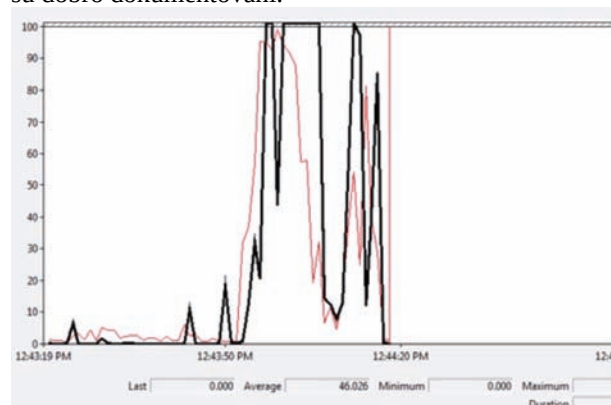
Parsiranje i serijalizacija jednim imenom nazivaju se Transliranje i BizTalk koristi xsd šeme za translaciju. Takođe, podržana je i transformacija poruka (*message transformation*), pri čemu se XML poruke transformišu u XML poruke drugačijeg formata. To se radi putem mapiranja za šta je potrebno imati xsd šeme za oba sistema koji se integrišu.

Rukovanje biznis procesima obično postavlja zahteve za integracijama. Veliki sistemi imaju kompleksan tok podataka, i bitno je prilikom integracija da on ostane konzistentan. Proces koji se bavi očuvanjem biznis procesa naziva se orkestracija.

Jedan od benefita BizTalk Servera je to što je moguće implementirati mala rešenja i kasnije ih skalirati. Takođe BizTalk je veoma pouzdan – garantuje isporuku poruka i dobre performanse. On apstrahuje komunikacione protokole i formate poruka koje razmenjuje nativni sistem – koristeći XML, tako da praktično nije potrebno pisati kod specifičan za konkretan sistem, već se može koristiti BizTalk XML frejmwork, što značajno olakšava integraciju.

Kao nedostatak često se navodi visoka cena BizTalk Servera, međutim iznos koji bi se inače potrošio na razvoj i podršku kada se razvija samostalno rešenje bi bio daleko veći. Zatim, iako grafički alat za mapiranje deluje atraktivno, nije pogodan za kompleksna mapiranja. Velika iskorišćenost procesora i diska su još jedna mana BizTalk Servera [10] (Slika 2. – crna kriva predstavlja iskorišćenost diska, a crvena iskorišćenost procesora). Takođe, slanje poruka je dugo (za 200 poruka potrebno je 16.3 sec, a za 500 poruka 21.3 sec) u poređenju sa drugim komercijalnim rešenjima (*IBM Integration Bus-u* (za 200 poruka treba 1.4 sec, a za 500 3.3 sec (Slika 3).

Takođe, instalacija i konfigurisanje su dosta zahtevni, ali su dobro dokumentovani.



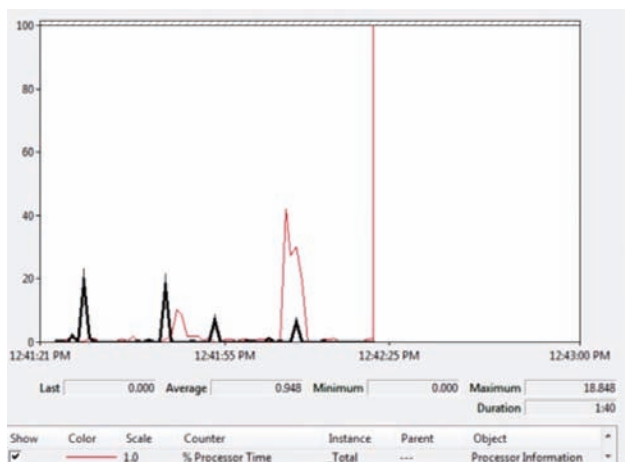
Slika 2. Iskorišćenost procesora i memorije pri slanju poruka putem BizTalk Servera

## 3. PRIMENA BIZTALK SERVERA U ADMS-U

Advanced Distribution Management System (ADMS) je integrisani softverski sistem za kontrolu, analizu i optimizaciju električne mreže. On obezbeđuje:

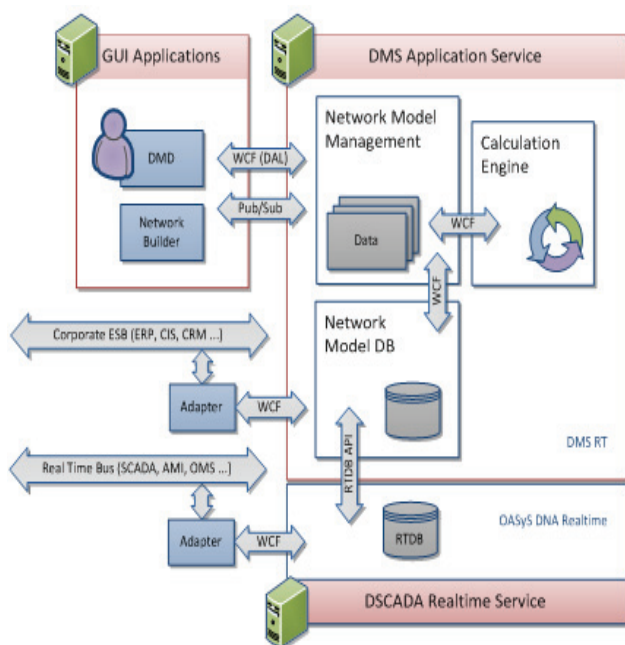
- Monitoring i kontrolu mreže u realnom vremenu (SCADA),
- matematički model mreže i energetičarske aplikacije (DMS),
- efikasno upravljanje otkazima i poboljšanje naponskih prilika,

- analizu mreže (relejna zaštita, gubici, pouzdanost, performanse,...),
- optimizovanje i smanjenje investicija, i
- povećanje profitabilnosti elektrodistribucije.



Slika 3. Iskorišćenost procesora i memorije pri slanju poruka putem IBM Integration Bus Servera

ADMS može da se integriše sa *real-time* sistemima (npr. SCADA drugog proizvođača) putem Real Time Service Bus-a. Sa druge strane, integracije sa poslovnim aplikacijama (GIS, CIS, ERP, AMI, market aplikacije, i sl.), gde se ne očekuje rad u realnom vremenu, se realizuju putem Enterprise Service Bus-a (Slika 4). Povezivanje sa konkretnim ESB se ostvaruje preko adaptera, gde se vrši pristup podacima ADMS servisa, kao i prilagođavanje odgovarajućem programskom interfejsu ESB-a.



Slika 4. ADMS globalna arhitektura

Podaci koji se razmenjuju između poslovnih aplikacija i ADMS-a, mogu biti: podaci potrebni za izgradnju ADMS modela: elementi električne mreže, povezanost elemenata (konektivnost), informacije o inventaru (*asset data*), raspoloživim resursima i ekipama, informacije o

potrošačima; podaci sa *Smart-Meter*-a; podaci o GPS lokacijama vozila ekipa za rad na terenu; podaci o statusima rasklopne opreme, merenjima, kao i rezultati proračuna; podaci o otkazima i problemima u isporuci električne energije, planiranim radovima u mreži, hitnim akcijama; podaci o alarmnim stanjima i određenim događajima.

ADMS je sastavljen od brojnih servisa i za njihovo povezivanje se koriste: Tabular Data Access (SQL), Remote Procedure Call i Pub-Sub. Svi navedeni načini povezivanja ADMS servisa se mogu upotrebiti za pristup iz adaptera. Tabular Data Access (SQL) omogućava pristup bazama podataka. Remote Procedure Call omogućava povezivanje aplikacija i servisa po principu *request-reply*. Pub-Sub se takođe koristi za povezivanje ADMS servisa i komponenti, i omogućava jednoj aplikaciji (*publisher*-u) da prenese informacije do drugih aplikacija (*subscriber*-a). Pri tome ne mora da čeka da ove aplikacije zapravo dobiju informaciju. Sa stanovišta upotrebe, dovoljno je da *publisher* objavi neku informaciju, a da ne zna konkretne *subscriber*-i koji očekuju tu poruku. Ovo praktično znači da uvećanje *subscriber*-a neće usložnjavati implementaciju čitavog sistema.

CIM (Common Information Model) je apstraktni model elektroenergetskog sistema koji je razvila Radna grupa 13 Tehničkog komiteta 57 Međunarodne elektrotehničke komisije i postao je međunarodni standard IEC 61970-301. On se opisuje pomoću UML-a i predstavlja unapred definisan skup atributa koje mora da ima neki objekat. Na taj način se uniformiše razmena objekata između aplikacija. Osim CIM-a, u elektrodistribuciji koriste se i drugi standardi, kao što je na primer Multispeak.

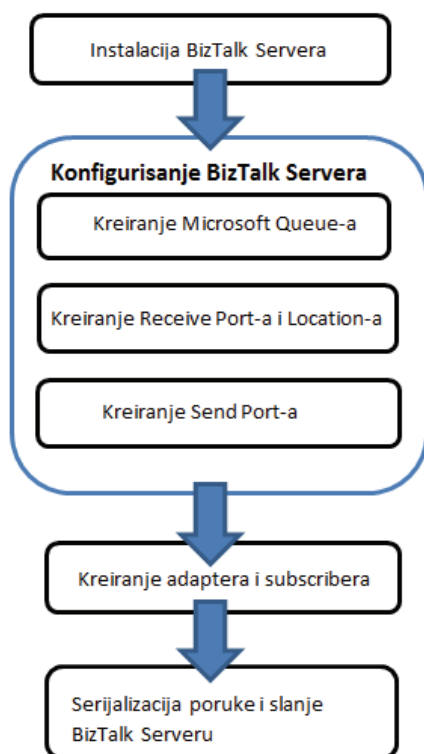
U radu je upotrebljen BizTalk server za slanje informacija o promeni statusa prekidača iz ADMS sistema u spoljašnju aplikaciju. Implementiran je adapter koji je pretplaćen na promene statusa prekidačke opreme, on prima poruku sa detaljima o prekidaču čiji je status promenjen, serijalizuje poruku i prosleđuje je BizTalk Server-u. Pri tome su razmenjene poruke u skladu sa IEC standardima. Implementirano rešenje je lako proširivo tako da se na sličan način mogu proslediti i drugi podaci nastali u ADMS sistemu (dodavanje novog elementa, brisanje elementa, promena pozicije *tap changer*-a,...). Dovoljno je promeniti u adapteru *subscriber*-a tako da se *subscribe*-uje na sve promene koje želimo da prosledimo nekom poslovnom sistemu, kao i promena mapiranja, ukoliko je promenjen format poruka.

BizTalk nudi i mogućnosti mapiranja, orkestracije i pipeline-ova, što se može iskoristiti u komunikaciji između ADMS-a i poslovnih aplikacija. CIM iako je standard, nije podržan od strane svih sistema, tako da bi mapiranja u tom slučaju bila veoma korisna. Uz pomoć mapiranja, umesto razvoja potpuno novog adaptera, moguće je iskoristiti postojeći, sa minimalnim izmenama. Orkestracija bi takođe bila veoma korisna, jer omogućava definisanje biznis pravila. Pipeline-ovi se mogu koristiti za dešifrovanje ili dekriptovanje poruka (korišćenjem privatnog ključa), kao i za verifikovanje pošaljioca poruke. Ovo je veoma važno za ADMS sistem, jer je to sistem sa osetljivim podacima, i mora biti dobro zaštićen. Pipeline-ovi se mogu koristiti i za proveru da li poruka odgovara šemi (tj. da li su ispoštovani tipovi podataka).

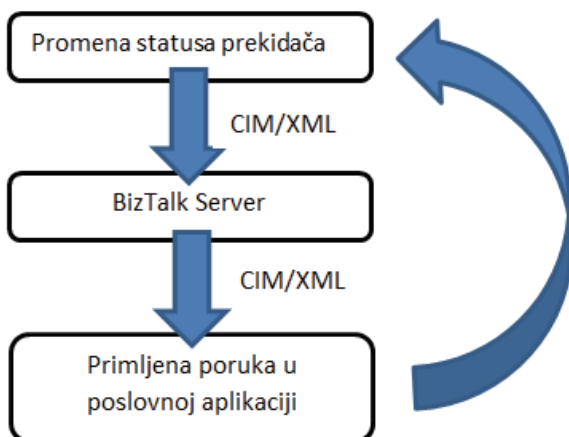


#### 4. IMPLEMENTACIJA

Ovaj rad prikazuje integraciju aplikacija sa ADMS-om putem BizTalk-a. Primer implementacije se odnosi na slanje informacija o promeni statusa prekidača iz ADMS softvera u neku drugu aplikaciju. Prvo je potrebno instalirati i konfigurirati BizTalk Server. Pod konfigurisanjem se podrazumeva definisanje *MS Queue*-a, takođe potrebno je definisati *Receive Port* i *Location* (definišu odakle pristižu poruke), koji je ovde *MS Queue*, prethodno definisan kao i definisanje send porta (definiše gde će biti prosleđena poruka), u ovom slučaju to je neka poslovna aplikacija. Potom je potrebno kreirati odgovarajući adapter ka ADMS sistemu, koji sluša na Pub-Sub-u, i kada dođe do promene stanja prekidača (otvoren/zatvoren), uzimaju se informacije o prekidaču (id, stanje...), serijalizuju se u XML i šalju poruku na BizTalk Server pomoću MSMQ-a (Slika 5).



Slika 5. Algoritam integrisanja sa BizTalk-om



Slika 6. Tok podataka u BizTalk integraciji

Kada se promeni status prekidača u DMS-u (na primer otvoren prekidač se zatvori) šalju se njegovi podaci u CIM/XML formatu na BizTalk Server, koji ga dalje prosleđuje poslovnoj aplikaciji (Slika 6).

#### 4. ZAKLJUČAK

U radu je obrađena tema integracija, koja je sve prisutnija u velikim sistemima, gde je redak slučaj da postoji samo jedan sistem koji pokriva celokupno poslovanje. Kao što je navedeno, posao integrisanja više aplikacija nije nimalo lak, ali upotrebom *middleware*-a, postaje ipak daleko jednostavniji. Odgovor koji *middleware* je najbolji nije jednoznačan, već se može samo dati odgovor na pitanje kada koristiti i kako koji *middleware*, jer svaki ima svoje prednosti i mane. Stoga je ključno pitanje šta se želi postići? Sa obzirom da je akcenat u radu bio na izučavanju BizTalk Server-a, i da je on praktično isproban, autor može reći da su performanse koje se postižu BizTalk Serverom prihvatljive za ADMS sisteme. Takođe, jako je značajno da se garantuje da poruke neće biti izgubljene. Ovo je od posebnog značaja za sisteme kojima je sigurnost i pouzdanost od ključne važnosti, kao što je ADMS sistem. BizTalk Server ima mnogo funkcionalnosti i sa te strane iziskuje mnogo vremena i truda kako bi se savladao, ali zato se kasnije inicijalno ulaganje višestruko isplati.

#### 5. LITERATURA

- [1] Mukul Agrawal, Graba, L., "Distributed middleware requirements for disparate avionics and control software", *IEEE Digital Avionics Systems Conference, DASC 2005. The 24<sup>th</sup>, Vol.2*, 2005
- [2] <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms123401.aspx>
- [3] [www.ibm.com/software/products/en/ibm-integration-bus](http://www.ibm.com/software/products/en/ibm-integration-bus)
- [4] Clermond de Hullu, „Evaluating .NET-Based Enterprise Service Bus Solutions“, 2012
- [5] <http://www.oracle.com/>
- [6] Alper Celik, „High Level Comparison of SAP PI and MS BizTalk“, A Master Thesis Research at KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 2009
- [7] <http://particular.net/nservicebus>
- [8] <http://www.mirthcorp.com/>
- [9] Brian Loesgen, Charles Young, Jan Eliassen, Scott Colestock, Anush Kumar, Jon Flanders, „BizTalk Server 2010 Unleashed“, 2011
- [10] <https://www.youtube.com/user/IBMIntegrationMedia>

#### Kratka biografija:



**Ivana Kovačević** rođena je u Novom Sadu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – BizTalk Server odbranila je 2014.god.

# Jedno rešenje realizacije rukovaoca sistemskih resursa DTV uređaja zasnovanom na operativnom sistemu Android

Nikola Špirić, Miloš Subotić, Jelena Simić, Radovan Škorić, Vladimir Jelovac

**Apstrakt**— Rad prikazuje jedno rešenje realizacije rukovaoca sistemskih resursa DTV (eng. Digital Television) uređaja zasnovanom na Android operativnom sistemu. Cilj realizacije je programska podrška koja omogućava konzistentno korišćenje deljenih hardverskih i softverskih resursa platforme u višeklijentskom okruženju. U radu je takođe prikazan opis programske podrške zadužene za međuprocensnu komunikaciju iskorišćenu za realizaciju klijent-serverske arhitekture rukovaoca.

**Ključne reči**— Android, Binder, middleware, DTV, IPC (eng. Inter-process Communication)

## I. UVOD

Jedan od problema koji je uočen prilikom razvijanja programske podrške na Android [1] operativnom sistemu je nepostojanje mehanizma za rukovanje sistemskim resursima hardverske platforme između više prisutnih korisnika istih.

Implementacija mehanizma rukovanja resursa u vidu klijent-serverske arhitekture je neophodna ukoliko operativni sistem nije jedini direktni korisnik hardverskih resursa platforme. Potrebu za korišćenjem pomenutih resursa, u razmatranom slučaju, ima i DTV srednji sloj koji je prvobitno razvijen kao programska komponenta agnostična u odnosu na sam operativni sistem.

## NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Nikole Špirića. Mentor je bila doc. dr Jelena Kovačević.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

Nikola Špirić – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [nikola.spiric@rt-rk.com](mailto:nikola.spiric@rt-rk.com))

Miloš Subotić – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [milos.subotic@rt-rk.com](mailto:milos.subotic@rt-rk.com))

Jelena Simić, RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [jelena.simic@rt-rk.com](mailto:jelena.simic@rt-rk.com))

Radovan Škorić, RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [radovan.skoric@rt-rk.com](mailto:radovan.skoric@rt-rk.com))

Vladimir Jelovac, RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [vladimir.jelovac@rt-rk.com](mailto:vladimir.jelovac@rt-rk.com))

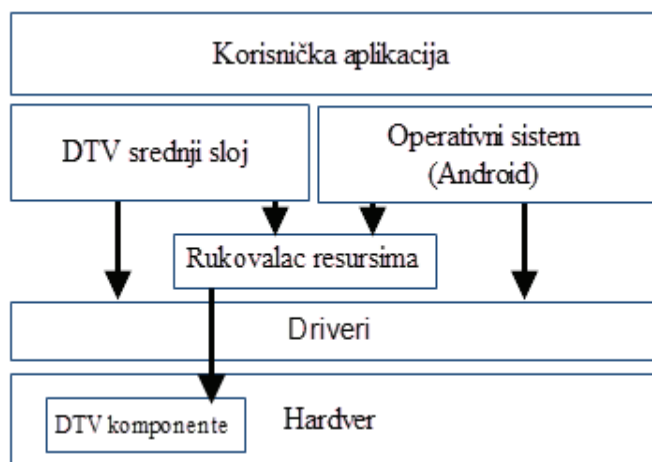
Radi realizacije svojih osnovnih funkcionalnosti, među koje spada reprodukcija audio i video sadržaja, srednji sloj mora imati direktan pristup sistemskim resursima (audio i video dekoderi) platforme. Android operativni sistem ne poseduje mehanizam kontrole i evidencije iskorišćenih resursa, a samim tim i indirektna kontrole srednjeg sloja, usled čega postoji mogućnost dolaska do nepredvidivosti i nestabilnost rada celokupnog sistema.

Cilj rada je implementacija programske podrške rukovaoca sistemskih resursa hardverske platforme i obezbeđivanje bezbednog simulatong rada više korisnika istih.

## II. DTV SREDNJI SLOJ

Pod konceptom srednjeg sloja (engl. *middleware*) [4], podrazumeva se kompleksna programska podrška zadužena apstrakciju fizičkih okruženja (hardverskih platforma) korisničkih aplikacija. Iako postoje razne definicije ovog sloja, kao i mnoštvo metoda implementacija, u ovom radu biće razmatran sloj koji apstrakuje funkcionalnosti hardverske platforme relevantne za razvoj aplikacija zasnovanih na tehnologijama digitalne televizije, među koje spada reprodukcija audio i video sadržaja, EPG (eng. Electronic Program Guide), teletekst, PVR (eng. Personal Video Recorder), itd. Osnovna zamisao je da, ukoliko se aplikacija oslanja samo na srednji sloj za njene osnovne funkcionalnosti, ona bi teoretski uz minimalno napora i potrošenog vremena mogla biti razvijena za različite hardverske platforme.

Slika 1. ilustruje hierarhijsku organizaciju slojeva prisutnih na pomenutoj platformi, gde se lakše može uočiti odnos srednjeg sloja i operativnog sistema u zavisnosti od iskorišćenja hardverskih resursa. Savremeni DTV srednji slojevi obično podržavaju apstrakciju rukovanja grafičkom korisničkom spregom, međutim u posmatranom slučaju za tu funkcionalnost aplikacija se oslanja na Android operativni sistem. Iz ovog razloga, sa tačke gledišta aplikacije, Android i srednji sloj se nalaze na istom hierarhijskom nivou, što ih čini klijentima implementiranog rukovaoca resursima DTV uređaja



Sl. 1. Hierarhijska organizacija slojeva

### III. MEĐUPROCESNA KOMUNIKACIJA

Radi uspešne realizacija rukovaoca sistemskih resursa neophodno je postojanje mehanizma komunikacije dva procesa operativnog sistema.

Kao što je to slučaj sa svim savremenim operativnim sistemima i Android spada u klasu multiprocesnih operativnih sistema [5]. Ovo znači da svaka izvršiva datoteka dobija određeni memorijski okvir i poseduje sopstveni stek, rezervisanu procesnu memoriju, itd. Iz bezbednosnih razloga, jedan proces ne sme biti u mogućnosti da vrši manipulaciju podataka drugog procesa. U cilju realizacije ovog zahteva, operativni sistem mora integrisati neku vrstu procesne izolacije. U slučaju Linux operativnog sistema, koncept virtuelne memorije je uveden [2], gde se svakom procesu dodeljuje sopstveni adresni prostor sa virtuelnim adresama koje se dalje mapiraju na fizičke adrese od strane samog operativnog sistema. Ovim pristupom jednom procesu je uspešno onemogućen pristup memorijskom prostoru drugog procesa. Procesna izolacija daje svakom procesu bezbednost memorije, ali u većini slučajeva postojanje mehanizma komunikacije dva procesa je neophodno. Međuprocena komunikacija (u daljem tekstu *IPC* eng. Interprocess Communication) podrazumeva razmenu podataka između dva procesa. U cilju odabira adekvatnog *IPC* mehanizma za konkretan problem, razmotreni su neki od postojećih metoda.

Neki od postojećih *IPC* metoda implementiranih u Linux operativnom sistemu [6] su:

- **Signal** – Jedna od najstarijih *IPC* metoda. Jedan proces može poslati signal drugom procesu iste grupe.
- **Pipe** – Jednostrana povorka okteta koja povezuje standardni izlaz jednog procesa sa standardnim ulazom drugog.
- **Socket** – Dva procesa su u mogućnosti da vrše dvostranu komunikaciju putem slanja povorka okteta na istom *socket*-u.

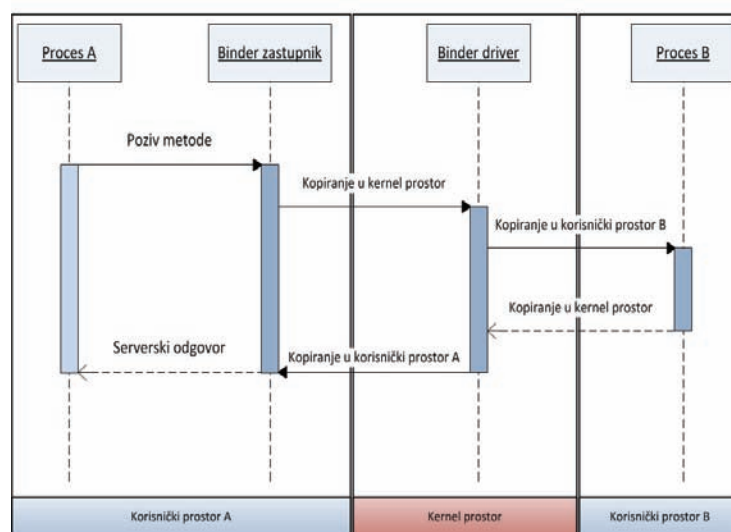
- **Deljena memorija** – Lokacija u sistemskoj memoriji koja se mapira u virtuelni adresni prostor dva procesa tako da oba procesa imaju potpun pristup istom segmentu fizičke memorije.

Iako su svi od navedenih metoda u potpunosti validni načini realizacije međuprocene komunikacije, u Android operativnom sistemu iskorišćen je metod koji znatno olakšava razmenu apstraktnih tipova podataka između dva procesa. Ovaj metod je realizovan u vidu implementacije *Binder* radnog okvira.

*Binder* radni okvir je prvobitno razvijen pod nazivom *OpenBinder* [5] od strane *Be Inc* kompanije. Iz originalne dokumentacije *OpenBinder* je definisan kao "... komponenta arhitekture sistemskog nivoa, dizajnirana da pruži uslugu bogatije apstrakcije visokog nivoa kao nadogradnja tradicionalnih servisa operativnih sistema.". Konkretno *Binder* nudi mehanizam pristupa podacima i funkcijama iz jednog izvršnog okruženja ka drugom.

Komunikacija *Binder* radnog okvira se zasniva na klijent-server arhitekturi. Klijent započinje komunikaciju slanjem zahteva serveru, nakon čega čeka na odgovor. Ovakva komunikacija je iz perspektive korisnika *Binder*-a u potpunosti sinhrona, što znatno olakšava implementaciju komunikacije ali zahteva dodatnu intervenciju programera ukoliko je asinhrona komunikacija potrebna.

Slikom 2. ilustrovan je primer jedne transakcije i njenog životnog veka. Pod pojmom transakcije podrazumeva se razmena podataka između dva procesa u vidu jednog klijentskog zahteva i jednog serverskog odgovora na zahtev [3]. Sa klijentske strane komunikacija sa Android *Binder* driver-om vrši se putem klijentskog *Binder* zastupnika, koji indirektno komunicira sa jednom od više serverskih niti koje obrađuju klijentske zahteve. Međuprocena transakcija uvodi prekoračenje (eng. *overhead*) u vidu 4 operacije kopiranja, između 2 korisnička memorijska prostora i Android kernel prostora, kao što je prikazano na slici.



Sl. 2. Životni vek jedne transakcije između dva procesa

Prenos podataka u transakciji vrši se putem *Parcel* objekta. *Parcel* objekti omogućavaju dekompoziciju apstraktnih tipova podataka na elementarne delove i njihovo skladištenje u kontinualni blok memorije koji je dalje moguće kopirati iz jednog memorijskog prostora u drugi [3].

#### IV. REALIZACIJA

Programska podrška za rukovanje sistemskim resursima *DTV* uređaja na operativnom sistemu Android realizovana je kao klijent-server arhitektura. Rukovaoc resursima (u daljem tekstu *ResourceManager*), u konkretnom slučaju poseduje dva klijenta: *DTV* srednji sloj i multimedijalni sloj operativnog sistema Android.

Jedan od glavnih resursa u posmatranom sistemu čije je rukovođenje neophodno su audio i video dekoderi. Potrebu za korišćenjem oba ima i Androidov multimedijalni sloj kao i *DTV* srednji sloj čija je jedna od osnovnih funkcionalnosti podrška audio i video reprodukcije. Uzimajući u obzir konkretne zahteve korisnika na datoj platformi, realizovane su sledeće funkcionalnosti rukovaoca:

- Registracija korisnika resursa.
- Evidencija privilegija pojedinih korisnika.
- Evidencija dostupnosti i sposobnosti hardverskih resursa.
- Mehanizam asinhronog obaveštavanja korisnika o promenama stanja sistema.

Server za rukovanje resursima je realizovan kao Android servis za čije pokretanje je zadužen operativni sistem [7]. Pri inicijalizaciji *ResourceManager* vrši registraciju svoje jedinstvene instance kod Androidovog rukovaoca servisa (u daljem tekstu *ServiceManager*). Posle registracije, svaka klijentska aplikacija može da dobavi instancu *ResourceManager*-a, ukoliko joj je poznat njegov identifikator. Identifikatori servisa u operativnom sistemu Android su njihova jedinstvena imena u vidu niza karaktera, i kao takva moraju biti unapred poznata klijentskoj aplikaciji koja zahteva njene usluge.

Pri inicijalizaciji sistema, *ResourceManager* vrši evidenciju raspoloživih resursa u zavisnosti od mogućnosti konkretne platforme i otpočinje čekanje i prihvatanje klijentskih konekcija. Da bi pojedinačni korisnici bili u mogućnosti dobavljanja i upotrebe resursa, njihova registracija kod *ResourceManager*-a je neophodna. Sve funkcionalnosti *ResourceManager*-a su sa klijentske strane enkapsulirane *ResourceHolder* objektom putem koga korisnici imaju pristup *API*-ju rukovaoca. Registracija korisnika se na ovaj način svodi na poziv jedne metode pomenutog objekta. Komunikacija sa *ResourceManager* servisom je ostvarena korišćenjem Android *Binder* programske podrške. Prilikom poziva metode registracije korisnika, *ResourceHolder* dobavlja instancu *ResourceManager*-a znajući predefinisano ime istog. Posle stizanja zahteva za registraciju, server dodeljuje jedinstveni identifikator (u daljem tekstu *žeton*) u vidu 32-bitnog celog broja, svakom korisniku. Dobavljanje i korišćenje hardverskih

resursa nije moguće bez posedovanja ovog *žetona*. Prilikom završetka rada klijenta, vrši se deinicijalizacija njegovog *ResourceHolder* objekta, a samim tim i oslobađanje svih resursa asociranih sa pomenutim klijentom.

Mehanizam asinhronog obaveštavanja korisnika o promenama vlasnika resursa neophodan je kod sistema sa više od jednog korisnika. Mogućnosti hardverske platforme su u praksi ograničene, pa je situacija u kojoj dva klijenta moraju da dele isti resurs očekivana. Kako je prvobitna namena opisanog sistema *DTV* funkcionalnost, veći prioritet od pomenuta dva klijenta ima *DTV* srednji sloj na koji se vodeća Android aplikacija oslanja. Ukoliko srednji sloj pošalje zahtev za resursom koji je trenutno zauzet od strane nekog drugog klijenta (u konkretnom slučaju Android multimedijalni sloj), od *ResourceManager*-a se očekuje da obavesti trenutnog korisnika o gubitku pomenutog resursa. Klijent koji je izgubio resurs u tom trenutku ima priliku da odreaguje na način koji neće ugroziti stabilnost sistema i stopira rad aplikacije koja je zavisila od konkretno resursa (npr. Android *VideoView* [6] grafička komponenta koja je vršila audio/video reprodukciju u datom trenutku).

Ovakva dvosmerna asinhrona komunikacija između klijenata i *ResourceManager*-a realizovana je daljim korišćenjem *Binder* programske podrške. Pri registraciji, svaki klijent je dužan da prosledi *callback* funkciju *ResourceHolder*-u putem koje dobija obaveštenja o bitnim događajima. *ResourceHolder* objekat se takođe registruje kao Android *Binder* i svoju instancu predaje *ResourceManager*-u prilikom registracije. Serijalizacija *Binder* objekata omogućena je direktno pisanjem pokazivača istih u *Parcel* objekte [3]. Prilikom primanja transakcije koja obaveštava *ResourceHolder* objekat o gubitku resursa, vrši se pozivanje registrovane *callback* funkcije čime se korisnik obaveštava o događaju

#### V. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je jedno rešenje realizacije programske podrške rukovanja sistemskim resursima *DTV* uređaja na operativnom sistemu Android. Konzistentan pristup deljenim resursima je omogućen u višeklijentskom okruženju čime je osigurana stabilnost sistema. Realizovana programska podrška je primenjena u praksi na digitalnom TV prijemniku u vidu *STB* platforme sa Android operativnim sistemom gde je izvršena verifikacija njene funkcionalnosti.

Pristup programskoj podršci omogućen je modulima pisanim u programskom jeziku *C* korišćenjem *wrapper* biblioteke postojeće *ResourceHolder C++* klase, čime je omogućen pristup funkcionalnostima rukovaoca širom sistema.

#### ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32041.

## LITERATURA

- [1] Google Android, <http://www.android.com>
- [2] D. A. Rusling, *The Linux Kernel*. 1999.
- [3] T. Schreiber, “Android binder“, Ph.D. dissertation, Ruhr University Bochum, 2011
- [4] Herve Benoit, *Digital Television*, Focal Press, 2008.
- [5] D. Hackborn “Introduction to OpenBinder“, 2006.
- [6] VideoView class overview  
<http://developer.android.com/reference/android/widget/VideoView.html>
- [7] M. L. Murphy, *The Busy Coder's Guide to Android*, United States of America: CommonsWare, 2008.

## ABSTRACT

This paper presents one implementation of Android based DTV device system resource manager. The goal is the realization of software that enables consistent usage of shared hardware and software resources in a multi-client environment. Description of inter-process communication mechanisms employed in the development of the client-server architecture is given.

### **One Implementation of Android Based DTV Device System Resource Manager**

Nikola Špirić, Miloš Subotić, Jelena Simić, Radovan Škorić,  
Vladimir Jelovac



# Optimizacija grafičke korisničke sprege java aplikacija za uređaje bazirane na Android operativnom sistemu

Dejan Popov Tapavički, Nenad Šoškić, Aleksandar Oroz, Miloš Subotić, Miodrag Temerinac,  
*Member, IEEE*

**Apstrakt**— U radu je opisan jedan način optimizacije grafičke korisničke sprege Java aplikacija za uređaje na Android platformi. Glavni cilj istraživanja je nalaženje najboljeg načina za dizajniranje grafičke korisničke sprege. Opisana su dva moguća načina implementacije i na osnovu istraživanja utvrđeno najbolje rešenje. Zabeleženi su značajni rezultati korišćenjem statičke grafičke korisničke sprege gde je trajanje iscrtavanja grafike na ekran drastično manje nego korišćenjem dinamičke grafičke korisničke sprege.

**Ključne reči** — Android; UI; XML; Java

## I. UVOD

ANDROID je platforma za mobilne uređaje razvijena od strane udruženja Open Handset Alliance (OHA) na čijem čelu se nalazi kompanija Google. [1] Na osnovu [2] razlog velikog interesovanja za Android je dostupnost u izvornom kodu i slobodi njegovog primenjivanja kao i zastupljenost na tržištu. Samim tim Android je pogodan za dalja poboljšanja i izmene u skladu sa potrebama pojedinaca širom sveta.

Na slici 1. je prikazan Android operativni sistem koji je organizovan u obliku softverskog steka koji uključuje jezgro operativnog sistema, srednji (engl. *middleware*) i aplikativni sloj programa.

## NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Dejana Popova Tapavičkog. Mentor je bila doc. dr Jelena Kovačević.  
b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

Dejan Popov Tapavički, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [dejan.popov-tapavicki@rt-rk.com](mailto:dejan.popov-tapavicki@rt-rk.com))

Nenad Šoškić, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [nenad.soskic@rt-rk.com](mailto:nenad.soskic@rt-rk.com))

Aleksandar Oroz, RT - RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Srbija (e-mail: [aleksandar.oroz@rt-rk.com](mailto:aleksandar.oroz@rt-rk.com))

Miloš Subotić, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [milos.subotic@rt-rk.com](mailto:milos.subotic@rt-rk.com))

Miodrag Temerinac, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [miodrag.temerinac@rt-rk.com](mailto:miodrag.temerinac@rt-rk.com)).



Sl. 1. Dijagram Android softverskog steka.

Kao osnova se koristi Linux jezgro koje je posebno implementirano kako bi odgovaralo Android funkcijama koje se pozivaju kao i poseban oblik programske podrške za rad u realnom vremenu. [3] Srednji nivo predstavlja skup biblioteka potrebne za rad jezgra koje su integrisane u operativni sistem i služe za softversku podršku jezgru. Treći sloj koji je najbliži korisniku naziva se aplikativni, odnosno prezentacioni sloj. Služi za opisivanje izgleda ekrana Android okruženja (prozora i funkcija koje se predstavljaju korisniku).

Grafička sprega (engl. *User Interface UI*) u Android operativnom sistemu [4] je definisana vizuelnim komponentama:

- dijalog prozorima
- vizuelnim kontrolama
- 2d grafikom
- ostalim multimedijalnim elementima za efikasnost i upotrebljivost

Programski jezici visokog nivoa i razvojni alati su se unapredili dozvoljavajući programerima da razvijaju kompleksnije aplikacije. Alat koji se koristi pri izradi aplikacija je Eclipse okruženje sa ekstenzijom Android Development Tools (ADT). [5] Okruženje pruža zgodan način programiranja aplikacije u smislu grafičkog deklarisanja izgleda. Korisnička grafička sprega reprezentuje važnu komponentu aplikacije, ali samo jezgro i funkcionalnost se pišu u kodu iza sprege. Bez njih grafička sprega bi bila neupotrebljiva. Kod izrade Android aplikacija, najčešće se koristi statički definisana grafička sprega. Android okruženje dozvoljava programeru da koristi dve metode za dizajniranje grafičke korisničke sprege: deklarativnu (XML) i

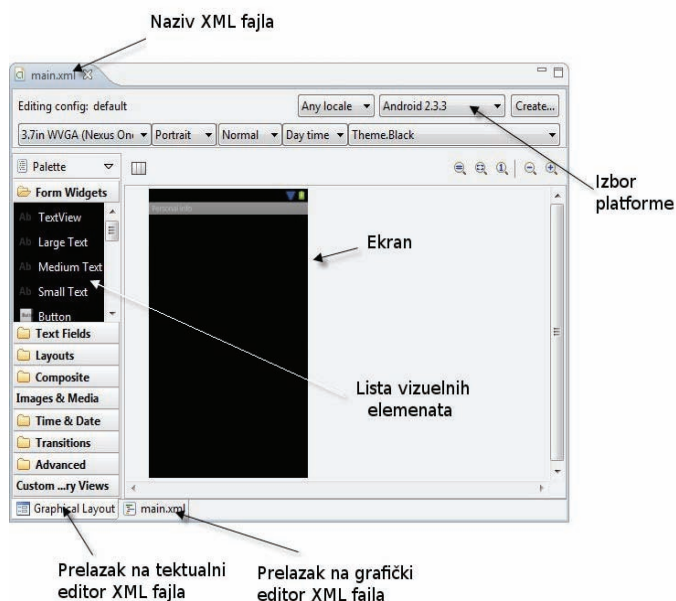
proceduralnu (Java kod). Istražili smo ova dva načina, njihove prednosti i mane, i došli do zaključka koji način je bolji pri izradi aplikacija za uređaje zasnovanim na Android OS-u.

## II. STATIČKA GRAFIČKA KORISNIČKA SPREGA

Upotreba statičke grafičke korisničke sprege je najzastupljenija. Koristi se deklarativan način pisanja korisničke grafičke sprege za Android aplikacije. Bazira se na [6] jeziku za kodiranje koji se može lako pročitati i razumeti od strane programera sa malo ili nimalo znanja o Android platformi. Korišćenje XML jezika za opis statičke grafičke sprege ima još jednu prednost u dizajniranju, a to je grafičko kodovanje ekrana. Kod statičke grafičke sprege postoje dva tipa pisanja XML koda:

- ručno u XML datoteci gde se svaki vizuelni element koji se treba prikazati mora deklarirati u okviru XML čvora
- grafički dizajn koji sam generiše XML kod na osnovu onoga što je grafički podešeno od strane programera

Kod grafičkog opisivanja je potrebno znati rukovati alatima za dizajniranje grafičke sprege koje je Android pružio [7]. Na slici 2 je dat izgled alata za dizajniranje grafičke korisničke sprege:



Sl. 2. Prikaz grafičkog načina dizajniranja grafičke korisničke sprege

Prednosti statike kao rešenja za opis grafičke korisničke sprege su:

- XML datoteka može biti izmenjena uz pomoć običnog tekst editora i njegova sintaksa je veoma jednostavna u odnosu na Java programski jezik
- Vrlo lako se može izmeniti dizajn u XML jeziku bez rekompajliranja izvornog koda
- XML datoteke se nalaze u kompresovanoj binarnoj datoteci i može se izvršiti nezavisno od kompajliranja izvornog koda

## III. DINAMIČKA GRAFIČKA KORISNIČKA SPREGA

Kod dinamičke grafičke korisničke sprege koristi se proceduralni način što znači da se koristi Java programski jezik za dizajniranje korisničke sprege. Prema [8] ovo je uobičajen način dizajniranja kod Swing sprege na JSE platformi. Sastoji se iz toga što je svaki element korisničke sprege instanca klase kojom se dizajnira i upravlja. Upotreba ovakve sprege zahteva intenzivno znanje koncepta objektnog programiranja i Java programskog jezika. Kod ovakvog načina implementiranja svaki objekat korisničke sprege mora biti deklarisan i definisan u kodu kako bi mogao da se koristi, odnosno da se pojavi na ekranu korisnika.

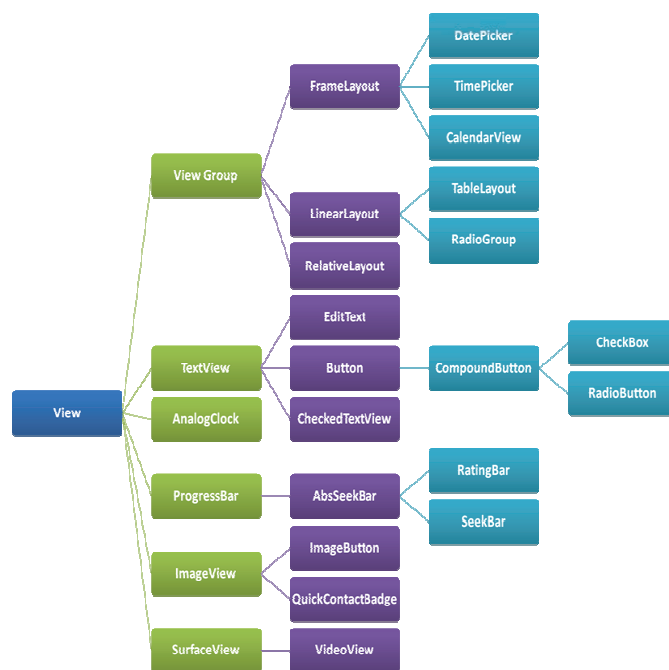
Grafička korisnička sprega se sastoji od više:

- formi
- prozora
- ekrana

Svaki prozor se kontroliše uz pomoć Aktivnosti (engl. *Activity*) objekta koji ima kompleksni životni vek [9] koji moraju pratiti sve grafičke komponente. Ovaj objekat je bazni za klase u kojima se nalaze vizuelne komponente i sve su njegove instance konstruisane uz pomoć Pogleda (engl. *View*) i Grupe Pogleda (engl. *ViewGroup*) objekata.

*View* klasa je roditeljska klasa velike hijerarhije vizuelnih kontrola i sličnih elemenata kao što su tekstovi, slike, dugmići, dijalozi... *ViewGroup* klasa je bazna klasa hijerarhije svih izgleda ekrana korišćenih za kolekcije dodataka i elemenata prisutnih u prozoru.

Elementi su prikazani samo ako su dodati tom prozoru koji se trenutno prikazuje. Da bi se ovo ostvarilo potrebno je dodati ih *View* kolekciji pozivanjem *addView()* funkcije.



Sl. 3. Hijerarhija Android nasleđivanja objekata iz klase *View*

#### IV. POREĐENJE DINAMIČKE I STATIČKE GRAFIČKE KORISNIČKE SPREGE

Kada je reč o preglednosti koda statički način je u ozbiljnoj prednosti jer se sam dizajn odvaja od logike aplikacije što odgovara većini programera. Nema gomilanja koda i mešanja dizajna sa logikom u istim klasama i sl. Korišćenjem statičkog načina kodovanja dobija se na čitljivosti koda, većoj razumljivosti logike i lakoj izmeni dizajna ako je potrebno.

##### XML kod :

```
<TextView
<!--width - equal to the content-->
<!--height - equal to the content-->
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Hello World Android !"
android:textSize="20dp"
android:textColor="#0f0"
android:typeface="sans"
android:textStyle="bold|italic"
/>
```

Svaka klasa u Javi koja se koristi za prikazivanje elemenata grafičke korisničke sprege ima svoj ekvivalent u XML kodu. Kako su oba jezika osetljiva na mala i velika slova, elementi iz XML jezika imaju iste nazive kao i klase u Java programskom jeziku.

Gore je prikazan primer jednog elementa kako izgleda opisan na deklarativan način i kasnije njegov ekvivalent u proceduralnoj terminologiji.

Iz priloženog se može zaključiti da je pisanje korisničke sprege mnogo preglednije upotrebom deklarativnog načina koji je odvojen od logike aplikacije i lako izmenjiv. Kod je dosta kraći i razumljiviji i može se proveriti ispravnost koda prelaskom na grafički prikaz (prikazan na prethodnoj slici). Kod statičke sprege postoji opcija biranja rezolucije ekrana odnosno postavljanja određenih elemenata za svaki ekran posebno [10]. Ovo bi kod dinamičke sprege rezultovalo proveru rezolucije ekrana kao i ponavljanje koda za svaki ekran posebno. Takav postupak bi otežao održavanje korisničke sprege kao i modularnost njenog koda. Kod statičke sprege Android OS sam vrši proveru rezolucije ekrana i postavlja elemente prema očitanoj rezoluciji.

Upotreba statičke sprege može prevladati samo donekle. Statičkoj sprezi Android aplikacije nedostaje određeno reagovanje na zahteve u realnom vremenu od strane korisnika.

Postoje razni zahtevi upućeni od strane korisnika, a na koje je statička sprega nemoćna:

- dodir ekrana
- pomeraj
- glasovna komanda
- i druge

Dinamička sprega se koristi pri višestrukim pozivima funkcija i petlji kojima se iscrtavaju vizuelni elementi, odnosno menja izgled ekrana. Kada bi se ovo primenilo u statičkoj sprezi značilo bi imati višestruke izgleda za jedan te isti ekran što dovodi do dupliciranja XML datoteka i

povećanja memorije koju aplikacija zauzima odnosno nepotrebnog trošenja memorijskih resursa.

##### Java kod :

```
TextView txtInfo = new TextView(this);
txtInfo.setText("Hello World Android !");
//define the LayoutParams
//width - equal to the content
//height - equal to the content
LinearLayout.LayoutParams txtLayoutParams =
 new LinearLayout.LayoutParams(
 ViewGroup.LayoutParams.WRAP_CONTENT,
 ViewGroup.LayoutParams.WRAP_CONTENT);
//set the LayoutParams
txtInfo.setLayoutParams(txtLayoutParams);
txtInfo.setTextSize(20);
txtInfo.setTypeface(Typeface.SANS_SERIF,
 Typeface.BOLD_ITALIC);
txtInfo.setTextColor(Color.GREEN);
```

#### V. REZULTATI TESTA

Koristeći savete iz [11] upotrebljeno je Eclipse okruženje sa ADT ekstenzijom za podršku Android OS-u radi izvršenja testa koji poredi vreme prikazivanja vizuelnih elemenata upotrebom statičke i dinamičke grafičke korisničke sprege. Testovi su izvršeni kako bi se odredilo vreme potrebno za prikazivanje različitog broja elemenata na korisnički ekran.

TABELA I  
VREME ISCRTAVANJA ELEMENATA GRAFIČKE SPREGE

Broj elemenata	Dinamička sprega [ms]	Statička sprega [ms]
4	198	80
50	598	141
300	2179	423
1000	6753	1241

Iz tabele se može zaključiti da razlika prikazivanja statičke i dinamičke korisničke sprege linearno raste sa porastom broja elemenata potrebnih za prikazivanje. Sa određenim brojevima iz tabele dobili smo da je statička sprega i do 5x brža od dinamičke. Ovo je posledica korišćenja funkcija koje korisnik implementira, a ne sam Android OS što je dosta sporije i zahteva više procesorskog vremena te i prikazivanje elemenata duže traje.

#### VI. ZAKLJUČAK

U ovom radu je istražen jedan od načina implementacije dizajna Android aplikacija u vidu ubrzanja njenog prikaza. Statička sprega ima svoje prednosti koje doprinose brzini otvaranja i prikazivanja Android aplikacija dok dinamička sprega prihvata i obrađuje zahteve od strane korisnika. Sama ideja spajanja ove dve sprege u jednu aplikaciju odnosno

korišćenje obe sprege u prikazu jednog prozora na ekranu je doprinelo razvoju zahtevnih Android aplikacija. Statičku spregu i njene opcije treba koristiti koliko je god moguće kako bi se dobilo na brzini prikazivanja, a dinamičku da bi se obradili zahtevi korisnika u realnom vremenu.

#### LITERATURA

- [1] Wikipedia – Android (Operating system) [http://en.wikipedia.org/wiki/Android\\_%28operating\\_system%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Android_%28operating_system%29)
- [2] <http://bgr.com/2012/12/04/mobile-market-share-2012-android/>
- [3] S. Novaković, T. Maruna, N. Teslić, N. Kuzmanović, “Jedno rešenje proširenja Android operativnog sistema podrškom za digitalnu televiziju”, Telecommunications Forum (TELFOR) 18<sup>th</sup>, pp. 1-3, November 2010.
- [4] “Professional Android 4 Application Development”, Reto Meier,
- [5] “Programming Android: Java programming for the new generation of mobile devices”, Zigurd R. Mednieks, Laird Dornin, G. Blake Meike, Masumi Nakamura, September 2012 Second Edition
- [6] <http://mobile.tutsplus.com/tutorials/android/getting-started-with-xml-layouts/>
- [7] “Automating GUI testing for Android application”, Cuixiong Hu University of California Riverside, Riverside, CA, USA, Iulian Neamtii University of California Riverside, Riverside, CA, USA
- [8] [http://cdn.intechopen.com/pdfs/10816/InTech-Embedded\\_user\\_interface\\_for\\_mobile\\_applications\\_to\\_satisfy\\_design\\_f\\_or\\_all\\_principles.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/10816/InTech-Embedded_user_interface_for_mobile_applications_to_satisfy_design_f_or_all_principles.pdf)
- [9] <http://stackoverflow.com/questions/13947587/android-life-cycle-activities>
- [10] “Smashing Android UI”, Juhani Lehtimäki, 2013
- [11] Ed Triou Microsoft Corp., Redmond WA, Z. Abbas, S. Kothapalle “Declarative Testing: A Paradigm For Testing Software Applications”, Information Technology: New Generations, ITNG '09 Sixth International Conference, pp. 769-773, 2009.
- [12] “Understanding Android Resources”, Satya Komatineni, Dave MacLean, pp 51-78, 2012

#### ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32014.

#### ABSTRACT

This paper analyses two approaches of designing graphical user interface and benefits of using either of them as it represents how to optimize code in order to get faster and more responsible graphical UI for mobile devices on Android platform.

#### Optimization of Graphical User Interface for Java Applications on Android Platform

Dejan Popov Tapavički, Nenad Šoškić, Aleksandar Oroz, Miloš Subotić, Miodrag Temerinac, *Member, IEEE*



# Cloud-based framework for QoS monitoring and provisioning in consumer devices

Saša Radovanović, Norbert Nemet, Mića Četković

RT-RK Institute for Computer Based Systems  
Novi Sad, Serbia

{sasa.radovanovic, norbert.nemet, mica.cetkovic}@rt-rk.com

Milan Z. Bjelica, Nikola Teslić

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad  
Novi Sad, Serbia

{milan.bjelica, nikola.teslic}@rt-rk.com

**Abstract**— The purpose of this paper is to provide a framework for a scalable, adaptable and efficient Quality of Service (QoS) monitoring system for consumer devices. The system is set in the Cloud environment and based on TR-069 remote management protocol. The proposed solution allows the development of secure, cloud-based network provisioning and management applications. Cloud access interfaces provide all needed information for the development of web-based or mobile applications which allow visualization of acquired QoS parameters.

**Index Terms**— QoS, Service Level Agreement, Management, Provisioning, Consumer Electronics

## I. INTRODUCTION

Consumer devices provide a variety of services to their users. The Quality of Service (QoS) concept has become vital for service providers. Users are becoming increasingly sensitive about the perceived quality of service [1]. Service providers need a development environment in which they can fulfill SLA (Service Level Agreement) obligations towards an increasing number of users within a sophisticated network environment. QoS is an instrument for continuous and proactive control of each service aspect in order to bridge the gap between the required and delivered quality. Existing solutions mostly insist on monitoring the content sent by the provider and not the content received by the user since the information sent by the provider is subject to interference and network congestion and thus not necessary received unaffected.

The most effective QoS requires feedback from each user regardless of the network type or the parameters monitored [2]. Modern QoS provisioning must allow network supervision based on passive and active monitoring. This feature demands a protocol between the end-user and the monitoring system for a continuous insight into QoS to prevent manual troubleshooting of potential issues. Modern systems are high on demands for resources. Therefore, monitoring modules require large processing power with storage capabilities for conservation of data received. In this paper QoS monitoring and control framework is proposed to provide means for the providers to answer the always growing support demands in terms of QoS.

## II. SYSTEM ARCHITECTURE AND DEVELOPMENT FRAMEWORK

Key components of the framework are QoS Cloud Server and QoS User Provisioning (QoS UP) library. QoS Cloud Server is deployed as a platform (PAAS). The framework is designed to be independent of the specific network and the nature of exchanged parameters. Framework seeks to provide an efficient way for providers to personalize, scale and implement requirements based on the characteristics of end-devices. It allows them to specify service parameters they want to monitor through the proposed QoS UP library. Parameters are automatically returned by the end-device. Core technology of the QoS Cloud server is based on the application server with modular storage unit implemented using database and cache. Using object-related mapping library, the framework is made independent from the version of database used. Frequently accessed data are stored to cache using distributed data grid platform. Used technologies provide scalability and distributed data processing along with an abstraction of physical parameters through the concept of Data Processing modules. Architecture of the framework is shown in Fig. 1.

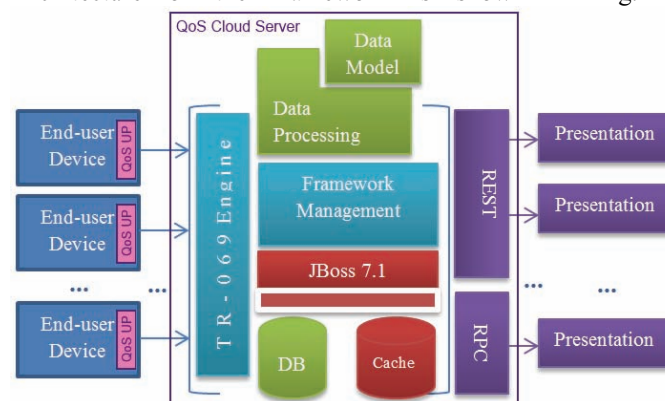


Figure 1. Top-level architecture.

QoS Cloud Server provides two different APIs for application development. The first API is dedicated to the consumer end-devices (CPEs – Customer Premises Equipment using TR-069 protocol). The second API is reserved for presenting information processed by the Cloud Server. TR-069 (also known as CPE WAN Management Protocol) is selected as a protocol for consumer end-devices since it provides means for

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Saše Radovanovića. Mentor je bio doc. dr Milan Bjelica.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji: 4th IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin (IEEE 2014 ICCE-Berlin), septembar 2013.



parameter exchange and monitoring regardless of network infrastructure. The API used by presentation modules is implemented using Remote Procedure Calls (RPC) and REST mechanisms. These allow for acquisition of data at any given refresh rate.

### III. SECURITY

The framework provides security mechanisms and reputation-based trust management to secure public domain data flow [3]. Both communication layers of the framework provide end-to-end security with HTTPS/SSL. End users and presentation clients use different message types with adapted security mechanisms. TR-069 top level messages use SOAP format, therefore it is advised that WSS (Web Services Security) should enforce the integrity of communication [3][4]. WSS mechanism ensures encryption of SOAP based messages thereby every data exchanged between framework and end users is preserved from illegal usage. This adds new level of security and proposes a solution to TR-069 vulnerability to third party intrusions. On the other end, access to user data is controlled by account access control, with policy defined by the provider. Federated Identity Management (FIdM) is implemented using PAM (Pluggable Authentication Module) mechanism which enables high level applications to recognize different controllers of the framework with different access privileges. Besides specifically securing both communication ends, framework is applying Cloud-specific security mechanisms through corrective and detective controls.

### IV. EVALUATION

System was evaluated in an environment of DVB-T2 set-top-boxes (STBs) as the end user devices. Tested network is in adapted star network topology. Android and Web based applications were used as presentation tools. The framework showed stability and robustness with a high number of user devices in field tests while retaining acceptable reaction to notifications. Customized Data Processing allows presentation clients to visualize advanced features such as signal quality heat map based on geographical information or signal quality history for a specific end user as shown in Fig. 3. One evaluation scenario insisted on determining the response time from Server to presentation clients which ask for the QoS signal quality parameter in function of the number of end devices as shown in Fig. 2. Another test scenario shows Server response time towards end-user devices in getting value of certain parameters and setting their value. The test case was performed 20 times in order to determine fluctuation of response time in network consisting of 2500 end devices. The results are shown in Fig. 4. Obtained results indicate acceptable response time which is not severely affected by the number of devices handled by the QoS server on both ends, what shows the feasibility of the proposed solution for the typical QoS monitoring scenarios.

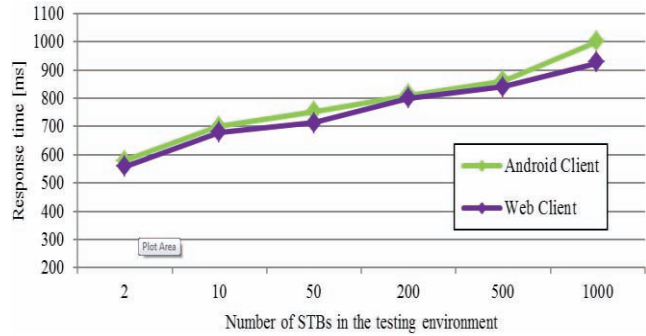


Figure 2. Response time towards presentation clients.

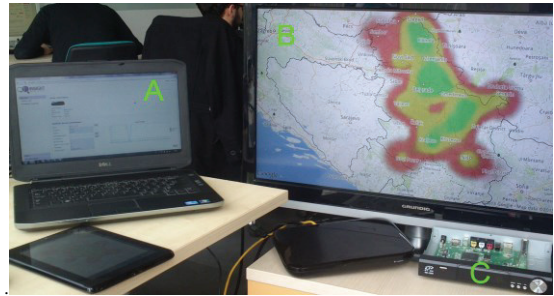


Figure 3. Testing environment (A – Web-based presentation client, B – Heat map on Android presentation client, C – STB with QoS UP library).

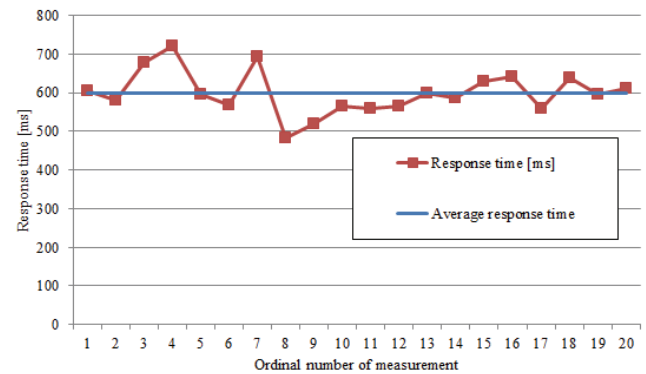


Figure 4. Response time towards end-users.

### V. RELATED WORK

QoS in networks is a main subject in many research works. However, most are not consumer device oriented. In the concept of distributed SLA [5], measurement based on client feedback is introduced. That model is accepted and modified to suite the nature of device types. The importance of flexibility is mentioned in [6] as feature for successful QoS management. We endorse and expand that paradigm. More works emerged with Cloud computing becoming an option for remote resources. Several monitoring systems propose solutions for large distributed systems. To the best of our knowledge, present solutions fail to provide the unique and scalable development environment for the facilitated creation and maintenance of custom QoS monitoring platforms. They have problems with dynamics of infrastructure but provide a base for research such as [7]. The framework managing self-configuring devices is presented in [1]. It is based on the TR-069 protocol providing an environment for high performance

networks, although it does not provide a solution for connecting presentation tools. The Internet of Things (IoT) is an upcoming concept, with requirements and end-user QoS architecture being proposed in [8]. It proposes solution for some main architecture issues and provides a base for integrating QoS in IoT objects. Framework proposed in this paper is complementary with that architecture. Modernized electrical grids are dependent on reliable QoS monitoring. Solution for QoS monitoring of SmartGrids is proposed in [9]. It presents a proposal for integrating QoS modules in SmartGrid entities. This framework provides an extension for monitoring those entities.

## VI. CONCLUSION

QoS monitoring for consumer devices based on Cloud computing will be a primary choice for the time to come. Our solution provides a cloud-based development platform for QoS for different types of consumer devices. It also provides a solution for upcoming energy distribution models and IoT networks complying with specific QoS requirements [10][11]. Conducted evaluation suggests that the approach is feasible for large numbers of devices monitored. Special attention is given to covering security issues and supporting dynamics in high performance networks regardless of device type. Future work will insist on increasing security measures all over the framework and expanding the set of monitored QoS parameters.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia under the project 44009, year 2011.

## REFERENCES

- [1] H. Rachidi, „A framework for self-configuring devices using TR-069“, Int. Conf. on MCS, Morocco, 2011.
- [2] R. Jurca, W. Binder, B. Faltings, „Reliable QoS Monitoring Based on Client Feedback“, pp. 1003-1010, Int. Conf. on WWW, USA, 2007.
- [3] K. Hwang, S. Kulkureni, Yue Hu, „Cloud Security with Virtualized Defense and Reputation-based Trust Management“, Int. Conf. on DASC, Chengdu, China, 2009.
- [4] S. Ramgovind, M.M. Eloff, E. Smith, „The Management of Security in Cloud Computing“, ISSA, South Africa, 2010.
- [5] A. Sahai, V. Machiraju, M. Sayal, A. Van Moorsel, F. Casati, „Automated SLA monitoring for Web Services“, 13th IFIP/IEEE Int. Workshop on DSOM, pp. 3-11, Canada, 2002.
- [6] R.E. Schantz et al., „Flexible and Adaptive QoS Control for Distributed Real-Time and Embedded Systems“, Int. MW Conf., Brazil, 2003.
- [7] R. Grati, K. Boukadi, H. Ben-Abdallah, „A QoS Monitoring Framework for Composite Web Services in the Cloud“, Int. Conf. on AECAS, pp. 65-69, Spain, 2012.
- [8] Ren Duan, Xiaojiang Chen, Tianzhang Xing, „A QoS Architecture for IOT“, International Conference on and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing, China, 2011.
- [9] Wei Sun et al., „Quality of Service Networking for Smart Grid Distribution Monitoring“, IEEE International Conference on Smart Grid Communications, USA, 2010.
- [10] Zhou Ming, Ma Yan, „A modeling and computational method for QoS in IOT“, China, 2012.
- [11] Yong-Hee Jeon, „QoS Requirements for the Smart Grid Communications System“, International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.11 No.3, 2011.

# Jedno rešenje razlaganja grafičke korisničke sprege na uređajima zasnovanim na Android operativnom sistemu radi poboljšanja performansi

Nenad Šoškić, Dejan Popov Tapavički, Nikola Kuzmanović, *Member, IEEE*, Milan Savić, Miloš Subotić

**Sadržaj** – U radu je opisano jedno rešenje za kreiranje grafičke korisničke sprege na uređajima zasnovanim na Android operativnom sistemu. Umesto starog rešenja gde je grafička korisnička sprega jedna nepromenljiva celina, prikazan je jedan način pravljenja grafičke korisničke sprege od manjih građivnih celina. U ovoj realizaciji rešenja korišćeni su fragmenti. Cilj rada je da prikaže poboljšanja dobijena uvođenjem fragmenata u korisničku spregu.

**Ključne reči** — Android; Fragment; UI; Java;

## I. UVOD

ANDROID je operativni sistem zasnovan na Linux-u i prvenstveno je osmišljen za prenosive uređaje sa ekranom osetljivim na dodir, kao što su pametni telefoni i tablet uređaji. [1] Android je pogodan za dalja poboljšanja i izmene u skladu sa potrebama pojedinaca širom sveta jer ima dostupnost u izvornom kodu i slobodu njegovog primenjanja, kao i zastupljenost na tržištu.

Kao osnova se koristi Linux jezgro koje je posebno implementirano kako bi odgovaralo Android funkcijama koje se pozivaju kao i poseban oblik programske podrške za rad u realnom vremenu. [3] Srednji nivo predstavlja skup biblioteka potrebne za rad jezgra koje su integrisane u operativni sistem i služe za softversku podršku jezgru. Treći sloj koji je najbliži korisniku i naziva se aplikativni, odnosno prezentacioni sloj. Služi za opisivanje izgleda ekrana Android okruženja (prozora i funkcija koje se predstavljaju korisniku).

### NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Nenada Šoškića. Mentor je bila doc. dr Jelena Kovačević.  
b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

Nenad Šoškić, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [nenad.soskic@rt-rk.com](mailto:nenad.soskic@rt-rk.com))

Dejan Popov Tapavički, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [dejan.popov-tapavicki@rt-rk.com](mailto:dejan.popov-tapavicki@rt-rk.com))

Nikola Kuzmanović, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [nikola.kuzmanovic@rt-rk.com](mailto:nikola.kuzmanovic@rt-rk.com)).

Milan Savić, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [milan.savic@rt-rk.com](mailto:milan.savic@rt-rk.com)).

Miloš Subotić, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [milos.subotic@rt-rk.com](mailto:milos.subotic@rt-rk.com)).

Na slici 1. je prikazan Android operativni sistem koji je organizovan u obliku softverskog steka koji uključuje jezgro operativnog sistema, srednji sloj (engl. middleware) i aplikativni sloj programa.



Sl. 1. Dijagram Android softverskog steka.

Grafička sprega u Android operativnom sistemu [4] je definisana vizuelnim komponentama:

- dijalog prozorima
- vizuelnim kontrolama
- 2d grafikom
- ostalim multimedijalnim elementima za efikasnost i upotrebljivost

Alat koji se koristi pri izradi aplikacija je Eclipse okruženje sa ekstenzijom Android Development Tools (ADT). [5] Programski jezici i razvojni alati su se razvili dozvoljavajući programerima da razvijaju kompleksnije aplikacije. Eclipse okruženje pruža jednostavan način programiranja aplikacije u smislu grafičkog deklarisanja izgleda.

Grafička korisnička sprega se sastoji od više:

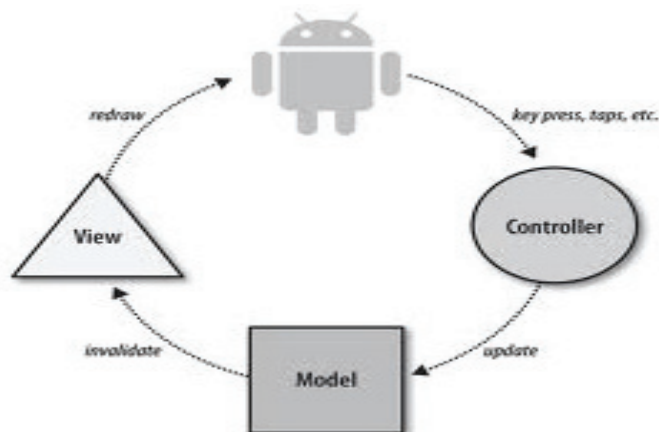
- formi
- prozora
- ekrana,

a svaki prozor se kontroliše uz pomoć Aktivnost (engl. Activity) objekta koji ima kompleksni životni vek. [7] Svim objektima u UI koji se nalaze u Aktivnosti može se pristupiti tek kad je napravljena i postoje sve dok je Aktivnost živa. Loša strana ovoga je što se sve radi u jednom procesu. Sa novijim tehnologijama je moguće razdeliti jednu veliku celinu u više zasebnih elemenata. To znači da svaki gradivni element možemo izvršavati u odvojenom procesu koji je i dalje vezan za glavni proces. Jedno od rešenja se može prikazati upotrebom fragmenata. Cilj rada je da se prikažu poboljšanja dobijena izgradnjom korisničke sprege iz manjih gradivnih elemenata.

## II. GRAFIČKA KORISNIČKA SPREGA

Android okruženje dodaje još jednu grafičku korisničku sprepu (engl. Graphical user interface GUI) alat u Java GUI ekosistem, pored AWT, Swing, SWT, LWUIT. Kao i kod navedenih alata, Android GUI alat je vođen događajima (event-driven), zasnovan na jednoj niti i izgrađen na biblioteci od komponenti koje se mogu ugnježdavati. Android UI okvir je, kao i drugi Java UI okviri, organizovan kao Model – Pogled – Kontroler obrazac koji je prikazan na slici 2. Android UI nam daje strukturu i alate za pravljenje kontrolera koji obrađuje ulazne događaje, poput pritiska na tastere i dodira ekrana, i Pogled (View) koji obrađuje i prikazuje grafičke informacije na ekranu. [5]

Model je srž aplikacije, odnosno šta aplikacija zapravo radi. Može biti muzička baza podataka na uređaju i programska podrška koja reprodukuje tu muziku ili lista kontakata i programska podrška koja šalje poruke ka njima.



Sl. 2. Prikaz obrasca Model – Pogled – Kontroler

Kontroler je deo aplikacije koji reaguje na spoljne aktivnosti: pritisak tastera, dodir ekrana, dolazni poziv, i tako dalje. Realizuje se kao red događaja (event queue). Svaka eksterna akcija je predstavljena kao jedinstveni događaj u redu. Okvir uklanja svaki događaj iz reda i dostavlja ga na dalju obradu.

Pogled je vizuelizacija modela. Uopšte uzet, pogled je deo aplikacije odgovoran za obradu i prikaz ekrana, slanja zvuka sagovornicima, generisanje povratne informacije, i tako dalje.

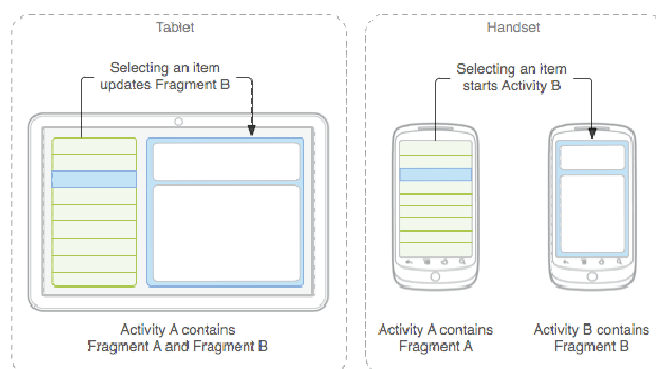
## III. FRAGMENTI

Fragment predstavlja ponašanje ili deo korisničke sprege u nekoj Aktivnosti (engl. Activity). Mogu da se kombinuju više fragmenata u jednoj Aktivnosti za izgradnju multi-pane UI i ponovo iskoristiti fragment u više Aktivnosti. Može se misliti o fragmentu kao o modularnom delu aktivnosti, koja ima svoj vek trajanja, dobija svoje ulazne događaje, a koji može da se doda ili ukloni, a aktivnost i dalje radi (nešto kao "podaktivnosti" koje mogu ponovo da se iskoristite u različitim aktivnostima).

Fragment uvek mora biti ugrađen u aktivnost. Fragmentov životni ciklus je direktno pogođen životnim ciklusom Aktivnosti u kojoj se taj fragment nalazi. Na primer, kada je aktivnost zaustavljena, tada su svi fragmenti u njoj takođe zaustavljeni, a kada aktivnost je uništena, tada su svi fragmenti uništeni. Međutim, dok je Aktivnost u stanju rada može da se manipuliše nezavisno svakim fragmentom, kao što je dodavanje ili uklanjanje ili transakcija između fragmenata. Kada izvršite transakciju fragmenta, možete da ga dodate u pozadinski stek te da mu pristupite povratkom na taj isti fragment. [6]

## IV. PRIMENA FRAGMENTA U KORISNIČKOJ SPREZI

Fragment je prvenstveno napravljen da bi aplikacije bile skalabilnije između pametnih telefona i tablet uređaja. [9]



Sl. 3. Primeri upotrebe fragmenata na ekranima različitih dimenzija

Na slici 3 su prikazani primeri upotrebe fragmenata na uređajima sa ekranima različitih dimenzija. Konkretno, na slici, su prikazani pametan telefon i tablet uređaj. Primer sa tablet uređajem pokazuje najbolji primer upotrebe fragmenata u korisničkoj sprezi. U ranijim verzijama Androida, pre verzije 3.0 i objavljivanja fragmenata, realizacija ovakvog grafičkog prikaza je bila kompleksna, a kod je bio jako teško

održiv. Svaki član liste sa primera prikazanog na tablet uređaju ima svoj grafički prikaz u fragmentu B, što znači da imamo veliku modularnost koda upotrebom fragmenata, te svaki fragment mozemo po želji menjati. Fragmenti nam omogućavaju da za sekciju B koristimo različite Android XML datoteke za grafički prikaz. Obrada svakog dela treba da se obavlja u samom fragmentu, tako da gubimo problem pristupa grafičkim elementima i da li ti elementi postoje.

Na primer, ukoliko imamo 10 članova liste i ako svaki pojedinačni prikaz svakog člana sa liste u sekciji B ima po 50 grafičkih elemenata, to znači da sa fragmentima obrađujemo odjednom 50 elemenata, dok bez njih, obrađujemo istovremeno čak 500. Iz ovoga se može lako uvideti zbog čega dobijamo na jednostavnosti kreiranja aplikacija upotrebom fragmenata.

U istom primeru se može primetiti da i pri menjanju izgleda sekcije B, opet imamo isti slučaj sa 50 elemata sa korišćenjem fragmenata, odnosno čak 500 bez njih, jer sve što treba da uradimo je da zamenimo fragment i nastavimo da radimo sa elementima drugog fragmenta, dok bez njih u jednoj XML datoteci moramo eksplicitno da pazimo sa kojim elementima radimo, odnosno koje elemente prikazujemo a koje ne.

Sad vidimo i koliko potencijalno veliko čuvanje memorije imamo. Ne moramo da zauzimamo memoriju za sve elemente odjednom, već samo za deo elemenata koji koristimo u fragmentu. Samim tim, ne moramo da brinemo hoće li ili neće GC (garbage Collector) osloboditi deo memorije koji nam treba.

Takođe možemo imati i nevidljive fragmente, koji ili čekaju da budu prikazani, ili uopšte nemaju grafičke elemente već služe kao radnici u Aktivnosti. [10]

## V. ZAKLJUČAK

Jedno od boljih rešenja za kreiranje korisničke sprege od manjih gradivnih elemenata jeste upotrebom fragmenata. Kreiranjem od manjih gradivnih celina omogućavamo paralelizaciju izvršenja procesa. Korišćenjem fragmenata dobijamo i na modularnosti koda, lakšoj organizaciji grafičke sprege i pojednostavljenja pravljenja istog. Fragmenti omogućavaju da od ranije kompleksna i nepraktična rešenja za razvoj grafičke korisničke sprege pojednostavimo i ubrzavaju nam rad aplikacije.

## LITERATURA

- [1] Wikipedia – Android (Operating system) [http://en.wikipedia.org/wiki/Android\\_%28operating\\_system%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Android_%28operating_system%29)
- [2] <http://hellboundbloggers.com/2012/04/28/why-android-is-popular/>
- [3] S. Novaković, T. Maruna, N. Teslić, N. Kuzmanović, “Jedno rešenje proširenja Android operativnog sistema podrškom za digitalnu televiziju”, Telecommunications Forum (TELFOR) 18<sup>th</sup>, pp. 1-3, November 2010.
- [4] “Professional Android 4 Application Development”, Reto Meier,
- [5] “Programming Android: Java programming for the new generation of mobile devices”, Zigurd R. Mednieks, Laird Dornin, G. Blake Meike, Masumi Nakamura, September 2012 Second Edition
- [6] <http://developer.android.com/guide/components/fragments.html>
- [7] <http://stackoverflow.com/questions/13947587/android-life-cycle-activities>
- [8] “Android UI Fundamentals: Develop and Design”, Jason Ostrander, 2012
- [9] “Smashing Android UI”, Juhani Lektimaki, 2013
- [10] <http://stackoverflow.com/questions/10609268/difference-between-fragment-and-fragmentactivity>

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 44009.

## ABSTRACT

This paper describes one solution for creating graphical user interface (GUI) on devices based on Android operating system. Instead of the old solution where GUI is one unchangeable unit, it's shown one way of creating GUI from smaller structural units. In this realization, fragments are used. The goal of the work is to show enhancements gained by incorporating fragments into the user interface.

## One Solution for Disassembling GUI on Android Devices for Performance Improvement

Nenad Šoškić, Dejan Popov Tapavički, Nikola Kuzmanović, *Member, IEEE*, Milan Savić, Miloš Subotić



# Jedno rešenje simulacije perifernih uređaja na platformi sa Android operativnim sistemom

Sreten Tanacković, Darko Dejanović, Milan Savić, Miloš Balać, Saša Bojić

**Apstrakt**— U ovom radu je prikazano jedno rešenje upravljanja uređaja sa Linux jezgrom, pomoću programske podrške razvijene za klijent sa Android operativnim sistemom. Za komunikaciju između klijenta i uređaja sa Linux jezgrom korišćena je je UPnP protocol u okviru lokalne mreže (WLAN i/ili LAN). Cilj je realizacija programske podrške za više platformi koje koriste komunikacione slojeve Linux-a i podržavaju razmenu podataka preko lokalne mreže.

**Ključne reči**— Android; Linux; Binder; IPC; UPnP;

## I. UVOD

ANDROID je operativni sistem [1] zasnovan na Linux jezgri. Namenjen je prvenstveno za prenosne uređaje. Nagli razvoj Andorida omogućen je brzim razvojem novih tehnologija na polju računarstva kao i činjenicom da je Android prvi operativni sistem otvorenog koda za prenosne uređaje. Ovo omogućava različitim proizvođačima da mogu da prošire, poprave ili dodaju nove elemente programske podrške u Android operativni sistem prema potrebama svog proizvoda. Razvojem tehnologije uz povećanje procesorske moći i smanjenjem cene komponenti ugrađenih računara, hardver potrošačkih uređaja sve više podseća na personalne računare. To dovodi do primene Android operativnog sistema u raznim potrošačkim uređajima kao što su na primer TV uređaji sa mogućnošću prijema digitalnog signala. Takvi uređaji u sebi pored osnovne namene reprodukcije multimedijalnih sadržaja imaju podršku priključivanja perifernih uređaja, umrežavanje sa drugim uređajima preko lokalne mreže, pristup internetu, gledanje televizije, itd.

## NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Sretana Tanackovića. Mentor je bila doc. dr Jelena Kovačević.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

Sreten Tanacković – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [sreten.tanackovic@rt-rk.com](mailto:sreten.tanackovic@rt-rk.com))

Darko Dejanović – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [darko.dejanovic@rt-rk.com](mailto:darko.dejanovic@rt-rk.com))

Milan Savić, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [milan.savic@rt-rk.com](mailto:milan.savic@rt-rk.com))

Miloš Balać, RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [milos.balac@rt-rk.com](mailto:milos.balac@rt-rk.com)).

Saša Bojić, RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [sasa.bojic@rt-rk.com](mailto:sasa.bojic@rt-rk.com)).

Podrška za povezivanje perifernih uređaja predstavlja mogućnost da se ostvari naprednije upravljanje koje nije moguće klasičnim daljinskim upravljačem, a prirodno je za prenosne uređaje koji imaju ekran osetljiv na dodir. Klasičan daljinski upravljač za ovakve uređaje nije u mogućnosti da iskoristi čitav skup mogućnosti koji nudi podrška Android operativnog sistema. Popularnost korišćenja “pametnih” telefona i tableta u svetu dovodi do toga da će u bližoj budućnosti svi imati takav uređaj. Jednostavnije i jeftinije je napraviti aplikaciju za prenosni uređaj (mobilni telefon ili tablet) koja će simulirati daljinski upravljač nego stvaranje novih sofisticiranih daljinskih upravljača. Zbog toga je cilj ovog rada kreirati programsku podršku koja omogućava upravljanje platformama zasnovanim na Linux jezgri, gde je upravljanje realizovano pomoću klijentske aplikacije koja se nalazi na Android prenosnom uređaju.

## II. KOMPONENTE POTREBNE ZA REALIZACIJU REŠENJA

Iz sigurnosnih razloga Android ne podržava programsko upravljanje kontrolom koja se ostvaruje mišem personalnog računara. Programsko upravljanje kontrolama sa tastature je dopušteno, ali ne sadrži celokupan skup funkcionalnosti stvarne tastature i još dodatno zahteva privilegije koje se stiču prevođenjem aplikacije zajedno sa Android operativnim sistemom. Takva aplikacija nije prenosiva ni na jedan drugi Android uređaj, već je samo upotrebljiva na uređaju sa kojim je prevedena. Da bi se omogućilo programsko upravljanje mišem i tastaturom bez ograničenja potrebno je komunicirati direktno sa jezgrom Android operativnog sistema stvarajući virtuelni uređaj miša i tastature.

### A. “User input” modul Linux jezgra

“User input” ili “uinput” je modul Linux jezgra koji omogućava rukovanje ulaznim podsistemom iz korisničkog prostora. Može da se koristi za kreiranje i upravljanje ulaznih uređaja iz neke aplikacije. Takav uređaj predstavlja virtuelnu spregu za komunikaciju sa Linux jezgrom i ne pripada stvarnom fizičkom uređaju. Kreira se na putanji `/dev/input/uinput` datotečnog sistema, ili `/dev/uinput` [3] u zavisnosti od verzije korišćenog Linux jezgra. Ovaj modul je uglavnom uključen u većini uređaja. U koliko ovaj modul nije uključen, prilikom rada moguće ga je pokrenuti upisom komande “`insmod`” i naziva modula u konzoli povezanom sa tim uređajem. U koliko se ovaj modul ne nalazi u Linux jezgri, neophodno ga je uključiti u podešavanjima prevođenja [3] i ponovo prevesti izvorni kod jezgra radi

njegove aktivacije.

#### *B. Mehanizam poveziavača za međuprocesnu komunikaciju (Binder IPC)*

Poveziavač (engl. Binder) je mehanizam koji se koristi za međuprocesnu komunikaciju [5] (engl. Inter-process Communication) na Android platformi. Ovaj mehanizam omogućava procesima da predstavljaju svoju programsku spregu koja može biti pozvana od strane drugih procesa.

AIDL (engl. Android Interface Definition Language) predstavlja jezik koji je namenjen za definisanje sprege za komunikaciju između različitih Android servisa [5]. Mehanizam poveziavača se na Android platformi koristi u skoro celokupnoj komunikaciji između sistemskim procesa.

Ovaj mehanizam se u predstavljenom rešenju koristi za komunikaciju između servisa uslužioca i pomoćnog servisa uslužioca.

#### *C. UPnP protocol*

UPnP (engl. Universal Plug and Play) je skup mrežnih protokola [6] koji omogućavaju automatsko pronalaženje, priključivanje i korišćenje uređaja koji su priključeni na računarsku mrežu. Primeri uređaja koji mogu da koriste ove protokole su lični računari, štampači, mobilni uređaji, itd. UPnP omogućava lako međusobno otkrivanje uređaja na mreži i uspostavljanje funkcionalnog mrežnog servisa za razmenu podataka, komunikaciju, i zabavu. UPnP je prvenstveno namenjen za kućne mreže bez uređaja poslovne klase.

UPnP tehnologiju promoviše UPnP Forum. To je inicijativa računarske industrije namenjena omogućavanju jednostavne i robustne povezanosti samostalnih uređaja i ličnih računara različitih proizvođača. Forum se sastoji od preko osamsto proizvođača, koji pokrivaju oblasti od potrošačke elektronike do mrežnog računarstva.

UPnP je konceptualni produžetak "plug-and-play" protokola, tehnologije za dinamičko povezivanje uređaja sa računarom, mada UPnP nije direktno srodan sa ranijom "plug-and-play" tehnologijom. UPnP uređaji su „plug-and-play“ u smislu da kad su povezani na mrežu oni automatski uspostavljaju radne konfiguracije sa drugim uređajima.

U ovom rešenju se UPnP protokol koristi kako bi klijent sa aplikacijom daljinskog upravljača pronašao uređaj kojim može da upravlja, kao i za ostvarenje dalje komunikacije.

#### *D. Android servisi*

Android servis je aplikacija koja može da obavlja dugotrajne operacije u pozadini i ne sadrži grafičku korisničku spregu [5]. Android servis može da se poveže (engl. bind) sa drugim servisima ili aplikacijama i razmenjuje sa njima informacije.

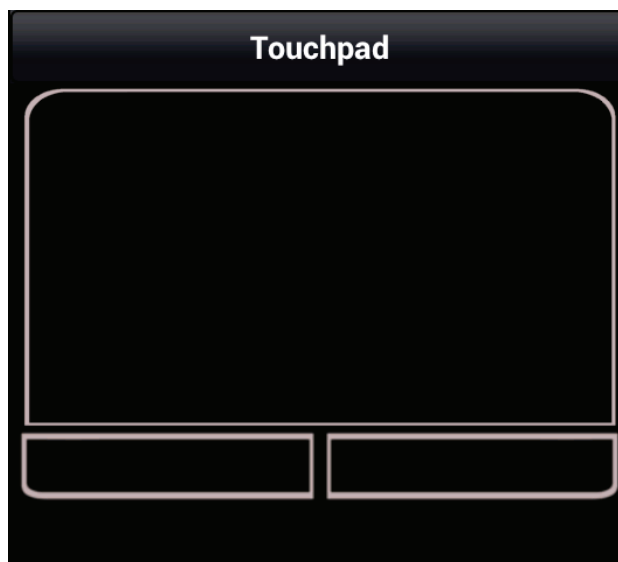
Svi servisi koji mogu da se povežu sa drugim servisima preko mehanizma poveziavača smeštaju se u takozvani bazen niti (engl. thread pool), odakle im ostali servisi mogu pristupiti i pozvati neku njihovu metodu preko sprege za međuprocesnu komunikaciju. Servisi napisani u Java programskom jeziku se automatski prijavljuju u ovaj bazen niti, dok servis napisan u programskom jeziku C mora da se programski prijavi u isti bazen niti.

### III. OPIS I REALIZACIJA REŠENJA

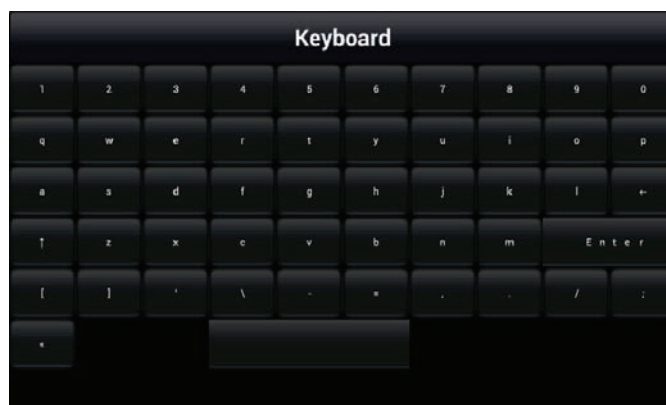
Verzija Linux jezgra koja je korišćena datom rešenju je 3.3.8. Ona u sebi ne sadrži "user input" modul, pa je prvo bilo potrebno uključiti ga ponovnim prevođenjem jezgra. Upravljanje periferijama je realizovano kao klijent – uslužilac (server) arhitekturu.

#### *A. Aplikacija daljinskog upravljača*

Klijentska strana rešenja je Android aplikacija koja se nalazi na nekom prenosnom uređaju. Ona komunicira sa stranom uslužioca porukama definisanim UPnP standardom. Poruke se prenose kroz lokalnu mrežu. Grafička sprega aplikacije se sastoji iz dela koji prikazuje "touchpad" upravljač pokazivača miša i delom koji prikazuje tastaturu zasnovanu na "qwerty" rasporedu tipki. Algoritam i vremenski okviri za prihvatanje korisničkih događaja za upravljanje mišem je veoma sličan kao i kod miševa personalnih računara [4], kako bi se postigao što realističniji utisak prilikom upravljanja.



Sl. 1. Prikaz izgleda grafičke sprege kojom se upravlja virtuelnim mišem.



Sl. 2. Prikaz izgleda grafičke sprege kojom se upravlja virtuelnom tastaturom.

#### *B. Aplikacija uslužioca za upravljanje uređajem*

Uslužilac se u ovom rešenju realizuje pomoću dva dela. Android servisa napisanog u Java programskom jeziku i pomoćnog servisa koji prosleđuje podatke Linux jezgru

napisanog u programskom jeziku C. Ova dva servisa komuniciraju mehanizmom poveziavača.

### C. Realizacija sistema

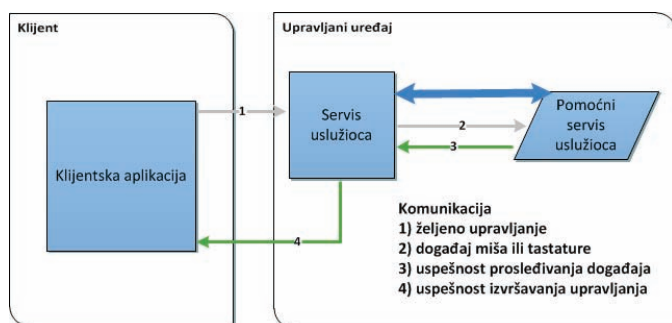
Servisi uslužioaca su uvek pokrenuti na uređaju sa kojim se upravlja. Oni mogu da opslužuju više klijenata u zavisnosti od dostupnih resursa uređaja. Pomoćni servis uslužioaca po inicijalizaciji registruje virtuelni miš i virtuelnu tastaturu u Linux jezgru. Registracija se ogleda u tome da se otvara nova datoteka na putanji `/dev/input/uinput` ili `/dev/uinput` datotečnog sistema i u nju upišu osnovni podaci o virtuelnom uređaju. Dalje upravljanje se vrši upisivanjem primljenih podataka u odgovarajuću datoteku [4] koje će jezgro Android operativnog sistema da prepozna i izvršiti željeno upravljanje. Glavni servis uslužioaca se po inicijalizaciji povezuje sa svojim pomoćnim servisom i započne rutinu za prihvatanje klijenata.

Da bi klijent mogao da upravlja uređajem mora prvo da se poveže sa njim. Povezivanje se može vršiti na dva načina.

Prvi način je realizovan tako što se po pokretanju aplikacije emituje UDP datagram u lokalnu mrežu sa unapred određenim sadržajem. Uslužilac, ukoliko postoji u toj lokalnoj mreži, treba da prepozna taj datagram kao upit na koji odgovara sa svojom IP adresom. Po primanju IP adrese prelazi se na TCP protokol za dalju komunikaciju. U slučaju da klijent ne dobije odgovor od uslužioaca, nastaviće da proverava mrežu sve dok se aplikacija ne zaustavi ili dok se u lokalnoj mreži ne pojavi namenski uslužilac.

Drugi način pronalazjenja i povezivanja klijenta i uslužioaca predstavlja korišćenjem UPnP protokola [2] i namenskih funkcija iz UPnP biblioteke.

Kada se komunikacija uspostavila klijentska aplikacija preko grafičke korisničke sprege od korisnika prima željeno upravljanje. To upravljanje se šalje UPnP porukom do servisa uslužioaca. Servis uslužioaca pretvara primljenu poruku u događaje miša ili tastature i potom prosleđuje događaj pomoćnom servisu preko mehanizma poveziavača. Pomoćni servis primljene poruke (događaje virtuelnih uređaja) smešta u kružne bafere odgovarajućeg virtuelnog uređaja. Kružni baferi imaju ulogu ujednačavanja opterećenja u slučaju većeg broja primljenih zahteva nego što ih je moguće obraditi u trenutku vremena. Zahtevi koji ne mogu da stanu u kružni bafer se odbacuju kao i kod stvarnih perifernih uređaja.



Sl. 3. Prikaz izgleda dvosmerne komunikacije između aplikacije klijenta i servisa uslužioaca.

Komunikacija je dvosmerna. U smeru uslužioaca se prenose instrukcije, a u smeru klijenta se prenose signalne informacije o uspešnosti izvršenja traženih instrukcija.

### IV. ZAKLJUČAK

Prikazano rešenje daje mogućnosti za korišćenje virtuelnih perifernih uređaja na platformama koje su zasnovane na Linux jezgru i podržavaju razmenu podataka preko lokalne mreže. Upravljanje ne mora da bude ograničeno na prenosne uređaje već je uz malu prepravku moguće i vršiti upravljanje preko personalnog računara ili drugih uređaja koje pokreću Android ili Linux operativni sistemi. Oba servisa uslužioaca su realizovana modularno, tako da se mogu lako proširiti novim modulima sa ciljem budućeg unapređenja ovog rešenja.

Korišćenjem ova dva servisa postiže se razdvajanje usluga koje se mogu dobiti iz viših slojeva programske podrške Android operativnog sistema i usluga koje se mogu dobiti od Linux jezgra.

### LITERATURA

- [1] Android Operating System, [http://en.wikipedia.org/wiki/Android\\_\(operating\\_system\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Android_(operating_system))
- [2] M. Jeronimo, J. Weast, UPnP Design by Example, A Software Developer's Guide to Universal Plug and Play, Intel Press, 2003
- [3] D. P. Bovet, M. Cesati, *Understanding the Linux Kernel*, 3rd Edition, United States of America, O'Reilly Media, 2005
- [4] S. Goldt, S. van der Meer, S. Burkett, M. Welsh: *The Linux Programmer's Guide*, Germany, 1995
- [5] M. L. Murphy, *The Busy Coder's Guide to Android Development*, United States of America, CommonsWare, 2008
- [6] UPnP standard, <http://upnp.org/>

### ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32031.

### ABSTRACT

This paper presents one possible solution of managing devices with Linux kernel, using software developed for client running on Android operating system. Communication between client device and the Linux kernel is realized using the UPnP protocol within a local area network (WLAN and / or LAN). The goal is the realization of software for multiple platforms using the Linux layers of communication and support the exchange of data over a local network.

### One Solution of Simulating Pheripheral Devices on Embedded Platforms Running on Android Operating System

Sreten Tanacković, Darko Dejanović, Milan Savić, Miloš Balać, Saša Bojić

# IP Tuner Integration in a DVB Software Stack

Marko Brett, Dusan Acanski, Teodora Petrovic Novkovic, Vranic Nikola

**Abstract** — This paper will show one solution for integrating IPTV support in an existing DVB broadcast software stack on Android DTV platform, enabling it to play services provided over IPTV with no hardware changes. The main goal of this implementation was to introduce a new feature with minimal changes of the existing DVB software stack. For this purpose idea of a virtual IP tuner concept is introduced. This way the software can be more easily managed in the future since most of the modifications will automatically affect both DVB and IP path. Some basic problems regarding this approach shall be also discussed.

**Keywords** — IP tuner, DVB, IPTV, NIM, FCC, middleware.

## I. INTRODUCTION

INTEGRATING a new module in an existing system can be divided in a few logical steps. First we need to take a closer look at the traditional DVB software stack where the module is to be implemented, and understand the architecture of the software stack. This step is essential and the purpose of it is to give an insight into the system and its architecture, next based on the information from the first step, concept for the new module that will match the existing architecture is designed. Final step is module integration and testing.

This paper will show one possible integration of an IPTV module in a traditional DVB software stack. A DVB stack can be divided in four distinct layers. The layers are the graphical user interface (GUI), application, middleware and hardware abstraction layer (HAL) [5]. DVB software stack layers and their interaction are shown in the figure 1.

Our main focus will be on the network interface module (NIM) module, which is a part of middleware layer, responsible for signal reception, and we will walk through the rest of the modules as well, to show the full integration process.

The test platform for this work is under Android OS and

the whole DVB software stack with IPTV support was integrated as one TV application in Android.

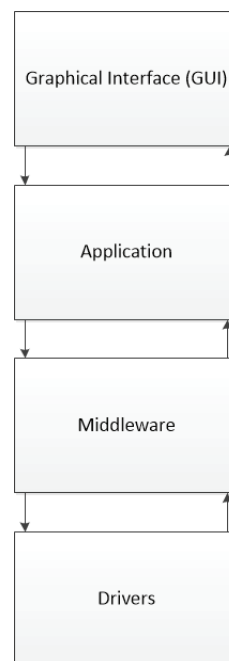


Fig. 1 DVB software stack layers

## II. IPTV

Rapid expansion of digital television has introduced some new technologies for digital television distribution. The IPTV protocol was introduced as a system through which television services are delivered using the Internet protocol suite, over the Internet instead of conventional terrestrial, cable or satellite television distribution systems. Many telecom operators adopted this technology because existing infrastructure could be used to deliver the digital contents.

Most popular Internet communication technology for delivering IPTV today is ADSL which uses existing telephone lines to distribute the Internet contents. IPTV can be transferred through several different communication protocols such as RTP or RTCP. The quality of contents may differ and is ranging between low and DVD quality.

In terms of DTV contents, IPTV is essentially same as DVB-T/C, only the carrier is different (data is transferred via IP protocol instead of traditional RF broadcast). Data encapsulated in the protocol is in a form of a MPEG-2 transport stream (TS) that is also used in DVB. The DVB

Marko Brett, Faculty Of Technical Science ( Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia (e-mail:[Marko.Brett@rt-rk.com](mailto:Marko.Brett@rt-rk.com)).  
 Dusan Acanski, RT-RK Institute for Computer Based Systems LLC, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Serbia ( e-mail:[Dusan.Acanski@rt-rk.com](mailto:Dusan.Acanski@rt-rk.com) ).  
 Teodora Petrovic Novkovic, RT-RK Institute for Computer Based Systems LLC, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Serbia ( e-mail:[Teodora.Novkovic@rt-rk.com](mailto:Teodora.Novkovic@rt-rk.com) ).  
 Nikola Vranic, RT-RK Institute for Computer Based Systems LLC, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Serbia ( e-mail:[Nikola.Vranic@rt-rk.com](mailto:Nikola.Vranic@rt-rk.com) ).

## NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Marka Brett. Mentor je bila prof. dr Jelena Kovačević.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.



community has started development of IPTV specifications under IPTV-DVB standard [7].

Since there are no frequencies to tune to, URLs are used in IPTV instead. We can observe each URL as a DVB broadcast frequency. The main difference is that the URL can carry only one service opposed to DVB broadcast frequency where several services can be transmitted.

IPTV also introduces some interesting technologies to improve the TV experience. Digital television has some limitations when it comes to channel switching. Switching between two digital services takes more time than between analog services. For analog services time was equal to the time it took the tuner to tune to a new frequency. For digital services after tuning to a frequency PSI tables must be acquired and data must be decoded before it can be displayed which prolongs the channel change time up to a few seconds. Fast channel change is a feature introduced in the IPTV protocol that was used in this work. It offers faster channel change between digital IPTV services and depending on the platform hardware channel change time between two digital services can be as fast as 300 milliseconds. This is something that can't be achieved by a conventional digital tuner due to protocol and hardware limitations.

IPTV offers more flexibility in broadcasting when it comes to choosing some pre-paid channels. Pre-paid channels on the server can be unlocked for the particular user without affecting the whole network. Each user has its own dedicated unique URL for each pre-paid service available on the IPTV server. Unlike conventional DTV broadcast where each service is broadcasted on a fixed frequency over the entire network and the use of CI cards had to be introduced to regulate access to pre-paid services [3].

IPTV operators provide the URLs usually through an internet portal where they are listed along with their contents. It is basically an online content list with all the available services that the user signed up for. All the digital television services available on DVB are also available in IPTV (e.g. EPG) if the operator provides them in the stream. Figure 2 will show the difference in reception of a digital TV contents between conventional and IPTV protocols.

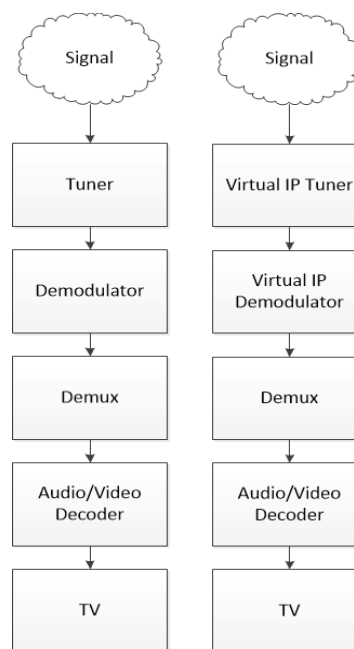


Fig. 2 DTV signal reception for DVB and IPTV source

Basically what can be seen here is that the physical tuner and demodulator have been replaced by their virtual representatives for IPTV. The output of both physical and virtual demodulator is a transport stream that is fed to the de-multiplexer to extract data.

### III. IMPLEMENTATION

Some modules were provided by the IPTV protocol as prebuilt kernel objects. These modules provide the link between the remote server that contains the IPTV services and IPTV receiver device and to extract data encapsulated in the IP protocol. We will go from the bottom up and give an insight of how the implementation was accomplished. In the NIM module the goal was to preserve most of the existing APIs so the virtual tuner and demodulator were implemented in the same manner as the physical tuner and demodulator where. The idea here was to use the virtual tuner and demodulator as if they were real. At this level system is unaware of which tuner is used (virtual or real). This allowed us to keep all the functionality with minimal modifications. A new tuner type was introduced so it could be differentiated in the same manner as the rest of the tuners in the system. The system already had support for DVB-T/T2/C/S tuners/demodulators.

At startup the system initializes all the present tuners physical and logical/virtual. If the virtual tuner output is used, transport stream (TS) is fed through a memory source instead of a DMA channel since virtual tuner can't provide data via DMA channel which has physical data lines on the board. Instead it uses a memory source which is basically a circular buffer which receives transport stream data.

This requires implementing a mechanism that would set the devices internal configuration to receive data from physical tuner (DMA channel) or logical/virtual tuner (memory source). This was the point where, depending on the selected tuner, the corresponding input was connected



to the rest of the system. A simple check of the currently selected tuner source (real or virtual tuner) was implemented to configure the device accordingly.

Originally the DVB software stack had no IP support and was not designed to support it. The system relied on the database from which all necessary data for playback was used for DVB-T/C/S services. The services were added to the database through the scan procedure (manual or auto). Since there is no scanning procedure in IPTV, the existing scan function has a new meaning for IPTV.

IP database was introduced to serve only as temporary placeholder of all the required parameters for playback, since the whole system relied on the data from the database. IP database stores data for one service only and is used for the playback of active the IPTV channel. Database holds IPTV service data only temporarily and is wiped clean each time the channel is changed or platform powered off. To keep the implementation as simple as possible scan function was only used to extract data necessary for playback from the given URL as it would from the frequency and save to the IP database.

When tune is called for the IP service the virtual tuner responds in the same manner as the physical tuner would, when it “locks” to the given URL it will signal to the system that it is in state “locked”. The system does not know the difference between physical and logical tuners at this level. All parsed data from the de-multiplexer is stored in the IP database that was added along the existing DVB-T/C/S databases. IP database was only used because the system relied on data that was stored in it for playback.

The virtual tuner and demodulator were implemented to behave the same as if it were a real tuner and demodulator. If a tune function was called, the virtual tuner and demodulator would “lock” to the given URL and return the same callback as the real tuner signaling that the data from the tuner/demodulator can be de-multiplexed. Scan procedure waits for the tuner demodulator lock and then proceeds to data extraction by setting filters to the de-multiplexer. In the real scan procedure first the Service Description Table (SDT) table is extracted then the Program Association Table (PAT) and Program Map Table (PMT) [4][6] table from which all necessary data is extracted and saved to the database and playback can begin.

The de-multiplexer is not aware of the origin of the data fed to it. If it is a TS and has all the necessary data that comply with MPEG-2 it will extract the data from the TS using the selected filter [1][2].

After scan has collected all the necessary data, playback can begin. Setting the correct video and audio PIDs in the audio/video decoder will start the playback and the picture will be available as soon as the first I frame is decoded. The decoder is also unaware of the actual source so there is no need to modify this module.

Moving to the last step, some modifications had to be made to the Graphical User Interface. For test purposes available IPTV services were added directly to the content list under the IPTV subgroup in the content list. This was done, since during the development, an IPTV network server emulator was used in a local network and

IPTV portal application was not available. The actual IPTV services portal application (online content list) is given by the IPTV operator as a standalone application. Selecting a service from the content list would perform the fake scan operation to acquire all the necessary data for playback as explained earlier. The GUI API had to be extended to receive an URL as a scan parameter. A new channel change procedure (go to URL) was implemented in GUI for the IP source thus allowing the URL to be sent from the GUI to the middleware. GUI is extended with IPTV support giving the system an ability to differentiate between regular tuner operations and IP tuner operations. If IPTV channel is selected from the content list the IP channel scan procedure will be called and if regular channel is selected real tuner operation will be called.

This concluded IPTV integration. There was some small speed improvement when it came to zapping since the virtual tuner and demodulator could lock to the stream faster than the real tuner and demodulator. We took this a step further and implemented the Fast Channel Change (FCC) option that was defined by the IPTV protocol that was used.

#### IV. FAST CHANNEL CHANGE

Fast channel change concept gave a possibility to decrease zapping time dramatically. In conventional digital signal reception, after tuning to a desired frequency the TS is sent to the decoder (assuming we have the information extracted by the de-multiplexer) to begin decoding. The picture can't be shown until the first I frame is decoded.

The IPTV protocol that was used in this work proposed a data package that is sent by the FCC server in the IPTV network for each connection. This is sent only to the device that sent the FCC request and is not a multicast as the IPTV services. The package contains video and audio PIDs for the service on the desired URL. Data for the package is stored in the FCC server in the IPTV network and refreshed regularly. This package is received at the beginning of the session. Data extracted from the package can be instantly used to start playback thus reducing time to switch between two services. After the PID package is sent FCC device transmits audio and video data at a faster rate than regular transmission, in a form of a burst of data to ensure that the I-frame will reach the device in the shortest possible time period. After 500 milliseconds FCC device stops the burst and the device switches back to receiving data multicast from the server on the desired URL.

FCC was implemented in the virtual tuner enabling it to receive the buffer with FCC data. Data package was in a form of transport stream packages containing PAT and PMT tables. The initial burst stream was filled with I frames. The tables are extracted using the existing de-multiplexer. Instead of waiting for the tables to arrive in the TS they were instantly de-multiplexed from the buffer and stored accordingly. Once the data is extracted the playback can start without delay.

If the buffer data is corrupted PIDs will be acquired from the transport stream as if there were no FCC

available thus ensuring playback in both cases but with some delay that doesn't exceed the non FCC operation. Figure 3 shows the IPTV network with FCC support and VoD.

Based on our measurements zap time between two channels was decreased from the maximum of 2 seconds to a maximum of 700 milliseconds. The average zap time was 1.5 seconds and using FCC 600 milliseconds. The results showed us IPTV had only a small advantage over the DVB when it came to zap time, but when FCC was used the advantage is undoubtedly bigger in favor of IPTV.

Also since IPTV services can be added or removed by the provider at any time, no re-scanning is needed to refresh the content list since it is maintained by the provider and not stored on the device. The fresh URLs will be available on the portal maintained by the provider and by selecting services that have been added the zap time will not be affected unless the FCC device failed to send the initial package.

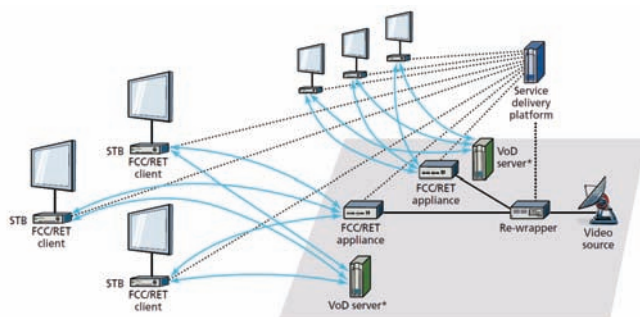


Fig. 3 IPTV network with FCC support and VoD servers

## V. CONCLUSION

This paper shows us that IPTV can easily be integrated in existing software on Android DTV platform and even be made as an upgrade for an existing DTV platform which can be cost effective and reduce the need for hardware replacement.

Due to limitations of the test environment and hardware used the 300 milliseconds zap time could not be achieved; the best result was 500 milliseconds. Video on Demand could not be implemented or tested in this work and is a future upgrade. VoD implementation could be done

completely in the application and the rest of the system should work with the new feature without any problems since IP source support is added and tested in the local IPTV network environment.

## VI. APPENDIX: LIST OF ABBREVIATIONS

ADSL: **A**symmetric **D**igital **S**ubscriber **L**ine  
 NIM: **N**etwork **I**nterface **M**odule  
 API: **A**pplication **P**rogramming **I**nterface  
 DVB: **D**igital **V**ideo **B**roadcasting  
 DTV: **D**igital **T**elevision  
 FCC: **F**ast **C**hannel **C**hange  
 EPG: **E**lectronic **P**rogram **G**uide  
 GUI: **G**raphical **U**ser **I**nterface  
 HAL: **H**ardware **A**bstraction **L**ayer  
 IPTV: **I**nternet **P**rotocol **T**elevision  
 OS: **O**perating **S**ystem  
 RTP: **R**ead-time **T**ransport **P**rotocol  
 RTCP: **R**TP **C**ontrol **P**rotocol  
 TS: **T**ransport **S**tream  
 VoD: **V**ideo on **D**emand

## ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia under Grant III-44009.

## REFERENCES

- [1] DVB, "History of the DVB Project", *DVB Standards and Specifications*, Ver. 11.0, Aug. 2008
- [2] Walter Fischer: *Digital Video and Audio Broadcasting Technology*, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, 2008
- [3] ETSI EN 302 307 V1.1.1 (2004-06), *European Standard (Telecommunications series)*, Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications
- [4] ETSI EN 300 468: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems"
- [5] Marko Brett, Narancic Dragan, Basaric Zoran, Jovanovic Marija, "Porting the DVB software stack: Connecting The NIM Subsystem On a New DTV Platform", 20<sup>th</sup> Telecommunications forum TELFOR 2012.
- [6] ETSI EN 300 468: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems".
- [7] ETSI EN 102 034: "Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks"

# Realizacija servera za automatsku konfiguraciju i nadzor velikog broja uređaja potrošačke elektronike

Mića Četković, Nikola Ikonić, Vladimir Jelovac i Marko Atanasievski

**Sadržaj** — U radu je predstavljena realizacija servera koji obezbeđuje adaptivan, skalabilan i efikasan način za automatsku konfiguraciju i nadzor uređaja potrošačke elektronike. Implementacija servera je zasnovana na TR-069 komunikacionom protokolu za daljinsko upravljanje i praćenje uređaja. Predstavljeno rešenje omogućava vršenje analitike i dijagnostike uređaja, odnosno obezbeđivanje kvaliteta usluga (Quality of Service) emiserskim kućama. Server obezbeđuje i različite servise za razvoj web-baziranih aplikacija ili aplikacija za mobilne uređaje koje omogućavaju vizualizaciju procesa izvršenih na serveru.

**Ključne reči** — TR-069, sever, kvalitet usluga, potrošačka elektronika.

## I. UVOD

DIGITALNA televizija u potpunosti preuzima primat u prenosu TV signala širom sveta, i digitalni TV prijemnici (Set-top-box, STB) postaju sastavni deo svakog domaćinstva. U sve većoj meri se sklapaju ugovori između emiserskih, medijskih kuća i korisnika STB uređaja. Medijske kuće imaju za zadatak da obezbede kvalitet usluga (Quality of Service, QoS) velikom broju korisnika, kao i da pružaju korisnicima dodatne pogodnosti funkcionalnosti kao što su: pristup internetu, razne zabavne aplikacije, personalizovani programski vodiči itd. Sa druge strane, korisnici ugovorom omogućavaju medijskim kućama da koriste podatke sa STB uređaja kako bi se obezbedio što bolji QoS, kao i izvršavanje statističkih procesa radi što bolje personalizacije usluga koje pružaju STB uređaji.

Većina rešenja za obezbeđivanje QoS na uređajima potrošačke elektronike zasnivaju se na podacima koji se dobavljaju u trenutku kada pružao usluga prosleđuje signal ili u trenutku prijema signala na korisničkoj strani. Prednost sistema opisanog u radu je što se QoS sprovodi na osnovu podataka koji su relevantni sa onim što korisnik doživljava [1]. Takvi podaci su najpodesniji za održavanje

QoS, ali zahtevaju povratni kanal od korisničkog uređaja ka pružaoцу usluga. TR-069 protokol opisuje pravila po kojima se podaci sa krajnjih korisničkih uređaja (Customer Premises Equipment, CPE) dopremaju na server za automatsku konfiguraciju (Auto Configuration Server, ACS) preko HTTP/SOAP protokola [2]. Zbog izrazitog problema IPTV (Internet Protocol Television) uređaja sa obezbeđivanjem QoS, implementirani sistem je najprimenljiviji na IPTV uređaje, kao i zbog same prirode veze takvih uređaja, odnosno internet veze.

U slučaju opterećenih mreža, sa velikim brojem korisničkih uređaja, opsluživanje svih uređaja i obezbeđivanje QoS predstavlja veliki izazov [3]. Prema tome funkcionalnost ACS-a, zbog potrebe velikog stepena skalabilnosti servera, potrebno je distribuirati na veći broj radnih stanica, kako bi se obezbedio poželjni nivo QoS svih klijentskih uređaja.

Nastavak rada se sastoji od sledećih celina: pregleda postojećih rešenja vezanih za realizaciju ACS-a, zatim je predstavljena opšta arhitektura i realizacija sistema, i na kraju su predstavljeni rezultati dobijeni testiranjem kao i prednosti i mogućnosti daljeg razvoja realizovanog servera.

## II. POSTOJEĆA REŠENJA

Potražnja za rešenjima za nadzor i konfiguraciju uređaja potrošačke elektronike se konstantno povećava. Nadzor kućne mreže radi upravljanja QoS IPTV uređaja predstavljeno je u radu [3]. Predstavljeno rešenje se fokusira na uređaje unutar kućne mreže koji se nadziru posredstvom konvertora protokola (Internet Gateway). U radu [4] je predstavljeno razvojno okruženje za automatsku konfiguraciju i nadzor bilo kojih tipova uređaja, ne samo TR-069 kompatibilnih krajnjih uređaja, ali je najveći fokus usmeren upravo ka njima. Prednosti rešenja opisanog u narednim poglavljima su pre svega skalabilnost sistema i prilagođenost sistema za STB uređaje. Takođe postoji nekoliko komercijanih rešenja koji se bave navedenom tematikom i u kojima vidimo glavnu konkurenciju izloženom proizvodu. Jedna od boljih rešenja pripadaju kompanijama Agama [5] i Cisco [6]. Visok nivo preformansi i bogat skup funkcionalnosti nude spomenuti proizvodi, i kao prednost izloženog rešenja jeste prilagođenost sistema sa STB uređajima kao krajnjim korisnicima. Takva prilagođenost omogućava bolju konfiguraciju i nadgledanje STB uređaja, odnosno obezbeđivanje QoS korisnicima STB uređaja.

Ovaj rad je delimično podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat TR-32014.

Mića Četković je sa Fakulteta tehničkih nauka, smer Računarstvo i automatika, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad ( e-mail [mica.cetkovic@rt-rk.com](mailto:mica.cetkovic@rt-rk.com)).

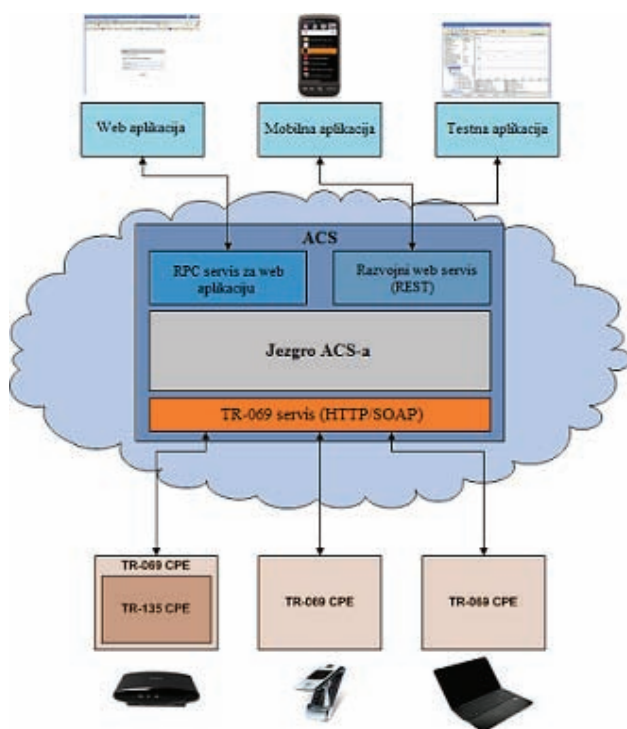
Nikola Ikonić, Vladimir Jelovac i Marko Atanasievski su sa RT-RK Instituta za sisteme zasnovane na računaru, Narodnog Fronta 23a, 21000 Novi Sad, Serbia (phone: 381-21-4801192; e mail: [nikola.ikonic@rt-rk.com](mailto:nikola.ikonic@rt-rk.com), [vladimir.jelovac@rt-rk.com](mailto:vladimir.jelovac@rt-rk.com), [marko.atanasievski@rt-rk.com](mailto:marko.atanasievski@rt-rk.com)).

## NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz master rada Miće Četkovića. Mentor je bio dr Milan Bjelica.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.

### III. ARHITEKTURA SISTEMA

Osnovni zahtev postavljen pred opisani sistem je da rešenje bude adaptivno, odnosno da je ACS u mogućnosti da opslužuje CPE sa generičkim modelom podataka. Model podatka predstavlja skup podataka, propisanih od strane Broadband Forum-a, za različite tipove korisničkih uređaja. Drugi zahtev postavljen pred ACS je da se upotrebom poziva udaljenih procedura (Remote Procedure Call, RPC), takođe propisani od Broadband Forum-a, ACS konfiguriše, detektuje probleme ili ažurira programsku podršku CPE-ova. Takođe, ACS je sposoban da u zavisnosti od ugovorene politike privatnosti sa korisnicima krajnjih uređaja, nadgleda uređaje i sprovodi razne statističke procese. Sledeći zahtev je da ACS pruža mogućnosti razvoja raznih grafičkih aplikacija, odnosno da obezbedi sprege kojima je taj razvoj moguć. Poslednji zahtev, ali svakako ne i najmanje bitan, je skalabilnost sistema. Potrebno je da ACS opslužuje veliki broj krajnjih uređaja i u slučaju nemogućnosti da se taj zahtev ispuni, funkcionalnost ACS-a se distribuira na veći broj radnih stanica.



Sl. 1. Arhitektura visokog nivoa opisanog sistema

Na Sl. 1 na najvišem nivou arhitekture ACS-a prikazane su sprege koje obezbeđuje da se informacije dobijene direktno od CPE uređaja ili generisane u okviru procesa na ACS-u proslede grafičkim aplikacijama. Jedan servis je realizovan upotrebom RPC mehanizma, dok je drugi realizovan kao REST mehanizam. Središnji nivo predstavlja jezgro ACS-a koje predstavlja i najvažniju komponentu. U okviru ove komponente je realizovana sva biznis logika ACS-a, kako sama relaciona veza sa bazom podataka u koju se čuvaju svi podaci iz modela podataka, tako i razni procesi koji se vrše nad tim podacima. Pored toga, jezgro ACS-a omogućava i konfiguraciju krajnjih uređaja, detektovanje problema i vršenje dijagnostike nad krajnjim uređajima. Udaljenim otkrivanjem problema i vršenjem dijagnostike nad uređajima izbegavaju se

nepotrebna dejstvovanja operatorskih službi, ili u slučaju neophodnosti operatorske intervencije, problem je prethodno identifikovan čime je uprošćen i ubrzan postupak rešavanja problema. Dalje, jezgro ACS-a obezbeđuje sprege prema servisima višeg nivoa. Na najnižem nivou realizovan je komunikacioni modul koji predstavlja implemetaciju TR-069 protokola. TR-069 protokol propisuje skup RPC metoda koje se posredstvom HTTP i SOAP komunikacionih protokola, razmenjuju između ACS-a i CPE-a. Zadatak TR-069 servisa je upravo da posredstvom HTTP/SOAP protokola uspostavi vezu sa krajnjim uređajima.

### IV. REALIZACIJA SISTEMA

Poseban akcenat pri realizaciji je stavljen na skalabilnost ACS-a. Broj krajnjih uređaja sa kojima se pristupalo pri realizaciji je reda veličine  $10^3$ . Veliki problem pri implementaciji je nastajo pri velikom broju zahteva za bazu podataka [7], zbog čega je uveden poseban nivo skrivene memorije između baze podataka i biznis logike [8]. Svi entiteti baze podataka se permanentno smeštaju u skrivenu memoriju i potom se periodično preslikavaju u bazu podataka. Dalja poboljšana skalabilnosti su ostvarena upotrebom web kontejnerskih biblioteka. Web kontejner je pozicioniran između krajnjih uređaja i ACS-a kako bi se prevelik broj dolazećih zahteva za ACS stavljao u red čekanja i time ravnomerno rasporedio zahteve, da ne bi dolazilo do preopterećenja ACS-a. U ekstremnim situacijama kada je broj krajnjih uređaja i nekoliko stotina hiljada, pa i desetina hiljada, jedini način da se opsluže svi uređaji jeste upotreba više radnih stanica [9]. Distribucija ACS-a je urađena na sledeći način:

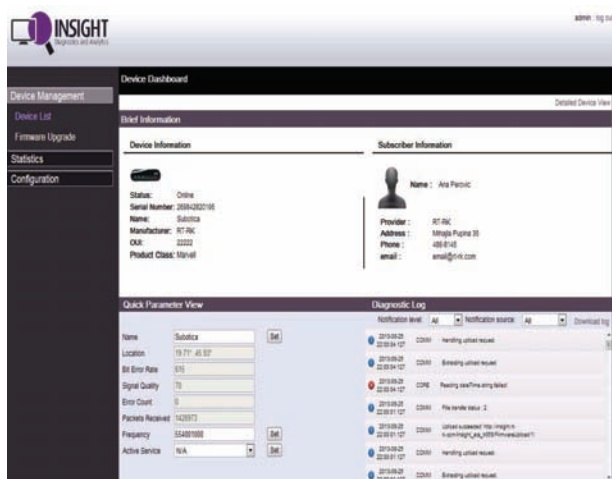
- Svaka radna stanica koristi distribuiranu skrivenu memoriju koja predstavlja bazu podataka, i koja se prilikom ažuriranja na jednoj radnoj stanici ažurira i na ostalim;
- Zahtevi krajnjih uređaja se na ravnopravan način raspoređuju svim radnim stanicama upotrebom pomenutog web kontejnera.

### V. EVALUACIJA

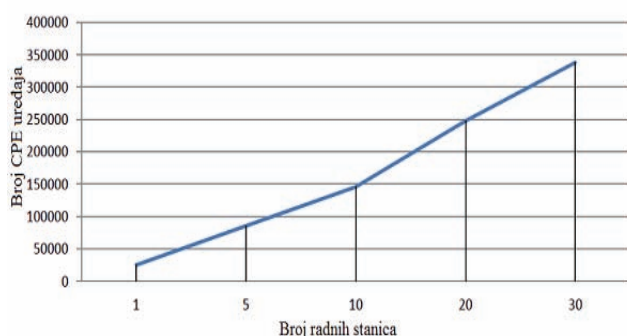
Testiranje realizovanog ACS-a izvršeno je upotrebom DVB-T2 STB uređaja sa integrisanom CPE aplikacijom. Primer grafičke aplikacija koja obezbeđuje vizualizaciju funkcionalnosti ACS-a prikazano je na Sl. 2. Grafička aplikacija je realizovana upotrebom GWT (Google Web Toolkit) razvojnog okruženja, koje omogućava kreiranje kompleksnih JavaScript korisničkih aplikacija u programskom jeziku Java.

Na Sl. 3 prikazana je estimacija testa opterećenja ACS-a. Estimacija je izvršena pomoću manjeg broja STB uređaja ali sa većom frekvencijom slanja zahteva CPE uređaja ka ACS-u, odnosno uspostavljanje sesije radi izvršavanja RPC metoda. Perioda uspostavljanja sesije u normalnim uslovima mreže je pet minuta. Iz rezultata testnog slučaja se uočava da je skalabilnost sistema postignuta i to na visokom nivou.



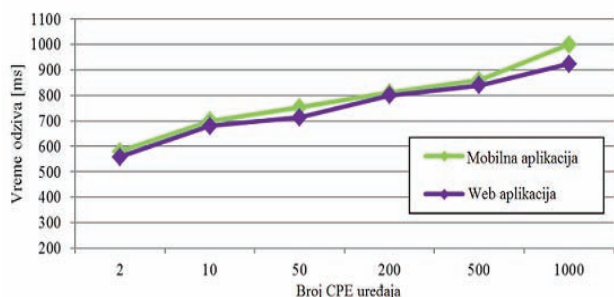


Sl. 2. Prezentaciona GWT aplikacija



Sl. 3. Estimacija opterećenja ACS-a

Izvršeno je i testiranje odziva ACS-a na zahteve prezentacionih klijenata u zavisnosti od broja krajnjih uređaja, prikazano na Sl. 4. Ovakav testni slučaj je vršen na ACS-u na jednoj radnoj stanici. Za potrebe testiranja korištena je spomenuta GWT aplikacija, kao i Android mobilna aplikacija. Prikazani rezultati potvrđuju da broj CPE uređaja ne utiče u znatnijoj meri na odziv ACS-a.



Sl. 4. Odziv ACS-a prema prezentacionim aplikacija

## VI. ZAKLJUČAK

Obezbeđivanje QoS krajnjim uređajima u velikim mrežama sa velikim brojem korisnika predstavlja izazov sa kojima se medijske kuće suočavaju ili će se suočavati u

bliskoj budućnosti. Opisano rešenje predstavlja server za automatsku konfiguraciju i nadzor velikog broja uređaja, i kao tako može da obezbedi velikim medijskim kućama zahteve koji su u obavezi da ispune prema krajnjim korisnicima. Dalji razvoj rešenja će se odvijati u smeru što bolje optimizacije rada servera i poboljšane skalabilnosti, kao i integracije sa prezentacionim klijentima.

## ZAHVALNICA

Autori se žele zahvaliti RT-RK Institutu za sisteme zasnovane na računarima za tehničku podršku kao i svim zaposlenima koji su savetima pomogli u izradi ovog rada.

## LITERATURA

- [1] G. Young, R. Jurca, W. Binder, B. Faltings, „Reliable QoS Monitoring Based on Client Feedback“, International conference on WWW, pp. 1003-1010, New York, USA, 2007.
- [2] J. Bernstein et al. “CPE WAN Management Protocol,” absorption in the earth’s atmosphere,” DSL Forum, Tech. Rep. TR-069, May, 2004
- [3] C. Mingrad, M. Brunner “IPTV Quality of Service Management in Home Networks”, ICC’09 . IEEE International Conference, Drezden, Germany 2009.
- [4] H. Rachidi, "Design and Implementation of a A Framework for Self-configuring Devices using TR-069," School of Information Technology and Engineering Faculty of Engineering University of Ottawa, Ottawa, Canada, 2011.
- [5] Agama Management systems [online]. Available: <http://www.agama.tv/products/management-systems>
- [6] Cisco Home Prime [online]. Available: <http://www.cisco.com/en/US/products/ps12589/index.html>
- [7] B. Veal, A. Foong “Performance scalability of a multi-core web server”, Proceedings of the 3rd ACM/IEEE Symposium on Architecture for networking and communications systems, pp. 57-66, ACM New York, USA 2007
- [8] S. Sicard, N. De Palma, D. Hagimot “J2EE Server Scalability through EJB Replication”, Proceedings of the 2006 ACM Symposium on Applied computing, pp. 778-785, ACS New York, USA 2006
- [9] E. Cecchet, J. Marguerite and W. Zwaenepoel “CJDBC: Flexible Database Clustering Middleware”, In Proceedings of USENIX Annual Technical Conference, Freenix track, Boston, MA, USA, June 2004.

## ABSTRACT

The paper describes the implementation of the server that provides adaptive, scalable and efficient way for auto-configuration and control of consumer electronics devices. The implementation is based on the TR-069 communication protocol for remote control and monitoring devices. The solution enables the analysis and diagnosis of devices, or the provision of quality of service for broadcasters. Server provides various services for web-based applications or mobile applications that allow visualization of process executed on the server.

## Implementation of server automatic configuration and control of a large number of consumer electronics devices

Mića Četković, Nikola Ikonić, Vladimir Jelovac i Marko Atanasievski



# Proširenje STB uređaja podrškom za prijem i reprodukciju sadržaja korišćenjem SAT>IP protokola

Autori: Bojan Trifunović, Veljko Mihailović, Aleksandar Zličić, Jovana Filipović, Đurđa Babić

**Abstrakt-** U svetu digitalne televizije je sve popularniji kućni konvertor protokola, gde je pomoću jednog mrežnog usmerivača na server povezano nekoliko različitih uređaja (računari, mobilni telefoni, set-top boksovi i slični uređaji). Pomoću kućnog konvertora protokola možemo deliti multimedijalni sadržaj u kući. Protokoli koji podržavaju deljenje multimedijalnog sadržaja su DLNA i SAT>IP. U ovom radu je opisano proširenje STB uređaja podrškom za prijem i reprodukciju sadržaja korišćenjem SAT>IP protokola, gde će istovremeno podržavati DVB-T/T2 i SAT>IP signal.

**Cljučne reči** – Kućni konvertor protokola (Home Gateway); STB; SAT>IP

## I. UVOD

Kućni konvertor protokola nije namenjen samo za deljenje multimedijalnog sadržaja u kući. Štampanje dokumenata sa različitih računara na jednom štampaču, prikaz snimka sa digitalne kamere na televizoru, smeštanje podataka sa više računara, mobilnih telefona, kamera na jedan hard disk, upravljanje jačinom svetlosti daljinskim upravljačem i još mnoge druge slične stvari su omogućene upotrebom kućnog konvertora protokola.

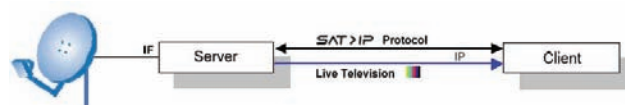
Protokoli za deljenje multimedijalnog sadržaja u kući su DLNA (Digital Living Network Alliance) protokol i SAT>IP protokol. DLNA omogućuje deljenje multimedijalnog sadržaja između multimedijalnih uređaja u lokalnoj mreži i nastao je nekoliko godina pre SAT>IP protokola. SAT>IP protokol je sličan DLNA protokolu, samo što je definisan za deljenje satelitskog signala preko IP mreže na različite multimedijalne uređaje. U SAT>IP protokolu je korišćen tok datoteka, koji sve više zamenjuje tok podataka. UPnP protokol za komunikaciju je korišćen i u SAT>IP protokolu i DLNA protokolu.

U radu je opisano deljenje multimedijalnog sadržaja primenom SAT>IP protokola, koji će omogućiti istovremeno prikazivanje zemaljskog signala (DVB-T/T2) i satelitskog signala (SAT>IP) na jednom STB uređaju. DVB-T/T2 koristi tok podataka, a SAT>IP tok datoteka. SAT>IP je sve popularniji, jer se može dobiti satelitski

signal, koji je najkvalitetniji, na STB uređaju koji nema satelitski prijemnik. Samim tim što nema satelitski prijemnik, ti STB uređaji su jeftiniji i dostupni većem krugu korisnika.

## II. SAT>IP

SAT>IP protokol obezbeđuje standardizovan način za IP klijente da pristupe uživom emitovanju multimedijalnih sadržaja sa servera koji emituju satelitski signal preko IP mreže. SAT>IP definiše komunikacioni protokol. On nije specifikacija uređaja i može se primenjivati na različitim uređajima i ti uređaji mogu biti ili klijenti ili serveri ili i klijenti i serveri u zavisnosti od funkcionalnosti uređaja.

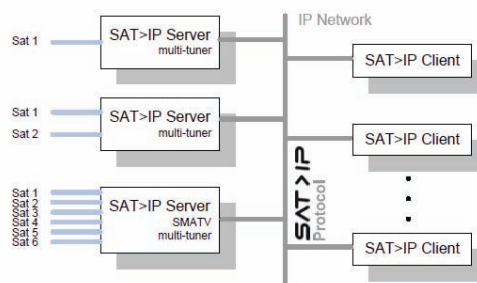


Slika 1: Komunikacija između SAT>IP klijenta i SAT>IP servera

SAT>IP klijenti obezbeđuju mogućnost za primanje i biranje televizijskog programa koji se emituje. SAT>IP klijenti mogu biti STB uređaji sa IP spregom ili programske aplikacije na programabilnom hardveru kao što su tableti, računari, pametni telefoni i slični uređaji.

SAT>IP serveri odgovaraju na zahtev od SAT>IP klijenta i prosleđuju televizijski program tim klijentima.

Jedan SAT>IP klijent može da pristupi više različitih SAT>IP servera. Broj klijenata koji mogu biti istovremeno podržani na jednom serveru zavisi od implementacije konkretnog servera.



Slika 2: Mogućnost da se na jedan SAT>IP server poveže više SAT>IP klijenata, kao i mogućnost da se klijenti povezuju na različite servere

Ovaj rad je delimično podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat TR-32029.

Bojan Trifunović, Veljko Mihailović sa Fakulteta Tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad (e-mail: [bojan.trifunovic@rt-rk.com](mailto:bojan.trifunovic@rt-rk.com), [veljko.mihailovic@rt-rk.com](mailto:veljko.mihailovic@rt-rk.com))

Aleksandar Zličić, Jovana Filipović, Đurđa Babić su sa RT-RK Instituta za sisteme zasnovane na računaru, Narodnog Fronta 23a, 21000 Novi Sad, Serbia (e-mail: [aleksandar.zlicic@rt-rk.com](mailto:aleksandar.zlicic@rt-rk.com), [jovana.filipovic@rt-rk.com](mailto:jovana.filipovic@rt-rk.com), [djurdja.babic@rt-rk.com](mailto:djurdja.babic@rt-rk.com)).

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Bojana Trifunovića. Mentor je bio dr Milan Bjelica.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.

da postoji jedan prijemnik na SAT>IP server uređaju. Klijenti kontrolišu SAT>IP server preko SAT>IP protokola. Na klijentima se može prikazivati satelitski program jedino ako se server nalazi u mreži. Satelitska distribucija postaje fizički sloj satelitskih usluga i može se prosledivati najnovijim IP žičanim ili bežičnim tehnologijama.

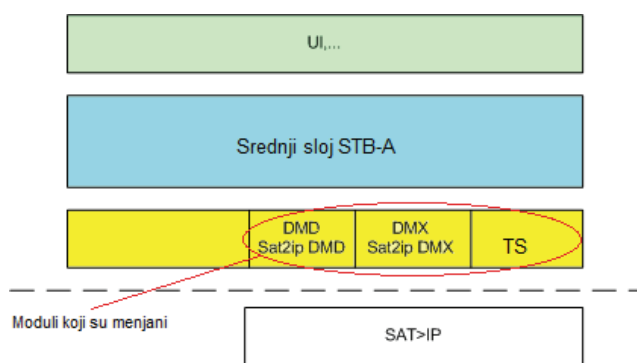
### III. POSTOJEĆA REŠENJA

Arhitektura kućnog kontrolera protokola i njegova implementacija je opisana u radu [1]. SAT>IP protokol podrazumeva deljenje satelitskog signala preko kućne ili druge privatne mreže. Postoji već nekoliko rešenja koja podržavaju SAT>IP protokol, mada ne postoje rešenja koja mogu istovremeno da podrže prikaz DVB-T/T2 signala i SAT>IP signala. Pošto je SAT>IP protokol nova stvar u svetu tehnologije, ne postoje radovi koji su se već bavili ovom temom, tako da se opširnije o SAT>IP protokolu može pročitati samo na internet stranici [2].

Najvažnije operacije na STB uređaju realizuje srednji sloj (middleware) STB uređaja. On komunicira sa nižima slojevima programske podrške i tom komunikacijom kontroliše fizičku arhitekturu [3]. Takođe, srednji sloj STB uređaja obezbeđuje potrebne programske sprege ka višim programskim slojevima [4].

### IV. REŠENJE

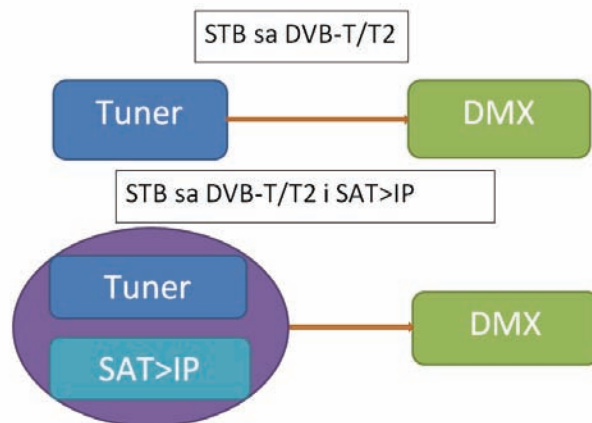
Za rešenje problema, tj proširivanje STB uređaja za prijem i reprodukciju sadržaja korišćenjem SAT>IP protokola je menjan srednji sloj STB uređaja. Promene su izvršene u sloju za abstrakciju fizičke strukture odnosno MHAL-u (Middleware Hardware Abstraction Layer), preciznije u sloju za abstrakciju rukovalaca. Moduli koji su menjani da bi se omogućilo da STB uređaj podrži istovremeno DVB-T/T2 i SAT>IP signala su: modul koji upravlja fizičkim mrežnim sprežnim modulom, modul koji upravlja demultiplekserom za razdvajanje audio/video komponenti, PES paketa i filtriranje SI sekcija i modul koji upravlja distribucijom toka od izvorišnog bloka do potrošačkog bloka. Koncept proširivanja predstavljen u narednom delu je primenljiv na bilo koji STB uređaj, koji koristi opisani srednji sloj. Ukoliko se zanemare specifičnosti srednjeg sloja, koncept je primenljiv na bilo koji STB uređaj, koji ima srednji sloj u svojoj arhitekturi.



Slika 3: SW arhitektura SAT>IP klijenta

DMD - modul koji upravlja fizičkim mrežnim sprežnim modulom (tjuner i demodulator). Pošto je cilj realizacije da se funkcionalnost STB uređaja proširi, potrebno je

SAT>IP biblioteku klijenta integrisati tako da ne naruši predašnju funkcionalnost. To se postiže apstrahovanjem biblioteke, tako da se ona predstavi srednjem sloju kao fizički tjuner, tj da srednji sloj fizički tjuner i biblioteku posmatra kao jedan uređaj.



Slika 4: Izgled DMD-a bez SAT>IP protokola i sa SAT>IP protokolom

Potrebno je obezbediti mehanizam za dobavljanje podataka. Taj mehanizam mora da omogući da se uvek dobavlja tačno određena količina podataka, koja je predviđena specifikacijom demultipleksera. Ti podaci se smeštaju u prethodno programski obezbeđeni kontejner. Uzimajući u obzir da se podaci dobijeni preko SAT>IP protokola smeštaju u kontejner, put podataka do demultipleksera je drugačiji. Koncept je sličan PVR mogućnosti, sa tim što se podaci za reprodukciju ne nalaze spoljašnjoj memoriji (hard disk, fleš memorija i slično). Podrška za PVR postoji u srednjem sloju, tako da je potrebno prilagoditi način funkcionisanja PVR modula, potrebama za prenos podataka koji se nalaze u kontejneru. Takođe, potrebno je podesiti da se podaci smeštaju u isti demultiplekser koji je korišćen pre integracije SAT>IP klijenta, zbog apstrakcije koja se želi postići. Primljeni podaci se iz kontejnera prosleđuju na DMA memorijski kontejner, koji je fizičkom arhitekturom uređaja predviđen za smeštanje programskog prenosnog toka.

Takođe, protokol podrazumeva da klijent može da se poveže sa bilo kojim SAT>IP serverom koji se nalaze na mreži putem UPnP protokola. Ovo se vrši pri inicijalizaciji SAT>IP klijenta. SAT>IP klijent traži prvi dostupan server, koji zadovoljava uslove dobre veze i kvaliteta usluga (QoS). Ukoliko iz nekog razloga, veza sa serverom oslabi ili kvalitet usluge se smanji (QoS), napravljen je mehanizam kojim je omogućeno da klijent može ponoviti proces odabiranja servera.

DMX - modul koji upravlja demultiplekserom za razdvajanje audio/video komponenti, PES paketa i filtriranje SI sekcija. Funkcionalnost ovog modula je potrebno proširiti sa mehanizmima za dodavanje PID brojeva za video i audio, kao i dodavanje pid brojeva koji se nikad ne menjaju (PAT, PMT tabele i slično). Dodavanje ovih podrazumevanih pid-ova, omogućuje da se vreme potrebno za promenu kanala, znatno smanji.

TS - modul koji upravlja distribucijom toka od izvorišnog bloka do potrošačkog bloka. Kao što je prethodno navedeno u modulu koji upravlja fizičkim mrežnim sprežnim modulom, potrebno je da se tok

podataka od SAT>IP šalje na isti demultiplekser kao pre intergacije. Uloga ovog modula je izvrši povezivanje na pravi način. To se postiže proširivanjem modula koji upravlja distribucijom toka od izvorišnog bloka do potrošačkog bloka da podrži povezivanje programskog prenosnog toka na demultiplekser.

## V. EVALUACIJA

Evaluacija sistema je rađena tako što se merilo vreme potrebno za promenu kanala prilikom korišćenja DVB-T2 signala i SAT>IP signala. Ona treba da pokaže da li treba više čekati da se promeni program koji se emituje pomoću DVB-T2 signala ili program koji se emituje pomoću SAT>IP signala.

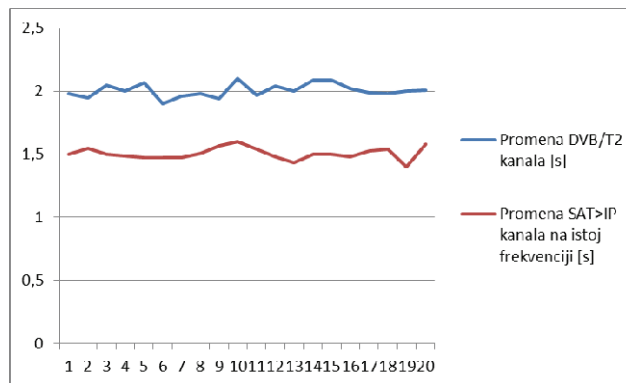
STB koji je korišćen prilikom testiranja ima sledeće karakteristike fizičke arhitekture:

- procesor – SH4 familija, čip IDeCode7105, takta od 450MHz
- Radna memorija – 256MB RAM
- Spoljna memorija – NAND fleš čip od 128MB I NOR od 4MB
- Mrežni sprežni modul (tjuner i demodulator), antenski ulaz
- HDMI
- CVBS
- Zvučni izlaz
- SPDIF
- USB 2.0
- Mrežna sprega (eng. Ethernet)

Operativni sistem koji naleže na predstavljeni STB je Linux.

Server koji je korišćen prilikom testiranja je RK-3040. To je server sa Linux operativnim sistemom, koji je opremljen sa 4 DVB-S/S2 prijemnika, spreman da podrži sledeće verzije standarda za emitovanje preko IP mreže (zemaljski signal preko IP-a ili kablovski signal preko IP-a). RK-3040 programsko rešenje je saglasno sa poslednjim SAT>IP standardom i podržava i dinamički i statički režim rada.

Vreme koje je potrebno za promenu programa koji se emituje pomoću DVB-T2 signalom je ~2s. Pri promeni programa koji se emituje pomoću SAT>IP signala ~1,5s ako su kanali na istoj frekvenciji, a ~2,5 sekunde ako kanali nisu na istoj frekvenciji. Vreme potrebno za prebacivanje kanala prilikom korišćenja SAT>IP signala se ne može tačno odrediti, jer zavisi od kvaliteta veze i kvaliteta usluga.



Slika 5:Vreme potrebno za promenu kanala

Kao što se može videti na grafiku manje vremena treba da prodje da se promeni programa koji se emituje pomoću SAT>IP signala. Jedina mana je kada se programi ne nalaze na istoj frekvenciji.

## VI. ZAKLJUČAK

SAT>IP je obećavajuća tehnologija i biće zastupljena u kućama iz više razloga. Glavni razlog je što je satelitski signal najkvalitetniji, a preko IP može da bude prikazan na više različitih uređaja (TV, lap-top, tablet...) koji ni nemaju prijemnik, a imaju mrežni priključak ili Wi-Fi.

## LITERATURA

- [1] T. Saito, „Home gateway architecture and its implementation”, Consumer Electronics, IEEE Transactions on (Volume:46, Issue:4), Nov 2000.
- [2] <http://www.satip.info>
- [3] Emmanuel Tsekles, John Cosmas, Amar Aggoun i Jonathan Loo „Converged Digital TV Services: The Role of Middleware and Future Directions of Interactive Television” International Journal of Digital Multimedia Broadcasting, Volume 2009 (2009)
- [4] Edwards, W.K., Newman, M.W., Smith, T.F., Sedivy, J. „ An extensible set-top box platform for home media applications”, Consumer Electronics, IEEE Transactions on (Volume:51, Issue:4), Nov 2005.

## ABSTRACT

In the world of digital television Home Gateway devices is becoming more popular, using which are several different devices connected with server over one router. Using Home Gateway it is possible to share multimedia contents in LAN. Communication protocol which supports sharing of multimedia contents are, among others, DLNA and SAT>IP. New feature for reception and decoding of multimedia contents using SAT>IP is to be proposed, which will provide support both for DVB-T/T2 and SAT>IP.

# Jedan pristup razvoju trodimenzionalne grafičke korisničke sprege na ugrađenim sistemima

Miloš Subotić, Nikola Špirić, Nikola Kuzmanović, *Member, IEEE*, Milan Savić

**Apstrakt** — U ovom radu je prikazan jedan pristup razvoju trodimenzionalne grafičke korisničke sprege na ugrađenim sistemima. Ciljna platforma su digitalni TV prijemnici bazirani na Android operativnom sistemu. Prikazani su slučajevi korišćenja trodimenzionalne grafičke korisničke sprege na digitalnim TV prijemnicima, realizovan je radni okvir za razvoj aplikacija sa trodimenzionalnom grafičkom korisničkom spregom i dve realizacije slučajeva korišćenja.

**Ključne reči** — Trodimenzionalna grafička korisnička sprega; ugrađeni sistemi; Android; digitalna televizija;

## I. UVOD

Digitalna televizija nudi revolucionarnu platformu za kućnu zabavu budućnosti. Mnogi servisi i aplikacije su razvijeni zahvaljujući digitalnoj televiziji (engl. DTV), omogućavajući korisnicima zabavu bez presedana. Jednostavnim korišćenjem i pristupačnošću digitalnih TV prijemnika i širokim programom TV sadržaja digitalna televizija je pronašla široku publiku bez obzira na starost i zanimanje. Uspeh aplikacija na trodimenzionalnoj (engl. 3D) grafici u industriji personalnih računara motivisao je proizvođače uređaja i systemske programere da uvedu podršku za trodimenzionalnu grafiku u digitalnoj televiziji.

Pokretačka snaga industrije trodimenzionalne grafike na personalnim računarima su igre visokog kvaliteta čija je publika mala. U novije vreme industrija računarskih uređaja je okrenuta široj publici što je uslovalo korišćenje trodimenzionalne grafike za razvoj velikog broja igara i aplikacija. Sve je veći broj aplikacija koje koriste trodimenzionalnu grafiku u svojoj grafičkoj korisničkoj sprezi.

## NAPOMENA:

**a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Miloša Subotića. Mentor je bila doc. dr Jelena Kovačević.**

**b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.**

Miloš Subotić – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [milos.subotic@rt-rk.com](mailto:milos.subotic@rt-rk.com))

Nikola Špirić – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [nikola.spiric@rt-rk.com](mailto:nikola.spiric@rt-rk.com))

Nikola Kuzmanović, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [nikola.kuzmanovic@rt-rk.com](mailto:nikola.kuzmanovic@rt-rk.com))

Milan Savić, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [milan.savic@rt-rk.com](mailto:milan.savic@rt-rk.com))

Istraživanja [1] su pokazala da je korisnicima prirodnija i lakša za korišćenje trodimenzionalna grafička korisnička sprega sa ekološkim, prirodnim rasporedom u odnosu na dvodimenzionalnu i regularnu. Osnovni razlog je jednostavnije pamćenje, uočavanje i pronalaženje trodimenzionalnih objekata.

Neki od slučajeva korišćenja trodimenzionalne grafike za grafičku korisničku spregu na digitalnim TV prijemnicima:

- unapređenje menija korišćenjem trodimenzionalnih objekata sa prirodnim rasporedom umesto dvodimenzionalnih ikonica sa regularnim rasporedom čineći ih preglednijim i lakšim za korišćenje

- trodimenzionalni efekti kao što je efekat savijanja stranice papira za zabavljanje korisnika tokom operacija koje iziskuju veće vreme za izvršenje (prebacivanje kanala na digitalnoj televiziji)

- ulepšan i interesantan prikaz dodatnih podataka (naziv i logo kanala, jačina zvuka u DTV)

- trodimenzionalno obogaćenje sadržaja elektronskog programskog vodiča (engl. EPG) [2] mešanjem trodimenzionalnih objekata sa drugim medijima kao što su text, slika i video sadržaj [3].

Razlike u korišćenju personalnih računara i digitalnih TV prijemnika utiču na različit razvoj trodimenzionalnih aplikacija. Osnovna razlika je korisnički ulaz gde se kod digitalnih TV prijemnika koristi daljinski upravljač umesto standardnog miša i tastature. Iako ne izgleda, daljinski upravljač jeste [2] veoma efikasno sredstvo za interakciju sa trodimenzionalnom grafičkom korisničkom spregom. Razlozi za to su:

- svi dugmići potrebni za upravljanje trodimenzionalnom grafičkom korisničkom spregom postoje i pritom su uočljivi,

- generacije daljinskih upravljača su korišćene od strane korisnika, tako da sličnost sistema omogućava lakše učenje kada se primeni na potpuno novi projekat kao što je trodimenzionalna grafička korisnička sprega,

- korišćenje pokazivačkih uređaja zahteva realizaciju algoritma otkrivanja koji je trodimenzionalni objekat korisničke sprege pritisnut i interakcije sa istim.

Jedina mana daljinskog upravljača je nedostatak dugmića koja bi se prirodno koristila za navigaciju kroz treću dimenziju. Još jedna razlika je udaljenost korisnika od panela monitora koja je veća u slučaju digitalnih TV prijemnika [3]. Veća udaljenost gledaoca znači manje detalja u kontekstu, manje resursa za iscrtavanje trodimenzionalnih objekata.



Trodimenzijski objekti i prirodan raspored objekata zauzimaju više mesta u prednjem sa dvodimenzijskim ikonama sa regularnim rasporedom.

Cilj ovog rada je da pokaže slučajeve korišćenja trodimenzijske grafičke korisničke sprege na digitalnim TV prijemnicima, realizaciju radnog okvira za razvoj aplikacija sa trodimenzijskom grafičkom korisničkom spregom i dve realizacije slučajeve korišćenja.

## II. OPIS

Da bi se podržao razvoj trodimenzijske grafičke korisničke sprege realizovan je radni okvir (engl. framework). Zadatak radnog okvira je da abstrahuje specifičnosti platforme kako bi trodimenzijske aplikacije bile prenosive preko velikog broja platformi. U sastavu radnog okvira su pomoćne biblioteke za učitavanje trodimenzijskih modela, učitavanje slika, reprodukciju video sadržaja, iscrtaavanje teksta. Trenutne platforme na kojima se može koristiti radni okvir su Android i Linux. Radni okvir se može integrisati u biblioteke za dvodimenzijsku grafičku korisničku spregu (na Android-u u Android-ove Java biblioteke, a na Linux-u u Qt C++ biblioteku).

Slučajevi korišćenja trodimenzijske grafike na digitalnim TV prijemnicima, koji su ujedno i predmet realizacije radnog okvira u ovom radu su trodimenzijski efekat savijanja stranice (engl. Page curl effect) i trodimenzijski rotacioni meni (engl. Carrusel menu).

Trodimenzijski efekat savijanja stranice predstavlja grafičku komponentu koja služi za zabavljanje korisnika tokom prebacivanja kanala, koji je primetan na digitalnim TV prijemnicima. Na prednjoj strani lista se prikazuje video sadržaj tekućeg kanala i prilikom prebacivanja kanala pokreće se animacija savijanja stranice. Na poleđini lista i pozadini pokazuju se dodatne informacije kao što su naziv i logo kanala. Jedan čošak stranice ostaje još neko vreme savijen i posle se list u potpunosti ispravi. Alternativna verzija prikazuje dodatne informacije na pozadini, dok je na poleđini lista prikazan isti video sadržaj kao i na prednjoj strani lista, što dovodi do zaključka da je list providan.

Trodimenzijski rotacioni meni je trodimenzijska verzija dvodimenzijskog menija sa ikonama, sa osnovnom razlikom da se umesto ikone određene stavke menija koristi trodimenzijski model sa njemu pridruženim animacijama, i umesto da se ikone kreću u jednoj ravni, kreću se po kružnici.

## III. REALIZACIJA RADNOG OKVIRA

Za realizaciju radnog okvira korišćena je OpenGL biblioteka za iscrtaavanje trodimenzijske grafike [4]. OpenGL je korišćen zbog svoje raširenosti na ugrađenim uređajima jer ugrađene platforme u svojim radnim okvirima kao što je Android obezbeđuju OpenGL biblioteku, a proizvođači ugrađenih uređaja obezbeđuju sistemsku programsku podršku i fizičku arhitekturu za OpenGL zbog

otvorenosti, proširivosti i fleksibilnosti specifikacije. Aplikacioni programeri rado koriste OpenGL zbog raširenosti, performansi i prenosivosti [5]. Ne samo što mnoge grafičke aplikacije i igre na ugrađenim uređajima koriste OpenGL nego su čitave biblioteke i radni okviri grafičke korisničke sprege realizovane korišćenjem OpenGL-a (npr. BeGUI, Clutter, Kivy, WebGL/HTML5).

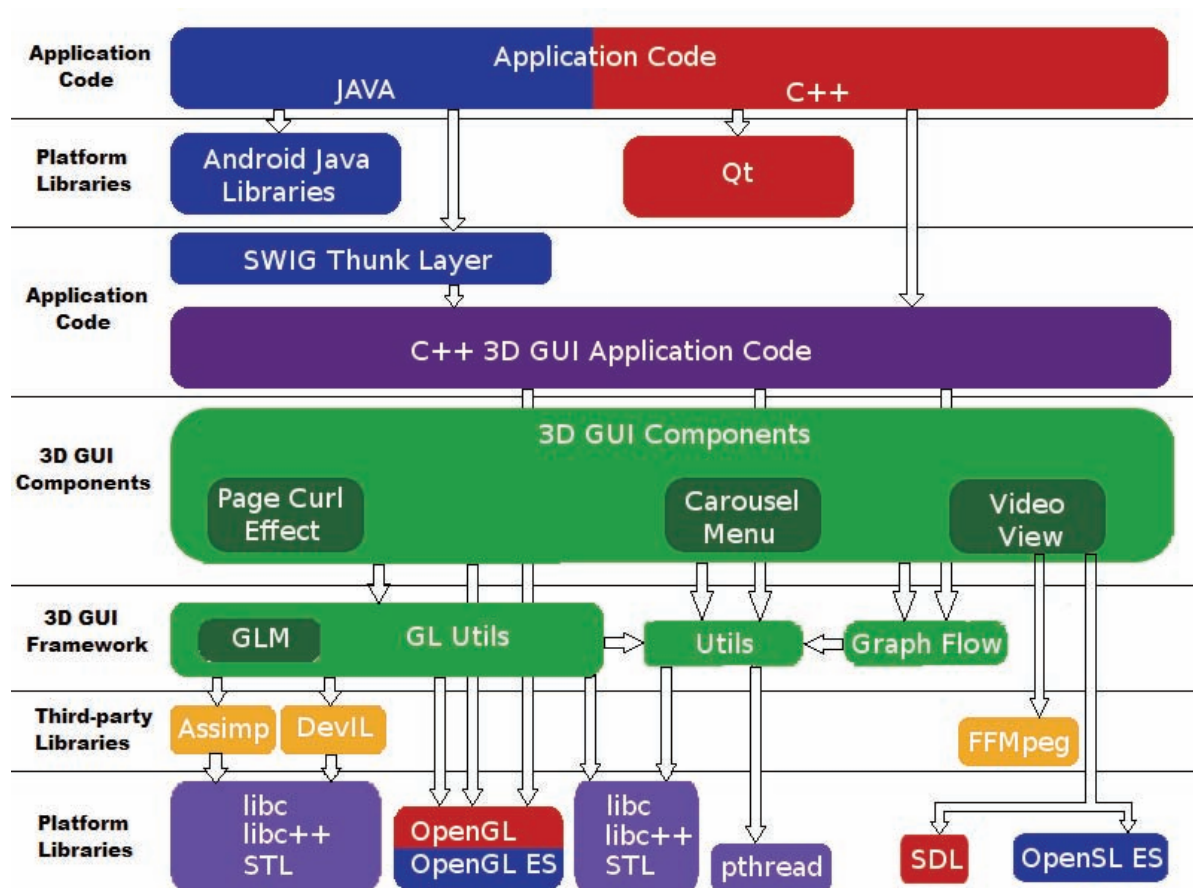
Radni okvir je realizovan u C++ programskom jeziku. Korišćen je C++ jer je objektno-orijentisan, a ustaljeno je korišćenje C++-a u programiranju trodimenzijske grafike, tako da postoji velika količina koda i biblioteka koji se može koristiti za razvoj aplikacija sa trodimenzijskom grafikom.

Kako bi se abstrahovale specifičnosti verzija OpenGL-a na različitim platformama radni okvir je projektovan korišćenjem objektno-orijentisanog programerskog šablona abstraktne fabrike. Preko interfejsa fabrike su konstruisani potrebni objekti OpenGL-a kojima je rukovano preko interfejsa, a svaka platforma i verzija OpenGL-a ima svoju konkretnu implementaciju fabrike koja konstruiše konkretne objekte OpenGL-a koji su implementirani na način svojstven platformi i verziji ove biblioteke. Radni okvir pruža dodatne, platformski nezavisne, podrške za ispis logova, animacije, očitavanje slika putem biblioteke DevIL, reprodukciju video materijala putem FFMpeg biblioteke, iscrtaavanje teksta putem FreeType biblioteke, konkurentno programiranje. Uz radni okvir postoji i biblioteka određenog broja gotovih trodimenzijskih komponenti koje se mogu iskoristiti u realizaciji aplikacija, kao što su komponenta za reprodukciju videa, efekat savijanja stranice, rotacioni meni. Radni okvir i aplikacioni kod u C++-u su vezivani za Java kod na Android-u putem SWIG alata za automatsko generisanje koda za povezivanje C++-a i drugih programskih jezika. Radni okvir i aplikacije su prevodjene putem SCons alata.

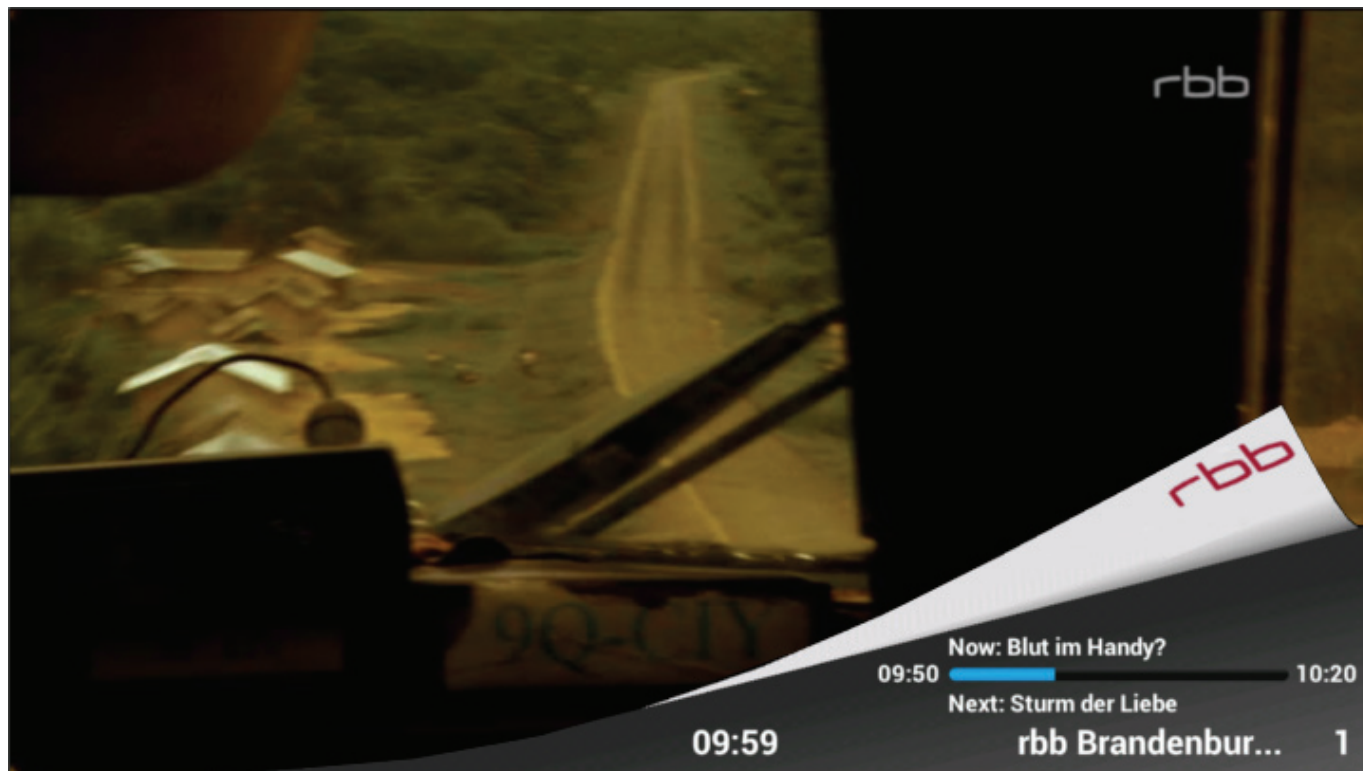
## IV. REALIZACIJA SLUČAJEVA KORIŠĆENJA

Za potrebe efekta savijanja stranice potrebno je proceduralno generisanje i računanje mreže čvorova (engl. vertex mesh) koji čine geometrijsku predstavu stranice. Efekat je aproksimiran savijanjem stranice oko zamišljenog cilindra [6]. Ovakav algoritam daje zadovoljavajuće rezultate u pogledu trodimenzijske realističnosti i nema velike zahtve za računarskim resursima. Parametari algoritma za proceduralno generisanje i računanje čvorova su dobijeni animacijom koja je vršena interpolacijom između ključnih tačaka (engl. keyframes) u vremenu. Na mrežu čvorova su dalje mapirane texture naziva i logoa kanala. Zbog zaštite video sadržaja video frejmovi (engl. frame) nisu mapirani kao texture na mrežu čvorova nego je prva stranica prozirna, a ispod OpenGL prozora se nalazi video prozor, čime nisu dobijeni najverniji rezultati u oblastima gde je stranica savijena.





Sl. 1. Arhitektura radnog okvira za razvoj aplikacija sa trodimenzionalnom grafičkom korisničkom spregom



Sl. 2. Izgled trodimenzionalnog efekta savijanja stranice na digitalnom TV uređaju

Prvobitna realizacija efekta savijanja stranice je bila u potpunosti realizovana u Java programskom jeziku. Čvorovi su generisani i računati u Javi za svaki frejm, a naziv i logo kanala su iscrtavani preko Androidovog API-ja (koji se oslanja na Skia biblioteku i centralni procesor) u bitmapu (binarna predstava slike) koji je učitan u teksturu i tako je mapiran na mrežu čvorova. Pošto je prilikom menjanja kanala u digitalnoj televiziji potrebno izvršiti obimna parsiranja transportnog toka, procesor je dodatno opterećen jer se istovremeno vrše izračunavanja potrebna za efekat. Usled prevelike (stoprocentne) opterećenosti, procesor je u nemogućnosti da dovoljno brzo obradi animaciju za efekat čime se smanjuje učestanost osvežavanja ekrana (engl. FPS - Frame Per Second) i animacija se ne ponaša na željeni način.

Da bi se efekat savijanja stranice optimizovao realizovan je u C++-u. Pri tom su korišćena tri pristupa realizacije algoritma generisanja i računanja čvorova, a naziv i logo kanala su direktno iscrtavani kao teksture preko OpenGL-a.

U prvom pristupu čvorovi su generisani na centralnom procesoru, generisan je manji broj čvorova u okviru nekoliko ležećih poligona iznad i ispod cilindra i malo većeg broja poligona na cilindru. Njihove pozicije su računate na centralnom procesoru. Čvorovi su dalje iscrtavani pomoću OpenGL-a. Nedostatak ovog pristupa je bio taj što je i dalje postojalo opterećenje procesora, ali zbog korišćenja C++-u umesto Java programskog jezika, dobijena su ubrzanja.

Drugi pristup je pokušao da ukloni opterećenje centralnog procesora računanjem čvorova na grafičkom procesoru. Pravljen je mreža velikog broja ekvidistantnih čvorova koji su slati preko OpenGL-a na grafički procesor gde je program za obradu čvorova u GLSL jeziku (engl. vertex shader) određivao da li se nalaze na cilindru i računao pozicije čvorova. Nedostatak drugog pristupa je bio taj što su velik broj čvorova i komplikovan program za obradu čvorova doveli do opterećenja grafičkog procesora i smanjili učestanost osvežavanja.

Treći pristup je napravio kompromis tako što je generisao čvorove na isti način kao u prvom pristupu, ali njihove tačne pozicije nisu računate nego su čvorovi klasifikovani i poslali grafičkom procesoru da ih izračuna. Mali broj čvorova i pojednostavljeni program za obradu istih, nisu opterećivali grafički procesor, a računanje na grafičkom procesoru smanjilo je opterećenje centralnog procesora. Jedan od nedostataka ovog pristupa je bio vezan za smanjenu preciznost pokretnog zarez grafičkog procesora. Između poligona čiji čvorovi su računati na grafičkom procesoru i onih koji se nisu pojavili, su vidljivi procepi na teksturama jer se ti čvorovi nisu poklapali zbog nepreciznosti pokretnog zarez. Problem je rešen računanjem pozicije čvorova krajnjih poligona čime je povećana složenost koda za generisanje čvorova.

Naziv i logo kanala su iscrtavani pomoću OpenGL tekstura. Ovom tehnikom smanjeno je opterećenje centralnog procesora, jer nije pravljen bitmap preko Androidovog API-ja i Skia biblioteke na centralnom procesoru, nego je za tu svrhu korišćena specijalizovana jedinica fizičke arhitekture u okviru grafičkog procesora za mapiranje tekstura (engl. Texture Mapping Unit).

Rotacioni meni je realizovan iscrtavanjem trodimenzionalnih modela, skupa čvorova i ostalih

informacija potrebnih za prikaz celokupnih trodimenzionalnih objekata. Svakoј stavci menija odgovara jedan model. Modeli se očitavaju iz datoteka i na modele su mapirane odgovarajuće teksture. Pojedini modeli se animiraju zavisno od prirode modela. Tako stavku za opcije predstavlja zupčanik koji se okreće. Kontrolom daljinskog upravljača rotirani su modeli po kružnici. Trodimenzionalni modeli su skladišteni u datotekama koje su izrađene u alatima za trodimenzionalno modelovanje.

Prvobitna realizacija rotacionog menija je izrađena uz pomoć Java programskog jezika. Za potrebe učitavanja modela iz datoteka napisan je parser tekstualnog tipa datoteke za skladištenje modela. Tekstualni tip datoteke je korišćen zbog lakoće parsiranja, međutim nedostaci ovog tipa datoteke su njena veličina u odnosu na binarni tip, kao i mala fleksibilnost.

Poboljšana realizacija rotacionog menija je izrađena u programskom jeziku C++. Za očitavanje modela je korišćena biblioteka Assimp u okviru radnog okvira, a omogućava uniforman način za očitavanje svih poznatih tipova datoteka za skladištenje modela.

## V. REZULTATI

Realizacija radnog okvira je omogućila razvoj aplikacija sa trodimenzionalnom grafičkom korisničkom spregom na raznim platformama na uniforman način.

Realizacijom efekta savijanja stranice u C++-u umesto u Javi dalo je povećanje performansi u vidu smanjenja opterećenja centralnog procesora, ali realizacija algoritma generisanja i računanja čvorova na grafičkom procesoru nije značajno povećalo performanse i pri tom je potrošeno mnogo vremena za realizaciju istog.

Iscrtavanjem naziva i logoa kanala pomoću tekstura smanjilo je opterećenje centralnog procesora prebacujući opterećenje na jedinicu za mapiranje tekstura grafičkog procesora.

Realizacija rotacionog menija u C++-u omogućila korišćenje biblioteke Assimp za očitavanje modela, čime je omogućeno očitavanje modela iz raznih tipova datoteka.

## VI. ZAKLJUČAK

U ovom radu je realizovan radni okvir kojim je apstraktovana funkcionalnost OpenGL biblioteke. Takođe su realizovani trodimenzionalni efekti savijanja stranice i rotacionog menija.

Radno okvir je omogućilo apstrakciju specifičnosti platforme, čime je omogućena prenosivost aplikacija sa trodimenzionalnom grafičkom korisničkom spregom na veći broj platformi.

Trodimenzionalni efekat savijanja stranice i trodimenzionalni rotacioni meni su pokazali izvodljivost trodimenzionalne grafičke korisničke sprege.

Dalji razvoj na radnom okviru bi bio u omogućavanju realizacije trodimenzionalnog elektronskog programskog vodiča.

Dalji razvoj efekta savijanja stranice biće usmeren na poboljšanje realističnosti time što će se video sadržaj iz dekodera iscrtavati u OpenGL-u pomoću texture. Da bi to bilo omogućeno potrebno je izmeniti programsku podršku video dekodera i OpenGL-a, kako bi se izlazni bafer video

dekodera mogao koristiti kao tekstura, a takođe je potrebno rešiti problem zaštićenosti video sadržaja, jer OpenGL omogućava čitanje piksela iz bafera frejma.

#### LITERATURA

- [1] Wendy Ark, D. Christopher Drayer, Ted Selker, Shumin Zhai, "Representation Matters: The Effect of 3D Objects and a Spatial Metaphor in a Graphical User Interface," in *People and Computers XII*, British Computer Society, UK, pp. 209-219, 1998.
- [2] Attila Barsi, Zsolt Nagy, Emmanuel Tsekles, Nicolas de Abreu Pereira, Oliver Pidancet, Matthias Laabs, Michael Meier, "3D GUI Design and Development," VIVANT, UK, Rep. 248420, 2012.
- [3] Yongjun Zhang, "A Java 3D Framework for Digital Television Set-top Box," Master's thesis, Department of Computer Science and Engineering, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland, 2003.
- [4] Dave Shreiner, Tom Davis, Mason Woo, Jackie Neider, OpenGL Architecture Review Board, *OpenGL Programming Guide*, Addison-Wesley, USA, 2006.
- [5] Mark Segal, Kurt Akeley, "The Design of the OpenGL Graphics Interface," Silicon Graphics Computer Systems, Mountain View, USA, 1994.

- [6] Veronica Liesaputra, Ian H. Witten, "Computer Graphics Techniques for Modeling Page Turning," Department of Computer Science, University of Waikato, Hamilton, New Zealand, 2007.

#### ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32014.

#### ABSTRACT

This paper presents development of 3D GUI on embedded systems. Target platforms are digital TV devices based on Android operating system. Use cases of 3D GUI on digital TV devices are presented, framework for development of application with 3D GUI is implemented.

#### One Solution of Development of 3D GUI on Embedded Systems

Miloš Subotić, Nikola Špirić, Nikola Kuzmanović, *Member, IEEE*, Milan Savić

# Jedno rešenje aplikacije za korišćenje trik-režima u reprodukciji video zapisa snimljenog u okviru mrežno-baziranog digitalnog video-snimača na Android platformi

Stevan Medić, Predrag Dimković, Tomislav Maruna, *Member IEEE*, Predrag Eremić, Marko Vučević

**Apstrakt**— U radu je prikazano jedno rešenje Android klijentske aplikacije za korišćenje trik-režima u reprodukciji video zapisa smeštenog na uređaju za masovno skladištenje podataka koji čini sastavni deo udaljenog poslužioca. Sadržaj je snimljen pomoću mrežno-baziranog digitalnog video-snimača i potrebno ga je preneti do korisničkog uređaja uz pomoć HTTP protokola. Pod korisničkim uređajem podrazumevamo set-top boks koji prima digitalni signal. Pored toga, navedene su osnovne karakteristike digitalnih video-snimača, njihove mane u odnosu na mrežno-bazirane digitalne video-snimače, kao i kratka problematika trik-režima.

**Ključne reči**—Android, trik-režimi, nPVR, HTTP, set-top boks

## I. UVOD

Digitalni video-snimač (u daljem tekstu – DVR – engl. Digital video recorder), često nazivan i lični video-snimač zbog svoje lokalne upotrebe (u daljem tekstu – PVR engl. Personal video recorder) predstavlja uređaj iz oblasti potrošačke elektronike. Takođe, može predstavljati programsku podršku realizovanu na potrošačkom uređaju koja omogućava snimanje video zapisa u digitalnom formatu i njegovu reprodukciju.

Kao uređaji iz sfere potrošačke elektronike, koriste se set-top boks uređaji (u daljem tekstu STB – engl. Set-top Box), prenosni uređaji za reprodukciju multimedijalnog sadržaja sa mogućnošću snimanja video zapisa, kamkorderi, snimači integrisani u LCD ili LED televizore, ili računari sa programskom podrškom koja omogućava snimanje i kasniju reprodukciju snimljenog video materijala.

### NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Stevana Medića. Mentor je bila doc. dr Jelean Kovačević.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

Za smeštanje video sadržaja koriste se čvrsti diskovi, USB fleš memorije, razne vrste memorijskih kartica ili neki drugi lokalni ili mrežni uređaji za masovno smeštanje podataka. Sama mogućnost snimanja na brojne medijume, doprinela je jednostavnijem korišćenju odloženog pregledanja materijala (engl. time-shifting), trik-režima kao što su pauziranje reprodukcije video zapisa, premotavanje na željene scene, preskakanje reklama itd.. Zahvaljujući tome, DVR je postao jedan od najvažnijih delova modernih STB uređaja, jer u mnogome poboljšava samo iskustvo praćenja televizijskih kanala.

Prvi DVR uređaji „ReplayTV” i „TiVo” lansirani su 1999. godine, na sajmu potrošačke elektronike („CES”) u Las Vegasu. Majkrosoft (engl. Microsoft) je takodje predstavio svoju implementaciju DVR mogućnosti [1], ali je ona postala dostupna tek krajem 1999. godine i imala je punu podršku za DVR u okviru Dish Network's „DISHplayer” prijemnika.

Interesovanje za digitalne video-snimače naglo je poraslo u poslednjih par godina, pa se iz tog razloga mogu naći u skoro svakom STB uređaju novije generacije. U januaru 2006. godine prema ACNielsen-u [2] samo 1.2% američkih domova koristilo je DVR, dok je u februaru 2011. godine zabeležen ozbiljan napredak i broj korisnika je povećan na 42.2%.

## II. DVR I nDVR

Moderni DVR uređaji mogu da snime veliki broj časova televizijskog programa. Kako masovne memorije napreduju, za očekivati je u bližoj budućnosti i mogućnost snimanja više hiljada časova na kućnom PVR uređaju [3]. Ukoliko bi se PVR povezao sa internetom, bilo bi moguće pristupiti snimljenom sadržaju sa bilo koje lokacije koja poseduje internet konekciju. Takođe, pored tehničkih prednosti, vazno je napomenuti i prednosti u slučaju društvenih mreža [4]. Postoji više načina za implementaciju mrežno-baziranog DVR-a (u daljem tekstu - nDVR – engl. Networked personal video recorder). Moguće je snimati direktan prenos sa lokalnog DVR uređaja na udaljeni poslužilac - „oblak” (engl. cloud) omogućavajući korisniku da mu pristupi kad god

poželi. Razlozi su očigledni; finansijski isplativije je implementirati udaljeni „oblak” nego ugrađivati posebne DVR uređaje sa skupim čvrstim diskovima za smeštanje snimljenog materijala, koji u krajnjem slučaju mogu ostati neiskorišćeni. Pored ovog pristupa, postoji i udaljeni poslužilac koji ima integrisan DVR uređaj kod kog se sadržaj i snima i drži unutar mreže. Ovaj pristup omogućava kompletnu funkcionalnost PVR-a bez posedovanja lokalnog uređaja i internog diska za smestanje podataka pa ga zbog toga možemo okarakterisati kao „PVR koji je integrisan u okviru mreže”. Osobina – lični (engl. personal) zbog svog javnog karaktera, zamenjena je sa – javni (engl. public).

### III. STB PLATFORME

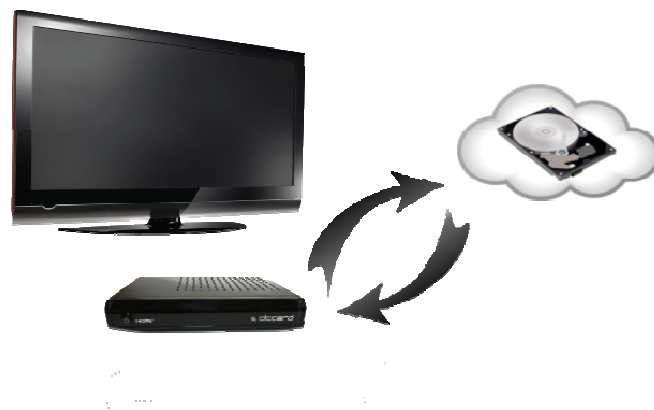
Kada govorimo o STB uređajima, neophodno je spomenuti Linuks (engl. Linux) kao operativni sistem široke upotrebe. Zbog svoje osobine otvorenosti, stekao je veliku popularnost i najčešće je korišćen operativni sistem kad je reč o ugrađenim potrošačkim uređajima. Na Linuksu je baziran i Android [5] koji predstavlja programski stek kreiran prvenstveno za korišćenje na uređajima sa ekranima osetljivim na dodir kao sto su tableti i pametni telefoni. Zbog svoje popularnosti, besplatnog izvornog koda i mogućnosti nadogradnje po zelji, Android je našao primenu i na STB uređajima [6] u okviru kojih su implementirane osnovne PVR funkcionalnosti [7].

### IV. TRIK-REŽIMI

Ukoliko korisnik poželi da premota snimljeni video, npr. unapred da bi preskočio reklame ili unazad da bi ponovo pogledao željenu scenu, neophodno je korišćenje trik-režima, iliti trik-reprodukcije koja oponaša vizuelni efekat brzog premotavanja unapred (engl. fast forward) ili unazad (engl. fast rewind) po ugledu na analogne sisteme poput VCR-a[8] kod kojih se za premotavanje unapred/unazad koristi ubrzana reprodukcija sličica.

Kada je digitalni sistem u pitanju, problem predstavlja složenost rešenja koje koristi video-dekoder koprocesore. Neophodno je koristiti manji broj sličica da bi se oponašalo premotavanje. Uređaji za snimanje koriste MPEG standard [9] za kompresiju digitalnog video zapisa kod kog postoje tri tipa sličica u transpnom toku: „I” (engl. Intra-coded frames), „P” (engl. Predicted frames) i „B” (engl. Bi-directional predicted frames). Jedino su „I” sličice nezavisne od ostalih i na njima se baziraju trik-režimi.

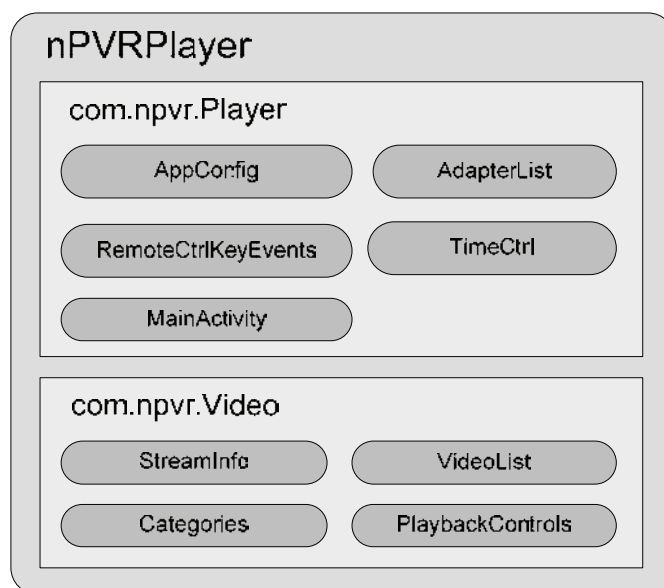
U slučaju lokalno snimljenog video zapisa, moguće je skenirati ga u realnom vremenu i uočiti nezavisne sličice. Naime, „I” sličice se mogu reprodukovati tako što im se pristupa metodom slučajnog pristupa, koja omogućava implementaciju premotavanja. Kad je reč o video zapisima čuvanim na udaljenoj serverskoj masovnoj memoriji neophodno je obeležiti odgovarajuće sličice i zatim ih prikazivati u izabranoj brzini unapred ili unazad.



Sl. 1. Shema arhitekture korišćene za izradu aplikacije

### V. IMPLEMENTACIJA

U okviru Android platforme implementirane na DTV (engl. Digital television) STB uređaju, realizovana je aplikacija za reprodukciju sadržaja snimljenog uz pomoć nPVR uređaja i čuvanog na udaljenom poslužiocu koji između ostalog poseduje uređaje za skladištenje podataka, u našem slučaju snimljenog video materijala.



Sl. 2. Struktura Android aplikacije

Aplikacija je realizovana u programskom jeziku Java. Sastoji se iz dva paketa koji čine dve logičke celine.

Prvi paket com.npvr.Video realizuje osnovne operacije prihvatanja informacija o video zapisu, parsiranje XML datoteka, osnovne kontrole koje je moguće koristiti, kao i listu u koju dodajemo video zapise čije informacije su dobijene parsiranjem XML-a. Paket obuhvata klase:

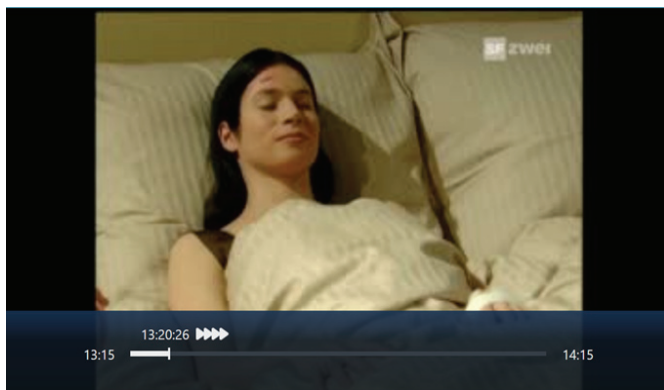
- StreamInfo
- Categories
- PlaybackControls i
- VideoList



Drugi paket `com.npvr.Player` realizuje sam korisnički interfejs aplikacije, štopericu, liste sortirane i nesortirane sa kojima korisnik direktno ulazi u interakciju, kao i mapirane kodove svih dugmića daljinskog upravljača. Obuhvata klase:

- `AppConfig`
- `RemoteCtrlKeyEvents`
- `nPVRMainActivity`
- `TimeCtrl` i
- `AdapterList`

Navedena aplikacija pored sposobnosti da reprodukuje materijal, omogućava korišćenje trik-režima. Reprodukcijski sa udaljenog poslužioca, bazirana je na MPEG-TS prenosu podataka preko HTTP protokola u kome su sadržani video zapis (H264, HD), audio zapis (AC3, AAC) i teletext. Informacije o navedenim elementima transportnog toka, nalaze se u klasi `StreamInfo`. Trik-režim je realizovan tako što kada korisnik poželi da premoti unazad ili unapred, reprodukcija video zapisa se zaustavi, i u zavisnosti od željene brzine premotavanja, učitavaju se JPEG sličice smeštene na udaljenom poslužiocu. One se prikazuju u određenim vremenskim intervalima tako da se u potpunosti stiče utisak glatkog premotavanja. Sličice se prikazuju u sloju koji je iznad sloja u kome se reprodukuje video zapis tj. u Androidu `VideoView`-a, a ispod sloja u kome se nalazi vizuelni prikaz kontrole, informacije o video zapisu koji se reprodukuje i traka koja prikazuje procenat pregledanog sadržaja. Uvedena je konvencija naziva sličica, i za svaku sekundu postoji jedan JPEG. Ukoliko želimo da premotavamo brže, učitavaćemo više sličica u sekundi i time obezbediti vizuelni efekat ubrzanog premotavanja. Omogućene su četiri brzine premotavanja unapred i četiri unazad (u klasi `PlaybackControls`). Prve brzine karakteriše skakanje 6 sekundi unapred/unazad, druge brzine 12 sekundi, treće brzine 18 i četvrte brzine 24 sekunde.



Sl. 3. Primer ubrane reprodukcije video zapisa (ubrzanje četiri puta)

Inicijalne informacije o snimljenom video zapisu i odgovarajućim sličicama se nalaze na udaljenom poslužiocu u okviru XML datoteke. Podaci o lokaciji (URL) XML datoteke nalaze se u klasi `AppConfig`. Preuzimanjem i parsiranjem navedene XML datoteke, popunjavamo listu kanala u kojoj je svaki kanal definisan

imenom, brojem bita po sekundi, početnim vremenom tj. trenutkom u kome je započeto snimanje, krajnjim vremenom, tj. trenutkom u kom je završeno snimanje kao i kratkim opisom (klasa `VideoList`). Moguće je pauzirati reprodukciju i tada se zaustavlja prenos podataka, dok se poslužilac preko HTTP zahteva obaveštava da ostane u pripravnosti 120 sekundi. Ukoliko istekne vreme predviđeno za stanje pripravnosti servera, generišu se novi vremenski intervali.

Format vremenskih intervala, predstavljen je u otkucajima (engl. ticks). Njegova realizacija se nalazi u klasi `TimeCtrl`. Jedan otkucaj predstavlja 100 nanosekundi i u jednoj sekundi ih ima  $10^6$ . Vreme od kog se računaju otkucaji, označeno je kao 12:00:00, ponoć, 1. januara prve godine (01.01.0001.).

Npr.  $6,34832748 \times 10^{17}$  otkucaja predstavljeno u UTC označava datum: 09.15.2012. u 03:00:00 ujutru. Ako je tad započeto snimanje video zapisa koji traje  $3,6 \times 10^{10}$  otkucaja ili 60 minuta, krajnji trenutak reprodukcije video zapisa predstavljen u otkucajima iznosi  $6,34832784 \times 10^{17}$ . Krajnja i početna vrednost se nalaze na traci koja prikazuje procenat pregledanog sadržaja i omogućava korisniku uvid u dužinu trajanja video zapisa. Naravno, nije moguće premotati na vremenski period nakon krajnjeg snimljenog trenutka. Pošto je u pitanju aplikacija koja se koristi na DTV STB uređajima, predviđeno je kontrolisanje preko odgovarajućeg daljinskog upravljača koristeći mapirane kodove dugmića u klasi `RemoteCtrlKeyEvent`.

## VI. ZAKLJUČAK

U ovom radu, predstavljen je jedan način realizacije Android aplikacije za reprodukciju video zapisa smeštenog na udaljenom poslužiocu. Sama ideja smeštanja snimljenog sadržaja van korisničkog uređaja, omogućuje značajne uštede u izradi STB uređaja koji više ne mora da poseduje moćne video-dekoder koprocesore i brze čvrste diskove sa velikim kapacitetima. Samim tim, uređaji su pristupačniji krajnjim korisnicima koji nisu uskraćeni za napredne opcije. Osim toga, omogućen je pristup snimljenom materijalu sa bilo koje lokacije koja poseduje internet konekciju.

Pored prednosti koje opisani pristup donosi korisnicima, neophodno je spomenuti i korist koju donosi vlasnicima udaljenih poslužilaca u koje su integrisani PVR uređaji i diskovi. Reč je o usluzi iznajmljivanja navedenih uređaja, koja može steći veliku popularnost i obezbediti značajna finansijska sredstva.

Osim reprodukcije video zapisa, omogućen je uvid u snimljeni materijal, brisanje, uređivanje i sortiranje istog radi lakše navigacije i pristupa željenom sadržaju, kao i korišćenje trik-režima.

Sposobnost da pre svega snimimo video zapis, a zatim isti pauziramo, premotamo unapred ili unazad, omogućava nam da ispratimo sve bitne momente i da ne ostanemo uskraćeni za bitne informacije. Sve ovo nam otvara jednu novu dimenziju praćenja televizijskog programa, u kome je zadovoljstvo korisnika na prvom mestu.

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 44009.

- [9] T.Vishnu Priya, M.Sravya, B.Bhavana, K.Pravallika, K.Gayathri, "Scalability techniques of MPEG2 standard for video compression", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, vol. 3, issue 1, January 2013.

## LITERATURA

- [1] Microsoft News center  
<http://www.microsoft.com/en-us/news/press/1999/jan99/echostarpr.aspx>
- [2] <http://tvbythenumbers.zap2it.com/2011/03/23/dvr-penetration-grows-to-39-7-of-households-42-2-of-viewers/>
- [3] S.Chung, E.Kim, J.C.L.Liu, "An Efficient Storage Utilization for High-Quality Content Distribution in a PVR-based Community", GLOBECOM 2009. IEEE, pp. 1-6, November 2009.
- [4] H.Hietanen, "Networked Digital Video Recorders and Social Networks", CCNC 2010. IEEE, pp. 1-5, January 2010.
- [5] Google Android, <http://www.android.com>
- [6] N.Kuzmanovic, T.Maruna, M.Savic, G.Miljkovic, Dj.Isailovic, "Google's Android as an application environment for DTV decoder system", Consumer Electronics (ISCE), 2010 IEEE 14th International Symposium, pp: 1-5, 2010.
- [7] M.Kovacev, G.Miljkovic, B.Korac, B.Curcic, "The realization of a digital recorder function for STB based on Android", Telecommunications Forum (TELFOR) 20<sup>th</sup>, pp. 1349-1352, November 2012.
- [8] Video cassette Recorder (VCR)

## ABSTRACT

This paper presents one implementation of Android client application for using trick-modes in reproduction of video which is stored within remote server's disk storage. Content is captured using networked digital video recorder and the task is to transfer/stream it to the client's device using HTTP protocol. Under client's device, we assume set-top box with capability of receiving digital signal. Further in this paper, we have presented basic features of digital video recorders, their flaws compared to networked digital video recorders, and issues of trick-modes.

## ONE IMPLEMENTATION OF USING TRICK-MODES IN REPRODUCTION OF VIDEO CAPTURED WITHIN NETWORKED DIGITAL VIDEO RECORDER (nDVR)

Stevan Medić, Predrag Dimković, Tomislav Maruna,  
*Member IEEE*, Predrag Eremić, Marko Vučević

# Realizacija personalnog repozitorijuma u Cloud-u: Rešenje za set-top boks uređaje

Nemanja Ignjatov, Mića Ćetković, Bojan Prtvar, Dragan Trifunović, Miljan Čubrilo

**Sadržaj** — U ovom radu je predstavljeno rešenje personalnog digitalnog repozitorijuma zasnovanog na Cloud-u. Opisani su celokupan okvir, funkcionalni moduli, kao i tok rada sistema. Sistem omogućava korisniku da ima profil na Cloud-u sa sopstvenim repozitorijumom koji omogućava da se sačuvaju brojni multimedijalni sadržaji, da im se pristupi koristeći pametni telefon ili veb sajt, organizuje ih, reprodukuje itd. Sistem je zasnovan na TR-069 protokolu za udaljenu kontrolu uređaja, kao i MPEG-DASH protokolu za adaptivan prenos podataka.

**Ključne reči** — Dinamički adaptivan prenos podataka, obrada podataka u Cloud-u, personalni repozitorijum, potrošačka elektronika, TR-069.

## I. UVOD

UREĐAJI potrošačke elektronike ubrzano počinju da koriste Internet radi pružanja novih mogućnosti svojim korisnicima. Mreže širokog pojasa omogućavaju uređajima pristup funkcionalnostima zasnovanim na Cloud-u. Tehnologije zasnovane za Cloud-u omogućavaju svima dostupan, jednostavan pristup različitim deljenim resursima kojima se može upravljati sa minimalnim naporima na strani korisnika[1]. Obrada podataka u Cloud-u takođe omogućava lak pristup ličnim datotekama i informacijama iz ličnog repozitorijuma putem različitih servisa koji su prisutni na Internetu. Strogi autentifikacioni i sigurnosni mehanizmi su neophodni zbog postojanja personalnih informacija na udaljenim serverima kojima se može pristupiti putem mreže.

Korisnik vrši snimanje video sadržaja koristeći personalni video snimač (Virtual PVR – DTV aplikacija[3]) i snimljeni sadržaj se prenosi na Cloud server. Svaka transakcija za prenos zahteva posebnu autentifikacionu proceduru koristeći jedinstveni ključ. Protokol TR-069 kao i TR-135 i TR-106 modeli podataka, koji su kompatibilni sa njime omogućavaju kreiranje

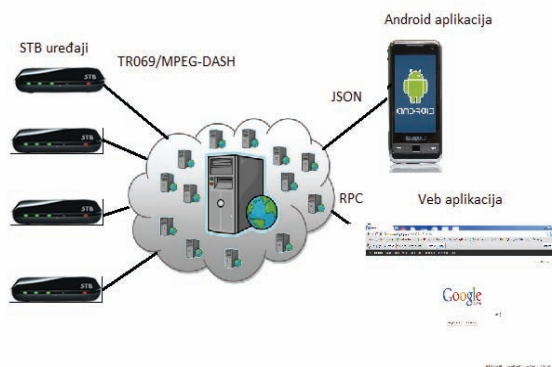
jedinstvenih ključeva. Personalnom repozitorijumu se može pristupiti na brojne načine, pomoću aplikacije za pametne telefone zasnovane na Android operativnom sistemu i aplikacije zasnovane na veb tehnologijama su samo neki od njih.

Prenos multimedijalnog sadržaja sa Cloud servera na set-top boks uređaj se obavlja korišćenjem MPEG-DASH (eng. Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) protokola. Ovim protokolom se definiše način za objavljivanje informacija o različitim video tokovima uređaju za reprodukciju, kao i formati multimedijalnih fajlova podesnih za adaptivan prenos podataka. Koristeći ove osobine omogućavaju se efikasne promene između video tokova, čime će se uređaj za reprodukciju prilagoditi na promenljive uslove u mreži bez zaustavljanja reprodukcije. Prednosti ovog pristupa u odnosu na druge protokole, kao npr. RTSP (eng. Real Time Streaming Protocol) ili RTMP (eng. Real Time Messaging Protocol) su brojne, neke od njih su:

- Zaštitni sistemi u računarskim mrežama su tolerantniji prema HTTP paketima,
- Klijent rukovodi tokom prenosa, što smanjuje opterećenje na serverskoj strani,
- Mreže za dostavu sadržaja obezbeđuju lokalno privremeno čuvanje podataka (engl. caching).

## II. ARHITEKTURA SISTEMA

Ključni delovi sistema su: servis na DVB-T/DVB-T2 set-top boks uređaju (krajnji korisnički uređaj, eng. CPE-Customer Premises Equipment), Cloud server i korisničke aplikacije zasnovane na Android operativnom sistemu i veb tehnologijama. Prikaz arhitekture sistema na najvišem nivou je prikazan na slici 1.



Slika 1. Arhitektura sistema na najvišem nivou  
Različiti komunikacioni protokoli su korišćeni za pristup različitim delovima sistema. Komunikacija između

Nemanja Ignjatov je sa Fakulteta Tehničkih Nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad( e-mail [nemanja.ignjatov@rt-rk.com](mailto:nemanja.ignjatov@rt-rk.com) ).

Mića Ćetković je sa Fakulteta Tehničkih Nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad( e-mail [mica.cetkovic@rt-rk.com](mailto:mica.cetkovic@rt-rk.com) ).

Bojan Prtvar , Dragan Trifunović i Miljan Čubrilo su sa RT-RK Instituta za sisteme zasnovane na računaru, Narodnog Fronta 23a, 21000 Novi Sad, Serbia (phone: 381-21-4801296; e mail: [bojan.prtvar@rt-rk.com](mailto:bojan.prtvar@rt-rk.com), [dragan.trifunovic@rt-rk.com](mailto:dragan.trifunovic@rt-rk.com), [miljan.cubrilo@rt-rk.com](mailto:miljan.cubrilo@rt-rk.com) ).

Ovaj rad je delimično podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat TR-32029

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Nemanje Ignjatova. Mentor je bio dr Milan Bjelica.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.

krajnjih korisničkih uređaja i servera se oslanja na TR-069 i MPEG-DASH komunikacione protokole, dok se komunikacija sa veb aplikacijom obavlja pozivanjem udaljenih metoda (eng. RPC – Remote Procedure Call) i sa Android aplikacijom korišćenjem REST sprega za razvoj veb aplikacija – JSON poruke. TR-069 protokol omogućava definisanje različitih modela podataka za svaki tip korisničkih uređaja. Sistem predstavljen u ovom radu koristi TR-135 model podataka za set-top boks uređaje kompatibilne sa TR-069 protokolom, koji je proširen zbog potreba implementacije ovog sistema, kao i TR-106 model podataka kojim se definišu podešavanja za uspostavu veze i jednoznačno identifikovanje uređaja na serveru. TR-069 protokol omogućava nadzor kvaliteta usluga (eng. QoS – Quality of Service), kao i dijagnostiku i jedinstvenu identifikaciju svakog krajnjeg korisničkog uređaja, ali i dvosmeran prenos datoteka koristeći HTTP, HTTPS, FTP, FTPS protokole[2]. Koristeći ove prednosti pružene TR-069 protokolom server kreira zaseban lični repozitorijum za svaki uređaj koji je uspostavio konekciju sa serverom. Pored čuvanja podataka, server omogućava njihovo uređivanje, povezivanje sa korisnicima, kao i hijerarhijsku organizaciju. Arhitektura servisa u Cloud-u je prikazana na slici 2.



Slika 2. Arhitektura servisa u Cloud-u

Server sadrži sprege za pristup podacima, dva dela za upravljanje podacima, bazu podataka i deljeni kontejner za podatke.

Baza podataka sadrži parametre definisane u TR-135 i TR-106 modelima podataka, kao i dodatne korisničke podatke vezane za korisničke naloge. Korisnički podaci obuhvataju i privatne podatke, kao što su korisničko ime i lozinka, koji se koriste za ograničavanje pristupa od strane Android i veb aplikacije, kao i podatke potrebne za asocijaciju uređaja sa određenim korisnikom. Svi fajlovi postavljeni na server od strane korisnika su smešteni u kontejneru za deljene podatke.

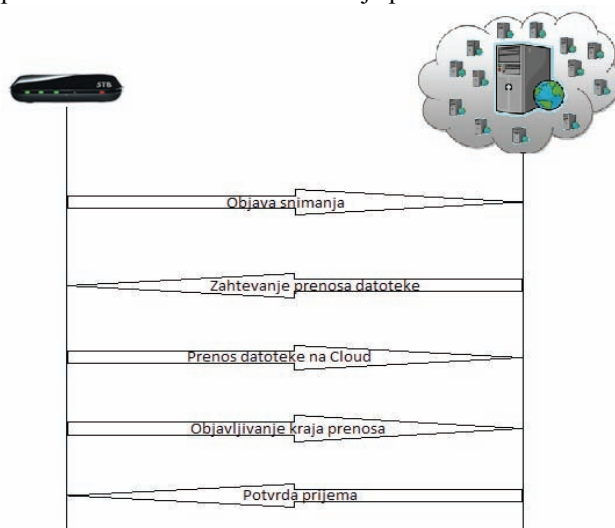
Modul za upravljanje repozitorijumima koristi podatke iz baze podataka i sadržaje iz kontejnera za deljene podatke i povezuje korisničke podatke sa datotekama postavljenim na server. Takođe, ovaj modul omogućava hijerarhijsko uređenje sadržaja. Komunikacija između korisničkih aplikacija je osigurana sa SSL enkripcionim algoritmima, kao i autentifikacionim procedurama prilikom pristupa ličnom repozitorijumu. Korisničko ime i lozinka su enkriptovane MD5 algoritmom. Da bi se pružila neophodna zaštita za korisničke podatke, HTTPS protokol

je implementiran u ovom sistemu.

### III. NAČIN FUNKCIONISANJA SISTEMA

Korisnik je dužan da otvori korisnički nalog na serveru da bi se izvršilo povezivanje sa određenim uređajem i omogućio pristup sadržajima. Prilikom registracije, pored osnovnih korisničkih podataka, kao što su ime, prezime, korisničko ime i lozinka, korisnik unosi i serijske brojeve uređaja. Korišćenjem serijskih brojeva će se pronaći uređaji ukoliko su već prijavljeni na server i omogućiti se prenos datoteka sa uređaja. Svaki naredni uređaj koji se prijavi na server sa serijskim brojem navedenim od strane nekog korisnika će automatski biti povezan sa tim korisnikom. Svaki uređaj može biti povezan sa maksimalno jednim korisnikom.

Prilikom snimanja sadržaja na set-top boks uređaj obaveštava server da postoji sadržaj koji treba postaviti na Cloud. Cloud server potom vrši proveru da li je dati uređaj povezan sa nekim korisnikom i samo ukoliko jeste šalje zahtev za prenos te datoteke. Po postavljanju te datoteke na Cloud ona postaje vidljiva od strane aplikacija zasnovanih na Androidu i veb tehnologijama. Ceo proces je zaštićen ograničavanjem pristupa sa jedinstvenim korisničkim imenom i lozinkom, kao i korišćenjem HTTPS protokola za prenos podataka. Kad se datoteka nalazi na Cloud serveru, omogućeno je rukovanje njome, tj. premeštanje, preimenovanje, brisanje itd. Proces prenosa datoteke na Cloud server je prikazan na slici 3.

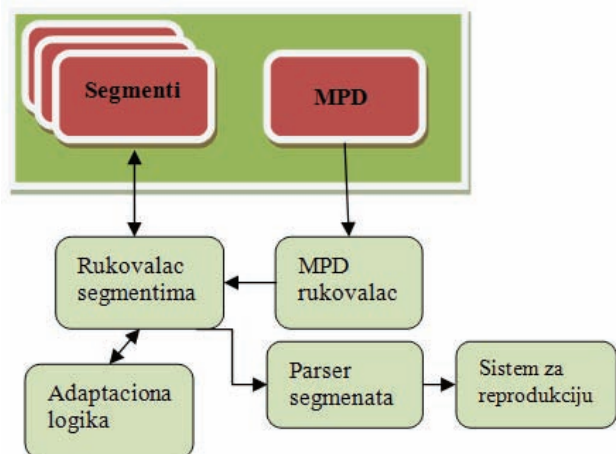


Slika 3. Prenos datoteke na Cloud server

Reprodukcija sadržaja se vrši korišćenjem MPEG-DASH protokola, gde se sa set-top boks uređaja šalje zahtev za reprodukcijom koji se proverava u modulu za upravljanje repozitorijumima i ukoliko prodje autentifikaciju DASH klijent zahteva MPD (eng. Media Presentation Description) datoteku, u kojoj se nalaze informacije o dostupnim sadržajima, njihove URL (eng. Unified Resource Locator) adrese, minimalni i maksimalni podržani protok podataka, rezolucije sadržaja, zahtevana prava pristupa digitalnom sadržaju (DRM eng. Digital Rights Management) i druge karakteristike. Koristeći ove informacije, DASH klijent vrši odabir odgovarajućeg sadržaja uzimajući pre svega mrežni protok, ali i mogućnosti klijenta za dekodovanje sadržaja. Klijent pristupa sadržaju



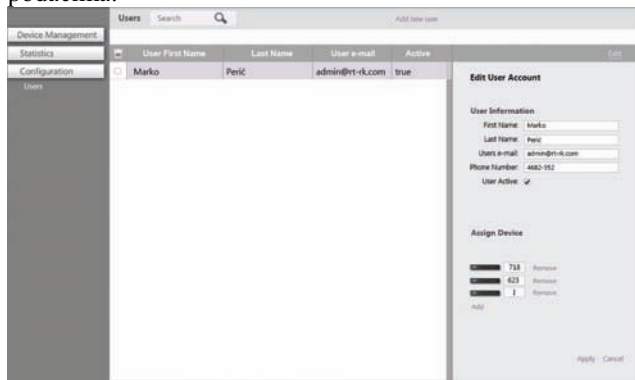
zahtevajući segmente putem HTTP GET paketa. DASH klijent u početku pamti određenu količinu podataka pre početka reprodukcije, zbog promena u opterećenju mreže tokom daljeg prenosa podataka. Tokom prenosa DASH klijent povremeno dobavlja novije MPD datoteke i na osnovu njih, kao i na osnovu promena u okruženju odlučuje odakle će dobavljati naredne segmente. Prikaz MPEG-DASH sistema nalazi se na slici 4.



Slika 4. MPEG-DASH

#### IV. EVALUACIJA

Predstavljeni sistem je rešenje agnostično na platformu na kojoj se primenjuje. Klijentske strane TR-069 i MPEG-DASH protokola su realizovane na Linux operativnom sistemu, ali primenjene i na Android operativnom sistemu. Cloud server je zasnovan na aplikativnom serveru i omogućava distribuiranu obradu podataka, što je ključna osobina pri velikom broju korisnika sistema. Prilikom testiranja korišćen je DVB-T2 STB uređaj sa integrisanom podrškom za TR-069 i MPEG-DASH protokol. Na slici 5. prikazan je izgled stranice za upravljanje korisničkim podacima.



Slika 5. Izgled stranice za pristup korisničkim podacima

#### V. POSTOJEĆA REŠENJA

Obrada podataka u Cloud-u je relativno nova tehnologija i mnogo istraživanja je zasnovano na ovoj tehnologiji. U godinama koje dolaze srećemo se sa sve većom

upotrebom usluga zasnovanih na Cloud tehnologijama. Za sada postoji samo nekoliko povezanih tema. iVideo[4] platforma je objavljena u 2012. Godini. Ona omogućava korisniku sa pametnim servisom, koji poseduje sinhronizaciju podataka, korišćenje Cloud-a na više uređaja, ali ne omogućava postojanje korisničkog naloga ili ličnog repozitorijuma na serveru. U [5] je predstavljeno rešenje za lični video snimač (PVR, eng. Personal Video Recorder) korišćenjem mogućnosti UPnP i DLNA. Predstavljeni sistem omogućava upotrebu PVR-a i nudi nove mogućnosti.

#### VI. DOPRINOS

Obrada podataka korišćenjem Cloud tehnologija postaje sve popularnija i podrška Cloud servisima je sve prisutnija u uređajima potrošačke elektronike, pre svega zbog skromnih resursa kojima raspolažu ti uređaji. Mi predlažemo rešenje koje je skalabilno, ima visoke performanse i jake sigurnosne mehanizme. Postojeći sistem je lako proširiv i mnoštvo novih mogućnosti je moguće dodati, kao što su obrada slike, deljenje sadržaja putem socijalnih mreža, itd.

#### LITERATURA

- [1] Mladen A. Vouk, "Cloud Computing – Issues, Research and Implementations", 30th *International Conference* on Information Technology Interfaces, June 23-26, 2008, Cavtat, Croatia
- [2] H. Rachidi, "Design and Implementation of a Framework for Self-configuring Devices using TR-069," School of Information Technology and Engineering Faculty of Engineering University of Ottawa, Ottawa, Canada, 2011
- [3] Su-Woon, Jung, Eun-Sam Kim, Dong-Ho Lee "Design and implementation of an enhanced personal video recorder for DTV", Consumer Electronics, IEEE Transactions on, November 2001
- [4] Hong Liu, MinLu Dai, Gang Li, FangChun Yang, "A Video Service Cloud Platform with Multi-Network Convergence Application", National Conference on Information Technology and Computer Science, 2012
- [5] Pedro dos Santos Saleiro da Cruz, "Recorder based on a Set Top Box", Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, July 2009.

#### ABSTRACT

New service for personal digital repository in the cloud is to be proposed. Overall framework, functional modules and the system workflow are described. Proposed system provides user to have profile on cloud server with personal repository. Using this profile user can store various multimedia contents, access them using smartphone or web interface, organize them etc. System is based on TR-069 communication protocol for remote device management, but also on MPEG-DASH protocol for dynamic adaptive streaming.

#### Personal digital repository in the cloud: A solution for set-top box devices

Nemanja Ignjatov, Mića Četković, Bojan Prtvar, Dragan Trifunović, Miljan Čubrilo



# Jedno rešenje prilagođenja programske podrške za upravljanje DTV prijemnikom zasnovanom na Android OS-u

Nemanja Fimić, Davor Rapić, Nikola Kuzmanović *Member, IEEE*, Roman Pavlović, Petar Bojanić

**Apstrakt**— U radu su prikazani rezultati prilagođenja jednog rešenja digitalnog TV prijemnika na android operativnom sistemu fizičkoj arhitekturi. Cilj prilagođenja je maksimalno iskorišćenje mogućnosti ciljne platforme i smanjenje iskorišćenja procesora pri osnovnim operacijama vezanim za obradu DTV signala. Zabeležili smo odlične rezultate, smanjivši iskorišćenje centralnog procesora na svega 4% pri reprodukciji jednog televizijskog servisa.

**Ključne reči** — DTV; Android; Iskorišćenje procesora; prilagođenje.

## I. UVOD

Razvoj i mogućnosti digitalnih TV prijemnika su u naglom porastu poslednjih godina, pa tako DTV prijemnici više ne služe samo za reprodukciju televizijskog signala, već se koriste i za pristup internetu, prosleđivanje signala na druge uređaje (tablet računare, mobilne telefone i dr.) i deljenje multimedijalnih sadržaja preko mreže. Proširenjem Android operativnog sistema za podršku DTV uređajima [1] otvara se i dodatna mogućnost pokretanja mnogobrojnih Android aplikacija na DTV prijemniku ili STB-u (*Set-top-box*). Naravno, realizacije svih pomenutih funkcionalnosti zahtevaju određenu angažovanost centralnog procesora, sto čini procesor jednim od najznačajnijih resursa DTV prijemnika. Pošto DTV prijemnik predstavlja ugrađeni sistem sa ograničenim resursima, potrebno je prilagoditi programsku podršku ciljnoj platformi, u cilju optimalnog iskorišćenja raspoloživih resursa i osiguravanja pouzdane i kvalitetne usluge.

## NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Nemanje Fimića. Mentor je bila doc. dr Jelena Kovačević.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Zlatibor, juni 2013.

Nemanja Fimić – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [nemanja.fimic@rt-rk.com](mailto:nemanja.fimic@rt-rk.com))

Davor Rapić – Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [davor.rapic@rt-rk.com](mailto:davor.rapic@rt-rk.com))

Nikola Kuzmanović, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad, Srbija (e-mail: [nikola.kuzmanovic@rt-rk.com](mailto:nikola.kuzmanovic@rt-rk.com))

Roman Pavlović, RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [roman.pavlovic@rt-rk.com](mailto:roman.pavlovic@rt-rk.com)).

Petar Bojanić, RT-RK.doo, Narodnog Fronta 23a, Novi Sad, Srbija (e-mail: [petar.bojanic@rt-rk.com](mailto:petar.bojanic@rt-rk.com)).

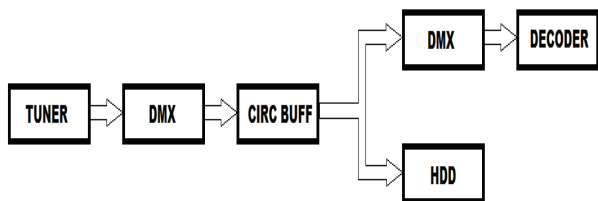
U nedostatku podrške realizovane u fizičkoj arhitekturi, razvijeno je rešenje DTV prijemnika na Android operativnom sistemu [2], bazirano uglavnom na programskoj podršci. Pri takvoj realizaciji DTV prijemnika zauzeće centralnog procesora pri reprodukciji jednog DTV servisa dostiže čak 40% - 60%. Pored očiglednog problema zauzetosti centralnog procesora, oko polovine ukupnog vremena, realizacijom osnovne funkcionalnosti DTV prijemnika, ovakve vrednosti iskorišćenja centralnog procesora su u uskoj vezi sa većom potrošnjom energije, a samim tim i sa većim zagrevanjem samog prijemnika što negativno utiče na životni vek DTV prijemnika, ali i na stabilnost sistema[3].

Sa pojavom odgovarajuće platforme, pomenuto rešenje DTV prijemnika smo izmenili tako da koristi mogućnosti fizičke arhitekture da vrši osnovne DTV operacije, u koje spadaju filtriranje tabela, izdvajanje PID-ova, dekodovanje toka podataka i reprodukcija dekodovanih podataka, bez ili sa minimalnim učešćem centralnog procesora, i na taj način omogućili veću angažovanost centralnog procesora pri izvršavanju drugih, naprednijih DTV funkcionalnosti (PVR (engl. Personal Video Recorder), deljenje multimedijalnih sadržaja i TV signala u mreži) bez gubitka pouzdanosti i kvaliteta.

## II. REALIZACIJA

Jedan od glavnih problema pri realizaciji programskog rešenja nezavisnog od platforme je bila potreba da se omogući višestruki pristup toku podataka istovremeno. Naime, ukoliko se nad tokom podataka vrši filtriranje radi izdvajanja informacija vezanih za jedan DTV servis, koje se potom šalju na dekodovanje, a sve u cilju prikaza slike, ujedno je i ceo tok podataka zaključan za sve druge pristupe.

Ovaj problem je prevaziđen uvođenjem cirkularnih bafera između filtriranja i dekodovanja. Na taj način se prvo izdvoje relevantni podaci iz toka podataka u cirkularni bafer, što nam daje mogućnost višestrukog pristupa izdvojenim podacima. Na primer, možemo istovremeno podatke iz cirkularnog bafera da šaljemo na dekodere u cilju dobijanja slike i da ih premeštamo u trajnu memoriju radi kasnijeg pristupa tim podacima, odnosno realizacije PVR funkcionalnosti.

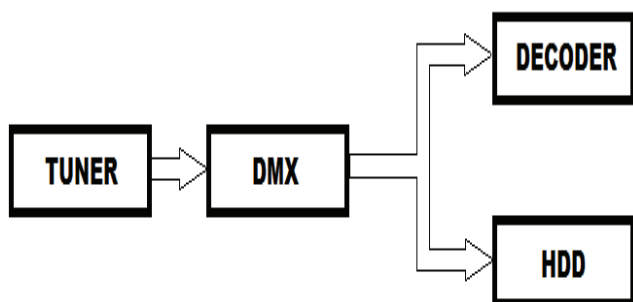


Sl. 1. Prikaz strukture platformski nezavisnog rešenja i protoka podataka u datom rešenju.

Ovakvo rešenje, iako uspešno rešava predstavljeni problem, sadrži i negativne strane, jer sada imamo potrebu za dvostrukim filtriranjem jednih te istih podataka (pri izdvajanju podataka iz toka podataka i smeštanju u cirkularni bafer i ponovo pri izdvajanju dela podataka, iz bafera, koji je potrebno poslati na dekodovanje). Takođe je potrebno uvesti dodatnu sinhronizaciju pri upisu i čitanju podataka u i iz cirkularnog bafera, što dodatno opterećuje centralni procesor. Za samo filtriranje podataka uglavnom postoji podrška u fizičkoj arhitekturi, ali ukoliko podrška izostane, filtriranje postaje zadatak centralnog procesora.

Pri ovakvom rešenju iskorišćenje centralnog procesora iznosi oko 40% pri reprodukciji jednog DTV servisa, dok u situaciji kada je potrebno i programski vršiti filtriranje podataka dostiže čak i 60% što predstavlja značajno opterećenje za ceo DTV sistem.

Nakon izvršenog prilagođenja rešenja novoj platformi, u cilju iskorišćenja svih ubrzanja fizičke arhitekture, iskorišćenje centralnog procesora je značajno smanjeno. Naime, na novoj platformi je podržan višestruki pristup toku podataka, pa je postojanje cirkularnih bafera postalo suvišno. Samim tim nema ni potrebe za zapisivanjem podataka u privremenu memoriju pre njihovog korišćenja, već je dovoljno samo postaviti filtere koji izdvajaju određeni deo podataka iz celokupnog toka podataka, i zatim dobijene podatke možemo usmeriti na više putanja istovremeno.



Sl. 2. Prikaz strukture rešenja prilagođenog konkretnoj platformi i tok podataka u datom rešenju.

Dakle pri ovakvoj realizaciji centralni procesor je zadužen samo za postavljanje parametara filtera, što značajno rasterećuje centralni procesor pri reprodukciji jednog DTV servisa, pa se zauzeće istog pri ovakvoj implementaciji kreće od 2%-4%.

Kako je procesor većinu vremena slobodan, odnosno nije značajno angažovan oko realizacije osnovne DTV funkcionalnosti, olakšana nam je realizacija naprednijih funkcionalnosti, kao na primer snimanje određenih

podataka, deljenje snimljenih podataka kao i podataka koji stižu tokom podataka u realnom vremenu preko mreže, a i grafičke korisničke sprege koja takodje može biti zahtevna u pogledu procesorskog vremena, zahvaljujući većoj količini resursa koje imamo na raspolaganju.

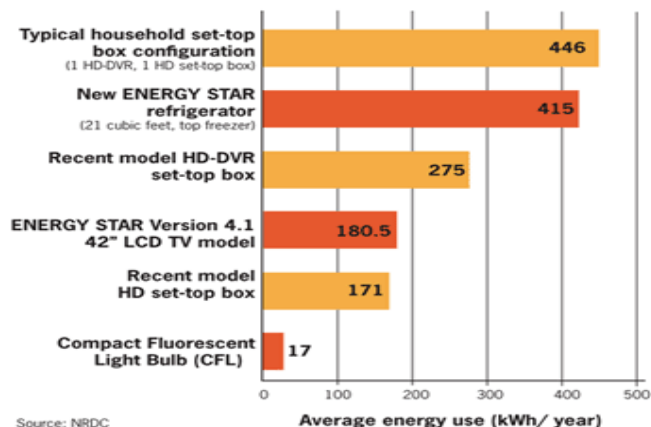
### III. REZULTATI

Kao što je već pomenuto, glavni dobitak prilagođenja programske podrške specifičnoj fizičkoj arhitekturi je smanjenje iskorišćenja centralnog procesora sa 40% na 4% pri izvršenju osnovnih DTV operacija.

Pored samog rasterećenja centralnog procesora, ovaj rezultat sa sobom povlači i određene pozitivne rezultate u pogledu potrošnje električne energije, kao i zagrevanja same platforme.

Naime, istraživanja poslednjih godina su pokazala da DTV prijemnici imaju ulogu jednog od glavnih potrošača energije u domaćinstvu [4] prvenstveno iz razloga što su uvek uključeni, čak i kada niko ne gleda TV. Iz tog razloga jedan od ciljeva je smanjenje potrošnje električne energije kod DTV uređaja. Jedan korak ka smanjenju potrošnje električne energije kod DTV uređaja je uvođenje različitih režima rada, pa tako uvodimo stanje pripravnosti kada je potrošnja energije svedena na minimum. Da bismo naš DTV uređaj doveli u stanje pripravnosti nivo zauzeće procesora mora da bude ispod 5%.

#### Energy use of set-top boxes and other appliances



Sl. 3. Količina električne energije potrebna za napajanje DTV prijemnika i drugih uređaja u domaćinstvu.

Upravo takvu situaciju smo postigli prilagođenjem programske podrške za DTV prijemnik, pri reprodukciji jednog DTV servisa, što je i najčešći način korišćenja DTV prijemnika. Dakle, smanjena je količina energije potrebne za napajanje DTV uređaja. Iako možda ne deluje značajno kada se posmatra na individualnom primeru, pomenuto smanjenje potrebne energije za napajanje DTV prijemnika dobija na značaju ako se posmatra na globalnom nivou, gde se dolazi do rezultata da se količina potrebne električne energije može smanjiti i do 25%.

Manja količina električne energije konzumirana od strane DTV prijemnika znači i manji nivo zagrevanja samih čipova, što pozitivno utiče prvenstveno na životni vek samih čipova, a takođe i na pouzdanost samog sistema, jer pri

povišenim temperaturama može doći do grešaka u funkcionisanju, što je kod DTV prijemnika nedopustivo.

Pored posmatranja nivoa iskorišćenja centralnog procesora pri reprodukciji jednog DTV servisa, posmatrali smo i iskorišćenje procesora pri snimanju jednog ili više DTV servisa u paraleli sa reprodukcijom.

Pri ovakvim uslovima primetili smo da je za snimanje jednog DTV servisa uz istovremenu reprodukciju potrebno zauzeće procesora od oko 15%, što se dodatno povećava sa svakim novim servisom za 5%.

Jasno je da sa ovakvim iskorišćenjem centralnog procesora ne možemo da govorimo o radu DTV prijemnika u režimu pripravnosti, odnosno o smanjenju potrebne električne energije za napajanje, ali imamo veće mogućnosti u realizaciji same PVR funkcionalnosti, odnosno možemo istovremeno da snimamo veći broj DTV servisa.

#### IV. ZAKLJUČAK

Prilagođenje programske podrške mogućnostima specifične fizičke arhitekture kod realizacije DTV prijemnika je značajno u pogledu smanjenja iskorišćenja centralnog procesora pri osnovnim funkcionalnostima, što nam donosi više slobodnih resursa za izvršenje naprednijih funkcionalnosti i samim tim olakšava realizaciju i razvoj DTV prijemnika. Takođe smanjuje i količinu električne energije konzumirane od strane DTV prijemnika što pored toga što smanjuje troškove domaćinstva pozitivno utiče i na životnu okolinu.

#### LITERATURA

- [1] N. Kuzmanovic, T. Maruna, M. Savic, G. Miljkovic, D. Isailovic, "Google's android as an application environment for DTV decoder

system", IEEE 14th International Symposium on Consumer Electronics (ISCE), Braunschweig, June 2010.

- [2] M. Vidakovic, N. Teslic, T. Maruna and V. Mihic, "Andoird4TV: a proposition for integration of DTV in Android devices", IEEE 30<sup>th</sup> International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, January 2012.
- [3] P. Lall, M. G. Pecht, E. B. Hakim, "Influence of Temperature on Microelectronics and System Reliability", CRC PressINC, 1997.
- [4] N. Horowitz, C. Calwell, S. Foster, " Opportunities and recommendations for reducing the energy consumption of consumer electronics products", IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, May 2005.

#### ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32031.

#### ABSTRACT

This paper presents the results of adjustment of DTV software, based on Android operating system, to hardware architecture. Goal of the adjustment is to use platform capabilities to full extent and to minimize CPU usage in basic DTV functionality. We have achieved excellent results, bringing the CPU usage down to 4% while reproducing one DTV service.

#### One Solution of DTV Software Based on Android Operating System Adjustment

Nemanja Fimić, Davor Rapić, Nikola Kuzmanović  
Member, IEEE, Roman Pavlović, Petar Bojanić

**UTICAJ DISTRIBUIRANIH GENERATORA NA NAPONSKE PRILIKE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA I PODEŠENJE PODNAPONSKE I PRENAPONSKE ZAŠTITE****IMPACT OF DISTRIBUTED GENERATORS ON VOLTAGES IN DISTRIBUTION NETWORK AND OVERVOLTAGE AND UNDERVOLTAGE PROTECTION SETUP**Milorad Svorcan, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Rad obrađuje uticaj distribuiranih generatora na povećanje napona u distributivnoj mreži i metode kojima se dati uticaji smanjuju. Takođe, obrađen je problem podešenja i koordinacije podnaponske i prenaponske zaštite.

**Abstract** – This theses mainly focuses on distributed generators influence to voltage rise as well as methods to suppress that influence. Also setup and coordination of overvoltage and undervoltage protections is considered.

**Ključne reči:** Distribuirani generatori, relejna zaštita

**1. UVOD**

U modernim elektroenergetskom sistemima, dio proizvedene energije se dobija iz centralizovanih velikih proizvodnih jedinica, dok se dio dobija iz malih proizvodnih jedinica (distribuiranih generatora) koje su smještene u okviru distributivne mreže. Uvođenjem distribuiranih generatora (DG) u samu regiju potrošnje, tokovi snaga se mijenjaju i distributivna mreža od pasivne mreže potrošnje, postaje aktivan sistem, u kome naponske prilike i tokovi snaga zavise i od proizvodnje i od potrošnje. Uvođenjem distribuiranih generatora se oslobađa prenosni kapacitet, čime se povećava faktor efikasnosti mreža. Naponski profil u distributivnim mrežama je povoljniji, a pouzdanost i kvalitet snabdijevanja krajnjih potrošača je na znatno većem nivou. Pored pozitivnih osobina koje donosi priključenje distribuiranih generatora postoje i loše osobine koje mogu da utiču na stabilnost čitavog distributivnog sistema, kao i na ispravan rad relejne zaštite. U drugom delu rada dat je pregled potrošnje energije, dok su u trećem opisani distributivni generatori. Četvrti deo je posvećen uticaju distributivnih generatora na napon a u petom i šetom delu je dato kako da se podesi zaštita. Šesti deo sadrži primer, a na kraju su dati zaključak i literatura.

**2. GLOBALNA POTROŠNJA ENERGIJE**

Globalna potražnja za električnom energijom je nastavila da raste tokom 2011. i 2012. godine. Obnovljiva energija je dostigla planiranih 19% udjela u ukupnoj potrošnji energije na kraju 2011. godine, od čega 9,3% odlazi na tradicionalnu biomasu. Preostalih 9,7% pripada modernim obnovljivim izvorima energije. Ukupni kapaciteti obnovljivih izvora električne energije u svijetu su premašili 1470 GW u 2012. godini, što predstavlja povećanje od 8,5% u odnosu na 2011. godinu.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada, čiji mentor je Duško Bekut, redovni profesor.

Pet vodećih država u svijetu po količini instaliranih obnovljivih izvora su: Kina, Sjedinjene Američke Države, Njemačka, Španija i Italija [1].

**3. DISTRIBUIRANI GENERATORI**

Distribuiranim generatorom se smatra izvor električne energije, priključen na elektroenergetski sistem, veoma blizu ili na mjestu potrošača, koji je dovoljno mali u poređenju sa centralizovanim energetske postrojenjima. Generatori u distributivnoj mreži nisu novi koncept, ali su oni jedan od novih načina proizvodnje električne energije u samom distributivnom sistemu. U najranijoj fazi razvoja elektroenergetskih sistema, ovo je bilo pravilo, a ne izuzetak jer je tada energija isporučivana samo u jako maloj okolini proizvodne jedinice. Tokom poslednje decenije, javilo se interesovanje za distribuiranom proizvodnjom zbog određenih tehnoloških inovacija, kao i zbog pogodnih ekonomskih i regulatornih uslova.

**3.1. Tradicionalni koncept električnih mreža**

Tradicionalni elektroenergetski sistem čine četiri osnovna podsistema: podsystem proizvodnje, podsystem prenosa, podsystem distribucije i podsystem potrošnje. Ovi podsystemi imaju jasno definisane granice. Tradicionalni koncept električnih mreža ostvaruje povećanje proizvodnih kapaciteta uvođenjem novih proizvodnih jedinica u sistem proizvodnje, dok dodavanje istih u prenosnu i distributivnu mrežu predstavlja rijetkost.

**3.2. Moderni koncept električnih mreža**

Nove tehnologije omogućavaju da se električna energija proizvodi i u malim postrojenjima. Osim toga veća upotreba obnovljivih izvora za proizvodnju električne energije, kako bi se smanjio uticaj na životnu sredinu, dovodi do novog koncepta električnih mreža. U ovoj novoj koncepciji, dio proizvedene energije se dobija iz centralizovanih velikih proizvodnih jedinica, dok se dio dobija od malih proizvodnih jedinica (distribuiranih generatora) koje su smještene u okviru distributivne mreže.

**3.3. Podjela distribuiranih generatora**

Distribuirani generatori (DG) se mogu podijeliti na više načina. Prva podjela je prema instalisanoj snazi izvora koja je prikazana u Tabeli 1.

Tabela 1 – Podjela DG prema instalisanoj snazi izvora

Kategorija	Opseg snage
Mikro	1W – 5kW
Mali	5kW – 5MW
Srednji	5MW – 50MW
Veliki	50MW – 300MW

Druga podjela dijeli generatore prema vrsti energenta koji koriste za rad: gasne turbine, mikro turbine, gorivne ćelije, fotonaponske panele, vjetroturbine, te ostale obnovljive izvore.

### 3.4. Prednosti i mane distribuiranih generatora

Prednosti sa ekonomskog stanovišta:

- DG mogu da obezbijede pokrivanje povećanja potrošnje određenog broja potrošača;
- Pojedini tipovi DG mogu se postaviti na bilo kom mjestu i za relativno kratko vrijeme (gorivne ćelije, mikroturbine). Njihova instalirana snaga može se mijenjati sa brojem instaliranih modula;
- Svi tipovi izvora mogu se proširivati u malim koracima, te na taj način zadovoljiti potrošnju;
- Kogeneraciona postrojenja omogućavaju veoma ekonomičnu proizvodnju električne i toplotne energije, koja bi u termoelektranama predstavljala gubitke;
- Postojanje DG u mreži omogućava upravljanje potrošnjom u smislu izravnjanja dijagrama potrošnje, te na taj način smanjuje iznos koji jedna elektrodistribucija plati za angažovanu snagu.

Prednosti sa stanovišta eksploatacije sistema:

- DG mogu imati pozitivan uticaj na naponske prilike i kvalitet električne energije ako se na pravi način manipuliše njima;
- Mogu uticati na smanjenje gubitaka energije i snage;
- Olakšavaju operatoru distributivnog sistema upravljanje potrošnjom;
- Poboljšavaju pouzdanost napajanja, naročito udaljenih potrošača u ruralnim područjima;
- Koriste se kao rezervni izvori napajanja, u slučaju prekida isporuke energije iz mreže;
- Smanjuju opterećenje prenosnih kapaciteta;
- Redukovan štetan uticaj na okolinu (štetne materije smanjene);
- U odnosu na postojeće, tradicionalne elektrane, većina DG ima prednosti da troškovi nabavke i dopremanja goriva ne postoje.

Tehnički nedostaci primjene distribuiranih generatora:

- Postojanje DG utiče na rad uređaja relejne zaštite, te se moraju uvoditi novi postupci koordinacije između pojedinih uređaja;
- Moguće je da nakon ugradnje DG-a dođe do izmena u planiranju distributivnih sistema;
- Visoko učešće DG-a u potrošnji sistema značajno utiče na stabilnost;
- Neobnovljivi distribuirani izvori su upravljivi, dok većina obnovljivih nije [2].

### 3.5. Uslovi za priključenje generatora na distributivnu mrežu

Za priključenje i bezbjedan paralelan rad distribuiranog generatora sa distributivnom mrežom, distribuirani generator mora da zadovolji sledeće kriterijume:

- Kriterijum dozvoljenog odstupanja (promjene) napona;
- Kriterijum snage kratkog spoja;
- Kriterijum flikera;
- Kriterijum dozvoljenih struja viših harmonika;
- Kriterijum bezbjedne sinhronizacije;
- Kriterijum maksimalno dozvoljenog injektiranja jednosmjernje struje.

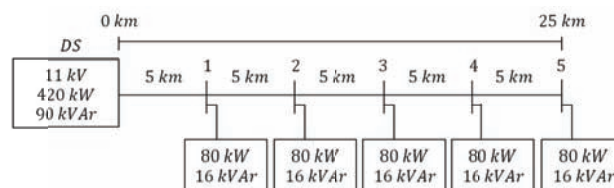
Najveće dozvoljeno odstupanje (promjena) napona ( $\Delta u_m$ ) na mjestu priključenja na distributivnu mrežu, u odnosu na vrijednosti nazivnih napona, u prelaznom režimu, pri uključenju ili isključenju distribuiranog generatora na distributivnu mrežu, je dato u Tabeli 2 [3].

Tabela 2 – Dozvoljene promjene napona

	Maksimalno odstupanje (promjena) napona	Maksimalna učestanost odstupanja napona: jednom u
Niski napon	3%	5 min
Srednji napon	2%	3 min

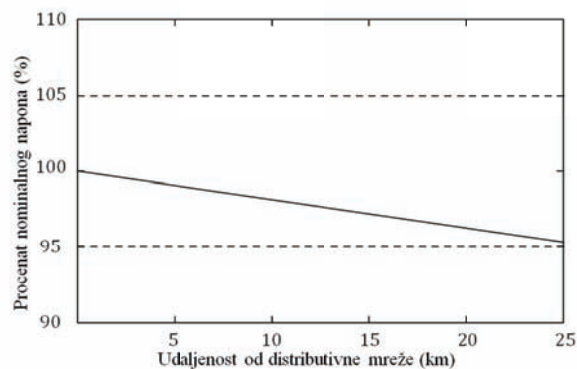
## 4. UTICAJ DISTRIBUIRANIH GENERATORA NA NAPONSKO PRILIKE

U nastavku rada je predstavljena analiza kao i efekti porasta napona u distributivnoj mreži usled korišćenja distribuiranih generatora. Napon na svakom mjestu gde se spaja potrošnja na mrežu je bitan za kvalitet isporuke električne energije. Pošto ne postoje internacionalno dogovorena pravila za opseg napona u normalnom pogonu, ovaj opseg određuju tehničke karakteristike opreme i/ili specifični dogovori. Napon na svakom mjestu gde se spaja potrošač može biti objašnjen koristeći radialnu distributivnu mrežu prikazanu na Slici 1.



Slika 1 – Tradicionalan distributivni sistem

Slika 1 prikazuje mrežu sa aktivnom snagom od 420kW i reaktivnom snagom od 90kVAr na 11kV naponskom nivou. Datu snagu je potrebno distribuirati na cjelokupnu potrošnju od 400kW aktivne, te 80kVAr reaktivne snage. Ukupna dužina radialnog voda je 25 km i potrošač, aktivne snage 80kW i reaktivne snage 16kVAr, je priključen na svakih 5 km. Rezistansa voda je 0,625  $\Omega/km$ , a reaktansa 0,3125  $\Omega/km$ . Naponski profil ovog sistema je prikazan na Slici 2.



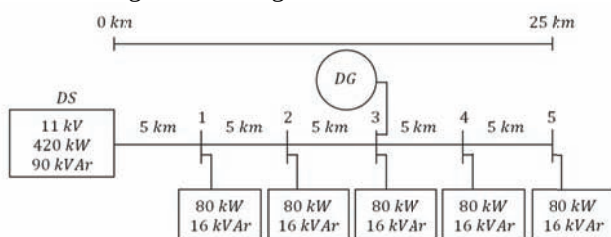
Slika 2 – Profil napona

Sa slike se vidi da puna linija (napon po dužini voda), opada, ali ne napušta dozvoljene granice. Da je vod duži eventualno bi se desilo da napon nekog potrošača bude izvan dozvoljenih granica. Načini da distribucije održe napon u dozvoljenim granicama jesu korišćenje



automatskih regulatora napona, regulacionih sklopki i šant kompenzatora.

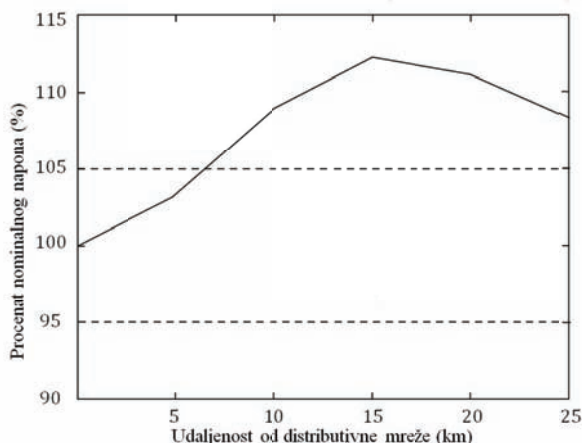
Na Slici 3, DG je povezan 15 km od primarnog distributivnog sistema (DS). Da bi se pokazao efekat porasta napona biće razmotren slučaj kada se priključi distribuirani generator snage 2MW.



Slika 3 – Radijalna distributivna mreža sa distribuiranim generatorom

Priključenjem DG dolazi do povećanja proizvodnje, usljed čega se mijenja smjer snage kroz vod i to ka DS-u, te do povećanja napona. Naponske prilike istog sistema sa 2MW generatorom su prikazane na Slici 4, gdje se jasno vidi da napon ispada iz granica tolerancije. Porast napona može biti opisan pomoću sledeće formule [4]:

$$\Delta V = V_{GEN} - V_S \cong R(P_G - P_L) + X(\pm Q_C - Q_L \pm Q_G) \quad (1)$$



Slika 4 – Profil napona distributivne mreže sa DG

Postoje 4 načina za sprečavanje porasta napona:

- Metoda smanjenja otpornosti;
- Metoda kompenzacije reaktivne snage;
- Metoda koordinacije naponskih kontrola;
- Metoda smanjenja proizvodnje.

## 5. RELEJNA ZAŠTITA

Relejna zaštita predstavlja dio elektroenergetike koji se bavi zaštitom elektroenergetskog sistema od kvarova. Pod time se podrazumijeva zaštita svih njegovih elemenata (generator, transformator, vod, motor, itd.), a takođe i pojedinih cjelina u okviru elektroenergetskog sistema od kvarova. Relej predstavlja uređaj koji služi za detekciju nenormalnih pogonskih stanja uređaja i dijelova elektroenergetskih sistema i inicijalizaciju odgovarajućih upravljačkih akcija za obezbjeđenje normalnog pogona. Nenormalno pogonsko stanje može biti stanje sa kvarom ili opasno pogonsko stanje.

Opasna pogonska stanja mogu biti: nenormalno niski naponi, nenormalno visoki naponi, previsoka temperatura elemenata u pogonu, pojava dozemnog spoja, nesimetrično opterećenje generator, prevelik broj obrtaja.

Osnovni cilj primjene relejne zaštite je najbrže moguće isključenje elemenata i/ili dijela elektroenergetskog sistema sa kvarom uz očuvanje funkcionalnosti ostalog dijela sistema. Pri ispunjenju ovog cilja potrebno je ispuniti nekoliko opštih zahtjeva: selektivnost, brzinu reagovanja, osjetljivost, pouzdanost, sigurnost, jednostavnost i ekonomičnost [5].

## 6. PODEŠENJE PODNAPONSKE I PRENAPONSKE ZAŠTITE

Kao i sve druge komponente u EES, i distribuirani generatori su opremljeni zaštitom tako da mogu da detektuju neregularne situacije na uređajima, ili u sistemu, koje zahtijevaju automatsko isključenje jedinice iz pogona. Zbog ovog, uvijek se instalira prekidač ili osigurač na mjestu spajanja sa ostatkom mreže. Ovakva zaštita može biti realizovana na generatorskim sabirnicama, ili na transformatorskim sabirnicama koje spajaju sistem na mrežu. Različite zemlje daju različite preporuke i zahtjeve po pitanju tipova zaštite i podešenja istih, čak i različiti mrežni operateri unutar iste zemlje često imaju drugačije zahtjeve po pitanju zaštite distribuiranih generatora.

Zaštita generatora ima dvije različite funkcije:

- Da ukloni generator iz mreže u slučaju kvara ili nekog drugog neuobičajnog pogonskog stanja generatora. Svrha ovog je da zaštiti mrežu od recimo prevelike struje. Takođe, indirektno štiti druge korisnike mreže od lošeg pogonskog stanja generatora;
- Da ukloni generator iz mreže u slučaju kvara ili nekog drugog neuobičajnog stanja mreže. Svrha ovog je ne samo da zaštiti generator od kvara, već da preventivno isključi distribuirani generator tako da isti situaciju u mreži ne bi učinio još gorom.

### 6.1. Pregled zaštita distribuiranih generatora

Za zaštitu generatora od mogućih havarija i oštećenja usljed kvarova i poremećaja u distributivnom sistemu, u skladu sa tehničkim preporukama Srbije, za mini elektrane (63kVA–10MVA) definiše se sistemska zaštita koja se sastoji od sledećih zaštita:

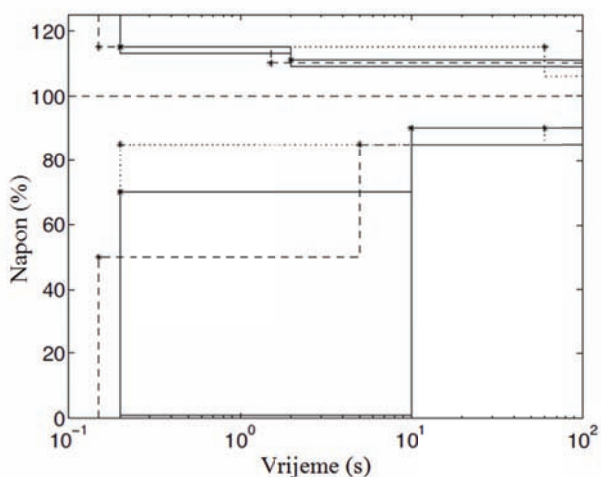
- Prenaponska zaštita;
- Podnaponska zaštita;
- Nadfrekventna zaštita;
- Podfrekventna zaštita.

### 6.2. Vremenska zatezanja podnaponske i prenaponske zaštite

Evropski standardi za mikrogeneratore (sa nazivnim strujama manjim od 16A) nalažu sledeće vremensko zatezanje zaštita:

- Prenaponska zaštita: 200 ms, za preko 115% na 230V naponskom nivou;
- Podnaponska zaštita: 1,5 s, za ispod 85% na 230 V naponskom nivou;
- Nadfrekventna zaštita: 500 ms, za preko 51 Hz;
- Podfrekventna zaštita: 500 ms, za ispod 47 Hz.

Danska, Švedska i Finska imaju dvostepena podešavanja, sa brzim djelovanjem za velike devijacije napona i sporim djelovanjem za male devijacije napona. Podešavanja za ove tri zemlje su prikazani na Slici 5.



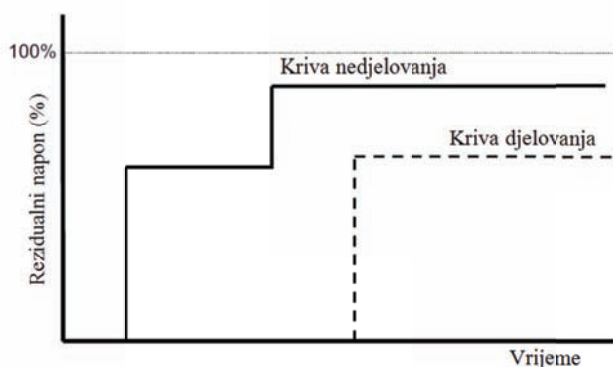
Slika 5 – Podešavanje prenaponske i podnaponske zaštite distribuiranih generatora u Danskoj (puna linija), Finskoj (isprekidana linija) i Švedskoj (tačka-tačka linija)

### 6.3. Koordinacija zaštite

Mnogi mrežni operateri postavljaju zahtjeve po pitanju nedjelovanja zaštitom za distribuirane generatore.

To znači da ukoliko se napon nalazi iznad krive nedjelovanja, u tom slučaju, generator ne smije da se isključi, dok ukoliko se isti nađe ispod krive djelovanja u tom slučaju generator mora da se isključi.

Krive ograničenja oblasti djelovanja, moraju biti pogodno izabrane, tako da kriva nedjelovanja mora da se nađe uvijek iznad i lijevo od krive djelovanja (Slika 6) [6].



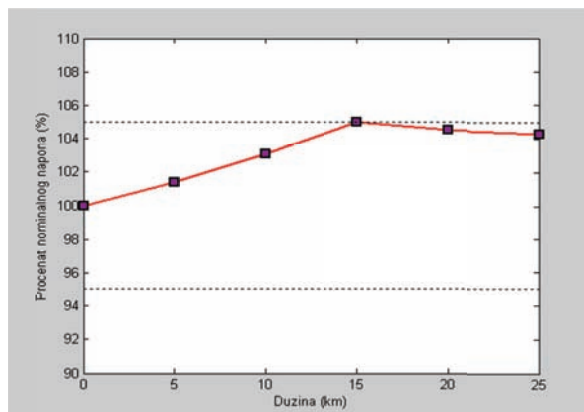
Slika 6 – Ispravna koordinacija krivih djelovanja i nedjelovanja

### 7. PRIMJER

U okviru programskog paketa MATLAB, napravljen je test primjer mreže sa podacima kao u poglavlju 4 ovog rada. U programskom okruženju je simuliran uticaj priključenog distribuiranog generatora koji radi sa jediničnim faktorom snage. Takođe je razvijen program koji određuje maksimalnu snagu priključenog generatora, sa aspekta porasta napona.

Na sledećoj slici je prikazan profil napona sa priključenim generatorom izračunate maksimalne snage 1 MW, za nominalne snage potrošnje u čvorovima, dobijen kao rezultat izvršavanja programa.

Dobijeni rezultati pokazuju da je izračunati naponski profil ima u tački priključenja generatora vrijednost napona od 105% što je unutar uobičajenih granica.



Slika 7 – Profil napona sa priključenim generatorom snage 1 MW

### 8. ZAKLJUČAK

Uvođenjem distribuiranih generatora gubi se radialnost mreže i ona postaje dvostrano napajana, sa izmjenjenim naponskim profilom i tokovima snaga. U tački priključenja generatora, dolazi do povećanja napona koji u specijalnim slučajevima, kao što je minimum potrošnje – maksimum proizvodnje, može da predstavlja problem. Da bi se dati problemi prevazišli koriste se različite metode. Metoda smanjenja proizvodnje je podržana softverskim rešenjem u programskom paketu MATLAB. Kroz primjer je pokazan uticaj distribuiranih generatora na profil napona distributivne mreže. Iterativnim postupkom je određena maksimalna vrijednost snage priključenog generatora. Ukoliko snaga priključenog generatora ne prelazi ovaj maksimum, uz adekvatno podešenje i koordinaciju prenaponske zaštite, neće doći do neželjenog djelovanja iste.

### 9. LITERATURA

- [1] REN21 Secretariat: *Renewables 2013 Global Status Report*, Paris 2013. <http://www.ren21.net>
- [2] Vladica Mijailović: *Distribuirani izvori energije – Princip rada i eksploatacioni aspekti*, Akademski misao, Beograd, 2011.
- [3] Grupa autora, *Tehnička preporuka br. 16, Osnovni tehnički zahtevi za priključenje malih elektrana na distributivni sistem*, Elektroprivreda Srbije, 2011.
- [4] M. A. Mahmud, M. J. Hossain, H. R. Pota, *Analysis of Voltage Rise Effect on Distribution Network with Distributed Generation*, Proceedings of the 18th IFAC World Congress, Milan, Italy 2011.
- [5] Duško Bekut, *Relejna zaštita*, Fakultet Tehničkih Nauka Novi Sad, 2009.
- [6] Math Bollen, Fainan Hassan, *Integration of distributed generation in the power system*, Wiley-IEEE Press, 2011

### Kratka biografija:



**Milorad Svorcan** rođen je u Bileći 1988. godine. Srednju elektrotehničku školu je završio 2007. godine u Trebinju. Diplomski – master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – smjer Elektroenergetski sistemi je odbranio 2014. godine.

# INTEGRISANI OPTIČKI PRIJEMNIK PROPUSNOG OPSEGA 10 Gb/s U 0,35 $\mu\text{m}$ AMS SiGe BiCMOS TEHNOLOGIJI

## AN INTEGRATED OPTICAL RECEIVER FOR 10 Gb/s DATA COMMUNICATIONS IN 0.35 $\mu\text{m}$ AMS SiGe BiCMOS TECHNOLOGY

Dinka Milovančev, Mirjana Videnović-Mišić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisana je procedura projektovanja optičkog prijemnika za protok informacija 10 Gb/s za opseg optičkih snaga od -23,5 dBm do -1,5 dBm u 0,35  $\mu\text{m}$  ams SiGe BiCMOS tehnologiji, pomoću programskog paketa Cadence.

**Abstract** – This paper shows the design procedure of an integrated optical receiver for 10 Gb/s data communications in 0.35  $\mu\text{m}$  ams SiGe BiCMOS technology, using the Cadence software tools.

**Ključne reči:** Optički prijemnik, Transimpedansni pojačavač, Stabilnost, Dijagram oka

**Key words:** Optical receiver, Transimpedanse Amplifier, Stability, Eye Diagram

### 1. UVOD

Fotonika je tržište koje se unutar globalne ekonomije brzo razvija. Prenos optičkih podataka, razvoj optičkih memorija, obrada slike i optički senzori su samo neki od primera.

Međutim, iako fotonika nudi širok spektar novih funkcionalnih poboljšanja električnim komponentama, kao što su visok propusni opseg, niski gubici prilikom propagacije, multipleksiranje talasnih dužina i imunitet na elektromagnetske smetnje, visoka cena fotoničkih komponenti i njihova integracija sa postojećom tehnologijom predstavljaju glavnu prepreku za njihov razvoj i primenu.

Zato je od izuzetne je važnosti realizovanje fotoničke i električne komponente na kompaktniji i finansijski isplativiji način kombinujući ih na istom čipu. Jedan od načina za rešenje ovog problema je kombinovanje standardnih silicijumskih integrisanih CMOS (eng. *Complementary Metal Oxide Semiconductor*) kola sa fotoničkim slojem koristeći fabrikacione postupke mikroelektronike.

Silicijumska CMOS kola su visoko razvijena i relativno jeftina za proizvodnju, stoga su idealna za optičke prijemnike, a fotoničkom sloju mogu da se ostvare fotoničke komponente visokih performansi kao što su svetlosni emiteri, optički detektori i modulatori. [1].

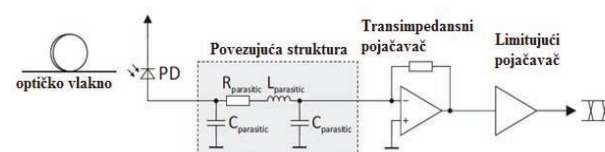
Zato su fotoničke komponente realizovane u germanijumskom procesu i postavljene su direktno na CMOS vejer (eng. *wafer*) koristeći vejer-vejer konekciju.

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čija mentorka je bila dr Mirjana Videnović-Mišić, docent.

### 2. OPTIČKI PRIJEMNIK

Generalno, optički prijemnici se koriste za konverziju svetlosnog signala koji dolazi iz optičkog vlakna iz optičkog u električni domen. Blok dijagram tipičnog optičkog prijemnika je prikazan na slici 1.



Slika 1. Blok šema optičkog prijemnika

Fotodioda (eng. *photodiode*, PD) sakuplja svetlost koja izlazi iz optičkog vlakna i generiše fotostruju  $I_{ph}$  (eng. *photocurrent*) koja odgovara optičkoj pobudi. Uglavnom je optički signal male vrednosti pri prijemu i potrebno mu je pojačanje kako bi mogao da se detektuje. Kao pojačavač se koristi transimpedansni tip pojačavača koji konvertuje ulaznu fotostruju u napon koji se dalje pojačava limitujućim pojačavačem. Limitujući pojačavač se sastoji od jednog ili više pojačavačkih stepena sposobnih da pobuđuju naredna kola za dekodovanje signala.

Ulaznu struju transimpedansnog pojačavača možemo odrediti preko očekivanih optičkih snaga fotodetektora i osetljivost fotodiode  $R$  (eng. *responsivity*) koja predstavlja odnos generisane fotostruje pri optičkoj snazi  $P_{opt}$  normalnoj na površinu fotodetektora određene talasne dužine:

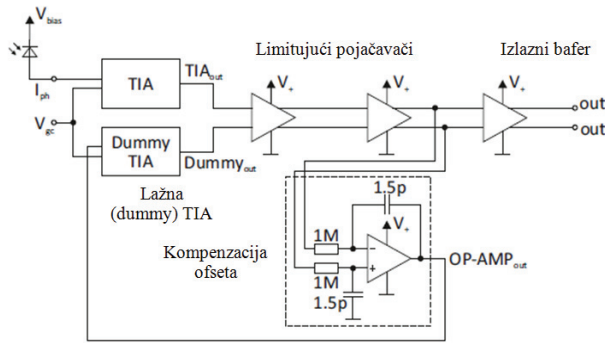
$$R = \frac{I_{ph}}{P_{opt}} \quad (1)$$

Za pretpostavljenu osetljivost fotodiode od 0,5 A/W [2] i optičke snage u opsegu od -23,5 dBm do -1,5 dBm dobijamo da je očekivani opseg vrednosti jednosmerne fotostruje od 2  $\mu\text{A}$  do 350  $\mu\text{A}$ .

### 3. PREGLED KOMPONENTI OPTIČKOG PRIJEMNIKA

Prijemnik je dizajniran za rad pri naponu napajanja od 3,3 V u 0,35  $\mu\text{m}$  ams SiGe HBT BiCMOS procesu koji predstavlja modularno poboljšanje 0,35  $\mu\text{m}$  CMOS industrijskog standarda. Ovo poboljšanje za RF procese nudi visokoperformansne SiGe heterospojne bipolarne tranzistore orijentisane ka analognim primenama, kao i standardne CMOS tranzistore što ovaj proces čini idealnim za RF aplikacije.

Optički prijemnik se sastoji od transimpedansnog pojačavača (eng. *transimpedance amplifier*, TIA) kojeg prate dva limitujuća pojačavača i 50  $\Omega$  izlazni bafer [4]. Diferencijalna struktura je izabrana kako bi se minimizovao uticaj promene zajedničkog signala, temperaturnih promena i procesnih varijacija. Kako je korišćena topologija TIA sa asimetričnim izlazom (eng. *single-ended*) a prateći stepeni su potpuno diferencijalni, lažna (eng. *dummy*) TIA i operacioni pojačavač su korišćeni kako bi pružili diferencijalni ulaz prvom limitujućem pojačavaču, kao i eliminaciju ofseta izlaznom baferu. Na ulazu operacionog pojačavača nalaze se integratori u vidu RC sekcija kako bi se dobila jednosmerna vrednost signala. Operacioni pojačavač poredi razliku jednosmernog napona na ulazu izlaznog bafera i generiše adekvatan ulazni signal za lažnu TIA, kako bi se kompenzovala razlika u jednosmernim naponima. Dodatan šum koji potiče od lažne TIA je potisnut pomoću dodatnog RC niskopropusnog filtra koji je ostvaren unutar lažne TIA.



Slika 2. Blok šema kola optičkog prijemnika

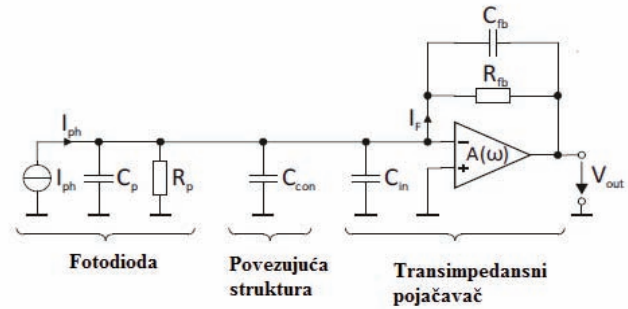
#### 4. TRANSIMPEDANSNI POJAČAVAČ

Svetlost koja putuje kroz optičko vlakno trpi znatno slabljenje pre nego što stigne do fotodiode. Fotodioda zatim generiše struju proporcionalnu intenzitetu svetla, koja je potom konvertovana u napon i pojačana uz pomoć transimpedansnog pojačavača. Projektovanje TIA podrazumeva mnoge kompromise između parametara šuma, propusnog opsega, pojačanja, disipacije snage, tako da predstavlja izazov, kako u CMOS, tako i u bipolarnim tehnologijama. Uobičajena topologija TIA koristi povratnu spregu kako bi postigla gore navedene kompromise.

##### 4.1. Frekvencijski odziv transimpedansnog pojačavača sa povratnom spregom

Propusni opseg TIA koja se sastoji od operacionog pojačavača sa frekvencijski zavisnim sopstvenim pojačanjem, povratne sprege i kapacitivnosti ulaznog čvora,  $C_T$ , zavisi od frekvencijskog odziva samog pojačavača i faktora povratne sprege. Ekvivalentno kolo koje se sastoji od prijemnog transimpedansnog pojačavača je prikazano na slici 3. Serijska otpornost fotodiode,  $R_s$ , zanemarena je i stoga se ekvivalentno kolo sastoji od idealnog sujnog izvora  $I_{ph}$ , kapacitivnosti fotodiode  $C_p$  i paralelnog otpornika  $R_p$ . Kapacitivnost  $C_{con}$  predstavlja ukupnu kapacitivnost konekcija između fotodiode i pojačavača, a  $C_{in}$  je ulazna kapacitivnost pojačavača. Povratna sprega se sastoji od otpornika  $R_{fb}$  i

kompenzacione kapacitivnosti  $C_{fb}$  koja unosi nulu u prenosnu funkciju faktora povratne sprege. Bez  $C_{fb}$  bi faktor povratne sprege sadržao samo pol koji bi zajedno sa polom operacionog pojačavača činio kolo inherentno nestabilnim.



Slika 3. Ekvivalentno kolo TIA

Ukupna ulazna kapacitivnost,  $C_T$ , kola sa slike 3 se sastoji od kapacitivnosti fotodiode,  $C_p$ , parazitne kapacitivnosti veza između fotodiode i transimpedansnog pojačavača,  $C_{con}$ , i kapacitivnosti  $C_{in}$  ulaznog pojačavačkog stepena:

$$C_T = C_p + C_{con} + C_{in} \quad (2)$$

Frekvencijski zavisno transimpedansno pojačanje  $T(j\omega)$  kola sa slike 3 je:

$$T(j\omega) = -\frac{V_{out}}{I_{ph}} \quad (3)$$

$$T(j\omega) = -\frac{R_{fb}/(1 + j\omega R_{fb} C_{fb})}{1 + \frac{1}{A(j\omega)} \left( 1 + \frac{R_{fb}/(1 + j\omega R_{fb} C_{fb})}{R_p/(1 + j\omega R_p C_T)} \right)} \quad (4)$$

Zamenom jednogpolne karakteristike  $A(j\omega)$  sa polom u  $\omega_0$  u (4) i zanemarivanjem člana  $1/R_p\omega_c A_0$  i  $1/R_p A_0$  ( $A_0 \gg 1$ ), dobijamo:

$$T(j\omega) = -\frac{R_{fb}}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0} \frac{1}{Q} - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}} \quad (5)$$

gde su sopstvena rezonantna učestanost  $\omega_0$  i  $Q$ -faktor dati kao:

$$Q = \frac{\sqrt{\frac{R_{fb}(C_{fb} + C_T)}{\omega_c A_0}}}{\frac{1}{\omega_c A_0} + R_{fb} \left( C_{fb} + \frac{C_{fb} + C_T}{A_0} \right)} \quad (6)$$

$$\omega_0 = \frac{\omega_c A_0}{R_{fb}(C_{fb} + C_T)} \quad (7)$$

Pri velikim ulaznim kapacitivnostima,  $C_T$ , član uz  $\omega^2$  u (5) vodi do premašenja u amplitudi (eng. *gain peaking*) koje smanjuje propusni opseg i dovodi do nestabilnosti. Kako na  $C_T$  imamo mali uticaj, promenom parametra  $C_{fb}$  postizemo optimalan  $Q$ -faktor.

Ako želimo da postignemo odziv sa maksimalno ravnom amplitudom, potrebna je vrednost  $Q = 2^{-1/2}$ . Eliminacija premašenja amplitude ovim putem ima cenu smanjenog propusnog opsega. Alternativno rešenje je da izaberemo manju vrednost  $C_{fb}$  kako bismo imali veći propusni opseg po cenu malog premašenja amplitude. Minimalna vrednost  $C_{fb}$  je ona vrednost, koja odgovara  $Q$ -faktoru od

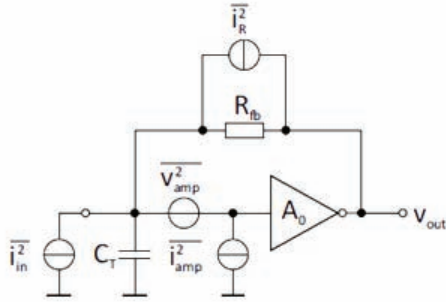


$Q = 2^{0,25}$  i faznoj margini od  $45^\circ$ , za koju bi pojačavač i dalje ostao stabilan [3].

#### 4.2. Model šuma TIA sa bipolarnim ulaznim stepenom

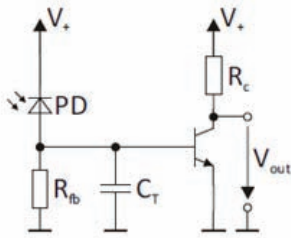
Slika 4 prikazuje osnovno TIA kolo sa uključenim izvorima šuma pojedinačnih komponenti. Glavni izvori šuma potiču od bipolarnog ulaznog stepena  $i_{amp}^2$  i  $v_{amp}^2$  kao i termičkog šuma otpornika  $R_{fb}$  u povratnoj sprezi,  $i_R^2$ . Stoga je ukupna snaga šuma strujnog izvora referenciranog na ulaz :

$$\overline{i_{n,in}^2} = \overline{i_{n,amp}^2} + \frac{\overline{v_{n,amp}^2}}{|R_{fb}/(1 + j\omega R_{fb} C_T)|^2} + \overline{i_R^2} \quad (8)$$



Slika 4. Ekvivalentno kolo TIA sa izvorima šuma

Pojednostavljeno kolo za analizu šuma sa bipolarnim ulaznim stepenom dato je na slici 5.



Slika 5. Glavni izvori šuma TIA

Sa slike 5 eksplicitno vidimo da  $i_{n,in}^2$  najvećim delom zavisi od otpornika  $R_{fb}$  i ulaznog tranzistora. Šum otpornika  $R_c$  u opterećenju može u prvoj aproksimaciji biti zanemaren, jer je oslabljen pojačanjem ulaznog bipolarnog tranzistora. Jednačina (8) na osnovu topologije sa slike 5 postaje:

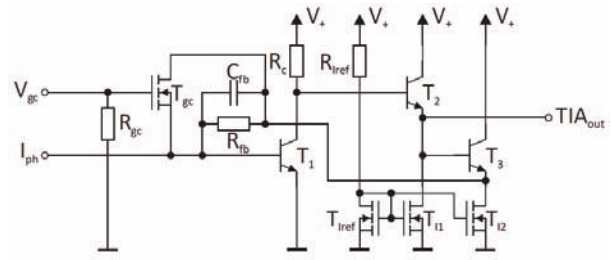
$$\overline{i_{n,in}^2} = \int_0^{BW} 2q \left( \frac{I_C}{\beta} + \frac{K_1}{2qf} \left( \frac{I_C}{\beta} \right)^2 + \frac{I_C}{|\beta(jf)|^2} \right) df + \int_0^{BW} \frac{4k_B T \left( r_B + \frac{1}{2g_m} \right) (1 + (2\pi R_{fb} C_T)^2)}{R_{fb}^2} df + \int_0^{BW} \frac{4k_B T}{R_{fb}} df \quad (10)$$

#### 4.3. ELEKTRIČNA ŠEMA

Električna šema TIA prikazana je na slici 6.

Ulazni bipolarni stepen čine tranzistor  $T_1$  i otpornik  $R_c$ . Izlazni stepen ima dva emiter folovera, jedan koji pobuđuje izlaznu kapacitivnost ( $T_2$ ) i jedan za povratnu spregu ( $T_3$ ). Pol koji potiče od  $T_2$  je na veoma visokim frekvencijama, a kapacitivno opterećenje na izlazu ima neznatan uticaj na faznu marginu. Postavljanje  $T_2$  izvan

povratne sprege podiže izlaznu otpornost i smanjuje induktivnu komponentu tj. induktivna komponenta se manifestuje na višim učestanostima.



Slika 6. Električna šema TIA

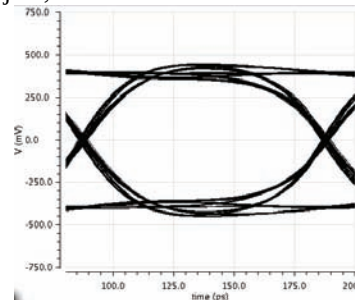
Povratna sprega se sastoji od otpornika  $R_{fb}$ , kapacitivnosti  $C_{fb}$  i kontrolnog MOSFET tranzistora  $T_{gc}$ . Primenom pozitivnog napona  $V_{gc}$  smanjujemo ekvivalentnu otpornost povratne sprege, koja je jednaka transimpedansnom pojačanju čitavog kola, tako da zapravo vršimo kontrolu pojačanja. Otpornost  $R_{gc}$  je postavljena kako bi se izbeglo da baza  $T_{gc}$  visi ako napon  $V_{gc}$  nije doveden. Vrednosti i dimenzije korišćenih komponenti su dati u tabeli 1.

Tabela 1. Vrednosti i dimenzije komponenti

Komponenta	Vrednost	Širina (μm)	Dužina (μm)
$R_{gc}$	1 kΩ	0.65	8.00
$R_{fb}$	4.2 kΩ	0.65	33.60
$R_c$	2.5 kΩ	1.00	37.50
$R_{Iref}$	780 Ω	3.00	42.85
$C_{fb}$	5 fF	1.9	2.6
$T_1$		0.4	2.2
$T_2$		0.4	1.2
$T_3$		0.4	15.0
$T_{gc}$		1 x 5.0	0.35
$T_{I1}$		4 x 3.0	2.00
$T_{I2}$		4 x 3.0	2.00
$T_{Iref}$		4 x 2.5	2.00

#### 5. SIMULACIONA PROVERA RADA

Za vrednosti komponenti korišćenih u tabeli 1, ukupan integraljeni šum na ulazu je 500 nA, propusni opseg je 10,6 GHz, a transimpedansno pojačanje je 4,2 kΩ. Za male vrednosti struje fotodiode, kolo je stabilno i dijagram oka signala na izlazu optičkog pojačavača je zadovoljavajući, slika 7.



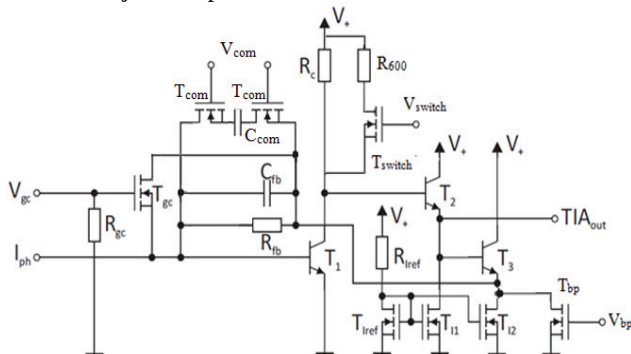
Slika 7. Dijagram oka izlaznog signala prijemnika pri ulaznom signalu minimalne amplitude  $4 \mu A$

Sa povećanjem fotostruje,  $I_{ph}$ , performanse TIA kola opadaju, jer negativna promena napona jednaka  $I_{ph} \times 4,2 \text{ k}\Omega$  ne može da se ostvari na emiteru  $T_3$  i kolo



postaje nelinearno. Kako emiter  $T_3$  opada tranzistor  $T_{12}$  ulazi u omski režim rada, smanjujući pojačanje stepena sa zajedničkim kolektorom a time i kružno pojačanje. Transimpedansno pojačanje postaje niže od predviđenog  $R_{fb}$ . Dodatno, pri visokim nivoima  $I_{ph}$ , struja baze ulaznog tranzistora  $T_1$  se povećava, što povećava i njegovu kolektorsku struju. Pad napona na otporniku  $R_c$  snižava baze napone  $T_2$  i  $T_3$  i napon kolektora  $T_1$ . To dovodi do odlaska  $T_1$  u saturaciju, smanjenja kolektorske struje  $T_2$  i zakočenja tranzistora  $T_3$ .

Iz gore navedenih razloga neophodno je upravljanje vrednošću transimpedansnog pojačanja. Međutim, ako smanjimo efektivnu vrednost otpornosti povratne sprege, tj. transimpedansno pojačanje  $R_{fb}$ , povećaćemo vrednost  $Q$ -faktora i ugroziti stabilnost kola. Kako bismo vrednost  $Q$ -faktora držali na dovoljno niskom nivou, neophodne su modifikacije kola, prikazane na slici 8.



Slika 8. Modifikovano kolo TIA

U kolo su dodate sledeće komponente:

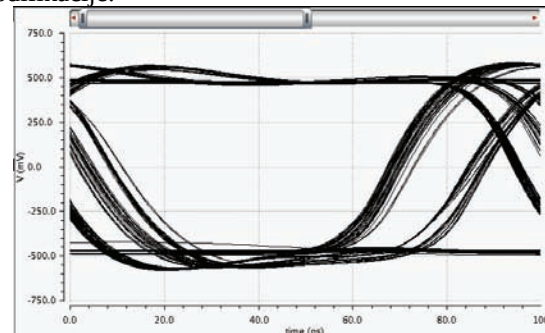
- 1)  $T_{bp}$  i upravljački napon  $V_{bp}$  čija je uloga dodavanje strujnog izvora u paraleli sa  $T_{12}$  čime se ubrzava rad  $T_3$  i smanjuje bazna struja  $T_1$ ,
- 2)  $T_{gc}$  i upravljački napon koji variramo,  $V_{gc}$ , čija uloga je podešavanje transimpedansnog pojačanja,
- 3)  $T_{switch}$ ,  $R_{600}$  i upravljački napon  $V_{switch}$  čija je uloga smanjenje naponskog pojačanja ulaznog stepena dodavanjem  $R_{600}$  u paralelu sa  $R_c$ , čime smanjujemo  $Q$  faktor,
- 4)  $T_{com}$ ,  $C_{com}$  i upravljački napon  $V_{switch}$  čija je uloga povećanje kompenzacione kapacitivnosti  $C_{fb}$ , dodavanjem u paralelu  $C_{com}$  čime dodatno smanjujemo  $Q$  faktor.

Tabela 2. Parametri dijagrama oka

$I_{ph}$ [ $\mu A$ ]	$T_{max}$ [ps]	$V_{max}$ [mV]	Korišćena modifikacija			
			$T_{bp}$ $V_{bp}$	$T_{gc}$ $V_{gc}$	$T_{switch}$ $R_{600}$ $V_{switch}$	$T_{com}$ $C_{com}$ $V_{switch}$
4	90	728	—	—	—	—
52	74.4	927	—	—	—	—
100	72.6	926	x	—	—	—
150	74	932	x	—	—	—
200	80	920	x	x	x	—
300	81	930	x	x	x	—
400	82.5	933	x	x	x	—
500	64.2	927	x	x	x	—
600	45	916	x	x	x	—
600	70	898	x	x	x	x
700	33	913	x	x	x	—
700	57,5	893	x	x	x	x

U tabeli 2 prikazani su podaci o dijagramu oka (maksimalna horizontalna  $T_{max}$  i maksimalna vertikalna otvorenost  $V_{max}$ ) za određene vrednosti amplitude stuje iz ulaznog opsega. Naznačeno je koja od prikazanih modifikacija se koristi kao i njena uloga u kolu.

Na slici 9 prikazan je dijagram oka pri amplitudi ulazne stuje od maksimalnih 700  $\mu A$ , kada koristimo sve modifikacije.



Slika 9. Dijagram oka izlaznog signala prijmnika pri ulaznom signalu minimalne amplitude 700  $\mu A$

### 3. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je procedura projektovanja optičkog prijmnika za komunikacije brzine 10Gb/s.

Prikazan je postupak modifikacije kola, kako bi se povećao dozvoljeni opseg ulaznog signala. Nakon izvršenih modifikacija, optički prijmnik detektuje ulazne stuje u opsegu od 4  $\mu A$  do 700  $\mu A$ . Konačan propusni opseg TIA kola je 7,3 GHz i amplitudska karakteristika je ravna. Ukupna integraljena stuja šuma se smanjila sa 500 nA na 233 nA, po cenu smanjenog horizontalnog otvora oka sa koji se smanjio sa 96 ps na 89 ps.

### 4. LITERATURA

- [1] H. Zimmermann, "Silicon Optoelectronic Integrated Circuits", Berlin, Springer, 2004
- [2] A. Polzer, "A 10Gbps transimpedance amplifier for hybrid integration of Ge PIN diode", Berlin, Springer, 2009
- [3] H. Zimmermann, "BiCMOS OEIC with Enhanced Sensitivity for DVD Systems", ESSCIRC, 2001
- [4] A. Polzer, "Heterogeneously Integrated 8x10 Gbps Optical Receiver", Wien, Technische Universität, 2012

### Kratka biografija:



**Dinka Milovančev** rođena je u Bečeju 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroelektronika odbranila je 2014.god.



**Mirjana Videnović-Mišić** rođena je 1972. god. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2009. god., a od 2010. god. je u zvanju docent. Oblasti interesovanja su projektovanje oscilatora, problem šuma u elektronskim kolima, fazni šum oscilatora, RF elektronika.

**PROJEKTOVANJE FOLDED KASKODNOG OPERACIONOG  
TRANSKONDUKTANSNOG POJAČAVAČA U AMS 0,35  $\mu\text{m}$  TEHNOLOGIJI  
DESIGN OF FOLDED CASCODE OPERATIONAL TRANSCONDUCTANCE  
AMPLIFIER IN AMS 0.35  $\mu\text{m}$  TECHNOLOGY**

Nemanja Vokić, Mirjana Videnović-Mišić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazana je procedura projektovanja folded kaskodnog operacionog transkonduktansnog pojačavača sa jednim izlazom u ams 0,35  $\mu\text{m}$  tehnologiji, pomoću programskog paketa Cadence.

**Abstract** – This paper shows the design procedure of a folded cascode transconductance operational amplifier with one output in ams 0.35  $\mu\text{m}$  technology, using the Cadence software tools.

**Ključne reči:** *Folded kaskoda, Operacioni pojačavač, Operacioni transkonduktansni pojačavač*

**Key words:** *Folded cascode, Operational amplifier, Operational transconductance amplifier*

**1. UVOD**

Operacioni pojačavač (OP) je elektronski naponski pojačavač sa diferencijalnim ulazom i, najčešće, jednim izlazom. Operacioni pojačavači su najpre bili korišćeni u analognim računarima, za obavljanje matematičkih operacija, po čemu su i dobili ime, u mnogim linearnim i nelinearnim kolima.

Karakteristike kola koja koriste operacione pojačavače su određene spoljnim komponentama, uz malu zavisnost od temperaturnih i procesnih varijacija unutar samog operacionog pojačavača, što ove komponente čini popularnim gradivnim blokovima elektronskih kola.

Operacioni pojačavači se najčešće sastoje iz više stepeni kako bi se obezbedilo dovoljno veliko naponsko pojačanje i/ili dovoljno mala izlazna otpornost. Da bi se ostvarila dovoljno mala izlazna otpornost, izlazni stepen operacionog pojačavača je najčešće pojačavač jediničnog naponskog pojačanja i male izlazne otpornosti.

U CMOS kolima, međutim, potrošači su često čisto kapacitivnog karaktera, tako da izlazna otpornost ne mora biti mala, zato što je u tom slučaju izlaz operacionog pojačavača strujni signal. To znači da se kod operacionih pojačavača u tim slučajevima može izostaviti izlazni stepen. Takva kola se nazivaju operacioni transkonduktansni pojačavači (OTP).

**2. NEKE OSNOVNE TOPOLOGIJE OTP**

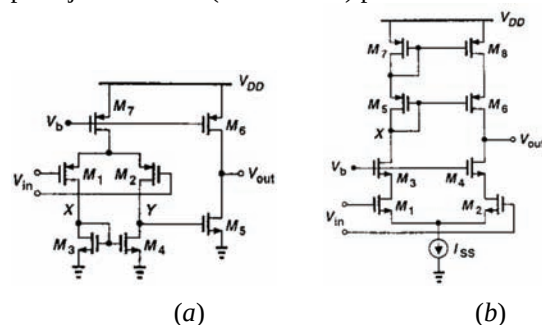
Na (sl.1a) prikazana je standardna topologija dvostepenog OTP. Ovi pojačavači se mogu projektovati tako da postignu dosta veliko naponsko pojačanje, ali i veoma dobar frekvencijski odziv. -

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čija mentorka je bila dr Mirjana Videnović-Mišić, docent**

Međutim, svaki stepen u prenosnu funkciju unosi po jedan značajan pol, što može biti loše sa aspekta frekvencijskog odziva i stabilnosti kola, pa se često pribegava projektovanju kompenzacione mreže koja smanjuje stepen slobode u projektovanju kola.

Alternativno kolo je jednostepena, tzv. teleskopska topologija, tj. kaskodni pojačavač sa kaskodnim opterećenjem, (sl.1b). Vrednosti pojačanja za ovu topologiju se najčešće nalaze u opsegu od 60 do 70 dB, sa dodatnom prednošću da u prenosnoj karakteristici kola ne postoje dva bliska (dominantna) pola.



Slika 1. a) Standardna topologija dvostepenog OTP, b) teleskopski OTP [1]

Nedostatak klasične teleskopske topologije je mali opseg izlaznog napona i nemogućnost kratkospajanja izlaza i negativnog ulaza, tj. postavljanje pojačavača u bafersku konfiguraciju sa jediničnim pojačanjem.

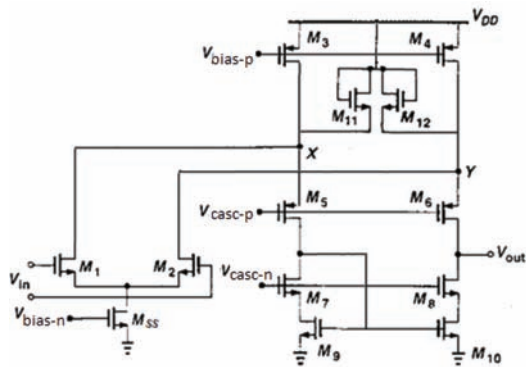
**3. FOLDED KASKODNI OTP**

Kako bi se prevazišli nedostaci teleskopske topologije, može se koristiti topologija presavijene kaskode, tzv. folded kaskodni operacioni pojačavač, prikazan na sl.2. Ulazni tranzistori,  $M_1$  i  $M_2$  su suprotnog tipa u odnosu na kaskodne tranzistore,  $M_5$  i  $M_6$ , pri čemu i dalje postoji pretvaranje ulaznog napona u struju, kao kod teleskopske topologije OTP.

U kolu prikazanom na sl.2, malosignalna struja koju stvara tranzistor  $M_1$  prolazi kroz  $M_5$ , zatim kroz strujno ogledalo  $M_7$ - $M_{10}$ , odakle dolazi do potrošača, generišući naizmenični izlazni napon približno jednak  $g_{m1}R_{out}V_{in}$ .

Za razliku od teleskopskog OTP sa sl.1b), kod koga jedna struja,  $I_{SS}$ , polariše i ulazne i kaskodne tranzistore, kolo folded kaskodnog OTP na sl.2 koristi dve polarizacione struje – tranzistor  $M_{SS}$  polariše tranzistore  $M_1$  i  $M_2$ , a  $M_3$  i  $M_4$  su strujni izvori za polarizaciju tranzistora  $M_5$ - $M_{10}$ . To znači da ova konfiguracija u opštem slučaju ima veću potrošnju u odnosu na teleskopsku.

Opseg izlaznog napona folded kaskodnog OTP jednak je:



Slika 2. *Folded kaskodni OTP*

$$V_{out\_max} - V_{out\_min} = V_{DD} - 4V_{eff}, \quad (1)$$

pri čemu je  $V_{eff} = V_{GSj} - V_{THj}$ , tzv. efektivni napon tranzistora  $M_j$ ,  $V_{THj}$  prag provođenja MOS tranzistora za  $j=3-10$ . Opseg izlaznog napona folded kaskodnog OTP je za jedan efektivni napon niži u odnosu na teleskopski OTP. Međutim, u praktičnim realizacijama, efektivni naponi tranzistora  $M_3$  i  $M_4$  su, ipak, nešto viši od efektivnih napona tranzistora  $M_5-M_{10}$ . Naime,  $M_3$  i  $M_4$  su strujni izvori koji imaju struju velikog intenziteta, pa im je potreban visok efektivni napon, kako bi se minimizovao njihov kapacitivni uticaj na čvorovima X i Y. Dakle, naponski opseg na izlazu folded kaskodnog OTP je neznatno bolji u odnosu na teleskopsku konfiguraciju.

U baferskoj topologiji, tj. za slučaj da se negativni ulaz spoji na izlaz pojačavača, ulazni i izlazni napon kola sa sl.2 ograničeni su relacijom:

$$V_{min} = V_{GS1,2} + V_{effSS}, \quad (2)$$

što je za približno jedan efektivni napon manje u odnosu na vrednost koju nameću strujni izvori  $M_7-M_{10}$ . Ulazni napon kola sa sl.2 nije ograničen sa gornje strane, što znači da ova topologija može da se koristi u baferskoj konfiguraciji.

Naponsko pojačanje kola sa sl.2. jednako je, na srednjim i visokim učestanostima, približno:

$$A_v \approx \frac{g_{m1}}{C_L}, \quad (3)$$

pri čemu je  $g_{m1}$  transkonduktansa ulaznih tranzistora, a  $C_L$  kapacitivnost potrošača. Iz jednačine (3) se može izračunati proizvod pojačanja i propusnog opsega, GBW:

$$GBW = \frac{g_{m1}}{2\pi C_L}. \quad (4)$$

Dakle, za velike vrednosti kapacitivnosti potrošača, maksimizovanje transkonduktanse ulaznih tranzistora takođe maksimizuje GBW, uz pretpostavku da je kapacitivnost potrošača toliko velika, da su nedominantni polovi na mnogo višim učestanostima od jedinične učestanosti pojačavača. Transkonduktansa ulaznih tranzistora se može povećati ako se koriste široki n-kanalni tranzistori i ako je polarizaciona struja ulaznih tranzistora znatno veća od polarizacionih struja tranzistora  $M_5-M_{10}$ . U ovom radu, struja  $I_{MSS}$  će biti projektovana da bude veća od  $I_{D3}$  i  $I_{D4}$ .

Diodno vezani tranzistori  $M_{11}$  i  $M_{12}$  služe za poboljšanje odziva prilikom ograničenja usled slurejta i zovu se klempujuć (engl. *clamp*, spojni) tranzistori. Oni su, u toku malosignalnog režima rada, isključeni i nemaju praktično nikakav uticaj na ostatak kola. U slučaju pojave slurejta, kolo bez klempujućih tranzistora u baferskoj

konfiguraciji, pod uslovom da je  $I_{DSS} < I_{D3,4}$ , ponaša se na sledeći način. Kada se na ulazu OTP pojavi vrlo (velik) ili vrlo strm diferencijalni napon,  $V_{in}$ , sa opadajućom ivicom,  $M_2$  će biti „jako“ uključen, a  $M_1$  će biti isključen. To znači da će cela polarizaciona struja tranzistora  $M_{SS}$  biti usmerena ka potrošaču,  $C_L$ . Izlazni napon će opadati linearno, brzinom karakterisanom slurejtom, SR:

$$SR = \frac{I_{SS}}{C_L} \quad (5)$$

U kolu projektovanom u ovom radu,  $I_{DSS} > I_{D3,4}$ . Kako cela struja  $I_{DSS}$  sa sl.2 prolazi kroz  $M_2$  i pošto je ta struja veća od  $I_{D4}$ , i tranzistor  $M_2$  i strujni izvor  $M_{SS}$  ući će u omski režim rada, što će uzrokovati opadanje struje  $I_{SS}$  i njeno izjednačavanje sa  $I_{D4}$ ; napon drejna tranzistora  $M_2$  će u tom slučaju opasti. Kada kolo bude krenulo da se vraća u pojačavački režim iz režima slurejta, napon na drejnu tranzistora  $M_2$  će morati da značajno poraste, što usporava povratak u malosignalni režim rada odnosno unosi veliko izobličenje izlaznog napona.

Ako su tranzistori  $M_{11}$  i  $M_{12}$  uključeni u kolo kao na sl.2, naponi na drejnovima ulaznih tranzistora,  $M_1$  i  $M_2$ , neće se mnogo menjati u toku slurejta. Naime, uključivanjem tranzistora  $M_{11}$  i  $M_{12}$ , struje  $I_{SS}$  i  $I_{D4}+I_{D12}$ , odnosno  $I_{SS}$  i  $I_{D3}+I_{D11}$ , biće međusobno bliske, pa se napon drejna  $M_2$  odnosno  $M_1$  neće spuštati značajno, što ubrzava povratak OTP u pojačavački režim rada. U slučaju opadajuće ivice ulaznog napona, ulazni tranzistor  $M_1$  se zakoči i sva polarizaciona struja  $I_{DSS}$  proteče kroz  $M_2$ . Kako je ta struja je veća od  $I_{D4}$ , tranzistor  $M_6$  će se zakočiti. Pošto je napon  $V_{SG6}$  konstantan, da bi se  $M_6$  zakočio, napon  $V_{SD6}$  mora da opadne, što će uzrokovati pad vrednosti napona u čvoru Y. Snižavanje napona  $V_Y$ , takođe, povećava napon  $V_{GS10}$ , čime se uključuje klempujuć tranzistor  $M_{12}$ , provodeći struju jednaku razlici  $I_{D2} - I_{D4}$ . Kako su i  $M_2$  i  $M_6$  zakočeni, do potrošača dolazi struja  $I_{D3}$ , koja najpre prolazi kroz  $M_5$ , a zatim i kroz strujno ogledalo  $M_7-M_{10}$ . Izjednačavanje struja  $I_{D3}$  i  $I_{D5,7-10}$  obavlja se pomoću efekta modulacije dužine kanala. Naime, Efekat modulacije dužine kanala je balansirao vrednosti  $I_{D3}$  i  $I_{D5,7-10}$ , smanjujući prvu vrednost, a povećavajući drugu, dok god se nisu izjednačile.

### 3.1. Polarizaciono kolo folded kaskodnog OTP

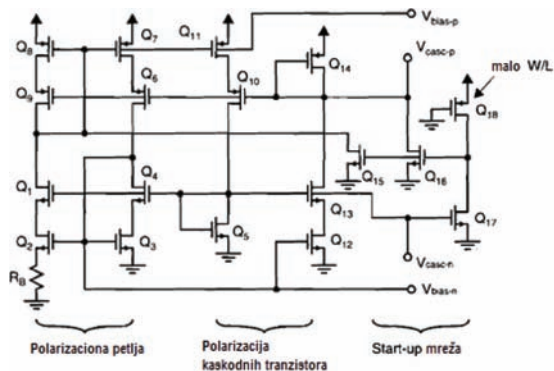
Polarizaciono kolo folded kaskodnog OTP projektovanog u ovom radu prikazano je na sl.3. Sastoji se iz n-kanalnog kaskodnog strujnog ogledala sa velikim dozvoljenim naponskim opsegom, koga čine tranzistori  $Q_1-Q_4$ . Naponi na gejnovima tranzistora  $Q_1$  i  $Q_4$  određeni su diodno spojenim tranzistorom  $Q_5$ , koji je strujno polarisan, tranzistorima  $Q_{10}$  i  $Q_{11}$ . Deo kola koga sačinjavaju tranzistori  $Q_1-Q_4$ , zajedno sa otpornikom  $R_B$ , jeste kolo za stabilizaciju transkonduktanse, u literaturi nazivano i beta množač [2]. Transkonduktansa tranzistora  $Q_3$  određena je samo geometrijskim odnosima, nezavisnim od napona napajanja, procesnih, temperaturnih i bilo kojih drugih parametara sa velikim promenama.

$$g_{mQ3} = \frac{2 \left( 1 - \sqrt{\frac{(W/L)_{Q3}}{(W/L)_{Q2}}} \right)}{R_B} \quad (6)$$

Za specijalan slučaj kada je  $(W/L)_{Q2} = 4(W/L)_{Q3}$ , važi jednostavna relacija:

$$g_{mQ3} = \frac{1}{R_B}. \quad (7)$$





Slika 3. Polarizaciono kolo folded kaskodnog OTP, [2]

Kolo beta množača ne osigurava stabilizaciju samo transkonduktanse tranzistora  $Q_3$ , već i svih ostalih transkonduktansi u kolu sa sl.3, zato što struje svih tranzistora potiču iz iste mreže, pa su odnosi struja, u prvom redu, zavisni samo od geometrije.

Tranzistori  $Q_6$ - $Q_9$  sačinjavaju p-kanalno strujno ogledalo sa velikim naponskim opsegom, a diodno povezani tranzistor  $Q_{14}$  određuje napone na gejtovima  $Q_6$  i  $Q_9$ . Tranzistor  $Q_{14}$  je polarisan strujno, pomoću  $Q_{12}$  i  $Q_{13}$ .

Polarizaciono kolo sa sl.3. ima jedno neželjeno stabilno stanje, u kome su sve struje jednake nuli. Da bi se to stanje izbeglo, u praksi se projektuje tzv. *start-up* kolo, koje se aktivira jedino ako nastupi pomenuto neželjeno stanje. Ulogu *start-up* kola obavljaju tranzistori  $Q_{15}$ - $Q_{18}$ . U ovom radu *start-up* kolo neće biti projektovano.

### 3.1. Postupak projektovanja folded kaskodnog OTP

U ovom radu, prikazaće se neki osnovni koraci projektovanja folded kaskodnog OTP na osnovu specifikacija prikazanih u tabeli 1. Prvo se, na osnovu vrednosti dozvoljene potrošnje, odrede intenziteti struje kroz određene grane pojačavača. Ukupna struja jednaka je  $I_{total} = P_{dis}/V_{DD} \approx 300\mu A$ . Polarizacionom kolu će biti dodeljena petina ukupne struje, a preostalih  $240\mu A$  će biti raspodeljeno na grane OTP-a.

Tabela 1. Projektni zahtevi folded kaskodnog OTP

Naziv parametra i oznaka	Zahtevana vrednost
Naponsko pojačanje, $A_{dB}$	$\geq 66$ dB (2000)
Proizvod pojačanja i propusnog opsega, $GBW$	$\geq 15$ MHz
Fazna margina, $PM$	$\geq 70^\circ$
Slurejt, $SR$	$\geq 5$ V/ $\mu$ s
Disipacija, $P_{dis}$	$\leq 1$ mW
Faktor potiskivanja smetnji na višem napajanju, $PSRR_{dd}$	$\geq 40$ dB ( $f < 200$ kHz)
Faktor potiskivanja smetnji na nižem napajanju, $PSRR_{ss}$	$\geq 40$ dB ( $f < 200$ kHz)
Faktor potiskivanja pojačanja zajedničkog signala, $CMRR$	$\geq 40$ dB ( $f < 200$ kHz)
Opseg izlaznog napona	Što veći

Ulazni tranzistori treba da imaju veliku transkonduktansu, jednačine (3) i (4), što se postiže velikim odnosom  $(W/L)$ , kao i velikom strujom drejna. Velika struja  $I_{D1}$ , za datu vrednost disipacije snage, povlači veliki odnos struja  $I_{D1}:I_{D5}$ .

U praksi taj odnos ne bi trebalo da bude veći od četiri [2] iz najmanje dva razloga. Prvo, zato što je za frekvencijski

odziv loše da struja  $I_{D5}$  bude previše mala, jer bi onda i vrednost  $g_{m5}$  bila mala, što bi smanjilo frekvenciju polova u datim čvorovima. Drugi razlog je činjenica da su vrednosti  $I_{D1}$  i  $I_{D5}$  određene razlikom struja, pa bi se izgubilo na preciznosti ako bi ta razlika bila velika. U ovom radu je uzeto da važi  $I_{D1} : I_{D5} = 3:1$ , odnosno

$$I_{D1} = 90\mu A; I_{SS} = 180\mu A; I_{D5} = 30\mu A \quad (8)$$

Neka naponski opseg na izlazu ima vrednost 2,7 V. Ako je napon napajanja jednak 3,3 V, onda važi relacija:

$$|V_{eff3}| + |V_{eff5}| + V_{eff7} + V_{eff9} = 3,3\text{ V} - 2,7\text{ V} = 800\text{ mV}, \quad (9)$$

odakle se tranzistorima mogu dodeliti sledeće vrednosti efektivnih napona:

$$\begin{aligned} |V_{eff3,4}| &= 240\text{ mV}, \\ |V_{eff5,6}| &= V_{eff7-10} = 180\text{ mV}. \end{aligned} \quad (10)$$

Kako je već objašnjeno, tranzistorima  $M_{3-4}$  je dodeljen veći efektivni napon zbog velike struje koja teče kroz njih. Obično se, zbog manje pokretljivosti šupljina u odnosu na elektrone, pmos tranzistorima dodeljuju veći efektivni naponi u odnosu na nmos tranzistore koji imaju istu struju. Zbog relativno malog stepena slobode u izboru napona, u ovom radu tranzistori  $M_{5-6}$  i  $M_{7-10}$  imaju efektivne napone jednakih apsolutnih vrednosti, a razlike u pokretljivosti nosilaca naelektrisanja će se kompenzovati odgovarajućim dimenzionisanjem tranzistora.

Za struju drejna mosfeta važi sledeća relacija:

$$I_D = \frac{1}{2} K_p \left( \frac{W}{L} \right) (V_{eff})^2, \quad (11)$$

gde je  $K_p$  tehnološki parametar, koji, u  $0,35\mu m$  AMS tehnologiji, za nmos iznosi približno  $170\mu A/V^2$ , a za pmos  $58\mu A/V^2$ .

Iz jednačina (8)-(10), koristeći vrednosti  $K_p$ , mogu se dobiti odnosi širine i dužine kanala tranzistora  $M_3$ - $M_{10}$ :

$$(W/L)_{3-4} \approx 72; (W/L)_{5-6} \approx 32; (W/L)_{7-10} \approx 11. \quad (12)$$

Tranzistoru  $M_{SS}$  će biti dodeljen isti efektivni napon kao i  $M_{7-10}$ , iako je struja  $I_{SS}$  šest puta veća od  $I_{7-10}$ , da bi niska vrednost dopuštenog ulaznog zajedničkog signala bila što manja. Kapacitivno opterećenje koje potiče od  $M_{SS}$  ne pogoršava frekvencijski odziv na niskim učestanostima, jer je njegov drejn vezan za masu u malosignalnom režimu. Iz jednačina (8), (10)-(11) sledi:

$$(W/L)_{SS} \approx 66. \quad (13)$$

Dimenzije ulaznih tranzistora,  $M_1$  i  $M_2$ , mogu se odrediti na osnovu zahtevane vrednosti  $GBW$  i jednačine (4):

$$(W/L)_{1,2} = \frac{g_{m1,2}^2}{2K_p I_{D1,2}} = \frac{(2\pi C_L GBW)^2}{2K_p I_{D1,2}} \approx 52. \quad (14)$$

### 3.2. Postupak projektovanja polarizacionog kola

Polarizaciono kolo koje će se projektovati je kolo sa sl.3, ali sa izuzetom *start-up* kolom. Već je izračunato da će kroz svaku granu postojati struja intenziteta  $20\mu A$ . Važi:

$$g_{mQ3} = 2K_{pn} (W/L)_{Q3} I_{DQ3}. \quad (15)$$

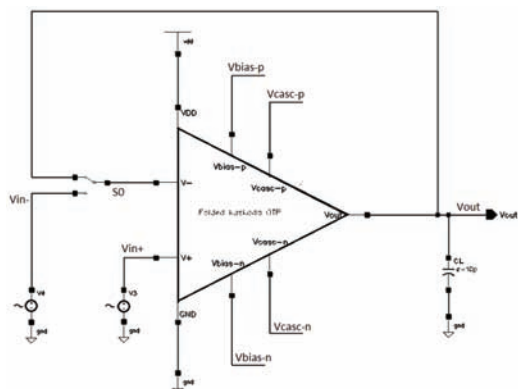
Ako se pretpostavi da su dimenzije tranzistora  $Q_3$  jednake dimenzijama tranzistora  $M_{SS}$ , onda se dobija  $g_{mQ3} = 278\mu S$ , pa iz jednačine (7) sledi:

$$R_B = \frac{1}{g_{mQ3}} \approx 3500\Omega \quad (16)$$

U prvoj aproksimaciji, tranzistori polarizacionog kola će se dimenzionisati u skladu sa tranzistorima OTP, uz uslov  $(W/L)_{Q2} = 4(W/L)_{Q3}$ .

#### 4. REZULTATI SIMULACIJA

Simulacije su obavljene u programskom paketu *Cadence*. Na sl. 4. dat je šematski prikaz test kola, pri čemu je OTP predstavljen standardnim simbolom operacionih pojačavača, bez prikazanog polarizacionog kola. U tranzijentnoj i DC analizi, povratna sprega je zatvorena pomoću prekidača  $S_0$ , dok u AC analizi prekidač  $S_0$  otvara povratnu spregu. Ovo je urađeno kako bi se u simulacijama stabilizovala mirna radna tačka na izlazu i bez povratne sprege, a u AC analizi obezbedili uslovi za posmatranje fazne margine u najgorem mogućem slučaju ( $A\beta=A$ ).



Slika 4. Test kolo projektovanog operacionog transkonduktanskog pojačavača

Zbog određenih aproksimacija koje su uvedene prilikom proračunavanja dimenzija tranzistora, ali i zbog velike varijacije parametra  $K_p$  sa polarizacijom tranzistora, bilo je neophodno izvršiti određene izmene dimenzija tranzistora, u odnosu na vrednosti koje su se dobile iz jednačina (12)-(14). Takođe, zbog maksimizovanja parametra  $GBW$ , širine ulaznih tranzistora su povećane na 200  $\mu\text{m}$ . U radu je postulirano da upravo ta vrednost bude najveća dozvoljena dimenzija, kako bi se uštedelo na zauzetoj površini na čipu. Tabele 2 i 3 daju konačne vrednosti parametara, a u tabeli 4 se nalazi odziv kola. Na sl.5. je prikazan frekvencijski odziv pojačavača.

Tabela 2. Vrednosti parametara polarizacionog kola

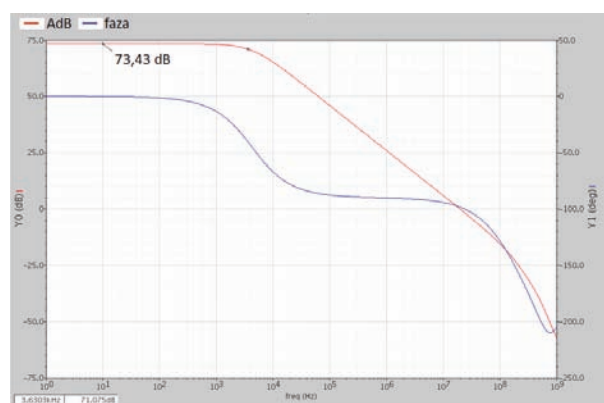
1. Weakness parameters and polarization		
Komponenta	W [μm]	L [μm]
Q <sub>1</sub> , Q <sub>4</sub> , Q <sub>13</sub> ,	8	0,7
Q <sub>2</sub>	32	
Q <sub>3</sub> , Q <sub>12</sub>	8	
Q <sub>5</sub>	1	
Q <sub>6</sub> , Q <sub>9</sub> , Q <sub>10</sub>	24	
Q <sub>7</sub> , Q <sub>8</sub> , Q <sub>11</sub>	16	
Q <sub>14</sub>	4	
R <sub>B</sub> = 3500 Ω		

Tabela 3. Vrednosti dimenzija tranzistora OTP

Komponenta	W [ $\mu\text{m}$ ]	L [ $\mu\text{m}$ ]
$M_1-M_2$	200	0,7
$M_3-M_4$	60	
$M_5-M_6$	24	
$M_7-M_{10}$	8	
$M_{SS}$	48	

Tabela 4. Simulirani odziv kola

Naziv parametra i oznaka	Zahtevana vrednost
Naponsko pojačanje, $A_{dB}$	73 dB (4500)
Proizvod pojačanja i propusnog opsega, $GBW$	19,93 MHz
Fazna margina, $PM$	81,68 °
Slurejt, $SR$	8,3 V/ $\mu\text{s}$
Disipacija, $P_{dis}$	0,9 mW
Faktor potiskivanja smetnji na višem napajanju, $PSRR_{DD}$	67 dB
Faktor potiskivanja smetnji na nižem napajanju, $PSRR_{SS}$	41 dB
Faktor potiskivanja pojačanja zajedničkog signala, $CMRR$	88 dB
Opseg izlaznog napona	2,78 V



Slika 5. Frekvencijski odziv OTP – naponsko pojačanje (crveno) i faza naponskog pojačanja (plavo)

#### 3. ZAKLJUČAK

Projektovano je kolo folded kaskodnog operacionog transkonduktanskog pojačavača sa jednim izlazom. Prikazane su osnovne prednosti folded kaskodne topologije, nakon čega su teorijskom analizom proračunati početni parametri, koji su simulacijama u programskom paketu *Cadence* neznatno promenjeni, da bi se zadovoljile postavljene specifikacije, odnosno ispunili zahtevi projektnog zadatka.

#### 4. LITERATURA

- [1] B.Razavi, "Design of Analog CMOS Integrated Circuits", Mc-Graw Hill, 2001
- [2] D.A. Johns, K. Martin, "Analog Integrated Circuit Design", John Wiley & Sons, Inc., 1997.

#### Kratka biografija:



**Nemanja Vokić** rođen je u Novom Sadu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroelektronika odbranio je 2014. god.



**Mirjana Videnović-Mišić** rođena je 1972. god. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka 2009. god., a od 2010. god. je u zvanju docent. Oblasti interesovanja su projektovanje oscilatora, problem šuma u elektronskim kolima, fazni šum oscilatora, RF elektronika.



# Voice Control System with Advanced Recognition

Miroslav Stefanović, Nenad Četić, Milan Kovačević, Jelena Kovačević, *Member, IEEE*, Miloš Janković

**Abstract** — This paper explains the process of realization of voice control system based on the cloud processing. The aim is the feasibility study of system based on integration with Google STT API (Speech to text, recognition and speech synthesis) for different platforms. This approach introduces advanced recognition module that operate on text level. Improving recognition leads to further improvement of the overall system behavior.

**Keywords** — Android, cloud computing, voice recognition, voice control, STT.

## I. INTRODUCTION

THE technology of Automatic Speech Recognition (ASR) is still very prominent research field. Technology development began in 1936 in AT&T Bell Laboratories. First commercial product was released by Covox in 1982 [1]. Along with this introduction of sound to computers came Speech Recognition. One example is that AT&T Network in 1992 introduced Voice Recognition Call Processing (VRCP) service, which handles about 1.2 billion voice transactions every year using ASR technology to suitably route and handle the calls [2]. The largest barriers to the speed and accuracy of speech recognition were computer speed and power.

ASR process can be complicated and complex and can require appropriate hardware architecture. Thanks to the cloud processing [3], ASR can be used on devices that do not have any high-performance processor or complex processing algorithms. The complete audio processing is executed on a remote server.

STT API developed by Google Inc. is based on such a model. Using of this model is available not only available for Android platform and Google Chrome browser users but also there is a way to access it with HTTP.

The process of implementation and using of STT API is described in this paper. It offers a simple, fast and reliable entry-level solution where the main and most demanding processing is done in the cloud. Further, improving the results is achieved by implementation of additional

module called advanced recognition.

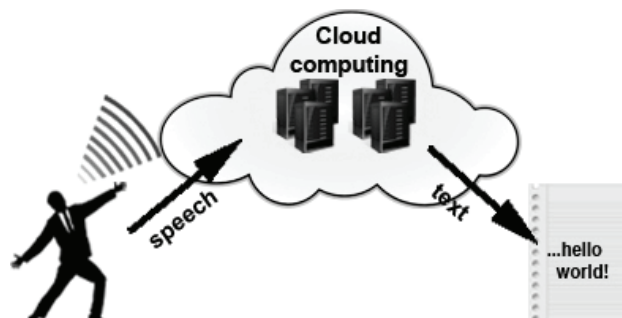


Figure. 1. STT Cloud illustration

## II. ANDROID OPERATING SYSTEM

Android™ operating system is one of the currently the most spread operating system for mobile phones. It is adapted so it can be used on most mobile devices, including tablets, laptops, netbook, smart-book computers, electronic book readers and even hand-clocks.

Android applications are running in an environment separated from the rest of the system where they receive only a part of system resources. They do not have access to the parts of the system that are unnecessary, which somewhat improves the security and stability of the system. During the installation of applications, users get a list of all permits that have to be installed. This way, users have ability to detect potentially harmful applications and the suspension of their installation before damage occurs.

Android is based on Linux operating system developed for the ARM and x86 architectures. Used Linux kernel is monolithic kernel and provides support for hardware and low-level functions. Additional support is available through a set of libraries such as graphics rendering, video decoding, SSL encryption support, etc... Android Runtime is attached in that set of libraries and includes primitive libraries and Dalvik virtual machine responsible for running applications written in Java. At the upper level of the library are system applications, such as the window manager, resource manager, installation packages, as well as application responsible for performing the basic functions of mobile phones or devices that use Android. At the highest level are the end-user applications or application that user directly benefits.

## III. SPEECH TO TEXT TECHNOLOGY

Speech recognition is the process of converting voice signals into array of words, with the help of algorithms implemented as a computer program. The implementation

Miroslav Stefanović, Faculty Of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia (tel 381-60-4541414, e-mail: miroslav.stefanovic@rt-rk.com)

Nenad Četić, Faculty Of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia (e-mail: nenad.cetic@rt-rk.com).

Milan Kovačević, Faculty Of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia (e-mail: milan.kovacevic@rt-rk.com)

Jelena Kovačević, Faculty Of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia (e-mail: jelena.kovacevic@rt-rk.com)

Miloš Janković, Faculty Of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia (e-mail: milos.jankovic@rt-rk.com)

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Miroslava Stefanovića. Mentor je bila dr Jelena Kovačević.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2012.

of speech recognition that appears in recent years include voice dialing, call routing, simple data entry (e.g. entering a credit card number) and spoken audio content-based search (e.g. find a podcast where certain words are spoken). Over the time, the application that using this technology becomes more and more important. So this technology is used in medicine, industry, military, telecommunications, robotics, household, [4] - [8] and etc...

Modern speech recognition systems for general purpose are usually based on hidden Markov models [9]. This is a statistical model that produces a sequence of symbols or quantities. One possible reason for the hidden Markov models used in speech recognition is that the speech signal has a signal parts that are stationary or transient stationary signals. It can be assumed that, in the short time of 10 milliseconds, speech can be understood as a stationary process. Another reason why they are hidden Markov models is popular because it can be trained automatically and because they are simple and practical for computer use.

Speech recognition is done in many ways, with well-developed and well-established algorithms, but none of the methods has been brought yet to absolute confidence in recognition.

#### IV. TECHNICAL CONCEPT

Implementation of the concept will be explained through the development of two interactive applications that are primary aimed to implement a voice control system. The first application simulates the operation of the remote controller [10], that use TCP/IP protocol to communicate with the TV, another application moves the graphical elements on the screen depending of the speaker wishes.

Applications are made in Java, using object oriented programming approach based on the use of Android system classes. Eclipse Helios IDE was used together with the ADT plug-in and Android SDK Tools. These applications can run on any device that uses an Android platform.

The first step is to create a class that extends the Android Activity system class, then creation of Speech Recognizer object which needs to implement Speech Recognition Listener interface. In this class it is possible to monitor the entire process flow. This is followed by the creation of Recognizer Intent. We had to add parameters: *extra\_language\_model*, *extra\_calling\_package* and *extra\_max\_results* to that intent. These parameters tell us about the type of search (free – language model based on free-form speech or a web search – language model based on web search terms), the package name and the maximum number of results that we expecting from the service. After this we had to call the method *startListening* and forward, as a parameter, previously created Recognizer Intent.

Message sequence chart of sending requests and receiving processed data is shown on figure 2.

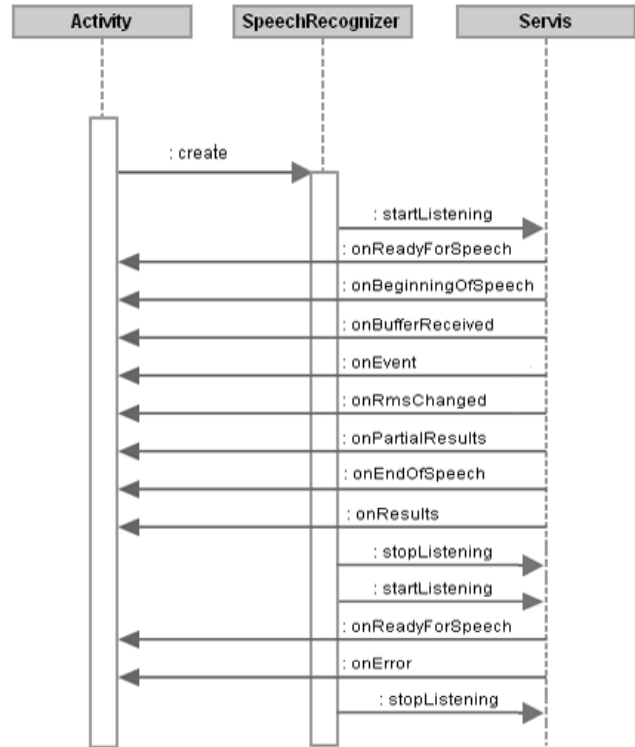


Figure. 2. MSC diagram. Sending, receiving and processing data

When application starts, device automatically starts recording the sound in the background. After completion of recording, an audio file is sent to the cloud, to the SST API more precisely, which performs full processing and interpretation. Upon completion of the cloud processing, the expected transcript will be in *onResults* method of Speech Recognition Listener interface.

On successful completion of voice control functionality it is noticed that results are not acceptable. The next step was to make advanced recognition module designed to further improve command recognition. Obtained transcript contains the array of strings with originally recognized sentences. Each string represents an array of possible translations of the spoken words or sentences. To select a string with the highest percentage in the match compared to the original spoken, it is necessary to parse the strings and then individually process every word using some algorithm.

Two applications are developed as case studies. The first one is the TV remote controller simulator. It uses Levenshtein distance algorithm [11]. Second case study is an application that moves the graphical elements. It uses LCS – Longest Common Subsequence algorithm [12]. The idea is to use these two algorithms to prove ease of implementation and flexibility of proposed approach. Back end of an algorithm is mapping originally recognized words by finding the highest similarity compared to a limited set of commands. For every word we are getting the indicator of similarity. Specified threshold is applied to the indicator to prevent false matches. Different threshold need to be applied to different algorithm. This was found empirically.

By finding the maximum value we can conclude which

words from the obtained transcripts are the most similar to commands. Then we have to check which array element contains the most positive matches and that is our final results. This result represents translated audio file into the text form.

The application will be executed in the loop. Processing loop is illustrated in figure 3.

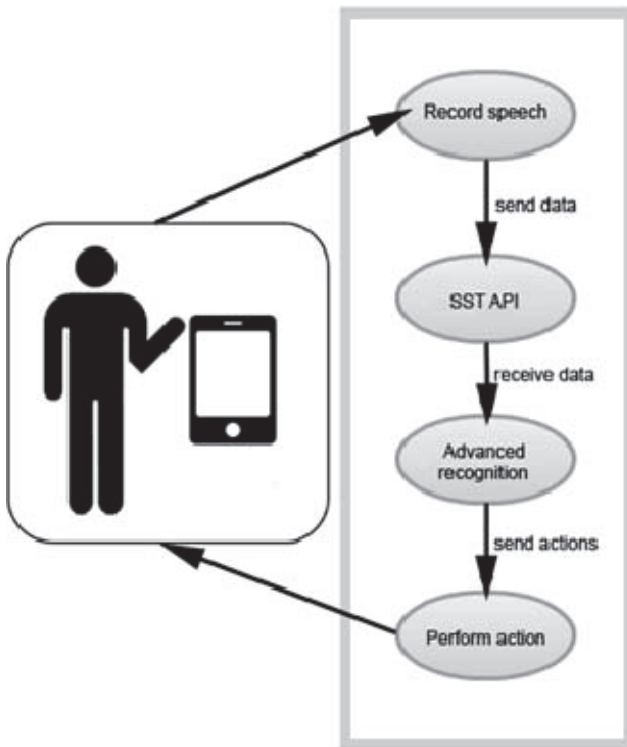


Figure. 3. Processing loop with human interaction

## V. TESTING AND VERIFICATION

Tasting and verification is conducted on test vectors. Test vectors are recorded with the help of 20 different people, who individually spoken 10 sentences with 10 input commands each.

Special application accessing STT API is implemented using HTTP protocol [13], sending an audio in FLAC format [14]. Each access has to specify parameters like: sampling speed, number of channels and maximum numbers of results. Responses are gathered with a specific URL, “<https://www.google.com/speech-api/v1/recognize>“.

Responses are in the form of string, which are parsed to form original set of results. These original results are then forwarded to the processing with one of the algorithms. Algorithms represent advanced recognition modules and their output should be better recognized voice commands. Every test vector is containing pre known commands that are originally spoken. Recognition success rate is expressed in percentage. Comparison of the original and the new arrived results is shown on Figure 4 for the first and Figure 5 for the second case study.

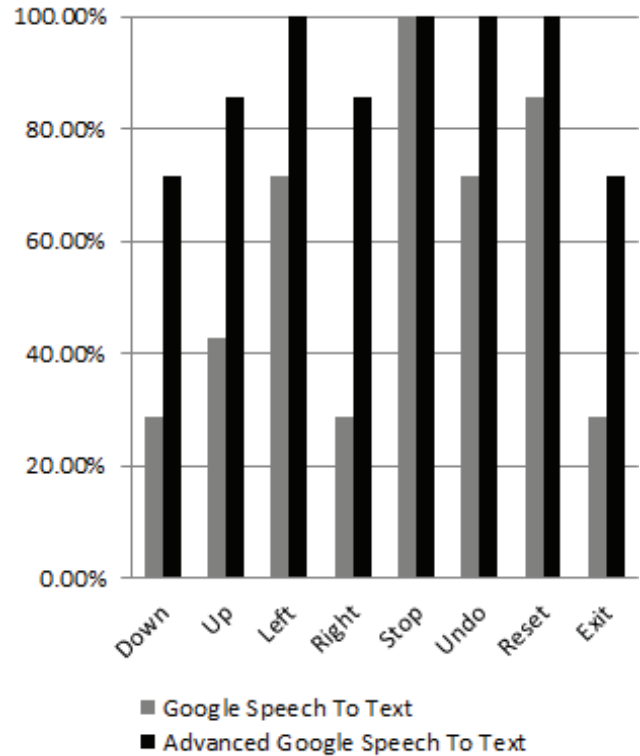


Figure. 4. Recognition success rate of voice commands for application that simulate remote controller for TV

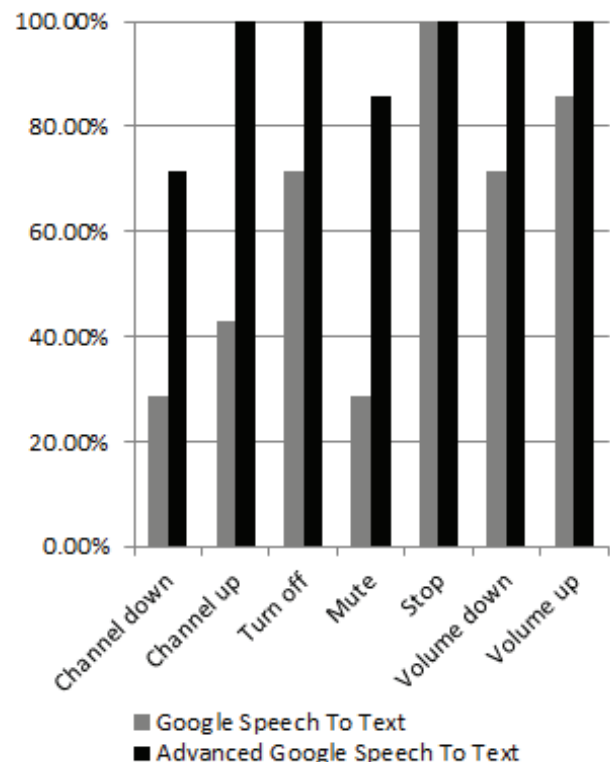


Figure. 5. Recognition success rate of voice commands for application that scrolls graphical elements

## VI. CONCLUSION

Based on the results, we can conclude that Google STT API can be used for applications with a limited number of input commands. Further using proposed approach with additional processing it is possible to achieve greater

accuracy for up to 50%. Two implemented module that uses advanced recognition combined with the LCS or Levenshtein distance algorithm prove usefulness of these algorithm.

Depending on the background noise during recording, volume of speech, irregular pronunciation of words or a different accent, it's possible to obtain results that are different from desired. This is a general problem for all types of algorithms for the detection and treatment of speech, because they are still not perfect. But if you apply additional processing, described in process of implementation, the overall error can be minimized. There are two problems with proposition approach:

1. Semantics which Google STT API uses when processing an audio, i.e. attempt to almost always return something that makes sense and commonly used sentences in speech is not useful for voice command recognition.
2. For the case short words when processed with LCS or Levenshtein distance algorithm resulting similarity do not have big space between the two words. Algorithms compare the characters, according their sequence and number, and bring a conclusion about the similarities. If the words lengths are 2 characters, and if they differ only in one, the probability of error and its elimination are the same (50%). That relationship starts to linearly change with increasing the length of words in our favor. This reflects the effectiveness of advanced recognition module that relies on one of the two algorithms mentioned above.

Based on the experience gained through the implementation of applications, it can be concluded that the procedure of recognition and treatment of voice (sound), can be implemented very easily. Implementation is reduced to:

1. Using STT Google API through Java software solution used when creating Android applications. Thanks to a large variety of methods and interfaces that are provided by the Android OS, it is possible to control every aspect of the process stream. Starting from a sound recording, the indicator changes across its strength, setting break in pronunciation between words, signal for the end of the speech, and to retrieve the result after processing.
2. Record audio from the microphone and then pass via an HTTPS POST to a Google STT API which responds with a JSON object with the results. This solution avoids making application part and can be very useful for implementation on all platforms that supports HTTP other than Android. This way, we lose the possibility to handle the intermediate events supported by Android interface. Still, possibility to use cloud processing regardless of the platform can be valuable for many applications.

We can conclude that the model cloud processing,

provides the possibility of using the results of a very demanding and complex processing such as speech processing, on hardware architectures that can't support such complexity natively.

Implemented case studies proved this concept in practice. For applications like voice control, we showed the usefulness of additional advanced recognition module for better precision and accuracy on recognition of limited set of voice input controls. Features of such systems are:

1. Speed and ease of implementation
2. Possibility of integration across different platforms
3. Independence of the high-performance architecture
4. Good reliability
5. Improved energy efficiency

#### ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by Ministry of Education and Science of the Republic Serbia under Grant number TR-44009.

#### REFERENCES

- [1] John McCoe, "Methods for Improving Readability of Speech Recognition Transcripts", Computing Research Department of Computing Sciences Villanova University, Villanova, Pa, 19085, November 14, 2007
- [2] B.H. Juang, Lawrence R. Rabiner, "Automatic Speech Recognition – A Brief History of the Technology", Encyclopedia of Language and Linguistics Elsevier (2005)
- [3] Development Dan Sullivan, "The Definitive Guide to Cloud Computing", Realtime Nexus Publishers, July 7, 2009
- [4] Jinn-Kwei Guo, Chun-Lin Lu\*, Ju-Yun Chang, Yi-Jing Li, "Interactive Voice-Controller Applied to Home Automation", 2009 IIHMSP
- [5] Yuepin Lu, Li Liu, Shuxin Chen, Qiang Huang, "Voice Based Control for Humanoid Teleoperation", 2010 International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application
- [6] Zeng Fanfeng, "Application research of Voice control in Reading Assistive device for visually impaired persons", 2010 International Conference on Multimedia Information Networking and Security
- [7] Muhammad Tahir Qadri, Syed Ashfaq Ahmed, "Voice controlled wheelchair using dsk TMS320C6711", 2009 International Conference on Signal Acquisition and Processing
- [8] Wei Wu, Geng HaiFei, GuoYan, "Embedded Control System Design for Autonomous Navigation Mobile Robot", 2009 Asia-Pacific Conference on Information Processing
- [9] Rabiner, L.R. AT&T Bell Lab., Murray Hill, NJ "A tutorial on hidden Markov models and selected applications in speech recognition", Feb 1989, Proceedings of the IEEE Page(s): 257 - 286
- [10] Ivan Mamula, Dušan Živkov, "Upravljanje TV uređajem putem Androida," 19th Telecommunications forum TELFOR, Serbia, Belgrade, November 22-24, 2011., 1397
- [11] Vladimir Levenshtein: Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals, 1966.
- [12] L. Bergroth and H. Hakonen and T. Raita (2000). "A Survey of Longest Common Subsequence Algorithms". SPIRE (IEEE Computer Society)
- [13] Clinton Wong, "HTTP Pocket Reference: Hypertext Transfer Protocol", June 13, 2000
- [14] "Comparison". FLAC, September, 2012. Available: <http://www.flac.sourceforge.net/comparison.html>



**MIKROGRID PRILAGODNA PLOČA ZA TEXAS INSTRUMENTS KONTROLNE KARTICE****MICROGRID INTERFACE BOARD FOR TEXAS INSTRUMENTS CONTROL CARDS**Ivan Petrović, Nikola Čelanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Tema ovog rada jeste razvoj i testiranje interfejs ploče između HIL simulatora u realnom vremenu kompanije Typhoon HIL i serije Texas Instruments DIMM100 kontrolnih kartica. Za oblast primene interfejs ploče akcenat je stavljen na testiranje mikrogrid okruženja, uz odgovarajući softver kompanije Typhoon HIL (Control Center). Analiziran je pojam i značaj mikrogrida kao i značaj HIL metode testiranja u oblasti energetske elektronike. Pokazana je realizovana prilagodna ploča i dat je primer njene upotrebe.

**Abstract** – The theme of this work is to develop and test the interface board between Typhoon HIL real time simulator and Texas Instruments DIMM100 control cards. In the area of interface board application emphasis is placed on testing microgrid environment, with the appropriate software from Typhoon HIL (Control Center). Analyzed are the concept and importance of microgrid and the importance of HIL testing methods in the field of power electronics. Realized interface board and example of its use are presented.

**Ključne reči:** Mikrogrid, Texas Instruments C2000, Typhoon HIL.

**1. UVOD**

HIL600 (eng. Hardware In the Loop) uređaj je jedan od simulatora kompanije Typhoon HIL, koji se koristi za testiranje kontrolnog softvera energetske elektronike u realnom vremenu. Sa druge strane, jedni od najčešće korišćenih DSP (eng. Digital Signal Processing) kontrolera u energetske elektronici su kontroleri serije C2000 kompanije Texas Instruments pa je to jasan motiv za izradu ovakve ploče. Prilagodna ploča omogućava istovremeno korišćenje i komunikaciju sa tri Texas Instruments kontrolne kartice.

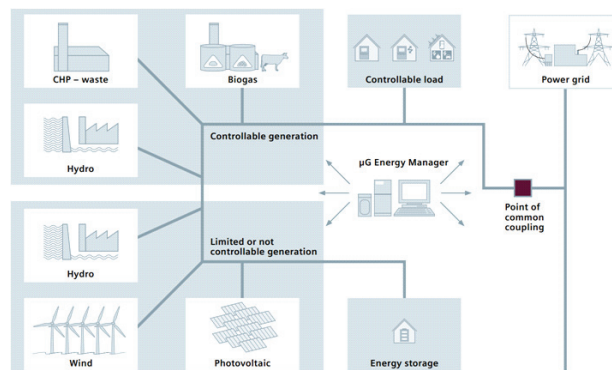
**2. ZNAČAJ MIKROGRID-A**

Mikrogrid je energetski sistem koji se sastoji iz više različitih izvora i potrošača električne energije koji mogu da rade u sklopu većeg energetskog sistema ili samostalno, kao izolovan energetski sistem. Značaj i popularnost mikrogrida su postignuti usavršavanjem čistih i obnovljivih izvora energije. Mikrogrid je moderna, umanjena verzija centralizovanog energetskog sistema. Karakteriše ih pouzdanost, smanjenje emisije ugljenika, raznovrsnost izvora energije, smanjenje cena.

Kao i velike energetske mreže, mikrogrid proizvode, distribuiraju i regulišu protok električne energije do potrošača ali na lokalnom nivou. Mikrogrid je idealna prilika za integraciju obnovljivih izvora energije u društvo jer daje mogućnost korisnicima da učestvuju u distribuciji električne energije.

Mnoge države proizvode električnu energiju na centralizovan način kao što su velike termoelektrane, hidroelektrane, nuklearne elektrane. Ovakve elektrane se obično nalaze u blizini resursa koji se koristi (rudnika uglja, velikih reka) i kao takve su jako isplative, a vremenom su postale i veoma pouzdane. Uglavnom su sagrađene daleko od velikih naselja, zbog zagađenja i zbog blizine resursa, pa je distribucija električne energije do potrošača glavni uzrok visoke cene i lošeg kvaliteta električne energije. Mikrogrid karakteriše modularna struktura i decentralizovana proizvodnja električne energije. Kako su sastavljene od čistih i obnovljivih izvora električne energije koji ne zagađuju okolinu (vetar, voda, biogas, sunce) mogu se postaviti u naseljima ili njihovoj neposrednoj blizini.

Primer mikrogrida povezanog na distributivnu mrežu je prikazan na slici 1. Ako je mikrogrid integrisan u centralizovan sistem distribucije električne energije povezuje se na distributivnu mrežu u jednoj zajedničkoj tački zvanj PCC (eng. Point of Common Coupling). U ovakvoj konfiguraciji operator mikrogrida može da donosi odluku o kupovini ili prodaji električne energije u odnosu na distributivnu mrežu. U slučaju kvara na distributivnoj mreži mikrogrid se u tački PCC odvaja od distributivne mreže i korisnici nastavljaju da dobijaju svu potrebnu energiju iz mikrogrida.



Slika 1. Mikrogrid sa jednim PCC

Treba primetiti da kada je mikrogrid odvojen od distributivne mreže karakteristike električne energije unutar mikrogrida ne moraju biti standardne. Zavisno od

**NAPOMENA:**

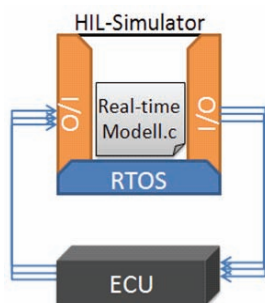
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nikola Čelanović, vanr. prof.



primene, postoji nekoliko vrsta mikrogrida: industrijski, univerzitetski, komercijalni, vojni, namenski i ostrvski (izolovan mikrogrid na ostrvima ili geografski zabačenim lokacijama).

### 3. HIL TESTIRANJE

HIL (*eng. Hardware In the Loop*) je jedna od najtemeljnijih metoda testiranja uređaja i kontrolnih sistema. Tranzientno testiranje sistema u zatvorenoj petlji je moguće samo uz upotrebu simulatora koji radi u realnom vremenu. Testiranje u zatvorenoj petlji se sastoji u korišćenju izlaznih signala iz simulacije postrojenja kao ulaznih signala u kontrolnu jedinicu. Izlazni signali iz kontrolne jedinice se zatim vode u simulaciju postrojenja i momentalno utiču na nju. Ovaj način testiranja najvernije predstavlja ponašane postrojenja u uslovima eksploatacije. Blok šema HIL testiranja je prikazana na slici 2. RTOS je engleska skraćenica od izraza *Real Time Operating System* (sistem za rad u realnom vremenu), ECU je engleska skraćenica od izraza *Electronic Control Unit* (elektronska kontrolna jedinica).



Slika 2. Blok šema HIL testa

Od simulatora se zahteva da vrši razmenu nekoliko stotina ulaznih i izlaznih signala. RTDS (*eng. Real Time Digital Simulator*) imitira fizički sistem i daje potpuni odziv sistema tokom testiranja u zatvorenoj petlji. Testiranje u zatvorenoj petlji ne samo da testira funkcionalnost i podešavanja postrojenja, već i reakciju kontrolne jedinice na ponašanje postrojenja. Ovim se postižu realni uslovi za testiranje kontrolne jedinice, postrojenja i interakcije između njih. Korišćenjem RTDS za testiranje u zatvorenoj petlji može se simulirati veliki broj nepredviđenih situacija sa ili bez interakcije korisnika. Mnoge od ovih nepredviđenih situacija se ne bi mogle kreirati u realnim uslovima ili ne bi bile dozvoljene u slučaju realnog sistema.

HIL simulacija sadrži električne emulacije senzora i aktuatora. Ove emulacije se ponašaju kao interfejs između simulacije postrojenja i kontrolne jedinice. Vrednost svakog senzora je kontrolisana od strane simulacije postrojenja, a očitava se od strane kontrolne jedinice. Na sličan način, kontrolna jedinica preko svog algoritma na svojim izlazima daje kontrolne signale za aktuatora unutar simulacije. Na primer, simulacija ABS kočnica automobila sadrži neke od sledećih matematičkih modela podsistema bitnih za simulaciju: dinamiku vozila (ogibljenje, gume, nagib vozila), dinamičke karakteristike hidrauličnih komponenti u kočionom sistemu, karakteristike puta.

U velikom broju slučajeva najefikasniji način da se razvije kontrolni sistem je da se kontrolni sistem poveže

direktno na postrojenje. U ostalim slučajevima, HIL simulacija je efikasnija. Faktori koji utiču na efikasnost razvoja i testiranja su cena, trajanje, bezbednost, izvodljivost. Cena predstavlja meru svih alata i uloženog truda. Trajanje razvoja i testiranja utiče na vreme od početka proizvoda do njegovog pojavljivanja na tržištu (*eng. Time To Market*). Bezbednost i trajanje su uglavnom srazmerni ceni razvoja i testiranja. Prednosti HIL simulacije su: unapređenje kvaliteta testiranja, kraći rokovi za razvoj, niži troškovi razvoja, unapređenje uticaja ljudskog faktora.

HIL simulacija je prvi put korišćena u avio industriji. Odatle se raširila na automobilsku industriju, energetiku, robotiku itd. Uvođenjem HIL simulacije u energetiku napravljen je veliki skok u razvoju HIL simulacije. Razlog zbog koga se HIL simulacije u energetskelektronici toliko razlikuju od HIL simulacija u avio i automobilske industriji je mnogo veća frekvencija rada prekidačkih komponenti u energetskelektronici (npr. tranzistora, tiristora, dioda). Simulacije rada ovih komponenti u realnom vremenu zahtevaju brze digitalne procesore i FPGA platforme kako bi simulacije bile i do sto puta brže od tradicionalnih, a sve to u cilju postizanja veće rezolucije. Automatizacija dizajniranja i testiranja energetske elektronike pomoću HIL simulacija dovela je do skraćenja razvojnog ciklusa, povećanja efikasnosti, sprečavanja skupih i opasnih kvarova, poboljšanja u pouzdanosti i bezbednosti ovih sistema. Oblasti energetike koje su imale najviše koristi od uvođenja HIL simulacije su hibridna i električna vozila, vetro-turbine, industrijska automatika, solarni kolektori, električni vozovi itd.

U slučaju mikrgrida zahtevi koji se stavljaju pred HIL simulacije su još veći, zbog samog broja i raznovrsnosti generatora i potrošača električne energije uključenih u mikrogrid. Da bi mikrogrid simulacija postigla dobre rezultate u ovakvim uslovima potrebno je istovremeno simulirati uređaje i postrojenja koja su i pojedinačno dovoljno zahtevna za simulaciju. Rešenje se nalazi u paralelnom simuliranju. Jedna prostija varijanta paralelizma je korišćenje više kontrolnih jedinica na jednoj HIL simulaciji. Na primer, jedna kontrolna jedinica bi upravljala vetro turbinom i mini hidro elektranom, druga kontrolna jedinica bi upravljala solarnim panelima i generatorima na biološko gorivo itd. Na većoj skali ovakav model može postati previše kompleksan za jednu simulaciju pa je potrebno uvesti više ovakvih HIL simulacija koje rade paralelno i među sobom razmenjuju samo neophodne podatke.

### 4. OPIS PRATEĆIH UREĐAJA I KOMPONENTI

Ploča omogućava povezivanje tri Texas Instruments DIMM100 kontrolne kartice na neki od HIL uređaja kompanije Typhoon HIL. Osnovni zadatak interfejs ploče je prilagođenje svih naponskih nivoa. Pored toga ploča je jednostavna za korišćenje, a pri tom sadrži opcije koje su najbitnije za korisnika.

HIL602 je jedan od simulatora kompanije Typhoon HIL koji se koristi za testiranje kontrole energetske elektronike. HIL602 je prikazan na slici 3. Kontroleri

uopšte ne primećuju razliku da li upravljaju fizičkim ili modelovanim uređajem unutar simulatora. Ovo je omogućeno veoma malim kašnjenjem i brzim odzivom ovih simulatora. Svi ulazni signali se očitavaju svake 1 $\mu$ s, a i izlazi se osvežavaju svake 1 $\mu$ s. Srž uređaja čini procesor specijalne namene sa šest jezgara, koji je realizivan na FPGA čipu (eng. *Field-Programmable Gate Array*). Procesorska ploča se spaja sa spoljnim signalima preko ulazno/izlazne ploče koja se takođe nalazi unutar uređaja i sadrži 16 analognih ulaza, 32 analogna izlaza, 32 digitalna ulaza i 32 digitalna izlaza kao 6 izvora napona različitih vrednosti.



Slika 3. Uređaj HIL602

DIMM100 konektor je standardni konektor za Texas Instruments kontrolne kartice. Više serija ovakvih kartica je napravljeno sa različitim DSP kontrolerima kao i nekim osnovnim periferijama (npr. RS232 komunikacija). U cilju veće univerzalnosti, interfejs ploča podržava veliki broj različitih kontrolnih kartica. Postoje tri serije kontrolnih kartica: Piccolo, Delfino i Concerto. Na slici 4 je prikazana Piccolo F2808 kontrolna kartica.



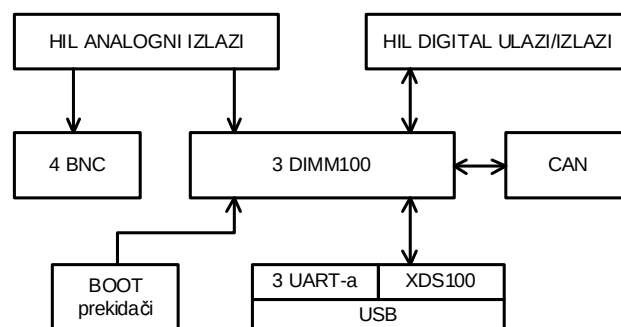
Slika 4. Texas Instruments Piccolo F2808

Na kontrolnoj kartici Piccolo F2808 se nalazi kontroler TMS320F2808. Na karticu je potrebno dovesti napajanje od 5V koje se pomoću LDO (eng. *Low DropOut*) regulatora napona sa dva izlaza TPS70102 pretvara u napone od 3,3V i 1,8V kojima se napaja kontroler. Pored napajanja na kartici se nalazi i MAX3232 za serijsku komunikaciju, koja je izolovana preko čipa ISO7221. Pinovi kontrolera izvedeni na DIMM100 kartici su ulazi A/D konvertora, PWM signali, enkoderski ulazi, pinovi opšte namene i pinovi za JTAG komunikaciju (eng. *Joint Test Action Group*).

## 5. KARAKTERISTIKE PRILAGODNE PLOČE

Najbitnije opcije i mogućnosti koje interfejs ploča sadrži su: istovremen rad sa 3 TI DIMM100 kontrolne kartice, tri UART porta i XDS100 programator (dostupni preko jednog USB konektora), CAN komunikacija između kontrolera sa konektorom za spoljni uređaj ili magistralu, svi analogni i digitalni signali HIL uređaja povezani na pinove kontrolnih kartica, 32 analogna izlaza HIL uređaja skalirana sa  $\pm 5V$  na opseg od 0V do 3V i (zavisno od položaja jednog prekidača) dostupna na kontrolnim

karticama u dve konfiguracije. Kompletan blok šema Mikrogrid prilagodne ploče je prikazana na slici 5 dok je na slici 6 izgled realizovane prilagodne ploče.



Slika 5. Blok šema Mikrogrid prilagodne ploče



Slika 6. Realizovana prilagodna ploča

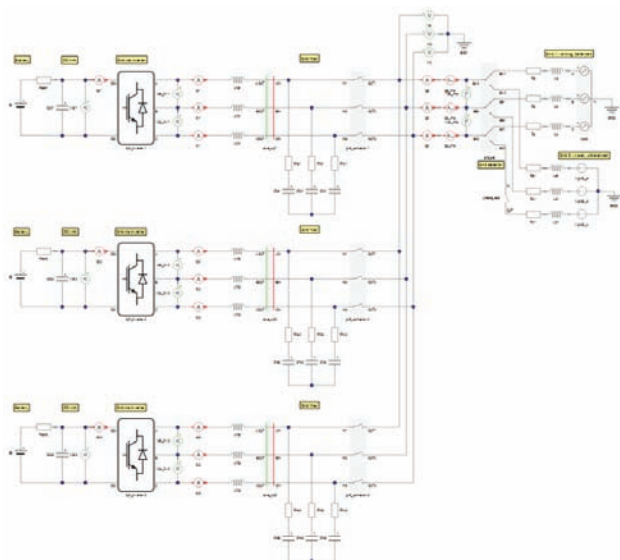
## 6. PRIMER UPOTREBE

Primer mikrogrid okruženja koji je da opisan u ovom poglavlju sastoji se od tri invertora povezanih na mrežu. Simulacija se vrši na uređaju HIL600, kontrola invertora je ostvarena sa tri F2808 kontrolne kartice, dok Mikrogrid prilagodna ploča povezuje HIL600 sa pomenutim kontrolnim karticama.

Prezentacija rada mikrogrid intefrejs ploče dostupna je preko interneta, na serveru sa javnom IP adresom (89.216.115.232::5900) kome se može pristupiti preko aplikacija tipa *Remote Desktop*.

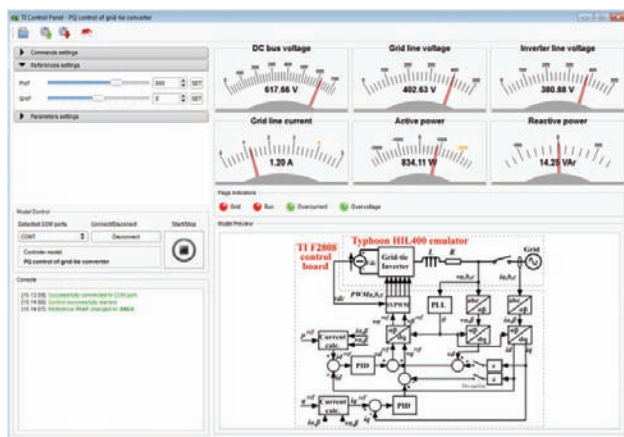
Nakon unosa IP adrese servera i lozinke za pristup korisnik na serveru pokreće aplikaciju *Typhoon HIL Control Center*. U *Schematic Editor-u* otvara električnu šemu *TI\_GridInverter\_PQmode\_complex\_ugird.tse* i klikom na ikonicu *Compile and open model in HIL Control Panel* generiše odgovarajući model koji se zatim učitava na HIL uređaj. Korišćena električna šema mikrogrid okruženja koje se sastoji od tri invertora povezanih na mrežu prikazana je na slici 7. Zatim u *HIL Control Panelu* učitava fajl koji sadrži vrednosti izvora koji se nalaze u električnoj šemi i koeficijente za skaliranje izmerenih vrednosti napona i struja koje se prosleđuju kontrolerima preko analognih izlaza HIL600, *init\_TI\_GridInverter\_PQmode.runx*.

Klikom na ikonicu *Start simulation* vrši se pokretanje simulacije. U prozoru *Capture/Scope* vide se zadati oblik mrežnog napona dok su vrednosti struja mreže i struja invertora nula jer invertori još uvek nisu povezani na mrežu.



Slika 7. Električna šema mikrogid okruženja

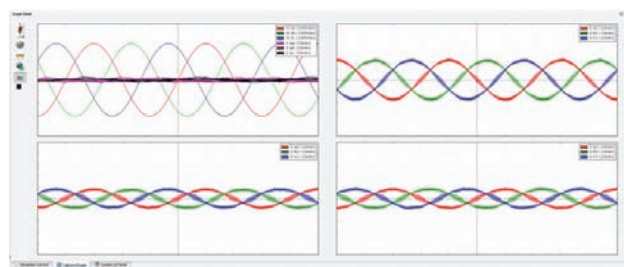
Pristup invertorima (kontrolerima) vrši se preko UART komunikacije (COM portova) i aplikacije *TI Control Panel* koja je takođe deo *Typhoon HIL Contol Center-a*. Ovu aplikaciju potrebno je pokrenuti tri puta, jednom za svaki kontroler. Nakon njenog pokretanja, treba odabrati *TI\_GridInverter\_PQmode.ppd* režim rada. U otvorenoj konzoli postoji nekoliko opcija od kojih su najvažnije povezivanje na kontroler, start/stop kontrole, zadavanje aktivne i reaktivne snage invertora. Pored toga, sve vreme se mogu posmatrati parametri bitni za rad invertora (struja, naponi, snage). Nakon povezivanja na neki od tri ponuđena COM porta i pokretanja kontrole, korisnik može zadati vrednost aktivne i reaktivne snage za taj inverter, kao što je prikazano na slici 8.



Slika 8. TI Control Panel konzola

U prozoru *Capture/Scope* pored mrežnog napona mogu se videti struje mreže i struje invertora, kao što je prikazano na Slici 9. Parametar koji je zadat invertorima je aktivna snaga u vrednostima: 840W, 840W i -1680W. Na donja dva grafika se vide struje dva invertora snage po 840W. U gornjem desnom grafiku se vide struje trećeg invertora za snagu od -1680W i one su duplo veće od struja invertora snage 840W. Iz ovoga sledi da je ukupna struja ka mreži jednaka nuli odnosno da je zbir struja sva tri invertora

nula. Rezultujuće struje mreže zajedno sa naponima mreže su prikazane u gornjem levom grafiku.



Slika 9. Struje i naponi mreže i struje invertora

## 9. ZAKLJUČAK

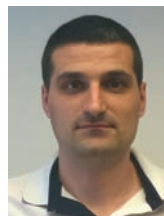
Uspešno je ostvareno skaliranje i očitavanje analognih i digitalnih signala Typhoon HIL simulatora i Texas Instruments kontrolnih kartica. Ugrađen je XDS100 programator kojim je moguće programirati sva tri kontrolera i upravljati njihovim radom iz Code Composer razvojnog okruženja. Pristup UART portovima kontrolnih kartica i XDS100 programatoru je implementiran preko jednog USB kabla. Neposredna komunikacija između kontrolera je ostvarena CAN magistalom. Obezbeđena je kompatibilnost sa Typhoon HIL simulatorima različitih serija.

Mikrogrid prilagodna ploča je testirana u vrlo zahtevnom mikrogid okruženju gde je pokazala dobre rezultate. Moguća poboljšanja odnose se na dodavanje automatske detekcije umetnute kartice, unapređenje izvora referentnog napona, obezbeđivanje stabilnijeg rada USB HUB čipa i manje ispravke estetske prirode.

## 10. LITERATURA

- [1] <http://www.typhoon-hil.com/products>, 2014.
- [2] <http://www.ti.com/tool/controlsuite>, 2014
- [3] <http://en.openei.org/wiki/Definition:Microgrids>, 2014
- [4] <http://www.smial.de/realtime.html>, 2014
- [5] [http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed\\_generation](http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_generation), 2014
- [6] [https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware-in-the-loop\\_simulation](https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware-in-the-loop_simulation), 2014

### Kratka biografija:



**Ivan Petrović** rođen je u Užicu 1984. god. Osnovne akademske – bečelor studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – na smeru za mikroracunarsku elektroniku 2012. godine.



**JEDAN PRIMER REGULACIJE TEMPERATURE U PROSTORIJI PRIMENOM FUZZY LOGIKE****ONE EXAMPLE OF TEMPERATURE CONTROL IN THE ROOM BY USING FUZZY LOGIC**

Miroslav Šeša, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj:** *Inteligentna zgrada je pojam koji se koristi za objekat u kome postoje kompleksni tehnički sistemi, koji, međusobno povezani, omogućavaju komfor i bezbednost objekta uz maksimalnu uštedu energije i broja ljudi koji rade u objektu. Jedan od najznačajnijih podсистema u okviru sistema za upravljanje inteligentnom zgradom je podсистem klimatizacije, grejanja i hlađenja. U ovom radu je dat jedan primer inteligentnog upravljanja temperaturom u prostoriji pomoću fuzzy kontrolera.*

**Abstract:** *Intelligent building is the term used for the building in which there are complex technical systems that are interconnected, providing comfort and security with maximum energy savings and the number of people working in the facility. One of the most important subsystems within the management system of intelligent building is a subsystem of Heating, Ventilation and Air Conditioning system. This paper gives an example of an intelligent temperature control in the room by using a fuzzy controller.*

**Ključne reči:** *Temperatura u prostoriji, upravljanje, fuzzy logika, kontroler*

**1. UVOD**

Inteligentne zgrade dizajnirane su za dugoročnu održivost i minimalan uticaj na čovekovu okolinu. Upravljanje objektom treba da obezbedi energetske efikasnost, pouzdano napajanje električnom energijom i bezbednost podataka, sredstava i ljudi. Jedan od najznačajnijih sistema u okviru pametne zgrade je sistem za klimatizaciju, grejanje i hlađenje. Zadatak ovog sistema je da obezbedi zahtevani kvalitet vazduha da bi se ljudi koji borave u zgradi osećali komforno. U ovom radu sistem za regulaciju temperature prostorije dizajniran je tako da koristi metodu fuzzy upravljanja za održavanje željene temperature, bez obzira na spoljašnju temperaturu i uticaj iste. Regulacija željene temperature u prostoriji se vrši pomoću senzora prisustva za konstantno prisustvo i prisustvo samo u određenom vremenskom periodu.

**2. PAMETNE ZGRADE**

Pametna zgrada predstavlja koncept modernog domaćinstva i življenja u njemu. Za zgradu se kaže da je pametna jer se prilagođava trenutnoj aktivnosti, raspoloženju, navikama i životnom stilu ukućana.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Čongradac Velimir, docent.

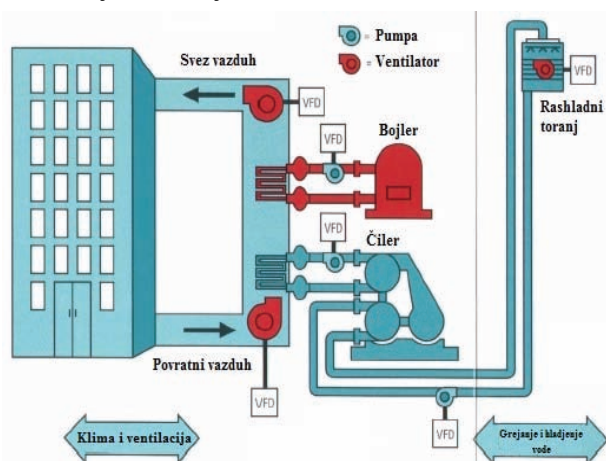
Ona predstavlja sistem kućne automatike maksimalno jednostavan za korišćenje, održavanje i ugradnju, a sam smisao je povećavanje kvaliteta stanovanja [1].

**2.1. Sistem za upravljanje zgradom (BMS)**

Sistem za upravljanje zgradom (*Building Automation System - BAS*, takođe često korišćen termin *Building Management System - BMS*) odnosi se na veći broj sistema upravljanja u zgradi, od kontrolera za specijalnu namenu do većih sistema koji uključuju centralni računar i printere. BAS se sastoji od nekoliko podсистema, koji mogu biti uvezani na različite načine u cilju formiranja kompletnog sistema, kao što su sistem za grejanje, klimatizaciju i ventilaciju, električni sistemi, sistem rasvete, protivpožarni sistem, sigurnosni sistem. BAS se može koristiti za nadzor, kontrolu i upravljanje celokupnim sistemom ili delom sistema [2].

**2.2. Sistem za klimatizaciju, grejanje i hlađenje**

Kvalitet vazduha prostorije određen je temperaturom vazduha, temperaturom zračenja površina prostorija, vlažnošću vazduha, brzinom strujanja vazduha i sadržajem štetnih materija, a u širem smislu uključuje još i prirodnu i veštačku rasvetu i nivo buke. Povoljan sastav gasova, čistoća, temperatura, vlažnost i brzina strujanja vazduha bitno utiču na osećaj ugodnosti ljudi u prostoriji. Grejanje je postupak zagrevanja i održavanja željene povećane temperature vazduha. Hlađenje je postupak hlađenja i održavanja željene snižene temperature. Ventilacija (vetrenje, provetravanje) je odvođenje istrošenog i dovođenje svežeg vazduha u cilju održavanja povoljnog sastava gasova i čistoće vazduha. Klimatizacija je održavanje željene temperature, vlažnosti i čistoće vazduha i obuhvata čišćenje, grejanje ili hlađenje i ovlaživanje ili sušenje vazduha [2].



Slika 1. Sistem klimatizacije, grejanja i hlađenja



### 3. FUZZY LOGIKA

Fuzzy logika odbacuje aksiome klasične logike. U fuzzy logici važi: i P i ne-P mogu da važe istovremeno u izvesnom stepenu. Fuzzy skup predstavlja skup elemenata sa sličnim (a ne neophodno istim) svojstvima.

Stepen pripadnosti fuzzy skupu nekog elementa iz domena skupa može da ima vrednost u opsegu od 0 do 1, pri kojima element uopšte ne pripada ili u potpunosti pripada skupu, kao kod klasičnih, diskretnih skupova. Zapravo, fuzzy skupovi su proširenje i uopštenje diskretnih skupova tako da granice skupova ne moraju da budu oštre [3].

#### 3.1. Ekspertski sistemi

Ekspertski sistemi su inteligentni računarski programi kojima se emulira rešavanje problema na način na koji to čine eksperti. Oni predstavljaju jednu od najznačajnijih oblasti istraživanja veštačke inteligencije. Ekspertski sistemi rešavaju realne probleme iz različitih oblasti koji bi inače zahtevali ljudsku ekspertizu [4].

Zadatak upravljanja nekim procesom ili sistemom izražava se zahtevom da se ponašanje uskladi sa unapred zadatim referentnim ponašanjem. Ovaj se problem rešava tako što se prikupe svi raspoloživi podaci o samom sistemu i na osnovu njih i iskustva iz rešavanja sličnih problema, bira se niz upravljačkih akcija, koje se, eventualno, koriguju preko povratne sprege.

Teorija upravljanja zasniva na tri osnovne pretpostavke:

- Sistem kojim se upravlja mora biti poznat, što znači da se može predvideti njegov odziv na zadati ulaz. Na osnovu poznavanja sistema, formira se njegov matematički model;
- Cilj upravljanja mora da bude jasno definisan preko sažetih matematičkih relacija, koje neposredno povezuju promenljive sistema sa ocenom njegovih performansi;
- Ponašanje sistema se prati na osnovu merenja njegovih izlaza [5].

#### 3.2. Fuzzy logički kontroler

Fuzzy logički kontroleri (Fuzzy Logic Controllers - FLC) prave nelinearno mapiranje između ulaza i izlaza koristeći funkcije pripadnosti i lingvistička pravila. Kod korišćenja FLC, informacije su nam potrebne i mogu biti predstavljene u dva različita oblika:

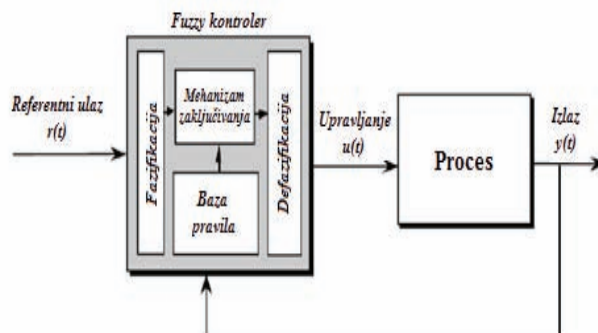
- Objektivne informacije mogu se iskazati matematičkim modelima i jednačinama.
- Subjektivne informacije prezentuju se lingvističkim pravilima i potrebama dizajna sistema.

Strukturu FLC čine sledeća četiri elementa:

- Fazifikacija (Fuzzification),
- Baza znanja (Rules Base),
- Zaključak (Inference),
- Defazifikacija (Defuzzification) [6].

Fazifikacija modifikuje signale ulaza tako da mogu biti pravilno protumačeni i upoređeni sa pravilima u bazi podataka (crisp signal pretvaramo u adekvatan fuzzy oblik). Baza pravila sadrži znanje o tome kako najbolje upravljati sistemom i to u formi skupa (IF-THEN) logičkih pravila.

Zaključak je mehanizam za procenjivanje koja kontrolna pravila su relevantna za trenutno stanje sistema i odlučuje logičkim sklopom kakav će biti upravljački signal, tj. ulaz u sistem. Defazifikacija transformiše zaključak u takav oblik signala da ovaj može biti signal koji prestavlja ulaz u proces. Ovo je transformacija fuzzy oblika u crisp oblik signala koji je razumljiviji procesu [7].



Slika 2. Struktura fuzzy logičkog kontrolera

### 4. TEMPERATURA U PROSTORIJI

Klimatski uslovi utiču u velikoj meri na zdravlje, subjektivno osećanje ugodnosti i radnu sposobnost ljudi. Uzeti svi zajedno ili svaki posebno, deluju na tok termoregulacionih procesa u čoveku i u izvesnim slučajevima mogu prouzrokovati oboljenja kod ljudi izloženih tim uslovima. Nepovoljni mikroklimatski uslovi deluju negativno na psiho-fizičku kondiciju i produktivnost rada [8].

### 5. PRIMENA METODE FUZZY UPRAVLJANJA

U ovom radu metode fuzzy upravljanja će biti korišćene u svrhe regulacije temperature u prostoriji. Cilj je održavanje željene temperature u prostoriji putem fuzzy kontrolera koji upravlja grejanjem i hlađenjem.

Sistem grejanja i hlađenja je realizovan preko četvorocevnog fan coil uređaja koji je povezan na ventilacioni sistem. Četvorocevni fan coil uređaj je izabran kako bi se moglo grejati i hladiti u isto vreme. Kontrola rada fan coil-a vrši se putem termostata, preko kog se zadaje željena temperatura i kontrolera koji je u sklopu fan coil-a.

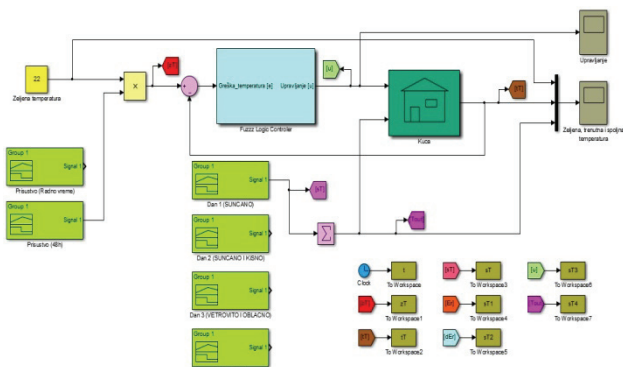
#### 5.1. Opis fuzzy upravljačkog modela

Sistem fuzzy kontrolera se posmatra na 4 nivoa. Prvi nivo čine ulazne veličine, a to su greška (razlika između željene i trenutne vrednosti temperature u prostoriji) i izvod greške.

Drugi nivo su funkcije pripadnosti fuzzy ulaza kontrolera i vršenje fazifikacije ulaznih veličina, tj. realne vrednosti se menjaju fuzzy vrednostima. Treći nivo čini baza pravila i na osnovu nje se obavlja proces zaključivanja. Četvrti nivo je izlazni nivo kontrolera i tu se obavlja proces defazifikacije, tj. prelazak sa fuzzy izlaza na realne vrednosti. Izlaznom promenljivom se upravlja temperaturom u prostoriji.

#### 5.2. Model i pravila fuzzy kontrolera

Na slici 3 prikazan modela sistema, a u tabeli 1 je dat prikaz pravila fuzzy logičkog kontrolera.



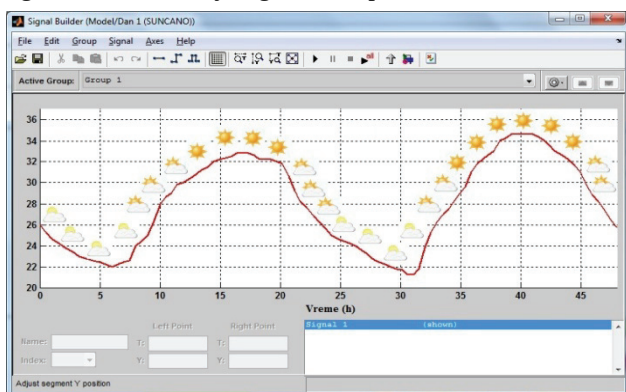
Slika 3. Model sistema

Tabela 1. Pravila FLC

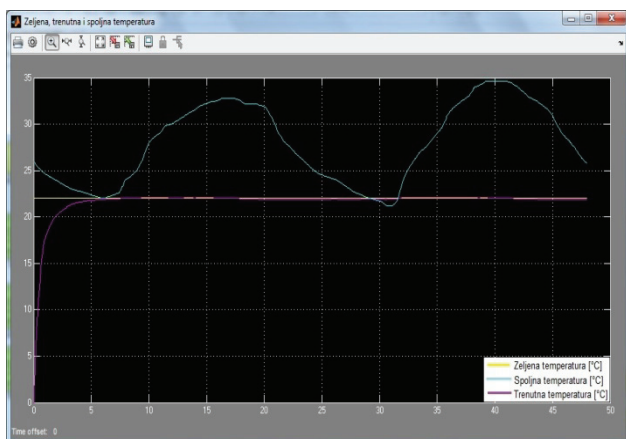
e de	NV	NS	NM	0	PM	PS	PV
NV	PH	PH	PH	PH	SH	MH	0
NS	PH	PH	PH	SH	MH	0	MG
NM	PH	PH	SH	MH	0	MG	SG
0	PH	SH	MH	0	MG	SG	PG
PM	SH	MH	0	MG	SG	PG	PG
PS	MH	0	MG	SG	PG	PG	PG
PV	0	MG	SG	PG	PG	PG	PG

### 5.3. Primeri upravljanja

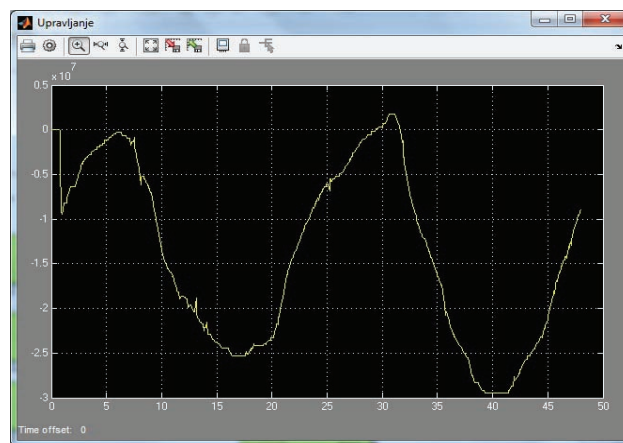
Na prvom primeru biće prikazan slučaj kada imamo prisustvo ljudi u prostoriji 48h. Na slici 4 prikazana je promena spoljne temperature u toku 48h. Slika 5 predstavlja uporedni prikaz spoljne, željene i trenutne temperature u prostoriji. Slika 6 predstavlja upravljački signal kontrolera koji reguliše temperaturu.



Slika 4. Signal promene spoljašnje temperature



Slika 5. Odziv sistema



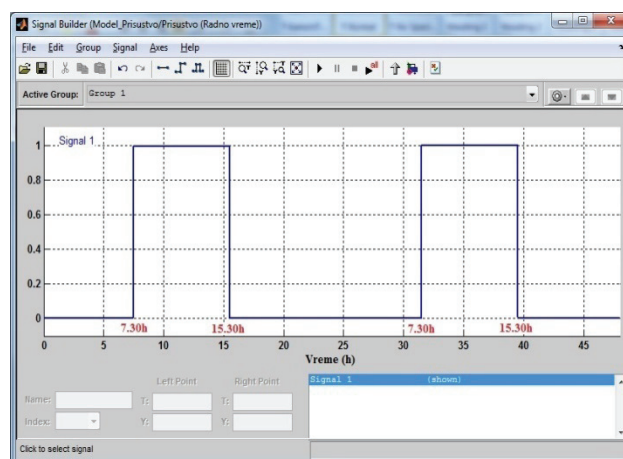
Slika 6. Upravljanje

Na drugom primeru biće prikazan slučaj kada imamo prisustvo ljudi u prostoriji ograničeno na radno vreme. Slika 7 predstavlja signal prisustva ljudi u prostoriji u toku 48h (radno vreme).

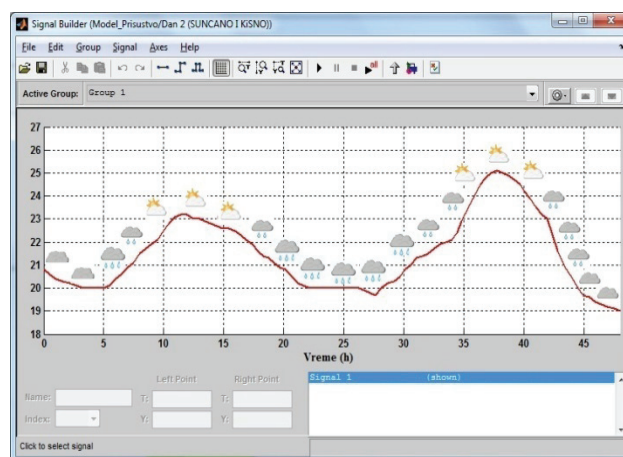
Na slici 8 prikazana je promena spoljne temperature u toku 48h.

Slika 9 predstavlja uporedni prikaz spoljne, željene i trenutne temperature u prostoriji.

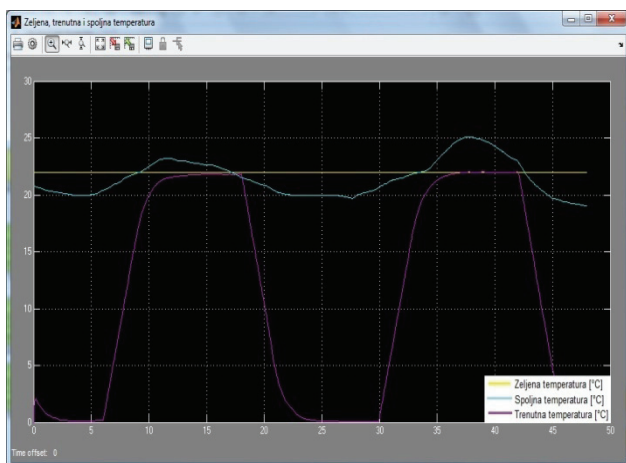
Slika 10 predstavlja upravljački signal kontrolera koji reguliše temperaturu.



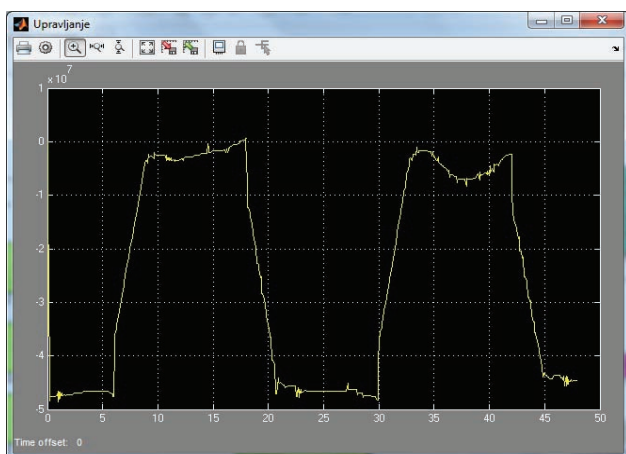
Slika 7. Signal prisustva ljudi u prostoriji



Slika 8. Signal promene spoljašnje temperature



Slika 9. Odziv sistema



Slika 10. Upravljanje

## 6. ZAKLJUČAK

Potrošnja energije za grejanje u prosečno termički izolovanim zgradama u Srbiji iznosi oko 60% ukupne potrošnje energije. Od toga, 70% odnosi se na potrošnju toplotne energije, na koju prvenstveno utiče trajanje sezone grejanja i zahtevana temperatura prostora, što zavisi od klimatskih uslova i standarda kvaliteta korišćenja prostora. Takođe, značajan uticaj ima i kvalitet mehaničkog sistema grejanja, ukupna grejana površina, kao i termička zaštita zgrade.

U radu je opisana primena *fuzzy* upravljanja u sistemu za grejanje i hlađenje u okviru sistema za klimatizaciju prostorije. Jedan od osnovnih ciljeva primene *fuzzy*

upravljanja u ovakvom sistemu jeste da se postigne kontinualna regulacija temperature koja omogućava da se održava željena zadata temperatura u prostoriji. *Fuzzy* regulator je zamišljen tako da na osnovu 2 ulazna parametra proračunava potrebnu izlaznu vrednost odnosno upravljanje.

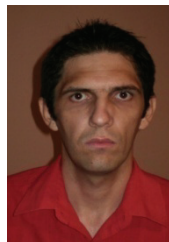
U analizi sistema sa *fuzzy* kontrolerom koji radi u kombinaciji sa senzorom prisustva u prostoriji, potvrđeno je da možemo postići određenu uštedu energije.

Još veća ušteda energije bi se mogla postići korišćenjem genetskih algoritama za optimizaciju parametara *fuzzy* kontrolera.

## 7. LITERATURA

- [1] Pametne zgrade,  
<http://predmet.singidunum.ac.rs/mod/folder/view.php?id=1652>
- [2] Intelligent Buildings and Building Automation, Shengwei Wang, London, Spon Press, 2010.
- [3] Fazi logika, fazi skupovi i lingvističke promenljive,  
<http://nikolamorena.blogspot.com/2013/05/fazi-logika-fazi-skupovi-i-lingvisticke.html>
- [4] Ekspertni sistemi,  
[http://sh.wikipedia.org/wiki/Ekspertni\\_sistemi](http://sh.wikipedia.org/wiki/Ekspertni_sistemi)
- [5] Ekspertni sistemi, prof. dr. ing. Jaroslav E. Poliščuk ETF Podgorica, 2004.
- [6] Primena fuzzy logičkih kontrolera,  
<http://www.edrustvo.org/proceedings/YuInfo2011/html/pdf/182.pdf>
- [7] Fuzzy logika,  
<http://www.slideshare.net/marepunk/fuzzy-logika>
- [8] Mikroklima i toplotni komfor,  
[http://www.cqm.rs/2014/cd2/pdf/papers/focus\\_3/03.pdf](http://www.cqm.rs/2014/cd2/pdf/papers/focus_3/03.pdf)

### Kratka biografija:



**Miroslav Šeša** je rođen 13.06.1986. godine u Kninu, Hrvatska. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Totalno integrisani sistemi automatskog upravljanja odbranio je 2013.god.



**MODELOVANJE I SIMULACIJA REGULACIJE AMBIJENTALNE TEMPERATURE  
UPOTREBOM PID I FUZZY REGULATORA****MODELING AND SIMULATION OF AMBIENT TEMPERATURE REGULATION USING  
PID AND FUZZY CONTROLLER**Sladana Popović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Osnovni zadatak rada je modelovanje i simulacija regulacije ambijentalne temperature, a da se pri tom ne naruše zahtevani radni uslovi. Pažnja je posvećena automatizaciji fan coil uređaja. Detaljno je opisana procedura projektovanja fuzzy i PID regulatora, koji upravljaju ventilom za dovod hladne vode na izmenjivač samog uređaja. Izvršena je simulacija regulacije ambijentalne temperature uz pomoć projektovanih regulatora. Prikazani su dobijeni rezultati.

**Abstract** – The main goal of this paper is the modeling and simulation of regulation of ambient temperature, without influence on the required operating conditions. Attention is paid to the automation of fan coil unit. It includes detailed description of the procedure of designing fuzzy and PID controllers that control valve for the cold water. The simulation of regulation of ambient temperature with the help of designed controllers is presented. The obtained results are shown.

**Ključne reči:** KGH, Fan coil uređaj, Fuzzy logički kontroler, PID

**1. UVOD**

Od ukupne potrošnje električne energije u svetu, 40% odlazi na poslovne i stambene zgrade. Posle rasvete sistemi za ventilaciju, grejanje i hlađenje su najveći potrošači električne energije poslovnih i stambenih zgrada. Poslednjih godina sistemi klimatizacije, grejanja i hlađenja (KGH) su važni i veoma popularni u dizajnu srednjih i velikih industrijskih i poslovnih zgrada jer obezbeđuju povoljne uslove za rad. Pod povoljnim radnim uslovima podrazumeva se održavanje željene temperature, željene vlažnosti vazduha, potrebna količina kiseonika i ugljen-dioksida itd. Da bi se obezbedili željeni uslovi potrebno je obezbediti kvalitetno i efikasno upravljanje sistemom, a takođe je veoma važno povesti računa o energetske efikasnosti. Istraživanja su pokazala da energije iz postojećih izvora ima sve manje, pa se u poslednje vreme sve glasnije govori o energetske efikasnosti. Propadni efekat nedostatka energije su i stalna poskupljenja energenata koji predstavljaju dodatni motiv za pronalaženje dodatnih načina za uštedu energije i sprečavanje nepotrebne potrošnje. U vremenu kada je energija postala deficitarna, kada različita ekonomska i

politička dešavanja u svetu utiču na sve veću nestabilnost, obezbeđivanje stabilnih izvora energije je sve teže.

**2. KGH SISTEMI**

Pronalazak komponenti KGH sistema išla su ruku pod ruku sa industrijskom revolucijom. U novije doba preduzeća i pronalazači širom sveta neprestano rade na novim metodama modernizacije, povećanjima efikasnosti i kontrole sistema. Tri centralne funkcije klimatizacije, grejanja i hlađenja su međusobno povezani, posebno sa potrebom da se obezbedi toplotna udobnost i prihvatljiv kvalitet unutrašnjeg vazduha sa odgovarajućim izvodljivim instalacijama i prihvatljivim troškovima održavanja. KGH sistemi se sastoje od klima komore, čilera, toplotnih podstanica, sistema za distribuciju pripremljenog vazduha do prostorija, itd. U KGH sistemu, čileri i toplotne podstanice se koriste za pripremu hladne/tople vode, dok klima komora meša spoljašnji vazduh sa rekupiranim vazduhom iz sistema, filtrira ga i hladi/greje do željene vrednosti temperature. Takav vazduh pripremljen u klima komori se distribuira kroz sistem kanala sa ventilatorima do svake pojedinačne prostorije. Regulaciju temperature i protoka vazduha na nivou prostorije moguće je ostvariti pomoću VAV (*eng. Variable Air Volume*) ili fan coil uređaja. Kod VAV sistema ne postoji mogućnost dodatnog hlađenja/grejanja vazduha, nego se regulacija ambijentalne temperature izvodi preko otvorenosti klapni VAV kutije. Fan coil uređaj poseduje izmenjivač toplote i moguća je finija regulacija temperature u prostoru [1].

**2.1 Fan coil uređaj**

Fan coil uređaj se sastoji od izmenjivača toplote, ventilatora i filtra ugrađenih u jedno kućište. Izmenjivač je pri tome izveden kao cevni i unutar njega struji prenosnik energije – voda. Ventilatorom se ostvaruje prisilno strujanje vazduha u prostorije preko izmenjivačkih cevi, čime se vazduh hladi ili greje, zavisno od toga struji li kroz imenjivač hladna ili topla voda. Fan coil uređaj se koristi za regulaciju temperature u prostorijama gde je postavljen. Zbog svoje jednostavnosti ekonomičniji je za ugradnju od klasičnih ventilacionih i grejnih sistema. Izmenjivači su izrađeni od aluminijumskih lamela i mehanički ekspanziranih bakarnih cevi što omogućava visoki koeficijent prelaza toplote. Fan coil sistem može biti sa jednim ili sa dva jezgra, odnosno dvocevni ili četverocevni. Kod dvocevnog sistema se postavljaju dve cevi - polazni i povratni vod, čime se ostvaruje cirkulacija tople ili hladne vode u zatvorenom krugu. Instalacija tada služi za sezonski rad:

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Velimir Čongradac, docent.



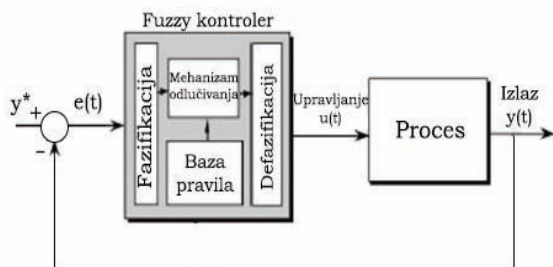
kada je potrebno hlađenje kroz cevovod struji hladna voda, a kada je potrebno grejanje - topla voda. Sistem sa dva jezgra ima četiri cevi – dva polazna voda i dva povratna voda, tj. poseban par vodova za hladnu i toplu vodu. U takvom je sistemu po želji moguće hlađenje ili grejanje jer postoje dva izmenjivača toplote: jedan za hladnu, a drugi za toplu vodu. Takva instalacija i uređaji su naravno skuplji, ali pružaju potpunu ugodnost.

### 3. FUZZY LOGIKA

Fuzzy logika predstavlja uopštenje klasične logike, razvijeno nad teorijom rasplinutih skupova. Za razliku od klasične logike, u kojoj iskazi mogu imati vrednosti tačno ili netačno, rasplinuta logika pruža analitički aparat kojim se mogu modelovati iskazi čija vrednost može pripadati kontinualnom prelazu od tačnog ka netačnom. Fuzzy teorija prvi put predstavljena je 1965. godine, od strane Lotfi Zadeh-a i od tada je mnogo napredovala..

#### 3.1 Fuzzy logički kontroler

Na slici 1. prikazana je osnovna struktura fuzzy logičkog kontrolera.



Slika 1. Struktura fuzzy regulatora

Prilikom projektovanja fuzzy regulatora najbitnija četiri koraka su: fazifikacija (prevođenje realnih vrednosti u fuzzy vrednosti), mehanizam za odlučivanje, baza fuzzy pravila (pravila zaključivanja za fuzzy logičke probleme) i defazifikacija (prevođenje fuzzy vrednosti u realne vrednosti, potrebne za obradu). Ulazno/izlazne veličine fuzzy regulatora su veličine koje su određene prirodom procesa, raspoloživom mernom opremom i aktuatorima. Najčešće korišćene ulazne veličine u regulator su: greška (razlika stvarne i željene vrednosti), izvod (promena) greške ili neka merljiva stanja. Izlazne veličine su upravljački signali određeni prirodom aktuatora kojim upravljaju. Veličine koje se dovode iz procesa u regulator, a pre mehanizma odlučivanja, moraju se prevesti u oblik koristan regulatoru, pomoću funkcija pripadnosti, na osnovu kojih se definiše baza pravila i mehanizam odlučivanja. Baza pravila bazirana je na IF-THEN pravilima u kojima uslovi i akcije sadrže lingvističke promenljive. Ovaj skup pravila uspostavlja ulazno-izlazne relacije. Defazifikacija predstavlja proces suprotan fazifikaciji, pa se naziva i dekodiranje.

### 4. PID REGULATOR

Uprkos pooštavanju kriterijuma kvaliteta i uštede, i nakon višedecenijske upotrebe, PID regulatori su najzastupljeniji tip industrijskih regulatora. Razlog tome leži u ogromnom iskustvu osoblja u njihovom podešavanju i puštanju u pogon, ali i njihovoj jednostavnosti i razumljivosti algoritama upravljanja. Čak

i jednostavna poboljšanja osnovnog PID algoritma, mogu značajno poboljšati kvalitet upravljanja kod određenih procesa. Jednačina PID regulatora glasi:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

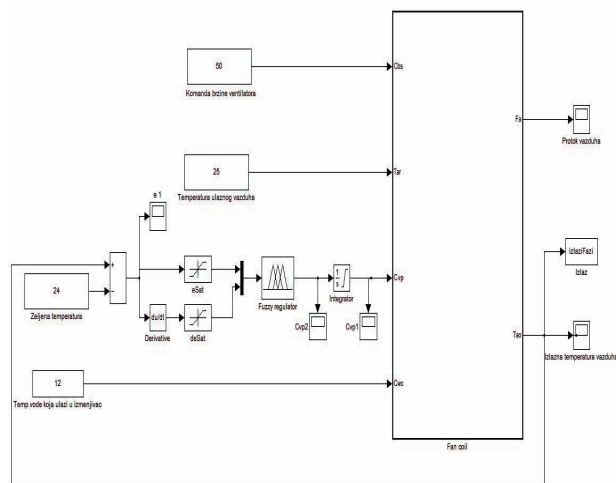
$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (2)$$

PID regulator ima tri podesiva parametra: pojačanje  $K_p$ , integralnu vremensku konstantu  $T_i$  i konstantu diferenciranja  $T_d$ . Pristupstvo proporcionalnog, integralnog i diferencijalnog dejstva u regulatoru omogućava dobijanje željenih performansi kao što su: stabilnost, brzina reagovanja, tačnost rada i vreme trajanja prelaznog procesa. U načelu se PID-regulator može posmatrati kao paralelan spoj tri regulatora, po jednog sa P-, I- i D-delovanjem. Na zajednički ulaz ovih regulatora dovodi se ulazni signal greške  $e(t)$ .

Parametri PID regulatora se najčešće podešavaju Ziegler-Nichols-ovom metodom.

### 5. SOFTVERSKO REŠENJE

Pošto podaci prikupljeni sa realnog sistema nisu dostupni, softversko rešenje se zasniva na simulaciji. Na slici 2 prikazan je model fan coil uređaja kod kog se regulacija ambijentalne temperature vrši uz pomoć fuzzy regulatora.

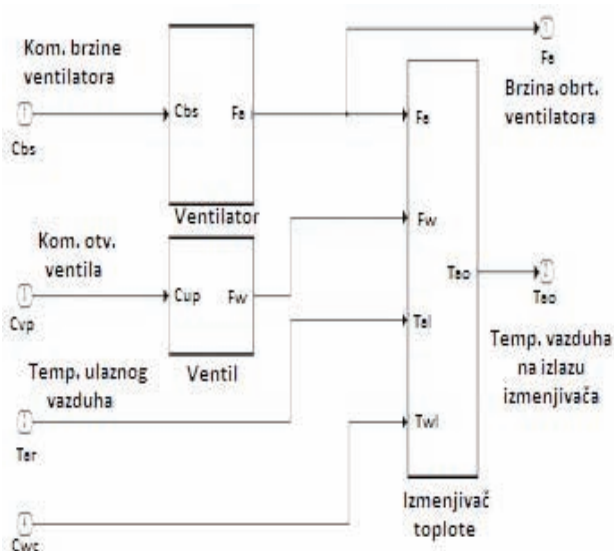


Slika 2. Model sistema fan coil uređaja

Matematički model je pojednostavljen i prilagođen u odnosu na matematički model prikazan u literaturi **Error! Reference source not found..**

Na slici 3 prikazani su podsistemi fan coil uređaja.

Kontrola protoka vode kroz izmenjivač se vrši uz pomoć trokrakog ventila. Ovim ventilom se upravlja komandnim signalom  $C_{vp}$  (eng. Command Valve Position). Ukoliko je potrebno vazduh hladiti većim intenzitetom, ventil se više otvara tako da propušta veću količinu hladne vode kroz izmenjivač toplote, a manja količina hladne vode će u tom slučaju prolaziti kroz put kojim zaobilazi izmenjivač. Ventilator je glavna komponenta u sistemima promenljive zapremine vazduha. Ventilator je upotrebljen da bi se obezbedio odgovarajući protok vazduha u prostorije.



Slika 3. Podsitemi fan coil uređaja

On uvek radi sa konstantnom brzinom, koja je podešena zahvaljujući  $C_{bs}$  signalu. Izlaz ovog podsistema je signal  $F_a$  koji se prosleđuje na izmenjivač toplote. Izmenjivač toplote je tipa voda – vazduh. Kroz izmenjivač protiče hladna voda iz čilera pošto se radi o hlađenju. Vazduh prelazi preko cevi sa hladnom vodom i predaje mu deo svoje toplotne energije i na taj način se hladi. Hladna voda prima toplotnu energiju od vazduha i postepeno se greje. Ta voda odlazi u čiler i tamo se naknadno hladi. Ulazi u ovaj podsistem su :  $F_a$  – protok vazduha,  $F_w$  – protok vode koji je definisan otvorenošću ventila,  $T_{ai}$  – temperatura ulaznog vazduha i  $T_{wi}$  – temperatura vode koja dolazi iz čilera. Izlaz iz ovog podsistema je  $T_{ao}$  – temperatura vazduha u prostoriji.

## 5.1 Rezultati i diskusija

U ovom radu predložene su dve izvedbe fuzzy regulatora za upravljanje ventilom za dovoz hladne vode na izmenjivač fan coil uređaja. Ulazni signal u oba regulatora je signal greške (razlika između trenutne vrednosti temperature u prostoriji i željene vrednosti temperature) i promena - izvod greške, a izlazna veličina je upravljački signal. Upravljanje se vrši trokrakim ventilom koji definiše protok vode iz čilera na izmenjivač dok se ne postigne željeni izlaz iz sistema, odnosno željena vrednost temperature u prostoru. Tipovi regulatora su mamdani.

### 5.1.1 Primer 1

Ulazi ovog fuzzy regulatora modelovani su sa pet funkcija

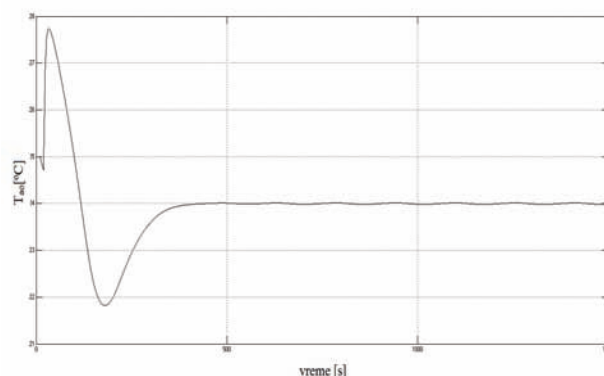
Tabela 1. Tabela pravila za regulator, primer 1

	Greška					
		LN	SN	ZE	SP	LP
Izvod greške	LN	N	N	N	N	ZE
	SN	N	N	N	ZE	SP
	ZE	N	N	ZE	SP	LP
	SP	N	ZE	SP	LP	LP
	LP	ZE	SP	LP	LP	LP

pripadnosti, koje se međusobno preklapaju po 50%, dok se izlaz regulatora sastoji od četiri trougaone funkcije

pripadnosti. Parametri ulaznih i izlaznih funkcija su ručno podešeni. U tabeli 1 data su pravila fuzzy regulatora.

Željena vrijednost brzine ventilatora i vrednost temperature vode koja izlazi iz čilera su konstantne. Izlazni signal (temperatura vazduha u prostoriji) je prikazan na slici 4.



Slika 1. Izlazni signal  $T_{ao}$ , primer 1

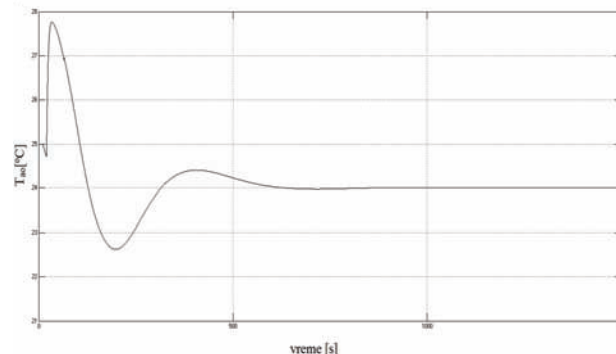
### 5.1.2 Primer 2

U ovom primeru je predstavljen fuzzy regulator drugačijih pravila i broja funkcija pripadnosti izlaznog signala u odnosu na regulator prikazan u primeru 1. Regulator se takođe sastoji od dva ulaza i jednog izlaza. U tabeli 2 data su pravila fuzzy regulatora.

Tabela 2. Tabela pravila za regulator, primer 2

	Greška					
		LN	SN	ZE	SP	LP
Izvod greške	LN	LN	LN	LN	SN	ZE
	SN	LN	LN	SN	ZE	SP
	ZE	LN	SN	ZE	SP	LP
	SP	SN	ZE	SP	LP	LP
	LP	ZE	SP	LP	LP	LP

Simulacija je izvršena za identične ulazne parametre kao i u prvom primeru. Na slici 5 je prikazan izlazni signal.

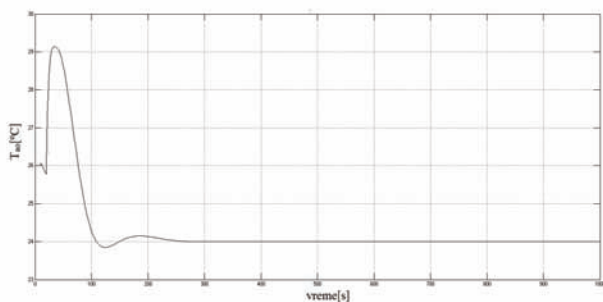


Slika 5. Izlazni signal  $T_{ao}$ , primer 2

### 5.1.3 Primer 3

Kroz primer 3 se može posmatrati ponašanje sistema u kom se regulacija vrši pomoću PID regulatora u zavisnosti od različitih vrednosti parametara proporcionalnog, integralnog i diferencijalnog dejstva. Postoji mnogo načina podešavanja parametara PID regulatora [3]. Korišćeni parametri su dobijeni Ziegler-

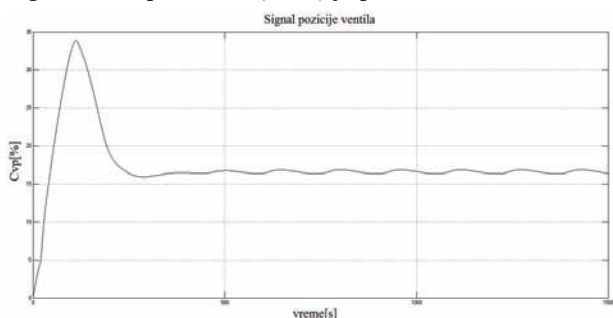
Nikolsov-om metodom i iznose:  $K_p=5$ ,  $K_i=0,1$  i  $K_d=1$ . Na slici 6 je prikazan  $T_{ao}$  signal.



Slika 6. Izlazni signal  $T_{ao}$ , primer 3

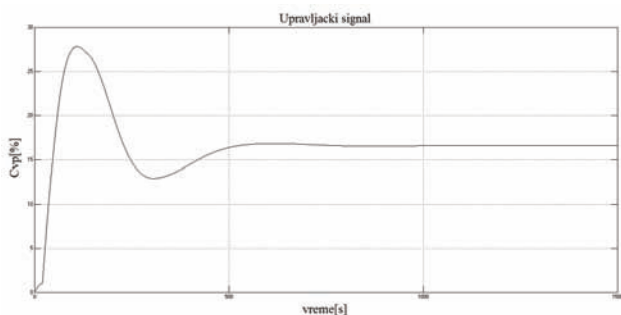
## 5.2 Diskusija

Upravljački signal dobijen uz pomoć projektovanog regulatora iz primera 1 (5.1.1) je prikazan na slici 7.



Slika 7. Upravljački signal  $C_{vp}$

Manja vrednost otvorenosti ventila, odnosno manji protok hladne vode kroz ventil utiče na bolje performanse sistema jer čiler samim tim troši manje energije za hlađenje vode. Vreme smirenja  $T_{ao}$  signala je 480 sekundi i tada  $C_{vp}$  signal ima vrednost oko 16% otvorenosti.  $C_{vp}$  signal dobijen uz pomoć projektovanog regulatora iz primera 2 (5.1.2) je prikazan na slici 8.



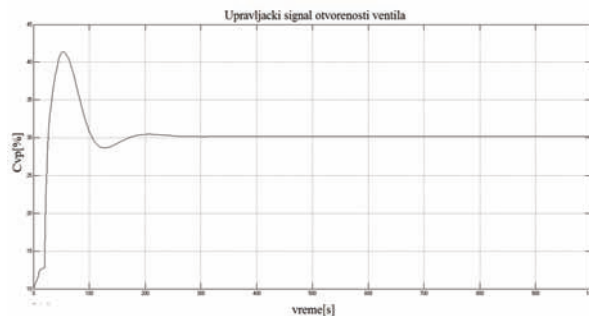
Slika 8. Upravljački signal  $C_{vp}$

Vreme smirenja izlaznog signala, koristeći regulator iz primera 2 je oko 550 sekundi, a upravljački signal u tom slučaju otvara ventil oko 17%.

Na slici 9 prikazan je upravljački signal dobijen PID regulatorom.

Nakon 280 sekundi kada stvarna vrednost temperature dostigne željenu vrednost,  $C_{vp}$  signal dostiže vrednost 30%. Ukoliko uporedimo vrednosti  $C_{vp}$  signala dobijene simulacijom fuzzy regulatora iz prva dva primera za

potpuno iste parametre, može se zaključiti da je fuzzy regulator efikasniji u pogledu uštede električne energije.



Slika 9. Upravljački  $C_{vp}$  signal dobijen PID regulacijom

## 6. ZAKLJUČAK

Osnovni zadatak ovog rada je bio postići željenu temperaturu u prostoru kako bi se postigli uslovi komfora uz minimalnu potrošnju energije. Projektovano je više vrsta regulatora, kako bi se odredio najpogodniji za upravljanje modelovanim sistemom. Vršena je simulacija regulacije sa projektovanim regulatorima i posmatrana je dinamika sistema sa svakim posebno. Upoređeni su i prikazani dobijeni rezultati. Na osnovu simulacije regulacije može se doći do zaključka da postoji mogućnost uštede energije. Da bi se dobile još bolje performanse sistema nad projektovanim regulatorima bi se mogla izvršiti optimizacija parametara.

## 8. LITERATURA

- [1] R. Karunakaran, S. Iniyan, R. Goic, „Energy efficient fuzzy based combined variable refrigerant volume and variable air volume air conditioning system for buildings”, India, 2008.
- [2] M. Anderson, M. Buehner, P. Yang, „An experimental system for advanced heating, ventilating and air conditioning (HVAC) control”, Colorado State University, 2006.
- [3] K. Osman, „Upravljanje postrojenjem klimatizacije poslovnog objekta”, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb 2011.

### Kratka biografija:



**Slađana Popović** rođena je u Bijeljini 6.10.1988. god. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti oblasti Elektrotehnika i računarstvo završila je 2012. godine. Master rad iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Automatika i upravljanje sistemima, odbranila je 2014. godine.

**ANALIZA PRIMENE SOFVERSКИH ŠABLONA U KONVERZIJI MODELA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA****ANALYSIS OF DESIGN PATTERN USAGE IN POWER SYSTEM MODEL CONVERSION**

Stojan Nedić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U okviru ovog rada je data analiza uticaja primene softverskih šablona na kvalitet i održivost izvornog koda konvertora modela elektroenergetskog sistema. Analiza je vršena korišćenjem metrika za proveru kvaliteta softvera, pri čemu je u okviru svake analize data tabela dobijenih rezultata.

**Abstract** – This paper presents an impact analysis of software design patterns use in the field of power system model conversion. Software metrics were used to determine the influence of chosen design patterns on software quality. For every analysis results are provided in a tabular format.

**Ključne reči** – Design patterns, Metrics, CIM, XML, Gang of four

**1. UVOD**

Cilj ovog rada je izrada detaljne analize primene dizajn šablona u okviru softverskog proizvoda za konverziju modela elektroenergetskog sistema.

Dizajn šablona su primenjeni sa ciljem poboljšanja performansi i povećanja kvaliteta koda. Samo povećanje kvaliteta koda je izuzetno važan kriterijum zbog toga što se ovde razmatrana softverska rešenja primenjuju i u industriji (prenos i distribucija električne energije), gde je životni vek softvera relativno dugačak, često duži od 10 godina.

Ovaj rad sadrži pregledni opis kvaliteta softverskog proizvoda i metrika za procenu kvaliteta softvera, kratak opis softvera za konverziju modela elektroenergetskog sistema, prikaz primera u kojima su dizajn šablona iskorišćeni za rešavanje problema na koje je autor nailazio tokom redizajna softvera za konverziju modela elektroenergetskog sistema, diskusiju korišćenja dizajn šablona prilikom redizajna softvera za konverziju modela elektroenergetskog sistema sa prikazom rezultata primenjenih metrika i analizom dobijenih rezultata, kao i kratko završno razmatranje.

**2. KVALITET SOFVERA I METRIKE**

Postoji veći broj različitih modela kvaliteta softvera. U skoro svim modelima je pouzdanost jedan od sastavnih kriterijuma, atributa ili karakteristika. Standard ISO 9126 [9] definiše šest karakteristika kvaliteta: funkcionalnost, korisnost, efikasnost, pouzdanost, prenosivost i održivost.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Hajduković, red.prof.

Izrada visoko pouzdanog softvera zavisi od implementacije atributa kvaliteta u svakoj fazi razvoja softvera, sa naglaskom na prevenciju grešaka, posebno u ranim fazama životnog ciklusa. Standardom IEEE 982.2-1988 [10] definišu se veze pouzdanosti prema različitim fazama životnog ciklusa: koncept, specifikacija zahteva, dizajn, implementacija, testiranje, instalacija i provera, rad i održavanje, povlačenje iz upotrebe. Treba napomenuti da se posebna pažnja posvećuje zahtevima, dizajnu, implementaciji i testiranju.

Ne postoji jasna definicija aspekata vezanih za pouzdanost softvera, čak i očite metrike, kao što je veličina softvera, nemaju jedinstvenu definiciju. Zbog toga ne možemo meriti pouzdanost direktno, već umesto toga merimo neke karakteristike koje odražavaju pouzdanost.

Merenje pouzdanosti može se podeliti u četiri kategorije: metrike proizvoda, metrike upravljanja projektima, metrike procesa i metrike grešaka i otkaza.

**2.1 KORIŠĆENE METRIKE**

**Broj linija koda** (engl. *Lines Of Code* – LOC) je jedna od najkorišćenijih metrika u svakodnevnom radu, i prevashodno je taj status zaslužila zbog velike upotrebne vrednosti i jednostavnog načina izračunavanja. Broj linija izvornog koda je često glavni odraz kompleksnosti nekog softverskog programa. Linije se mogu meriti na nivou celog programa, na nivou paketa, klasa ili metoda

**Broj klasa** (engl. *Number Of Classes* – NOCL) je metrika koja meri broj svih klasa koje učestvuju u definisanju posmatrane funkcionalnosti. Rezultati ove analize moraju biti posmatrani u okviru konteksta problema, jer se različiti rezultati karakterišu kao dobri (ili loši) u zavisnosti od konteksta. U generalnom slučaju, ako je broj klasa premali u odnosu na složenost problema koji rešava, to označava lose, sa druge strane prevelik broj klasa povećava kompleksnost samog rešenja.

**Broj metoda** (engl. *Number Of Methods* – NOM) je vrlo jednostavna metrika koja nam može dati jako dobru predstavu o kompleksnosti neke klase. NOM možemo shvatiti kao LOC metriku objekto-orjentisanih jezika, jednostavnu za merenje i poređenje, ali takođe i metriku koja nam može dati pogrešnu predstavu o klasi koju merimo. U NOM metrici idemo redom kroz izvorni kod klase koju merimo i beležimo sve metode koje brojimo. Kada radimo sa ovom metrikom vrlo je korisno imati neku graničnu vrednost sa kojom možemo porediti naše vrednosti.

**Broj redefinisanih metoda** (engl. *Number Of Redefined Methods* – NORM) predstavlja brojanje metoda definisanih u nadklasi koji se redefinišu u posmatranoj klasi.



Ova metrika može biti od koristi pri evaluiranju struktura nasleđivanja, i pronalaženju neodgovarajućih odnosa roditelj-dete u hijerarhiji klasa.

Drugim rečima, metrikom NORM možemo odrediti nivo specijalizacije klase na kojoj je primenjena metrika, i pomoću dobijene informacije proceniti da li nasleđivanje odgovara zadatim standardima.

**Dubina stabla nasleđivanja** (engl. *Depth of the Inheritance Tree – DIT*) je jedna od metrika kojom možemo ocenjivati kvalitet hijerarhije nasleđivanja u našem programu. Ova metrika je nastala usled potrebe da se pronađu klase koje se nalaze preduboko u hijerarhiji nasleđivanja, zbog čega postaju teške za održavanje i testiranje.

Naime, metrika vraća vrednost koja predstavlja dubinu u hijerarhiji nasleđivanja za merenu klasu. Drugim rečima dobijamo poziciju posmatrane klase u stablu nasleđivanja.

### 3. OPIS PRIMERA SOFTVERA ZA KONVERZIJU MODELA

Ovo poglavlje opisuje strukturu softvera za integraciju elektroenergetskih sistema, korišćenjem mehanizma razmene XML fajlova. Fajlovi koji se razmenjuju su kreirani po IEC 61970-301 **Common Information Model** (CIM) specifikaciji [11], a njihov oblik je diktiran unapred definisanim CIM profilom.

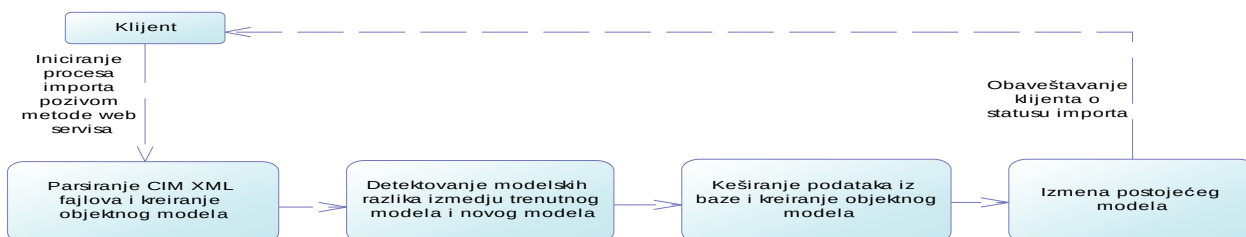
Za komuniciranje putem razmene poruka koristi se *web* servis, čiji interfejs se ne razmatra u ovom radu. Komponenta, u kojoj su primenjeni analizirani šabloni, služi za

prijem, konverziju i čuvanje modela elektroenergetskog sistema. Podatke dobija nakon što se oni izmene u eksternom sistemu, koji sve izmene modela podataka pretoči u CIM/XML [11] format, snimi ih na prethodno definisanoj FTP lokaciji i pozove metodu **web** servisa kako bi se drugom sistemu dala indikacija da može da započne sa učitavanjem podataka.

Nakon primanja poruke o dostupnosti fajlova na *web* servisu, fajlovi se kopiraju na lokalnu putanju kako bi bili dostupni aplikaciji.

Nakon prijema CIM/XML fajlova komponenta za konverziju modela elektroenergetskog sistema izvršava faze obrade koje su prikazane na Slici 1.

- **Prva faza** - Parsiranje CIM/XML fajlova i kreiranje objektnog modela na osnovu njih.
- **Druga faza** - Detektovanje unetih razlika (razlike predstavljaju odstupanja između modela koji se nalazi u okviru sistema i modela koji je kreiran na osnovu CIM/XML fajlova).
- **Treća faza** - Čitanje modela podataka sistema, odnosno keširanje potrebnih podataka i njihovo pretvaranje u objektni model.
- **Četvrta faza** - Izmena postojećeg modela podataka aplikacije na osnovu detektovanih odstupanja, primenom osnovnih operacija upisa, ažuriranja i brisanja.



Slika 1 Tok rada aplikacije

### 4. PRIMENA DIZAJN ŠABLONA

**Abstract Factory** [1] šablon je iskorišćen za rešavanje problema kreiranja modela elektroenergetskog sistema na osnovu podataka koji su parsirani iz CIM/XML fajlova. Na Slici 1 ovaj deo procesa predstavlja fazu 1. Ulazni fajlovi sadrže veliki broj različitih tipova elemenata koji sadrže različite attribute. Da bismo rešili problem iščitavanja podataka iz baze podataka i kreiranja objektnog modela na osnovu iščitanih vrednosti, koji predstavljaju fazu 3 na prikazu toka rada aplikacije (Slika 1), iskoristili smo **Singleton** [1] šablon.

Podaci koji se iščitavaju se razlikuju po nameni i dele se u sledeće tipove: kataloški podaci, grafički podaci, podaci modela.

Klijent treba da pristupa podacima preko jednog interfejsa koji je dostupan u svim ostalim delovima aplikacije. U okviru faze 4 toka rada aplikacije smo primenili **Visitor** [1] šablona čime smo rešili problem implementacije osnovnih operacija upisa, ažuriranja i brisanja za sve elemente modela, pri čemu smo vodili računa da se čuvanje elementa u bazi podataka sastoji iz dva dela – električne osobine i grafičke osobine.

Za rešavanje problema čuvanja objekta koji opisuje dalekovod ili kabl u bazi podataka sa istom implementacijom, kada su njegovi krajevi već postojeći objekti i kada se oni kreiraju zajedno sa reprezentom voda, iskorišćen je **Proxy** [1] šablon.

### 5. ANALIZA REZULTATA

Uticaj primenjenih šablona je analiziran uz pomoć metrika prikazanih u poglavlju 2.1 ovog rada. U okviru procesa merenja kvaliteta izvornog koda korišćene su dve verzije izvornog koda, jedna je verzija u okviru koje su implementirani prethodno opisani dizajn šabloni (V2), dok druga, starija verzija izvornog koda za implementaciju nije koristila dizajn šablone (V1).

Bitno je napomenuti da su za izradu obe verzije izvornog koda korišćene iste verzije programskog jezika C++, kao i da su oba izvorna koda rezultovala softverskim proizvodom sa identičnom funkcionalnošću, zbog čega se može smatrati da rezultati ovog merenja verno prikazuju uticaj dizajn šablona na kvalitet softvera za integraciju elektroenergetskog sistema.

## 5.1 ANALIZA PRIMENE ABSTRACT FACTORY ŠABLONA

Kako bismo verno izmerili uticaj **Abstract Factory** dizajn šablona na kvalitet izvornog koda, u okviru izvornog koda u kojem je implementiran ovaj šablon metrike smo primenjivali nad svim **factory** klasama kao i nad delom koda u kojem se vrši odabir konkretne klase. U izvornom kodu bez dizajn šablona metrike smo primenili nad svim metodama za kreiranje konkretnih instanci kao i nad delom koda koji vrši odabir metode za kreiranje instance konkretne klase. Rezultati analize primene Abstract Factory šablona su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1 Analiza **Abstract factory** šablona

Naziv metrike	Bez dizajn šablona	Sa dizajn šablonima
LOC	637	340
NOM	5	1
NORM	0	1
NOCL	1	22
DIT	0	1

Analizom rezultata prve metrike LOC vidimo da se upotrebom **Abstract factory** šablona broj linija značajno smanjio. Ovo je direktan rezultat jedne od najbitnijih osobina ovog šablona, a to je određivanje tipa elementa koji se kreira, bez korišćenja uslovnih provera (**if - else**). Kao rezultat implementacije ovog šablona izostavlja se upotreba uslovnih provera koja ne samo da smanjuje veličinu izvornog koda i povećava njegovu čitljivost, već rezultuje brzim i efikasnijim programom. Zbog primene ovog šablona u okviru dizajna celog rešenja su dodate jos 22 **factory** klase, pri čemu je namena svake od njih kreiranje jednog tipa elementa modela. Svaka od ovih klasa je poprilično jednostavna i sastoji se samo od jedne metode, što nam i pokazuje metrika NOM. Primenom metrike NORM na kod bez dizajn šablona vidimo da se u celom algoritmu za kreiranje modelskih elemenata ne koriste pogodnosti mehanizma nasleđivanja, što nam ukazuje na moguće propuste u dizajn fazi kreiranja ovog softverskog proizvoda.

Metrika NOCL prikazuje značajno povećanje broja klasa u verziji V2, gde je implementiran dizajn šablon **Abstract factory**, dok je broj klasa u V1 poprilično mali.

Metrika DIT potvrđuje slabo korišćenje mehanizma nasleđivanja u okviru koda u kojem nisu primenjeni dizajn šabloni.

Na osnovu ove analize je moguće zaključiti da se primenom **Abstract factory** šablona smanjuje veličina koda, i osetno poboljšavaju performanse koda zbog smanjenog broja uslovnih provera.

## 5.2 ANALIZA PRIMENE SINGLETON ŠABLONA

Da bismo verno prikazali efikasnost **Singleton** šablona, merili smo deo koda koji predstavlja implementaciju analizirane funkcionalnosti kao i sve delove koda u okviru kojih je pristupano analiziranoj funkcionalnosti. Tabela 2 sadrži rezultate primenjenih metrika. Analizom rezultata metrika primenjenih na **Singleton** šablon potvrđujemo smisao uvrštavanja ovog šablona među anti-šablone u sve većem broju radova koji se bave temom dizajn šablona.

Tabela 2 Analiza **Singleton** šablona

Naziv metrike	Bez dizajn šablona	Sa dizajn šablonima
LOC	323	336
NOM	5	5
NORM	0	0
NOCL	1	1
DIT	0	0

Primenom ovog šablona rezultati metrika se nisu značajno promenili. Metrika LOC pokazuje da je broj linija ostao približno isti, a takođe i sve ostale metrike daju identične rezultate. Kao osnovna namena upotrebe ovog šablona se navodi globalni pristup jedinoj instanci **singleton** klase. Ovim smo umanjili stepen enkapsulacije klase i povećali stepen odgovornosti klase koja koristi **singleton** klasu. U određenim slučajevima korišćenje **Singleton** šablona je opravdano, mada se u velikoj većini slučajeva korišćenje ovog šablona može tumačiti kao greska u dizajn fazi, jer se isti problem može rešiti prosleđivanjem parametara ili definisanjem adekvatne veze asocijacije, čime bi odgovornost klase bila znatno jasnija i mogućnost pravljenja greške bi se znatno smanjila.

Nakon analize rezultata koje su dale metrike primenjene na ovaj šablon utvrđeno je da bi korišćenje ovog šablona trebalo da se ograniči, ili potpuno izbegne, jer ne doprinosi u dovoljnoj meri porastu kvaliteta programskog koda.

## 5.3 ANALIZA PRIMENE PROXY ŠABLONA

Najbolji rezultati uticaja **Proxy** šablona na kvalitet izvornog koda se dobijaju ukoliko se metrike primene, ne samo na deo izvornog koda u okviru kojeg je ovaj šablon primenjen, već i nad svim delovima koda koji pristupaju ovoj funkcionalnosti. Rezultati primene metrika na takav način su prikazani u okviru tabele 3.

Tabela 3 Analiza **Proxy** šablona

Naziv metrike	Bez dizajn šablona	Sa dizajn šablonima
LOC	47	81
NOM	0	8
NORM	0	5
NOCL	0	3
DIT	0	2

Rezultati analize primene metrika na **Proxy** dizajn šablon pokazuju da je kod bez dizajn šablona loše strukturiran, pri čemu postoji veoma velika verovatnoća da takav kod nije dovoljno efikasan. U okviru koda bez dizajn šablona pri svakom pristupu objektu potrebno je proveriti da li je taj objekat **proxy** i u zavisnosti od toga nastaviti izvršavanje programa. Kod sa primenjenim dizajn šablonima isto tretira **proxy** i običan objekat čime smo izbegli dodatne provere pri svakom pristupu. Loša struktura rešenja bez dizajn šablona utiče na slabu održivost rešenja i povećava mogućnost pojave grešaka.

Uvođenjem **Proxy** dizajn šablona povećava se broj metoda, što se vidi tumačenjem rezultata NOM metrike. NORM metrika ukazuje na drastičan porast redefinisanih metoda, što je pokazatelj da ovaj deo izvornog koda dobro koristi mehanizam virtualnih funkcija, sa ciljem optimi-

zacije performansi i povećanja razumljivosti koda. Velika je razlika između stepena održivosti ova dva izvorna koda, jer je kod prvog veoma teško identifikovati sva mesta na kojima se koristi ova funkcionalnost, dok je u okviru koda sa dizajn šablonima to veoma lako uraditi, jer se svaki poziv ove funkcionalnosti svodi na poziv jedne od metoda **proxy** klasa.

Analizom ovih rezultata može se tvrditi da **Proxy** šablon veoma dobro utiče na kvalitet izvornog koda i da ga treba primenjivati u situacijama gde se određena funkcionalnost intenzivno koristi. Takođe je bitno napomenuti da se sa porastom broja **proxy** klasa rezultati drastično menjaju u korist dizajn šablona, dok u slučaju korišćenja ove funkcionalnosti na malom broju mesta u izvornom kodu ne bi trebalo koristiti ovaj šablon, jer bi time znatno povećali veličinu izvornog koda i komplikovali problem koji zahteva jednostavno rešenje.

#### 5.4 ANALIZA PRIMENE VISITOR ŠABLONA

Prilikom analize izvornog koda u okviru kojeg je primenjen **Visitor** dizajn šablon (V2), osim **visitor** klasa, morali smo uzeti u obzir i *visit* metode u svim klasama modela, dok su u kodu bez dizajn šablona metrike (V1) primenjene na sve metode u okviru klasa modela koje čine analiziranu funkcionalnost. Tabela 4 sadrži rezultate analize primene **visitor** šablona.

Tabela 4 Analiza **Visitor** šablona

Naziv metrike	Bez dizajn šablona	Sa dizajn šablonima
LOC	824	662
NOM	1	26
NORM	0	2
NOCL	22	3
DIT	0	2

Primenom metrika nad **Visitor** šablonom dobijamo rezultate kojima potvrđujemo dobre osobine šablona, i njegov pozitivan uticaj na kvalitet softverskog rešenja. Uz pomoć LOC metode primećujemo da se broj linija umanjio. Ako pogledamo izvorni kod, vidimo da su algoritmi ostali isti, uz jednu važnu razliku, a to je prebacivanje bitnih algoritama iz modelskih klasa u **visitor** klase.

Metrika NOM nam pokazuje da se broj metoda drastično povećao u okviru rešenja sa dizajn šablonima, jer se za svaku modelsku klasu u okviru konkretnog **visitor-a** nalazi po jedna metoda. Ovo se može tumačiti kao loša strana ovog rešenja. **Visitor** klase, zbog velikog broja metoda koje sadrže, postaju nepregledne, pri čemu se otežava tumačenje izvornog koda. Metrika NORM nam ukazuje na to da su primenom ovog šablona korišćene dobre strane mehanizma nasleđivanja.

Korišćenjem metrike NOCL vidimo da se kod, koji se nalazio u okviru 22 odvojene klase, sada nalazi u samo 3 klase, pri čemu one pripadaju istoj hijerarhiji. Iako smo grupisanje metoda u okviru jedne klase naveli kao lošu stranu ovog algoritma, ono ima i prednosti: lakša preglednost i pretraga metoda iste namene. Najveća prednost ovog šablona je omogućavanje izmene modelskih klasa bez izmena izvornog koda klase konkretnog modela. Zaključak ove analize je da **Visitor** dizajn šablon pozitivno

utiče na kvalitet softverskog rešenja samo pri velikom broju modelskih klasa.

#### 6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada opisani su softverski šabloni koji su korišćeni za implementaciju aplikacije za konverziju modela u elektroenergetskom sistemu i data je detaljna analiza njihovog uticaja na kvalitet softvera korišćenjem softverskih metrika. Nakon detaljne analize uticaja dizajn šablona na kvalitet softvera konverziju modela elektroenergetskih sistema zaključujemo da ovakav način implementacije rezultuje povećanjem performansi i znatnim povećanjem kvaliteta izvornog koda sa izuzetkom *singleton* dizajn šablona, čiji je pozitivan uticaj na održivost koda minimalan. Održivost koda primenom dizajn šablona se u velikoj meri povećava, jer svako, ko je upoznat sa konceptima korišćenih dizajn šablona, će vrlo brzo moći da tumači i da u skladu sa novim zahtevima modifikuje trenutnu implementaciju. U okviru ovog rada nisu primenjene metrike grešaka i otkaza, koje bi se mogle detaljno analizirati korišćenjem nekog od alata za kontrolu i upravljanje razvojnim verzijama softverskog proizvoda.

#### 7. LITERATURA

- [1] Gamma E., Helm R., Johnson R. & Vlissides J. (1994), "Design Patterns", Addison Wesley.
- [2] Schwegler R.A. (1988), "Patterns In Action", Scott Foresman & Co
- [3] Perišić B. (2013) "Dizajn šabloni I softverske komponente", materijali sa predavanja, FTN NS
- [4] Wikipedia, "Common Information Model" [http://en.wikipedia.org/wiki/Common\\_Information\\_Model\\_\(computing\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Common_Information_Model_(computing))
- [5] Chidanber S., Kemerer C. (1994), "A Metrics Suite for Object Oriented Design", IEEE Transactions on Software Engineering Volume 20, Issue 6: 476-493
- [6] Wikipedia, "Software metrics" [http://en.wikipedia.org/wiki/Software\\_metric](http://en.wikipedia.org/wiki/Software_metric)
- [7] Perišić B. (2013) "Rukovanje konfiguracijom softvera", materijali sa predavanja, FTN NS
- [8] Capers J. (2008), "A short history of lines of code metrics", Capers Jones & Associates
- [9] ISO/IEC 9126-1 (2001) "Software engineering, Product quality, Part 1: Quality mode" International Organization for Standardization
- [10] IEEE 982.2 (1998) "IEEE Guide for use of IEEE standard dictionary of measures to produce reliable software" IEEE standards association
- [11] IEC 61970 (2004), "Common information model (CIM) / Energy Management", International electrotechnical commission

#### Kratka biografija:



**Stojan Nedić** rođen je u Novom Sadu 1988. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – računarstvo i automatika odbranio je 2013. godine.

**PERSPEKTIVE RAZVOJA DISTRIBUCIJE TV SIGNALA****TV SIGNAL DISTRIBUTION PERSPECTIVES**

Danijela Perišić, Željko Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisan je IPTV (Internet Protocol Television) servis kao jedno od najnovijih dostignuća u prenosu TV signala. Za prenos TV signala korišćen je ADSL kao osnovna IP struktura. Razvoj samog servisa trajao je godinama, pa je u Srbiju uveden i pušten u korišćenje preko Telekom Srbije (OPEN IPTV). U radu je opisana i arhitektura mreže, usluge koje nudi sam servis ali i njegova primena u Evropi, Srbiji i zemljama u okruženju.

**Abstract** – In this work IPTV (Internet Protocol Television) service, is described as one of the newest achievements of in TV signal transmission. ADSL is used as basic IP structure for TV signal transmission. Development of service took years, and it has been presented in Serbia and distributed to customers by Telekom Srbija (OPEN IPTV). Network architecture is described, services enabled with this service, as well as application in Europe, Serbia and other countries.

**Ključne reči:** IPTV, Internet, protokol, televizija.

**1. UVOD**

Tržište korisnika tradicionalnog TV servisa je danas u priličnoj meri zasićeno. Telekom operateri se pojavljuju kao potpuno novi igrači u već razvijenom okruženju i da bi sačuvali svoje poljuljane pozicije šansu su videli u uvođenju IPTV servisa. U tržišnim uslovima u kojima je za prosečnog korisnika najbitnije da je servis jeftin i pouzdan, da je zadovoljavajućeg kvaliteta i da pruža korisne i jednostavne dodatne usluge, jedan od težih zadataka jeste ubediti korisnika da promeni način na koji prima TV signal. Kao što i sama reč kaže, IPTV je prenos TV signala putem IP strukture [1]. Preciznije rečeno: IPTV je servis koji se do krajnjih korisnika isporučuje preko mrežne tehnologije bazirane na Internet protokolu i širokopojasnom pristupu Internetu.

Koristeći postojeću telefonsku liniju, do stana stiže TV signal visokog kvaliteta, otporan na atmosferske smetnje i spreman na dvosmernu komunikaciju punu interaktivnih multimedijalnih sadržaja koje omogućava IPTV.

Tako je razvijen i ADSL, koji je korišćen kao IP struktura za prenos IPTV – a. Na taj način dobijamo mogućnost prenosa digitalnog TV signala do velikog broja domaćinstava preko telefonske parice, što ranije nije bilo moguće.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr. prof.**

**2. OPEN IPTV TELEKOMA SRBIJE**

Telekom Srbije podigao je IPTV platformu 15. oktobra 2008. godine. Nakon tromesečnog test režima rada, servis je pušten u komercijalnu upotrebu od 01. januara 2009. godine. IPTV servis Telekom Srbije lansirao je pod novim brendom OPEN IPTV. OPEN IPTV servis uveden je sa ciljem proširenja palete usluga fiksne telefonije, poboljšanja mreže i imidža kompanije i kao način zadržavanja postojećih i privlačenja novih Internet korisnika preko ADSL-a.

Takođe, IPTV usluga je uvedena kao odgovor Telekom na konkurenciju (SBB je prva uvela uslugu digitalne televizije u Srbiji sa preko 95 TV kanala).

Zadržavanje postojećih i privlačenje novih ADSL korisnika je svakako osnovni razlog zbog kojeg je Telekom krenuo u realizaciju IPTV servisa.

**3. AKTUELNA STRUKTURA OPEN IPTV – A – PRESEK STANJA**

Trenutnu strukturu OPEN IPTV – a čine:

- Live TV,
- VoD,
- nPVR.

Korisnicima je na raspolaganju elektronski programski vodič – EPG.

Live TV – Uslugu Live TV čini 98 kanala podeljenih u sedam programskih paketa od kojih je samo Osnovni paket dostupan svim korisnicima, a ostali paketi su predviđeni kao pay paketi koji se dodatno plaćaju. Trenutno su u ponudi sledeći paketi:

- Osnovni – paket u kome su svim korisnicima na raspolaganju 62 TV kanala i to 17 domaćih i 45 stranih satelitskih kanala. U osnovnom paketu je i 14 lokalnih i regionalnih TV kanala koji su na raspolaganju korisnicima na ograničenom području određenom zonom pokrivanja za koji pomenuti TV kanali imaju dozvolu za emitovanje izdatu od strane nadležne Republičke radiodifuzne Agencije (RRA).
- Pink cinema – sastoji se od tri sportska kanala i donosi obilje direktnih i multiprenosa vrhunskih sportskih događaja, poput Lige šampiona, Lige Evrope, italijanske, španske, grčke i brazilske fudbalske lige, oba južnoamerička fudbalska kupa, američkog kupa (NFL), Svetske lige u odbojci, nemačke rukometne lige, boksa i mnogih drugih.
- Fun – ovaj paket je zabavnog karaktera, sastoji se od devet kanala i osmišljen je kao paket



specijalizovanih zabavnih, dokumentarnih i sportskih programa.

- HBO–sastoji se od dva TV kanala, a korisnicima koji se odluče za ovaj paket na raspolaganju je i HBO DIGITAL koji zapravo predstavlja katalog besplatnih filmova za korisnike HBO paketa i koji se nudi po principu VoD–a.
- Cinemax–filmski paket koji se sastoji od dva TV kanala i prikazuje vrhunske i nagrađivane filmove iz celog sveta. Ovaj program je pre svega fokusiran na klasike, kulturne filmove, međunarodne i evropske senzacije filmskih festivala.
- Za odrasle– ovaj paket je namenjen 18+ korisnicima i za kanale koji čine ovaj paket automatski je uključena roditeljska kontrola.

Korisnik se može opredeliti za neku od mogućih kombinacija navedenih paketa. Izgled aplikacije na portalu preko koje korisnik može da odabere željenu kombinaciju prikazan je na Slici 1. Slika prikazuje slučaj kada se korisnik opredeli za korišćenje svih paketa.

Cena IPTV paketa je na donjoj granici ekonomske isplativosti, čak se smatra da će Telekom kada je u pitanju ovaj servis, poslovati sa gubitkom u narednom periodu, ali dugoročno gledano, očekuje se dobitak zbog priliva novih ADSL korisnika i izgradnje Loyalty programa.

Paketi	Izaberi svi <input checked="" type="checkbox"/>
Osnovni	<input checked="" type="checkbox"/>
HBO	<input checked="" type="checkbox"/>
Cinemax	<input checked="" type="checkbox"/>
Arena	<input checked="" type="checkbox"/>
Pink Cinema	<input checked="" type="checkbox"/>
Fun	<input checked="" type="checkbox"/>
Za odrasle	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika1 . Izgled aplikacije za izbor Live TV paketa od strane korisnika

## Video on Demand – VoD

Filmove je moguće naručiti daljinskim upravljačem. Iz kataloga videoteke korisnik bira film ili sadržaj koji želi da pogleda. Po unosu kriterijuma za pretragu (naslov filma, ime glumca i sl.) odmah je moguće videti koji su filmovi na raspolaganju. Gledanje zahtevanog sadržaja je moguće više puta u periodu od 24 sata. Cena pojedinačnih sadržaja varira, kreće se u rasponu od 89 do 259 dinara i uvek je naznačena pored naslova.

Naplata sadržaja vrši se uz potvrdu kupovine upotrebom PIN–a, a kompletan mesečni trošak prikazan je na jedinstvenom Telekom računu. Trenutno je u VoD ponudi oko 450 filmskih naslova koji su razvrstani po žanrovima: drama, komedija, triler, akcioni, horor, naučna fantastika, domaći, za decu, dokumentarni, muzički, za odrasle.

Svaki naslov sadrži pripadajući poster, sinopsis i trejler, kao i podatke o kategoriji, režiseru, glumcima, ceni, rejtingu, provajderu i trajanju. Primer jednog naslova dat je na Slici 2.

Vavilon (2006)	
	Kategorija: Drama
	Režiser: Alejandro Gonzales Inarritu
	Glumci: Brad Pitt, Cate Blanchett, Gael Garcia Bernal
	Cena: 178,80
	Rejting: 16 - nije preporučljivo za mlade od 16 godina
	Provajder: Tuck
	Trajanje: 143
Sinopsis: Potreban je tren da se sudare životi četiri grupe stranaca na tri kontinenta. Dva mlada Marokanaca koja kreću u potragu za stadom koza, par američkih turista, glavu japansku tinejdžerku i dadilju Meksikanku, koja bez odobrenja vodi dvoje dece preko granice, zahvata talas nesreće neslućenih dimenzija.	
<a href="#">Pogledajte trejler</a>	

Slika 2. Izgled jednog filmskog naslova u VoD ponudi

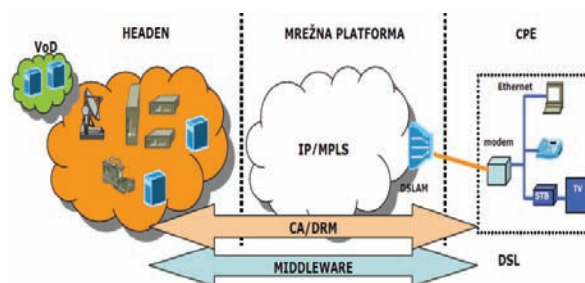
## Snimanje sadržaja – nPVR

Usluga snimanje sadržaja u okviru OPEN IPTV – a omogućava da se sa određenih kanala izvrši zakazivanje snimanja izabranih emisija, filmova ili sportskih dešavanja i njihovo naknadno gledanje. Udobno i jednostavno uz pomoć daljinskog upravljača snimanje je moguće naručiti za više programa istovremeno. Snimljeni materijal je moguće pogledati neograničeni broj puta u periodu od 72 sata. Aktivacija usluge Snimanje sadržaja realizuje se kroz OPEN IPTV meni. Trenutno je moguće aktivirati ovu uslugu za 32 TV kanala određena od strane provajdera servisa.

## 4. OPŠTA ARHITEKTURA IPTV MREŽE

Arhitektura koju će razviti Telekom provajderi da bi obezbedili video servise zavisi od samog telekom provajdera. Međutim, u opštem slučaju arhitektura se može predstaviti kao na Slici 3. Video arhitektura se sastoji od:

- Headend – a,
- Middleware – a,
- Transportne mreže,
- Mreže za pristup i
- Korisničke opreme.



Slika 3. Opšta arhitektura IPTV mreže

Termin Headend preuzet je iz kablovskog sistema i predstavlja mesto u kome se prikupljaju televizijski signali. U Headendu se nalaze prijemnici svih TV kanala, VoD sistem, commerce portal, Internet pristup i dr.

Lokacija Headend-a zavisi od arhitekture sistema. U Video-preko-DSL-a arhitekturi Headend može biti centralizovan i distribuiran. S obzirom da se video sadržaj do korisnika doprema preko ATM mreže, taj sadržaj može biti doveden do ATM mreže praktično u bilo kojoj tački gde postoji ATM komutator.

IPTV Middleware platforma je odgovorna za emitovanje enkriptovanog video signala, Live televizije, kao i za snabdevanje sadržaja Video on Demand servisa do krajnjih korisnika.

Obično ova platforma obezbeđuje i Fault Management, Provisioning i Billing servise, koji se integrišu sa centralizovanim Management platformama provajdera servisa. Video signal Live televizije preuzima se od Headend platforme, dok način preuzimanja Video on Demand sadržaja definiše konkretni provajder.

Praktično, Middleware predstavlja srce sistema koje objedinjuje sve komponente IPTV sadržaja. Middleware određuje izgled grafičkog prikaza, odnosno interfejsa (menija) na TV ekranu, zadužen je za autorizaciju korisnika, za realizaciju zahteva za promenu kanala, kao i zahtev za VoD sadržaj. Ova platforma daje podatke neophodne za sistem za naplatu i zadužena je za niz drugih aktivnosti neophodnih za kompletnu realizaciju IPTV servisa.

Uloga transportne mreže jeste da obezbedi prenos video sadržaja od Headend – a do odgovarajućih DSLAM – ova ili svičeva i rutera koji su na njih povezani i koji se nalaze u pristupnoj mreži. Mreža mora da prenosi dva specifična tipa saobraćaja: multicast i unicast, koji odgovaraju distributivnim i interaktivnim servisima.

## 5. PREGLED IPTV TRŽIŠTA U EVROPI, SRBIJI I OKRUŽENJU

Broj IPTV korisnika širom sveta krajem 2009. godine bio je oko 20 miliona od čega 11 miliona u Evropi, preko 10 miliona u Zapadnoj i više od 800.000 u Istočnoj. U Tabeli 1.data je raspodela broja IPTV korisnika po regionima na godišnjem nivou u period od 2006. do kraja 2008. godine.

Tabela 1. Globalna raspodela broja IPTV korisnika po regionima

### Regional IPTV totals, 2006-2008

IPTV Subscribers, 000s	2006Q4	2007Q4	2008Q3	2008Q4	% growth YoY	% growth QonQ
Asia Pacific	761	2200	3002	3278	49	9
Eastern Europe	173	465	756	821	76	9
Latin America	2	9	19	21	139	12
North America	664	1775	3174	3779	30	19
South and East Asia	1226	1840	3248	3623	97	12
Western Europe, ME and Africa	2894	7056	9271	10317	45	10
Global total	5721	13345	19470	21738	63	12

(source: point topic)

Poslednjih godina tržište Interneta u Republici Srbiji je u ekspanziji. Ova konstatacija se primarno odnosi na broj i strukturu Internet priključaka kao i na visinu ukupnih

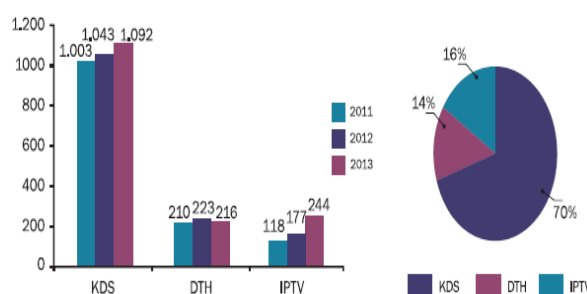
prihoda od pružanja Internet usluga. Ovakva raspodela broja Internet priključaka je sasvim očekivana s obzirom na sve obimnije količine podataka koje se razmenjuju putem Interneta, kao i na sve zahtevnije korisnike koji imaju sve veću potrebu za brzim i lakim pristupom Internetu [2].

Višegodišnji trend rasta iz prethodnih godina nastavljen je i u 2013. godini. Ukupan broj širokopojsnih priključaka u Republici Srbiji u 2013.godini je iznosio 1,4 miliona (ne računajući pretplatnike mreže 3G) što je preko 99% svih Internet priključaka. Najzastupljeniji način pristupa Internetu u Republici Srbiji u 2013.godini bio je ADSL pristup sa preko 690 hiljada priključaka i činio je oko 47% svih širokopojsnih priključaka. Pored pristupne tehnologije ADSL, pristup Internetu bilo je moguće ostvariti i putem kablovskog modema, što je još jedna usluga operatora kablovske televizije, direktno preko Ethernet, putem optičkog kabla, bežičnim putem u frekvencijskim opsezima od 2,4 GHz i 5,8 GHz koji su u slobodnom režimu upotrebe, u manjem broju korišćenjem opsega 3,4–3,6 GHz i putem mreže mobilnih operatora. Raspodela operatora prema načinu pristupa Internetu koji omogućavaju krajnjim korisnicima prikazana je u Tabeli 2.

Tabela 2. Broj operatora prema načinu realizacije pristupa

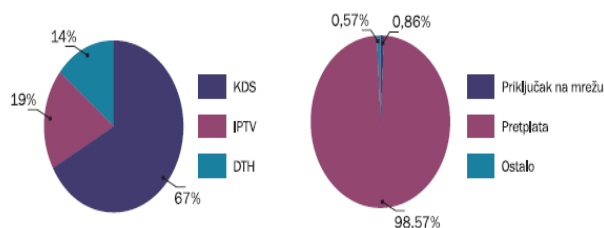
	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.
DialUp	36	42	29	18	12
Kablovski modem	20	22	21	22	23
Optički kabl	3	11	11	12	12
Ethernet	24	25	14	10	12
Bežični pristup	78	115	109	95	71
ADSL	27	23	21	13	16

Međutim u Srbiji je zabeležen i porast prihoda od pružanja usluge distribucije medijskih sadržaja [3]. Može se reći da je rast prihoda prvenstveno posledica stalnog povećanja broja pretplatnika kao što je prikazano na Slici 4, poboljšanja kvaliteta i uvođenja dodatnih usluga, ali i povećanja cena mesečne pretplate distribucije medijskih sadržaja



Slika 4. Raspodela pretplatnika usluge distribucije prema vrsti

Najveće učešće u ukupnim prihodima od distribucije medijskih sadržaja (Slika 5.) imaju prihodi od KDS-a u visini od 67%, učešće IPTV je 19%, dok DTH (satelitske distributivne mreže, Direct to Home) ima učešće od 14%.



Slika 5. Struktura prihoda u 2013. godini

## 6. BUDUĆNOST IPTV

Podaci koji se nalaze u najnovijem istraživanju koje je objavio MRG (Multimedia Reasrch Group [5]) pokazuje da je poboljšanje standardnih usluga IPTV kompanija rezultiralo znatno bržim rastom nego što je to bio slučaj kod kablovskih i satelitskih operatera. Analitičari iz kompanije MRG predviđaju da će broj pretplatnika na svetskom nivou rasti sa 53 miliona koliko je taj broj iznosio 2011. godine, na 105,1 miliona u 2015. godini. Prihodi IPTV kompanije porašće sa 21,8 milijardi dolara u 2011. godine na 45,3 milijardi dolara u 2015. godini što je povećanje od 20 odsto.

Uprkos nedavnim izveštajima koji su ukazali na to da će 2012. biti godina u kojoj će azijske kompanije preuzeti lidersku poziciju na IPTV tržištu, MRG navodi da će do 2015. godine i dalje Evropa i Severna Amerika nastaviti da generišu veći deo globalnih prihoda u ovom segmentu tržišta.

U prošlosti ova tehnologija je ograničena relativno visokim troškovima instalacije pogodne za prenos IPTV sadržaja u kući kupca. U narednim godinama, instalacije u stambenim prostorima očekuje se da će rasti brzim tempom kao širokopojasne i biti dostupne u više od 200 miliona domaćinstava u svetu.

Mnoge svetske kompanije telekomunikacionih usluga i dalje istražuju IPTV kao novu mogućnost zarade od svojih postojećih tržišta i kao zaštitne mere protiv nadiranja iz više konvencionalnih kablovskih televizijskih usluga.

## 7. ZAKLJUČAK

Prema procenama "Business Monitor International" broj širokopojasnih priključaka pristupa Internetu u 2015. godini iznosiće oko 5 miliona. Istovremeno, u svetu se beleži stalni rast broja IPTV korisnika, kao i prihoda od IPTV servisa. Predviđa se da će do 2015. godine IPTV tržište u svetu vredeti 43 milijardi američkih dolara.

Razvoj IPTV-a i propratnih tehnologija nije ni približno završen. Potrebno je doraditi sve segmente mreže kako bi sam servis i njegovo korišćenje bili što sličniji TV-usluzi na kakvu su korisnici navikli. Zbog toga je za pružanje usluga IPTV-a neophodno permanentno praćenje rada mreže i samog servisa za šta postoje automatizovana rešenja. Danas, kada su cene korišćenja širokopojasnog pristupa Internetu u opadanju i kada su prihodi od telefonskih usluga sve manji, IPTV postaje glavni servis oko koga se vodi borba između telefonskih i kablovskih operatera u cilju očuvanja pozicije na tržištu, uvećanja prosečnog mesečnog prihoda po pretplatniku i očuvanju postojeće baze korisnika. Uzevši u obzir navedene podatke, sasvim je izvesno da IPTV servisu predstoji veoma dinamična budućnost kako na globalnom tako i na domaćem tržištu.

## 8. LITERATURA

- [1] <http://sr.wikipedia.org/sr/IPTV>, jun 2014
- [2] <http://www.ratel.rs.html>, jul 2014
- [3] [http://www.ratel.rs/trziste/pregledi\\_trzista.230.html](http://www.ratel.rs/trziste/pregledi_trzista.230.html), jul 2014
- [4] <http://sr.wikipedia.org/sr/%D0%A2%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%98%D0%B0>, jul 2014
- [5] <http://www.rts.rs/page/rt/sr/Digitalizacija/story/1578/Vesti/1062576/IPTV+nadma%C5%A1io+kablovsku+i+satelitsku+TV.html?email=yes>, jun 2014

## Kratka biografija:



**Danijela Perišić** rođena je u Foči 1989. god. Diplomski-master rad odbranila je 2014. godine iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – TV i video sistemi.



**Željen Trpovski** rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

**RCAM METOD ZA OCENU UTICAJA ODRŽAVANJA NA DISTRIBUTIVNE SISTEME****RCAM METHOD FOR ASSESSING THE IMPACT OF MAINTENANCE ON DISTRIBUTION SYSTEMS**

Budimir Đerić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom članku je prikazan RCAM metod za ocenu uticaja održavanja na distributivne sisteme.

**Abstract** – This paper presents RCAM method for assessing the impact of maintenance on distribution systems.

**Ključne reči:** Preventivno održavanje, upravljanje imovinom, održavanje fokusirano na pouzdanost (RCM), upravljanje sredstvima fokusirano na pouzdanost (RCAM)

**1. UVOD**

Održavanje usredsređeno na pouzdanost (*Reliability Centered Maintenance* – RCM) je kvalitativni sistematski pristup planiranju održavanja. Ono proizilazi iz potrebe za razvijanjem efikasnijih pristupa planiranju preventivnog održavanja (*Preventive Maintenance* – PM) koje ne umanjuje nivo pouzdanosti. Glavna odlika RCM-a je njegov fokus na očuvanje funkcije sistema kada se određuju prioriteti za PM ključnih komponenti istog. Međutim, ovaj metod uglavnom nije u stanju da pokaže koristi održavanja za pouzdanost sistema i troškove. Za te potrebe je razvijen kvantitativni pristup RCM-u, to jest metod upravljanja sredstvima usredsređen na pouzdanost (*Reliability Centered Asset Maintenance* – RCAM). Uspostavljanje odnosa između mera održavanja i poboljšanja pouzdanosti je, međutim, kompleksan problem i neophodno je dosta ulaznih podataka kako bi se podržao metod. RCAM, kao i RCM pristup sigurno predstavljaju način za stvaranje resursa koji pružaju ulazne podatke.

**2. TEHNIKE MENADŽMENTA IMOVINOM****2.1. Osnovni zadaci upravljanja imovinom**

Upravljanje imovinom podrazumeva rukovanje grupom uređaja (imovine), garantujući povoljan povrat i osiguravanje definisanog servisa i sigurnosnih standarda. Neke od najvažnijih strategija i tehnika upravljanja koje zaista koriste mrežni operateri su [4]:

- strategije održavanja
- utvrđivanje stanja komponente
- simulacija imovine
- analiza statističke greške i statistički pristup upravljanju imovinom (distribucija)
- menadžment života (transmisija)

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miroslav Nimrihter, vanr. prof.

**2.2. Strategije održavanja**

Strategije održavanja se mogu podeliti na osnovu različitih pristupa, što vodi ka variranju troškova održavanja i dostupnosti imovine.

Jedan od uobičajenih načina za klasifikaciju strategija održavanja je da se napravi razlika između stanja komponente sa jedne strane i važnosti komponente sa druge strane. Neke važnije strategije održavanja su [4]:

- Korektivno održavanje (CM)
- Vremenski bazirano održavanje (TBM)
- Održavanje zasnovano na stanju (CMB)
- Održavanje zasnovano na pouzdanosti (RCM)

**3. RCM I NJEGOVO PROŠIRENJE NA KVANTITATIVNI PRISTUP RCAM**

Ukupna pouzdanost se može unaprediti smanjivanjem bilo učestanosti bilo trajanja prekida. Aktivnosti preventivnog održavanja (*Preventive Maintenance* – PM) mogu uticati na učestanost sprečavajući uzrok kvara. Znači, PM je efikasan kada koristi u pogledu pouzdanosti nadvladaju troškove implementacije mera PM-a. Naravno, postoji veza za sredstvima za inkorporiranje sistemskih metoda koje povezuju delove sistema sa poboljšanjem pouzdanosti sistema. To je deo šireg koncepta upravljanja sredstvima (*Asset Management*). Ono podrazumeva donošenje odluka koje dozvoljavaju mrežnim poslovima da maksimiziraju dnevni profit, dok u isto vreme obezbeđuju visok nivo usluge za klijente sa prihvatljivim i upravljivim rizicima [2].

Održavanje i pouzdanost su važni zbog velikih troškova povezanih sa merama održavanja usled gubitaka u proizvodnji i kvarova. Kvarovi takođe mogu dovesti do posledica po životnu sredinu ili ličnu bezbednost. Ovi aspekti se takođe mogu uzeti u obzir prilikom sprovođenja RCM analize.

**4. RCAM METOD ZA PROCENU UTICAJA ODRŽAVANJA U ELEKTRODISTRIBUTIVNIM SISTEMIMA****4.1. RCAM metod**

Preovlađujući trošak za elektrodistribuciju je održavanje sredstava u sistemu, na primer usvajanjem preventivnih mera koje se zajedničkim imenom zovu preventivno održavanje (*Preventive Maintenance* – PM). Mere PM mogu imati uticaj na pouzdanost bilo unapređenjem stanja bilo produžavanjem životnog veka sredstava. Ukupna pouzdanost se može unaprediti smanjenjem učestalosti ili trajanja prekida. Aktivnosti PM-a mogu uticati na učestalost prevencijom uzroka kvara. PM je isplativ kada



je korist od pouzdanosti veća od troškova implemen-  
tiranja mera PM. Dakle, za elektrodistribuciju postoji  
potreba uvođenja sistemskih metoda uspostavljanja  
odnosa između održavanja sredstava u sistemu i  
unapređenja pouzdanosti sistema. Ovo je deo šireg  
koncepta koji se naziva upravljanje sredstvima. Ono  
podrazumeva donošenje odluka kako bi se maksimizirao  
dugoročni profit isporučivanjem visokog nivoa usluga  
klijentima uz prihvatljive i upravljive rizike [5].

U ovom radu je predložen metod održavanja sredstava  
orijentisan na pouzdanost (*Reliability Centered Asset  
Management* – RCAM), koji daje kvantitativni odnos  
između PM sredstava i ukupnih troškova održavanja.  
Ovaj metod je razvijen na RCM principima u pokušaju da  
se bliže odredi odnos uticaja održavanja na troškove i  
pouzdanost sistema i to na bazi obimnih rezultata primene  
istog u stvarnim elektrodistributivnim sistemima.

Metod je primenjen za dva različita distributivna sistema  
u Švedskoj: ruralnom sistemu sa nadzemnim vodovima u  
južnoj Švedskoj i urbanom podzemnom sistemu kablova  
u centru Stokholma [1].

#### 4.1.1. Procena pouzdanosti

Računarski program RADPOW (*Reliability Assessment of  
Electrical Distribution Systems*) je razvijen na bazi  
analitičkog pristupa na Kraljevskom institutu za  
tehnologiju u Švedskoj. U njemu su korišćeni tehnika  
mrežnog modelovanja i najmanji skup preseka kako bi se  
dobili modeli kvarova. Ovaj program procenjuje  
indikatore pouzdanosti i sistemske indikatore pouzdanosti  
[1]:

1. Indikatori pouzdanosti su: očekivani broj  
kvarova ( $\lambda$ ) [prekid/god], godišnje trajanje  
prekida (unavailability) (U) [h/god], prosečno  
trajanje prekida (r) [h/prekid] i prosečna  
neisporučena energija (E) [kWh/god]
2. Sistemski indikatori pouzdanosti su: SAIFI  
[prekida/god,potrošač], SAIDI [h/god,potrošač],  
CAIDI [h/prekid] i AENS [kWh/god,potrošač]

Prvi korak u metodu je identifikovanje ključnih  
komponenti za pouzdanost sistema iz analize osetljivosti.  
Ove komponente se dalje proučavaju sa fokusom na uticaj  
mera održavanja. Zatim se uspostavlja se odnos između  
pouzdanosti i održavanja putem uspostavljanja odnosa  
između efekata PM na uzroke kvarova na komponentama  
koje se procenjuju.

Za uspostavljanje tog odnosa koriste se dva pristupa. Prvi  
pristup pretpostavlja konstanto smanjenje broja kvarova i  
efekta PM, dok drugi pristup pretpostavlja da ovaj odnos  
zavisi od vremena. U prvom slučaju,  $\lambda(\text{PM})$  zavisi samo  
od efekata PM (Pristup I), a u drugom slučaju  $\lambda(t, \text{PM})$   
zavisi i od vremena (Pristup II), a smanjenje broja  
kvarova je posledica mera PM za datu komponentu koja  
se proučava.

Formulisane modele broja kvarova za Pristup II je  
komplikovan zadatak. Detalji teorija na kojima se on  
zasniva su suviše obimni da bi bili podrobno prikazani u  
ovom radu, tako da su dati samo opšti principi, rezultati i  
primena.

Glavne faze RCAM pristupa su [1]:

- Faza 1 – Analiza pouzdanosti sistema: defini-  
sanje sistema i procena ključnih komponenti koje  
uticu na pouzdanost sistema
- Faza 2 – Modelovanje pouzdanosti komponenti:  
detaljna analiza komponenti i uz podršku  
odgovarajućih izlaznih podataka, definisanje  
kvantitativnog odnosa između pouzdanosti i  
mera PM
- Faza 3 – Analiza pouzdanosti sistema i  
troškova/koristi: stavljanje rezultata iz prethodne  
faze u perspektivu sistema i procena efekta  
održavanja komponenti na pouzdanost sistema i  
uticaj različitih strategija PM na troškove

Ove tri faze naglašavaju centralnu osobinu ovog metoda a  
to je da se analiza pouzdanosti vrši od nivoa sistema  
prema nivou komponenti i nazad na nivo sistema.

#### 4.1.2. Ekonomska procena

Ekonomska procena dovodi RCAM analizu do poslednjeg  
koraka a to je dobijanje koristi u pogledu troškova usled  
uticaja održavanja na pouzdanosti. Motivacija za svaku  
strategiju PM je da cena primene mera PM treba da bude  
manja od preduzimanja nikakvih mera. Ukoliko se izvede  
PM ili se uopšte ne izvede, tada je verovatnije da će se  
desiti više kvarova u sistemu, što će rezultovati većih  
brojem popravki, odnosno biće potrebe za više  
korektivnog održavanja (CM). Zato je važno pitanje  
poređenje troškova povezanih sa različitim metodama  
održavanja, uključujući i PM i CM sa ciljem umanjivanja  
ukupnih troškova održavanja.

Postoji nekoliko troškova koji su povezani sa efektima  
kvarova u sistemu. Dva direktna troška su [1]:

1. troškovi kvarova (CM), odnosno troškovi za  
popravke i gubitak prihoda usled neisporučene  
električne energije
2. troškovi mera PM, odnosno planiranog  
održavanja ili zamene komponenti pre kvara.

Međutim, troškovi kvara zavise i od troškova potrošača  
takođe. Prekid isporuke električne energije pogađa  
potrošača koji može pretrpeti direktne troškove i/ili će biti  
obeštećen putem kaznene isplate. Najzad, predložena  
analiza troškova uzima u obzir sledeće stavke [1]:

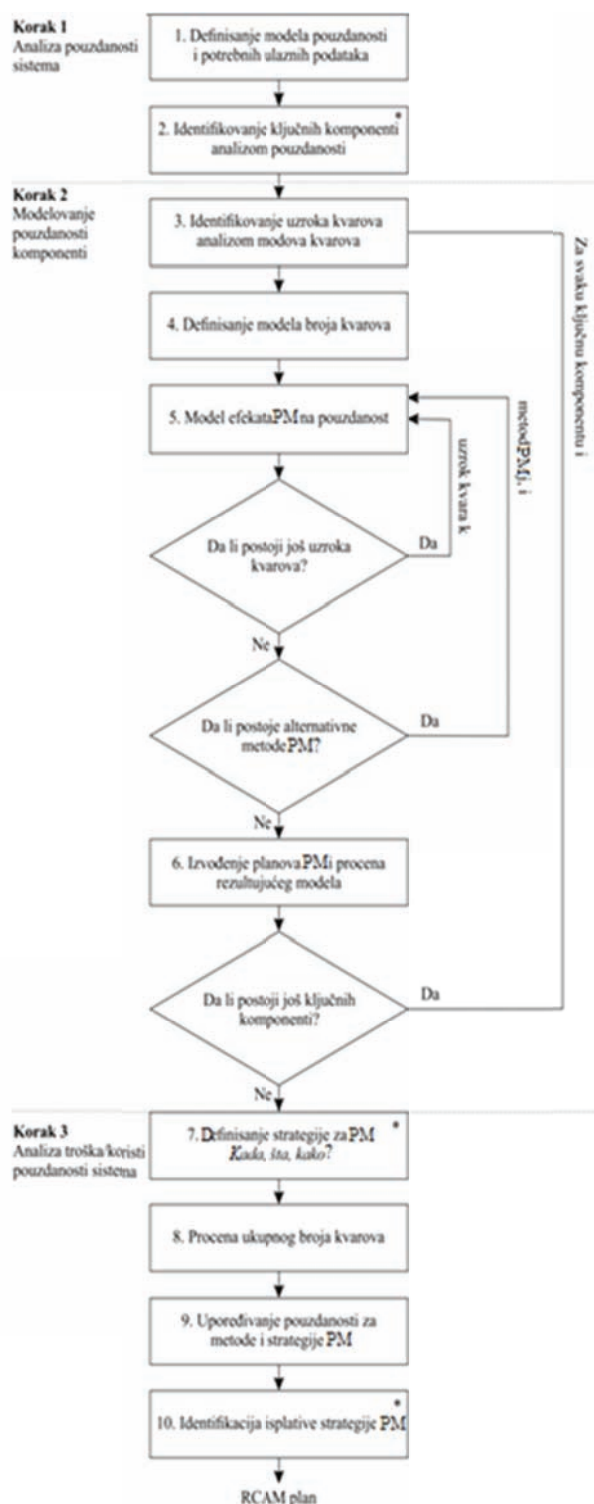
- trošak kvara  $C_f$
- trošak preventivnog održavanja  $C_{PM}$
- trošak prekida  $C_{int}$

Optimalni metod održavanja i strategija PM su rešenje  
koje svodi zbir ova tri troška na najmanju meru. Međutim,  
u nekim slučajevima nije potrebno uključiti  $C_{int}$ , na primer  
za jednostavno ili inicijalno poredane strategije.

Ekonomske procene se izvode korišćenjem fundamentalnih  
tehnika. Troškovi se procenjuju na godišnjem nivou sa  
pretpostavkom povećanja usled inflacije  $d_1$ . Štaviše,  
investicije u mere PM se raspoređuju na preostalo vreme  
u periodu procene  $T$ . Najzad, procenjuje se ukupna  
trenutna vrednost ukupnih godišnjih troškova. Trenutna  
vrednost jednog izdatka ( $C$ ), koji se plaća posle  $n$  godina  
sa umanjjenjem  $d_2$ , dobija se množenjem faktorom  
sadašnje vrednosti  $PV(n, d) = (1 + d_2)^{-n}$ .

## 4.2. Koraci u RCAM metodu

Slika 1. predstavlja logiku RCAM metoda. Ova slika uključuje različite faze i korake u metodu i systemske procese za analiziranje komponenti sistema i uzroka njihovih kvarova. Rezultujući metod se implementira u MATLAB-u pri čemu izlaz iz RADPOW koristi kao ulaz.



Slika 1. Logika RCAM metoda (koraci koji su označeni zvezdicom [\*] koriste RADPOW program za analizu pouzdanosti)

Korak 1 – Analiza pouzdanosti sistema

- 1) Definisanje modela pouzdanosti i potrebnih ulaznih podataka

Definisanje ulaznih podataka podrazumeva mrežne podatke, podatke o pouzdanosti komponenti, podatke o potrošačima i model pouzdanosti.

- 2) Identifikovanje kritičnih napona i komponenti za pouzdanost sistema na osnovu rezultata analize pouzdanosti

- Pristup analizi osetljivosti je sledeći: kategorizovati komponente po tipu, izmenjati njihove ulazne brojeve kvarova za svaki tip posebno i proceniti rezultujuće indikacije za sistem i različite stepene opterećenja. Ovu analizu treba izvršiti za različite visine napona i stepene opterećenja a dobijeni rezultati daju listu prioriteta za mere PM.

Korak II – Modelovanje pouzdanosti komponentata

- 3) Identifikovati uzroke kvarova putem analize modova kvarova za svaku komponentu koja je identifikovana kao ključna i na kojoj se primenjuje PM

- Identifikovati uzroke kvarova na bazi razumevanja: funkcije komponente, modova kvara i zabeleženih kvarova.
- Odrediti procenat u kome svaki uzrok doprinosi ukupnom broju kvarova iz podatka o prekidima i ekspertize.
- Identifikovati iskustvene podatke za prekide usled kvarova.
- Identifikovati moguće efekte metoda PM

- 4) Definisanje modela broja kvarova  
Za komponente  $i, i=1,...,n$  modelovati funkciju broja kvarova  $\lambda_i$  na sledeći način:

a) Pristup I:

Jednostavno pretpostavimo da je broj kvarova jednak prosečnom broju prekida,  $\lambda_a^i$  iz ulaznih podataka o pouzdanosti (Korak 1).

$$\lambda^i = \lambda_a^i \quad (1)$$

b) Pristup II:

Pretpostavimo da se funkcija broja kvarova može dobiti kao zbir doprinosa različitih uzroka kvarova usled nekog tipa  $k, k=1,...,n$ . Zatim izvedemo model za broj kvarova u funkciju vremena, koristeći iskustvene podatke iz Koraka 2 za modelovanje broja kvarova, na sledeći način:

$$\lambda^i(t) = \sum_{k=1}^m \lambda_k^i(t) \quad (2)$$

- 5) Modelovanje efekta PM na pouzdanost za svaki uzrok kvara
- 6) Izvođenje različitih planova za primenu PM i procena rezultujućeg efekta na broj kvarova određene komponente

Korak 3 – Analiza troškova/koristi pouzdanosti sistema

- 7) Definisanje i implementiranje različitih strategija za PM
- 8) Procena rezultujućeg kompozitnog broja kvarova
- 9) Upoređivanje pouzdanosti sistema tokom primene različitih metoda održavanja i strategija PM
- 10) Identifikovanje isplative strategije PM
  - Proceniti funkcije troškova u [trošak/god] na bazi predstavljenoj u [2], sa i bez PM
    - trošak kvara  $CCM_f$
    - trošak prekida isporuke  $CCM_{int}$
    - trošak preventivnog održavanja  $CCM_{PM}$

a)Pristup I:

$$CCM_f = \sum_{i=1}^n \lambda^i \cdot c_f^i \quad (3)$$

$$CPM_f(S) = \sum_{i=1}^n \lambda^i(S) \cdot c_f^i \quad (4)$$

gde je  $c_f^i$  trošak za kvar komponente  $i$  [trošak/kvar].

b)Pristup II:

$$CCM_f(t) = \sum_{i=1}^n \lambda^i(t) \cdot c_f^i \cdot (1 + d_1)^t \quad (5)$$

$$CPM_f(t, S) = \sum_{i=1}^n \lambda^i(t, S) \cdot c_f^i \cdot (1 + d_1)^t \quad (6)$$

gde je  $d_1$  nivo inflacije.

a)Pristup I:

$$CCM_{int} = c_{int}^{Lpi} \cdot E_{Lpi} \quad (7)$$

$$CPM_{int}(S) = c_{int}^{Lpi} \cdot E_{Lpi}(PM) \quad (8)$$

gde je  $c_{int}^{Lpi}$  trošak prekida isporuke klijentu u [trošak/kWh].

b)Pristup II:

$$CCM_{int}(t) = \sum_{i=1}^{nlp} E_{Lpi}(t, CM) \cdot c_{int}^{Lpi} \cdot (1 + d_1)^t \quad (9)$$

$$CPM_{int}(t, S) = \sum_{i=1}^{nlp} E_{Lpi}(t, S) \cdot c_{int}^{Lpi} \cdot (1 + d_1)^t \quad (10)$$

- Proceniti ukupne godišnje troškove u [trošak/god].

a)Pristup I:

$$TCCM = CCM_f + CCM_{int} \quad (11)$$

$$TCMP(S) = CPM_f(S) + CPM_{int}(S) + CPM_{PM}(S) \quad (12)$$

b)Pristup II:

$$TCCM(t) = CCM_f(t) + CCM_{int}(t) \quad (13)$$

$$TCMP(t) = CCM_f(t, S) + CCM_{int}(t, S) + CPM_{PM}(t, S) \quad (14)$$

- Proceniti sadašnje vrednosti u [trošak].

a)Pristup I:

$$TCCM = CCM_f + CCM_{int} \quad (15)$$

$$TCMP(S) = CPM_f(S) + CPM_{int}(S) + CPM_{PM}(S) \quad (16)$$

b)Pristup II:

$$TCCMPV(t) = \sum_{t=t_0}^T TCCM(t) \cdot PV_f(t, d_2) \quad (17)$$

$$TCCMPV(t, S) = \sum_{t=t_0}^T TCMP(t, S) \cdot PV_f(t, d_2) \quad (18)$$

Isplativo rešenje je strategija održavanja koja daje najnižeukupne troškove kada se ukupni troškovi PM

porede sa različitim skupovima  $S$  i sa slučajem PM, odnosno CM.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je RCAM metoda za planiranje preventivnog održavanja, koja uključuje uspostavljanje kvantitativnog odnosa između pouzdanosti održavanog elementa i primenjenih metoda održavanja. Rezultati primene pokazuju kako se RCAM metod planiranja može upotrebiti za upoređivanje različitih metoda održavanja i strategija PM na bazi ukupnih troškova održavanja, koji uključuju uticaj mera PM na pouzdanost sistema. Oni pokazuju da se RCAM metod može sprovesti i podržati stvarnim ulaznim podacima. Uspostavljanje odnosa između održavanja i poboljšanja pouzdanosti je kompleksan problem i potrebno je dosta ulaznih podataka koji će podržati metod, što može zahtevati značajno unapređivanje baza podataka.

RCAM metod, primenjen na deo jednog EES-a, pokazuje da je srednjenaponski nivo mreže najuticajniji na sistemsku pouzdanost, a komponente koje su najuticajnije jesu vodovi. U praksi je verovatno da će procedure PM biti izvođene više puta tokom životnog perioda svake komponente.

Od izuzetnog značaja za efikasno planiranje održavanja je procena relativnih vrednosti sprovođenja pojedinih strategija održavanja koje su na raspolaganju. Završni korak u RCAM analizi je procena sadašnjih vrednosti ukupnih troškova održavanja.

## 6. LITERATURA

- [1] L. Bertling, R. Allan, R. Eriksson, "A Reliability Centered – Asset Maintenance Method for Assessing the Impact of Maintenance in Power Distribution Systems", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.20, No.1, February 2005.
- [2] L. Bertling, "RCM and its extension into a quantitative approach RCAM", *IEEE Tutorial on Asset Management – Maintenance and Replacement Strategies*, Tampa, USA, 24-28 June 2007.
- [3] S. M. Al-Batayneh, M. S. Al-Mehairi, "Best Practices of Distribution Networks Asset Management in view of PAS55 Framework", *Dubai Electricity & Water Authority (DEWA), Asset Management Department*, 2008.
- [4] J. Schneider, A. Gaul, C. Neumann, J. Hogräfer, W. Wellßow, M. Schwan, A. Schnettler, "Asset Management Techniques", *15th PSCC*, Liege, 22-26 August 2005.
- [5] J. Moubray, "Reliability – centered Maintenance", Leicestershire, Lutterworth, September 1997.

## Kratka biografija:

**Budimir Đerić** rođen je u Bihaću 1989. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranio je 2014.god.

**MULTISENZORSKE APLIKACIJE ZA DECU OD SREDNJE DO POTPUNE OMETENOSTI U RAZVOJU BAZIRANE NA POKRETU TELA****MULTISENZORSKE APLIKACIJE ZA DECU OD SREDNJE DO POTPUNE OMETENOSTI U RAZVOJU BAZIRANE NA POKRETU TELA**

Filip Bojanović, Željen Trpovski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast: ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisan je jednostavan interaktivan sistem baziran na informacijama dobijenim od senzora na daljinu povezanim sa mikrokontrolerom "Arduino". Informacija o udaljenosti bazira se na pozicija korisnikove ruke ili tela i potom kroz šest aktivnih aplikacija prezentuje se motivaciona povratna informacija koja pokušava da ohrabri i pomogne korisnicima ometenim u razvoju da kontrolišu sredinu oko sebe i treniraju motorne sposobnosti.

**Abstract** – In this paper, we present a simple interactive system based on the information provided by a distance sensor connected to an "Arduino" board. The distance information is based on the position of the user's hand, and it is then passed to six different action/reaction applications which offer motivating and multimodal feedback to try and engage users with severe to profound disabilities to control the environment and to improve their relationship with the environment and to train motor movements.

**Cljučne reči:** Arduino, deca ometena u razvoju, multi-senzorske aplikacije, processing, Java, C++, Testiranje funkcionalnosti mikrokontrolera.

**1. UVOD**

U ovom radu biće opisan projekat namenjen deci ometenoj u razvoju. Posmatrajući neke slične radove i alate na internetu i u literaturi na koji način može da se pomogne deci koja imaju problema da uče, prepoznaju i barataju sa nekim svakodnevnim stvarima, kao što su objekti različitih dimenzija i boja, došlo se na ideju istraživanjima i samim testiranjem da tehnologija može da pomogne svakom pojedincu da uz splet uzastopnih ponavljanja nauči ono najosnovnije iz sveta oblika, boja i zvukova.

Vlada Balearskih ostrva i Univerzitet na Majorci su uzeli ovaj projekat za dalji rad, u koji će biti i ja uključen kako bi se smislile različite aplikacije koje mogu da pomognu u obrazovanju, ne samo dece ometene u razvoju već i male dece koja uče slova, brojeve, boje i predmete.

Drugi dobri primeri ovog vezani su za medicinu, gde su bazirano na ovome napravljeni mnogi medicinski aparati za lociranje malignih tumora, za lociranje određenih organa u telu na različitim udaljenostima, pa se lekarima

može na ekranu ispisati do kog je tačno dela nekog organa došao provlačenjem senzora, koji udaljenost može da meri u milimetrima.

Pored engleskog jezika postoje i delovi verzija na španskom i katalonskom jeziku, prilagođena deci i učiteljima za špansko govorno područje u celini, pokrajini Katalunija, oblast Valensije i Balearskih ostrva (Ibica, Majorka, Menorka i Formentera).

**2. MOTIVACIJA**

Ljudi sa srednjom ometenošću u razvoju su oni koji u kratkom objašnjenju su označeni kao ljudi sa mentalnom retardacijom. Oni zahtevaju veoma detaljnu i pažljivu negu, koja često mora da bude od strane lica koje je za to posebno obučeno, tako da bi se oni što lakše mogli uklopiti u svakodnevnicu i kako bi mogli da uživaju u kvalitetnom životu na sličan način kao i ostatak društva. Visina nivoa inteligencije može da bude jedan od pokazatelja da osoba ima ometenost i oni sa srednjom reterdacijom imaju IQ od 20 do 35 na standardnim testovima, dok oni sa dubokom ometenošću imaju čak ispod nivoa 25.

Korišćenje tehnologija može da bude velika prednost. Upotreba govornih, pisanih ili slikovitih stvari pomaže deci i ljudima da razumeju svet oko sebe i da testiraju svoju ulogu u društvu kroz aktivno učešće u pojedinim zadacima. Deca ometena u razvoju mogu da koriste tehnologije za analizu sveta oko sebe, boja, oblika i zvukova, prepoznavanje nekih već viđenih predmeta ili poznatih pesama.

Ovaj rad je baziran na prethodnim radovima na slične teme. Jedan od njih je interfejs baziran na pokretu narukvice u boji. Kamera detektuje dotičnu narukvicu i ukoliko je ruka pesma se reprodukuje, a ukoliko se ruka spusti pesma je pauzirana. U ovom projektu je problem što za svako pomeranje korisnika mora da se pomera i kamera, što nije dobro za decu koja su u kolicima. Takođe, može da im ometa pažnju narukvica u boji pa da ne prate aktivnosti na ekranu.

Zbog tog razloga potrebno je bilo osmisliti nešto što neće ometati pažnju deci. Svrha je bila napraviti 6 akcija/reakcija aplikacija da se korisnik motiviše i da trenira svoje reflekse. Najvažnije je da korisnik dobije utisak da kontrolišu svet oko sebe i da se deca nateraju da pomeraju svoje ruke zarad te kontrole okoline. Veoma je važno da sistem ne bude komplikovan kako to decu koja u

**NAPOMENA:**

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je bio dr Željen Trpovski, vanr. prof.



veoma malog uzrasta ne bi moglo ništa da zbuni. Ruku dete pomera napred i nazad i različite aktivnosti se događaju na ekranu u formi audio ili vizuelnog efekta.

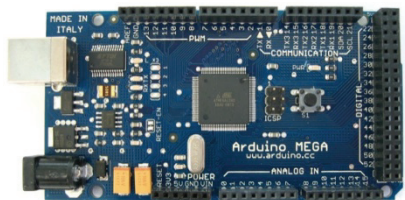
Sistem mora da bude lak za korišćenje, automatski, jeftin, fleksibilan i veoma pristupačan. Na osnovu informacija iz studija vezanih za decu ometenu u razvoju sistem mora da:

- Daje različite povratne informacije kao se korisnik pomera bliže ili dalje od senzora na distance.
- Maksimalno kretanje koje smo postavili ručno je 50 cm zato što su poneki korisnici u kolicima.
- Mora da bude lak za konfigurisanje i da ima materijale u sebi za motivisanje korisnika.
- Mora da natera kporisnika da pomera ruke
- Pomogne im da se osećaju nezavisno i da imaju utisak upravljanja sredinom

### 3. STRUKTURA

Ovaj rad je baziran na "Arduino" ploči i ultrazvučnom senzoru na daljinu koji su povezani u elektronsko kolo i isprogramirani da mogu da obavljaju željenu funkciju.

"Arduino" je platforma koja je bazirana na ploči mikrokontrolera i ima svoje posebno programsko okruženje za pisanje softvera namenjenog ploči. Programski jezik ovde korišćen je "Arduino" i pored njega da bi se kompjuter povezo sa uređajem i mogle praviti razne aplikacije na njemu postoji i drugo okruženje bazirano na "Processing-u". Svi projekti napravljeni u okviru ove ploče mogu da budu samostalni ili uz pomoć kompjuterskog softvera integrisano u neki sistem.



Slika 1: "Arduino MEGA" board ploča

Osim ploče korišćen je i ultrazvučni senzor na daljinu koji ima domet do 400 cm. Ima 4 nastavka: 5 Volti napon, 0 Volti za zemlju i postoje dva dela input i output, jedan da prima a drugi da emituje ultrazvučne talase.



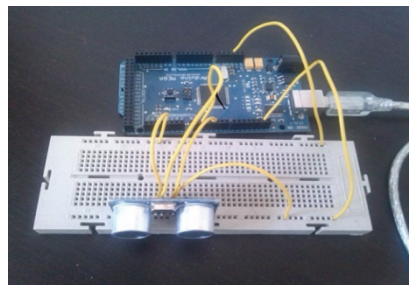
Slika 2: Ultrazvučni senzor na daljinu

Da bismo napravili prototip, pre svega nam treba daska za povezivanje električnog kola kako bi se mogli ovi uređaji spojiti. Za svaki od dva nastavka ultrazvučnog senzora ima odgovarajući kraj na ploči, a input i output su povezani (budući da je senzor digitalni) na digitalne ulaze

npr. brojevi 2 i 4. Napajanje ploče se vrši uz pomoć USB kabla, međutim, može da se poveže i na bateriju kako ne bi bila zavisna od USB ukoliko je potrebno da se pokreće negde dalje od kompjutera. Odlučeno je nekim prethodnim istraživanjima, zbog dece koja su u kolicima da će domet uređaja da bude 50 cm. Kada senzor računa tu distancu manje od nula će da računa kao nula, a veće od 50 će da se prikazuje konstantno 50 cm.

Pre nego što se pravi aplikacija važno je pronaći i usaglasiti serijsku komunikaciju između uređaja i računara, kako bi postojala uzajamna razmena informacija i kako bi računar kroz ploču pokazivao različita događanja na ekranu. Unutar ploče putem programskog okruženja "Arduino" se postavi promenljiva *distance* koja će da služi u svakoj aplikaciji koja se napravi, uzajamnu razmenu informacije distance i određenog događaja na ekranu.

Kako bi napravili aplikacije, što je već gore i pomenuto, koristićemo informaciju dobijenu iz senzora na daljinu i uz pomoć alata "Processing" i programskoj jezika Java. "Processing" u sebi sadrži biblioteku koja se mora uključiti u projekat za svaku aplikaciju pojedinačno. Informacija preko "Arduino" ploče koja se obrađuje u programskom okruženju "Processing-a" biće poslata preko `serialEvent()` funkcije.



Slika 3: "Arduino" i senzor na daljinu povezani u sistem

Ova funkcija je ista za sve aplikacije, samo se poslednja dva parametra razlikuju `val1` i `val2`.

Mapirana promenljiva *distance* ima pet vrednosti. Prva vrednost je string koja predstavlja informaciju o distanci sakupljenu od senzora, druga i treća su minimalna i maksimalna vrednost distance koja je u našem slučaju 0 i 50 i poslednje dve vrednosti su gornja i donja granica konkretnog događaja i zavise od aplikacije, kao na primer HSB boje, raspon je od 0 do 100 pa će se ti brojevi naći kao dve poslednje dve vrednosti, itd.

Napravljeno je 6 odvojenih aplikacija ali sve one imaju zajednički statički program odakle korisnik klikom na dugme sa mišem ulazi od jednu od 6 aplikacija.

### 4. MULTISENZORSKE APLIKACIJE

Pozdravni prozor kao statička aplikacija rađena je sa bibliotekom `ControlP5` uz pomoć koje svako dugme koje klikom vodi do određene aplikacije, se konstruiše u "Processing" okruženju sa parametrima: ime, vrednost, *x* i *y* pozicija na ekranu, boja i font. Svaka od ovih parametara se setuje za svako dugme ponaosob.

**Prva aplikacija** je kontrola jačine zvuka. Uglavnom ova aplikacija je namenjena deci koja imaju problema sa sluhom tako da vežbom i ponavljanjem uz pomoć učitelja

deca mogu da ravijaju svoje slušne sposobnosti. Glavna poenta je da se otkrije šta se dešava sa zvukom udaljavanjem odnosno približavanjem uređaju. Inicijalno, klikom na aplikaciju se otvori prozor koji omogućuje da se izabere željena pesma, bolje poznata detetu. Format koji su podržani su mp3, wav, aiff i snd, a za prozor za odabir fajlova je konstruisan na osnovu javax.swing biblioteke.

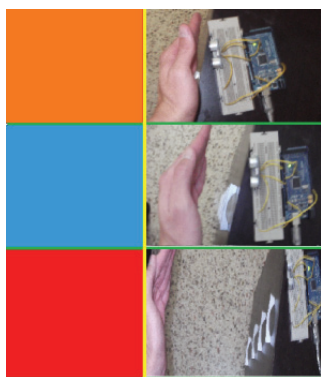
Pomerajući ruku od i prema uređaju jačina zvuka će od najveće da se smanjuje ka najmanjoj i nakon udaljenosti od 50 cm ostaće smanjeno. Mapiranje je urađeno uz pomoć "Minim" biblioteke namenjene audio zapisima pa će, po njenoj dokumentaciji poslednje dve vrednosti u funkciji distance bitio d 0 do -25 jer očekujemo od najjačeg zvuka da ide do najslabijeg.

**Druga aplikacija** je sa pokretnim lopticama različite boje. Uglavnom deca prvo kada nešto posmatraju uoče oblik i tek onda boju, u ovoj aplikaciji može da nauči boje uz pomoć tutora. Poenta ove aplikacije je da pored boja deca uočavaju kada se loptice kreću brže a kada sporije. Na ekranu se nalazi 5 loptica različitih boja koji počinju da se kreću na različitim položajima na x osi.

To znači da je y koordinata u ovom slučaju upotrebljena samo za poziciju loptica da se ne bi preklapale. U serialEvent() funkciji mapiranje je urađeno na osnovu brzine kretanja loptica koje smo odredili nasumice i manuelno, pa je najmanja brzina 1 a najveća 70 kao parametar koji se množi sa pozicijom na x osi neke lopte i određuje brzinu.

**Treća aplikacija** odnosi se na promene boja. Kada deca prepoznaju boje oni se trude da ih povezuju sa nekim već prethodno stečenim znanjem i objektima za koje su već čuli ili ih videli. Prepoznavanje boja je obično za decu veoma teška stvar budući da oni znaju reči određenih boja ali ne desi se uvek da pogode koja je to zapravo boja u prirodi. Zato se često uz učenje boja moraju pokazivati i određeni objekti iz svakodnevnog života ili u primeru ove aplikacije potrebno je reći neki objekat i povezati ga sa viđenom bojom.

Paleta boja koja je korišćena ovde je HSB koja ima raspon od 0 do 100 i pomerajući se od uređaja različite boje se smenjuju od crvenkasto-narandžaste kroz nijanse zelene, žute, plave pa sve to jako crvene koja ostaje konstantna i posle udaljenosti od 50 cm. Mapiranje se vrši kao što je i pomenuto u funkciji serialEvent() tako što su poslednja dva parametra 0 i 100.



Slika 3: Promena boje u zavisnosti od pomeranja korisnika

**Četvrta aplikacija** predstavlja dinamičnu grafiku u boji na ekranu kao radius u zavisnosti od udaljenosti korisnika. Crtaju se šarene linije iz grupe RGB boja od najkraćih do najdužih linija. Kada dođe krug u crtanju linija do kraja, opet se ponavlja proces ispočetka. Važno je da deca primete tu razliku u iscrtavanju linija i da znaju do koje granice se linije iscrtavaju. U ovoj vežbi je primenjen odnos udaljenost i dužina linije.

**Peta aplikacija** odnosi se na pokretne kvadrate. Kao što smo rekli deca prvo primete oblik nečega pa tek onda boju. Poenta je kada je korisnik blizu uređaja svi kvadrati (ima ih 10) jedan uz drugi su poređani na vrhu ekrana u crvenoj boji. Kako se udaljavamo od uređaja tako kvadrati se spuštaju i menja se boja iz crvene u plavu. Ovde je korišćena funkcija koja napravi jedan kvadrat, računa njegovu poziciju i potom dodeli novu poziciju oslanjajući se na prethodnu narednom kvadratu kako bi se poređali jedan uz drugi. Mapiranje se vrši sa prvim kvadratom, ostali će da ga prate.

**Šesta aplikacija** odnosi se na uvećanje/umanjenje slika. Veoma važna stvar za motivaciju korisnika su slike njihovih prijatelja, porodice i objekata koje poznaju i koji ih čine srećnim kako bi se aktivno uključili u zadatke koji im se zadaju. Akcenat je uvećanje i umanjenje slike koja učitala na ekranu. Kada je korisnik veoma blizu uređaju slika je uvećana a potom je umanjena na udaljenosti od uređaja. Učitelj ili tutor prvo treba da izabere iz dialog prozora željenu sliku slično kao u aplikaciji sa jačinom zvuka. Mapiranje je urađeno ručno u ovoj aplikaciji, što znači da pre nego što su vrednosti postavljene bilo je isprobavano, pošto ako se slika jako uveća može da se ne prikaže na ekranu.

## 5. TESTIRANJE I REZULTATI

U testiranju aplikacija korišćeni su korisnici koji nemaju ometenost u razvoju ali rade sa takvom decom, pa su dosta doprineli u poboljšanju funkcionalnosti aplikacije. U kasnijem radu na ovom projektu biće testirana i deca ometena u razvoju. Učesnici su tri momka i dve devojke uzrasta od 24 i 25 godina. Njihov zadatak je da popune neke testove i da komentarišu na koji način može da pomogne ili odmogne deci. Naravno svaki pojedinac je različit. Zbog toga je važno za svako dete ponaosob podesiti aplikaciju na najbolji mogući način.

Testiranje je rađeno na sledeći način:

- Upoznavanje sa aplikacijom.
- Na početnom prozoru korisnik bira aplikaciju klikom na miš i izlazi iz nje pritiskom na esc dugme.
- Korisnik mora da primeti šta se na ekranu dešava i da ukratko komentariše.
- Korisnik mora da odgovori na nekoliko zadataka povezanih za svaku aplikaciju.
- Korisnik ocenjuje funkcionalnost uređaja od 0 do 5.
- Na kraju je zahvaljeno korisniku na učestvovanju.

## 6. ZAKLJUČAK

Sistem pokušava da poboljša intelektualni razvoj deteta, njihove motorne sposobnosti i njihovu povezanost sa svakodnevnim životom. Zadaci koji su prikazani u radu i statistike su samo primer kako i na koji način ovakvi studiji funkcionišu.

U budućnosti će rad da se bazira na testovi za decu ometenu u razvoju i naravno za pravljenje novih i kompleksnijih aplikacija.

Bilo bi zanimljivo uz mnogo truda i prakse, videti jednoga dana kako korisnik ometen u razvoju sam radi neke od zadataka, ali za početak pomoć imaju od terapeuta i ljudi koji se brinu o njima.

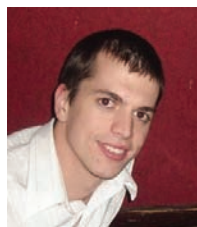
## 7. LITERATURA

- [1] [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) Parts: learning, examples and playground.
- [2] Boxall, J.. "Arduino workshop", *No-starch press, San Francisco, USA.* (2013).
- [3] [www.lets makerobots.com](http://www.lets makerobots.com) Part: Ultrasonic sensor tutorials.
- [4] Ohanlon, C. G., & Roberson, D. "Learning in context: Linguistic and attentional constraints on children's color term learning." *Journal of Experimental Child Psychology*, 94, 275-300. (2006).
- [5] Daniel Shiffman. "Learning Processing"
- [6] Barnhardt, C., Block, S., Calder, A., & DeLand, P. "Color-vision screens for individuals with intellectual disabilities: A comparison between the Neitz Test of Color Vision and Color Vision Testing." *Optometry - Journal of the American Optometric Association*, 211-216. (2006).

[7] Nielsen, J. "Usability inspection methods", *Conference companion on Human factors in computing systems, ACM.* (1994).

[8] Manresa Yee, C., Muntaner, J.J. & Arellano, D. "A Motion-based Interface to Control Environmental Stimulation for Children with Severe to Profound Disabilities", *Proceedings CHI 2013*, 2013

### Kratka biografija:



**Filip Bojanović** rođen je u Subotici 1988. godine. Master rad je odbranio 2014.godine, nakon već uradenog Mastera na Univerzitetu Balearskih ostrva u Španiji, čime je dobio dve Master diplome sa dve različite oblasti studija. Na FTN je završio master telekomunikacionih sistema a u Španiji Master računarstva i informacionih tehnologija.



**Željko Trpovski** rođen je u Rijeci 1957. godine. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1998. god. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

# ALOKACIJA SADRŽAJA U DISTRIBUIRANIM KEŠ MEMORIJAMA I PRIMENA U BUDUĆIM 4G MOBILNIM MREŽAMA

## CONTENT ALLOCATION IN DISTRIBUTED CACHE AND IT'S APPLICATION IN 4G NETWORKS

Ljiljana Marijanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj-** U okviru ovog rada prikazan je način alokacije sadržaja u keš memoriji i LTE sistemi, a zatim femto ćelije i femto keširanje. Pažnja je posebno posvećena povećanju kvaliteta videa koji korisnik dobija od baznih stanica.

**Abstract-** In this paper content allocation in distributed cache is shown and LTE systems are introduced, following by femto cells and femto caching. Attention is given to improving quality of users video that they receive from base stations.

**Ključne reči-** PSNR, kvalitet videa, femto ćelije

### 1. UVOD

Kada je prisutan rast saobraćaja podataka, a cene servisa opadaju, mobilni operatori su prinuđeni da traže različite načine za održanje profitabilnosti. Zahtevi od strane korisnika kako za nižom cenom, tako i za većim kapacitetom su sve veći, pa operatori pokušavaju da uvođenjem heterogenih mreža ili kupovinom frekvencijskog spektra nadomeste ove potrebe. LTE NetHets su heterogene mreže nove generacije koje pored makro-baznih stanica poseduju i femto ćelije, piko ćelije ili WiFi pristupne tačke, kao i mrežni softver. Zahvaljujući ovakvoj arhitekturi heterogenih mreža, danas je moguće prenositi sve vrste informacija, od kojih je najpopularniji prenos videa.

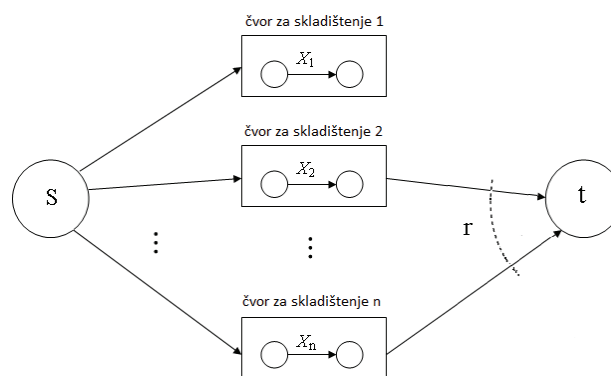
Da bi se povećala spektralna efikasnost pri prenosu videa koristi se femto keširanje pomoću malih ćelijskih pristupnih tačaka sa velikim kapacitetom skladištenja.

### 2. PROBLEM ALOKACIJE SADRŽAJA

Problem alokacije sadržaja definiše se kao raspodela raspoloživog kapaciteta sadržaja u čvorovima hijerarhijskog sistema za distribuciju sadržaja, uz poznate troškove pristupa i zahteve klijenata. Izvor ima objekat podataka jedinične veličine koji može da se koduje i skladišti preko niza čvorova. Neka su  $x_1, x_2, \dots, x_n$  sume skladištenih podataka u čvorovima 1, 2, ...,  $n$ . Iako bilo koja suma može biti skladištena u bilo kom nodu, ukupna suma skladištenih podataka ne sme prelaziti zadati budžet  $T$ , odnosno  $\sum_{i=1}^n x_i \leq T$ , (Slika 1).

Uspešna rekonstrukcija objekta podataka dešava se u slučaju kada je ukupna suma podataka u tom nizu skladištenih nodova barem jednaka veličini originalnog objekta podataka, što se matematički može zapisati kao:

$$P[\text{uspešna rekonstrukcija}] = P[\sum_{i \in r} x_i \geq 1] \quad (1)$$



Slika 1. Distribuirani sistem za skladištenje

Cilj je utvrditi sumu podataka koja se skladišti u svakom nodu, tako da verovatnoća uspešne rekonstrukcije bude uvećana. Rezultati koji se dobiju mogu se primeniti na različite sisteme za skladištenje podataka uključujući mreže sa tolerantnim kašnjenjem (DTN - *Delay Tolerant Network*), mreže za isporuku sadržaja (CDN - *Content Delivery Network*) kao i senzorske mreže.

Postoje dva načina da izrazimo naš optimizacioni problem. Prvi način se odnosi na slučaj kada nam je ukupan budžet  $T$  dat, a traži se optimalna raspodela kojom se maksimizira verovatnoća uspešne rekonstrukcije,  $P_s$ . Drugi način je da je data minimalna verovatnoća uspešne rekonstrukcije, a traži se optimalna alokacija koja minimizira potrebno ukupno skladištenje  $T$ .

#### 2.1 Primena u mobilnim mrežama

Isporuka visoko kvalitetnog videa, pristupajući sadržaju sa različitih uređaja i mreža sa različitim uslovima je izazovan zadatak.

Prenošenje istog sadržaja na više korisnika je neefikasno u pogledu *unicast* prenosa, odnosno prenosa između jednog servera i jednog klijenta. Pored toga, tradicionalni *multicasting* nije optimalan za heterogene mreže. Zbog toga se korisnicima predstavlja novi plan za slojeviti video *multicasting* uz mogućnost da pristupe sadržaju iz različitih uređaja u heterogenoj mreži.

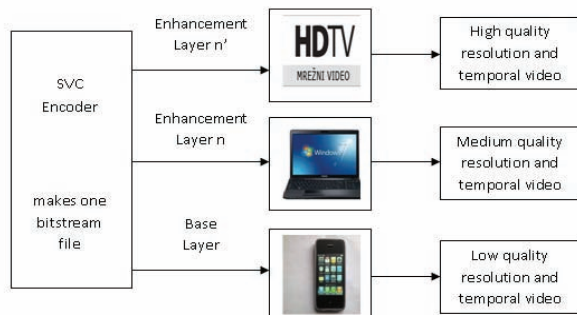
#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Vukobratović, docent.



## 2.2 Skalabilno video kodovanje

Standard H.264/SVC je izuzetno važan zbog metoda predviđanja u kontrolisanju video karakteristika kao što su rezolucija, kvalitet i brzina frejmova prema mrežnim uslovima. U tu svrhu, SVC koristi kodovanje po nivoima kako bi obezbedio prostorne, vremenske, kvalitativne skalabilnosti (Slika 2).



Slika 2. Slojevita struktura SVC tehnologije

Zbog slojevite karakteristike, SVC kodovanje nudi nekoliko prednosti: omogućava servis provajderima da redukuju propusni opseg, kao i skladištenje i računarsku kompleksnost transkodovanja obezbeđujući više klijenata sa jednim video sadržajem. SVC odgovara i FEC-u i metodama za zaštitu od greške. Metod prebacivanja slojeva omogućava prilagođavanje različitim propusnim opsezima.

## 3. LTE SISTEMI I LTE HETNETS

LTE (*Long Term Evolution*), često nazvan kao 4G LTE od strane operatora je standard za bežične komunikacije koji omogućava prenos podataka velikom brzinom, na efikasan i jeftin način, optimizacijom upotrebe frekventijskog opsega. On se zasniva na GSM/EDGE i UMTS/HSPA mrežnim tehnologijama. Cilj LTE standarda bio je da poveća brzinu i kapacitet prenosa podataka bežičnih mreža koristeći novu DSP (*Digital Signal Processing*) tehniku i modulacije. Dalji cilj je redizajniranje i pojednostavljivanje mrežne arhitekture zasnovane na IP sistemu, sa smanjenim kašnjenjem prenosa u odnosu na 3G mreže.

### 3.1 LTE HetNets

LTE heterogene mreže nastale su iz potrebe za funkcionalnošću jedne mreže koja će kombinovati različite radio-talasne tehnologije i mobilne mreže i na taj način obezbediti operatorima mogućnost za povećanje kapaciteta podataka za sve delove mreže i istovremeno smanjenje troškova.

Jedan od glavnih razloga upotrebe heterogenih mreža jeste pozadinska konekcija, odnosno *backhaul* tehnologija. Uvođenje novih oblika baznih stanica u obliku femto i piko ćelija će ublažiti zagušenja radio pristupne mreže, ali to može da izazove zagušenje *backhaul* mreže.

### 3.2 Femto ćelije

Najsigurniji način da se poveća kapacitet bežičnih veza jeste postaviti predajnik i prijemnik što bliže jedan drugom. Osim što će omogućiti kvalitetniju vezu, ovaj

način podrazumeva primenu više infrastrukture, obično u obliku mikro stanica, žarišta, distribuiranih antena ili releja. Manje skupa alternativa je koncept femto ćelija gde pristupne tačke instalira korisnik. Potražnja za većom brzinom podataka u bežičnim mrežama podstakla je dizajn i razvoj novih podataka orijentisan na mobilnim standardima. Dobici pokazuju širi spektar, posebno zahvaljujući njegovom deljenju na manje delove, dizajniranjem bolje šeme modulacije, a najviše zahvaljujući smanjenju veličine ćelije. Smanjenjem veličine ćelije imamo veću površinu spektralne efikasnosti. Glavni problem dalje mikronizacije mobilnih mreža je to što je mrežna infrastruktura dosta skupa. Nedavni pronalazak su femto ćelije koje su kratkog dometa, male snage i jeftine su. Njih instalira korisnik koji želi da postigne što bolju pokrivenost i bolji prijem podataka.

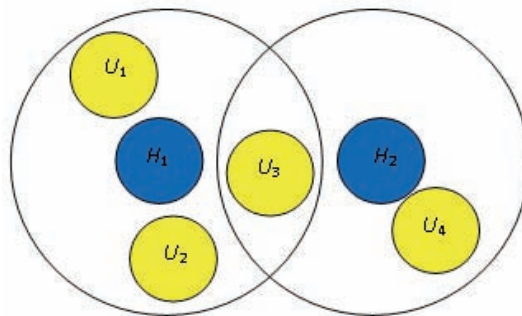
## 4. FEMTO KEŠIRANJE

Prenos videa na zahtev sa internet servera je jedna od važnih usluga koje bežične mreže danas pružaju. U narednom periodu očekuje se dalje povećanje, čime se zahteva još veći protok od strane korisnika. Tradicionalne metode za povećanje protoka podataka oslanjale su se na 3 pristupa:

- Povećanje upotrebe spektra
- Povećanje spektralne efikasnosti po linku
- Povećanje ponovne prostorne upotrebe

Povećanje spektra je ograničeno činjenicom da je spektar konačan resurs, a dodeljivanje novih opsega za mobilne usluge je dug i skup proces. Kako bi se povećala spektralna efikasnost pri prenosu video zapisa u mobilnim sistemima, predlaže se korišćenje heterogenih arhitektura sa malim ćelijama (tj. femto ćelijama), tako da se video saobraćaj sa korisnicima može obavljati putem veze kratkog dometa sa najbližim malim ćelijskim pristupnim tačkama.

Na slici 3 prikazan je primer distribuiranog keširanja sa dva „pomagača“ i četiri mobilna terminala. Isprekidanim krugom je predstavljen radijus „pomagača“, odnosno u datom krugu korisnici mogu da komuniciraju sa lokalnim odgovarajućim „pomagačima“. Pod pretpostavkom da svaki pomagač kešira **M** fajlova, U1 i U2 korisnici će radije izabrati „pomagač“ H1 da keširaju **M** najpopularnijih fajlova, dok će U4 izabrati H2 „pomagač“. Međutim, U3 bi izabrao ili H1 ili H2. Ovo efektivno stvara distribuirani keš veličine 2M za korisnika U3.



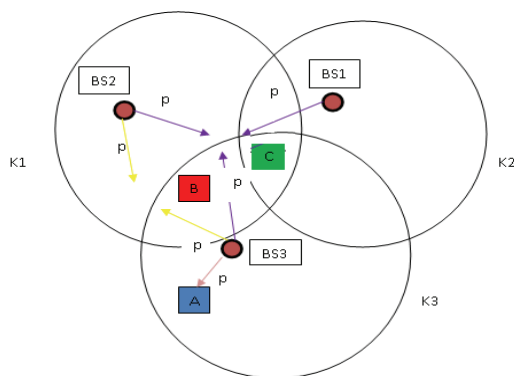
Slika 3. Primer distribuiranog keširanja.

## 5. REKONSTRUKCIJA LAYER-A I PROSEČAN KVALITET VIDEOA

Cij je da pošiljalac koduje video u osnovni sloj koji odgovara minimalno prihvatljivom kvalitetu i jedan ili više *enhancement* slojeva koji poboljšavaju kvalitet videa ako se prime zajedno sa osnovnim slojem. U primeru se uzima H.264/SVC kodovana video sekvenca „Foreman” u CIF rezoluciji (352x288) kompresovana u osnovnom sloju + 3 *enhancement* sloja sa GOF (Group of Frame) veličinom od 16 frejmova u grupi i sa brzinom od 30 frejmova u sekundi (*fps*). Za ovaj slučaj karakteristike „Foreman” sekvence su od 150 do 480 kbps za bitsku brzinu i od 29.45 do 38.41 dB za PSNR. U radu je prikazano kako se povećanjem brzine emitovanja podataka, odnosno brzine kojom bazna stanica emituje podatke u odnosu na brzinu kojom emituje izvor povećava i prosečan kvalitet videa (PSNR). Ako je *video data rate*  $R = 480$  kbit/s i frame rate (broj frejmova u sekundi) jednak 30, video koder će kompresovati grupu po grupu frejmova (GOF) gde je veličina grupe jednaka 16 frejmova. Dakle, svakih 0.533 sekunde, video koder skupi 16 frejmova i kompresuje ih. Postoji brzina podataka komprimovanog videa 480 kbit/s, za 0.533 sekunde se generiše  $0.533 * 480 = 255.84$  kbita. Dakle, jedan kompresovani GOF je oko 256 kbita ili 32 kbajta. Ako je veličina paketa kojom se paketizuje ovaj kompresovani video  $10^3$  bajta, onda jedan GOF (koji sadrži sva 4 sloja, osnovni sloj + 3 *enhancement* sloja) ukupno sadrži 32 paketa (od po  $10^3$  bajta). Svaki sloj sadrži broj paketa:

$$Kn = \frac{\text{data rate layer}}{\text{data rate video}} * 32. \quad (2)$$

Dakle, za osnovni sloj brzina je 150 kbit/s. Sledi da je broj paketa u osnovnom sloju  $150/480 * 32 = 10$  paketa, dakle  $K1=10$ . Analogno se dobija da je  $K2 = 9$ , a  $K3 = 18$ . Ako je koeficijent kojim se pokazuje brzina emitovanja podataka bazne stanice u odnosu na *video data rate* npr. 0.5, tada bazna stanica emituje 1.5 puta većom protokom od *video data rate*. U ovom slučaju ta „nova” brzina će biti 720 kbit/s, a „nova”  $N1 = 15$ ,  $N2 = 13$ ,  $N3 = 27$ . Na svakom linku između bazne stanice i korisnika pretpostavljamo da postoji određena verovatnoća gubitka podataka,  $p$ . (Slika 4).

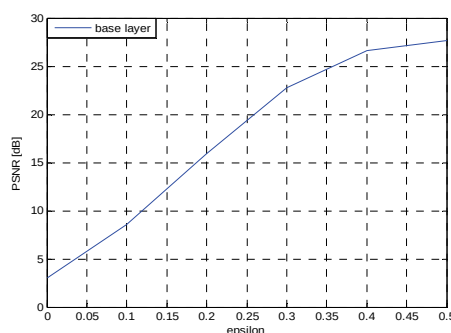


Slika 4. Pozicije korisnika u odnosu na položaj baznih stanica

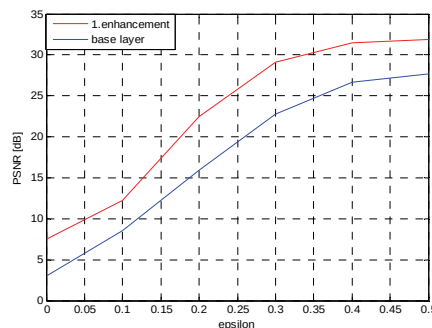
Za svaki od slojeva možemo izračunati verovatnoću da će primiti određeni sloj, odnosno verovatnoću da se od ukupnog broja paketa  $N_i$ , pri čemu je  $i$  broj slojeva dekodovati bar  $K_i$  paketa po binomnoj raspodeli.

$$P = \sum_{i=K1}^{N1} \binom{N1}{i} (1-p)^i p^{N1-i} \quad (3)$$

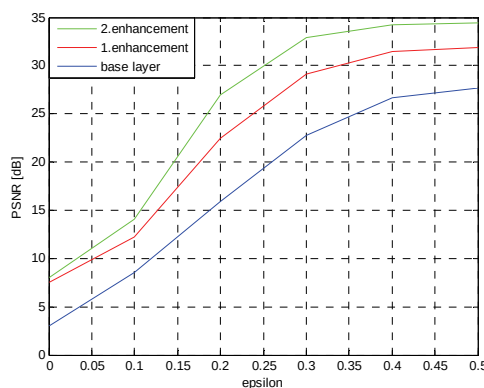
Kako znamo, kvalitet primljenog videa u slučaju da primimo određeni sloj, možemo izračunati prosečni kvalitet videa koji korisnik primi. Koristeći Foreman sekvencu, kvalitet primljenog videa na osnovnom sloju je  $PSNR_1 = 29.45$  dB, na prvom *enhancement* sloju  $PSNR_2 = 32.30$  dB, a na drugom sloju  $PSNR_3 = 34.52$  dB. Na narednim graficima prikazane su vrednosti PSNR-a u funkciji koeficijenta epsilon.



Grafik 1. Vrednost PSNR-a u funkciji koeficijenta epsilon za prijemnik u okolini jedne bazne stanice



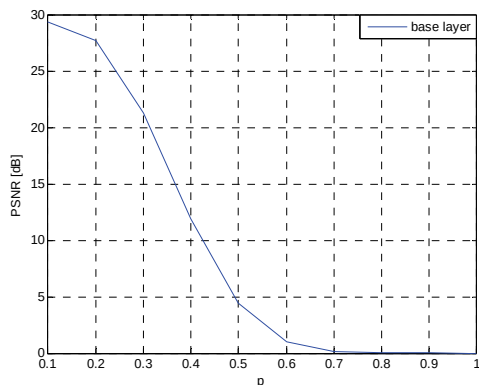
Grafik 2. Vrednost PSNR-a u funkciji koeficijenta epsilon za prijemnik u okolini dve bazne stanice



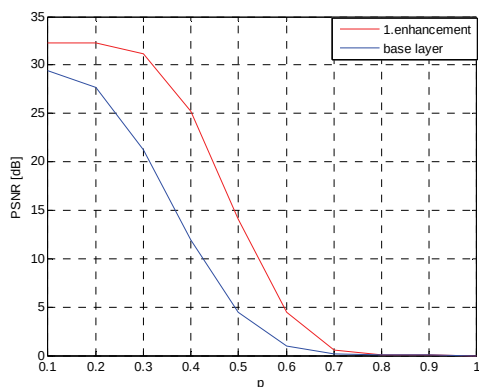
Grafik 3. Vrednost PSNR-a u funkciji koeficijenta epsilon za prijemnik u okolini tri bazne stanice

Sa ovih grafika možemo zaključiti da je PSNR veći ako se u okolini nalazi veći broj baznih stanica.

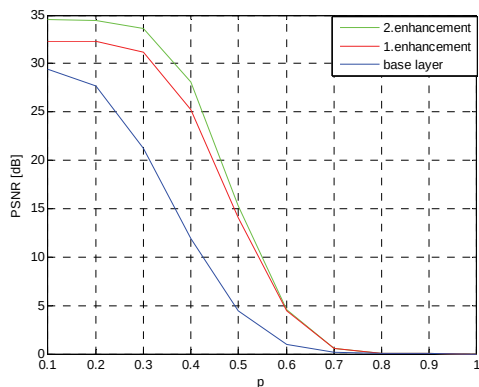
Na vrednost PSNR-a utiče verovatnoća gubitka paketa. Taj uticaj je prikazan na sledeća tri grafika. Može se zaključiti da PSNR znatno opada sa porastom verovatnoće gubitka paketa.



Grafik 4. Vrednost PSNR-a u funkciji verovatnoće gubitka paketa za prijemnik u okolini jedne bazne stanice za vrednost epsilon 0.5



Grafik 5. Vrednost PSNR-a u funkciji verovatnoće gubitka paketa za prijemnik u okolini dve bazne stanice za vrednost epsilon 0.5



Grafik 6. Vrednost PSNR-a u funkciji verovatnoće gubitka paketa za prijemnik u okolini sve tri bazne stanice za vrednost epsilon 0.5.

## 6. ZAKLJUČAK

U slučaju otkaza pojedinih mrežnih diskova opisana je optimizacija problema maksimizacije verovatnoće uspešne rekonstrukcije paketa koji se šalju od bazne stanice do korisnika. Svaki čvor mora obezbediti dovoljnu količinu informacija kako bi, u slučaju da drugi čvor otkáže, mogao pouzdano osigurati da će cela informacija biti dostupna korisniku i da korisnik neće osetiti greške u mreži.

Kao poslatu informaciju posmatrani su video fajlovi koji danas važe za jedne od najzastupljenijih podataka koji se šalju kroz mrežu. Danas se postavlja veliki zadatak pred operatore koji treba da obezbede što bolji kvalitet videa, sa što nižim cenama.

Da bismo obezbedili dobar kvalitet videa potrebno je rekonstruisati što više paketa u jedinici vremena, sa svih slojeva SVC tehnologije, sa što manjom verovatnoćom njihovog gubitka u kanalu. To znači da bi povećana brzina emitovanja obezbedila bolji kvalitet videa pri „realnim“ očekivanjima verovatnoće gubitka paketa, a pri povećanim verovatnoćama gubitka paketa održala kroz vreme zadovoljavajući kvalitet videa.

## 7. LITERATURA

- [1] N. Golrezaei, A.F. Molisch, A.G. Dimakis, and G. Caire, "Femtocaching and Device-to-Device Collaboration: A New Architecture for Wireless Video Distribution", *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 4, pp. 142--149, 2013.
- [2] Sardari, Mohsen, Ryu, Eun-Seok, Fekri, Faramarz and Jayant, Nikil. "Multilevel Diversity Coding via Rateless Codes for Reliable and Scalable Video Multicasting.." *IEEE Communications Letters* 17 , no. 5 (2013): 956-959.
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/LTE\(telecommunication\)](http://en.wikipedia.org/wiki/LTE(telecommunication))
- [4] Lopez-Perez, D.; Guvenc, I.; de la Roche, G.; Kountouris, M.; Quek, T.Q.S.; Jie Zhang, "Enhanced intercell interference coordination challenges in heterogeneous networks," *Wireless Communications, IEEE*, vol.18, no.3, pp.22,30, June 2011

### Kratka biografija:



**Ljiljana Marijanović**, rođena je 1990. godine u Rogatici. Godine 2008. upisala je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu gde je 2012. godine diplomirala iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo.

## DIZAJN DVOSTEPENOG OPERACIONOG POJAČAVAČA DESIGN OF TWO STAGE OPERATIONAL AMPLIFIER

Tamara Bečejac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U ovom radu detaljno je obrađeno projektovanje dvostepenog operacionog pojačavača sa PMOS ulaznim parom u ams (austriamicrosystems) 0,35  $\mu\text{m}$  tehnologiji. Dizajniran je pojačavač male potrošnje sa pojačanjem od 94 dB, jediničnom frekvencijom od 4,21 MHz i velikom faznom marginom vrednosti 81°. Projektovanje i verifikacije urađeni su u Cadence softverskom paketu.

**Abstract** – This paper presents design of two-stage operational amplifier with PMOS input stage in ams (austriamicrosystem) 0.35  $\mu\text{m}$  technology. Designed amplifier has next specification: low-power with high gain of 94 dB, unit frequency of 4.21 MHz and large phase margin of 81°. For design and verification is used Cadence software package.

**Cljučne reči:** dvostepeni operacioni pojačavač, CMOS proces, analogni IC dizajn, stabilnost, Milerova kompenzacija, diferencijalni pojačavač

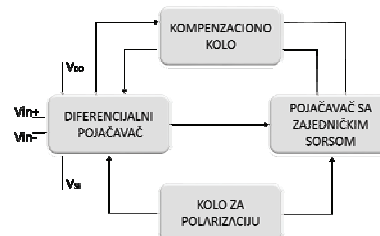
### 1. UVOD

Operacioni pojačavač (OP) se može grubo definisati kao diferencijalni pojačavač velikog naponskog pojačanja (vrednosti od  $10^1$  do  $10^5$ ). Kako se OP obično koriste sa povratnom spregom, pojačanje otvorene sprege se bira na osnovu zahteva preciznosti konačnog kola sa zatvorenom povratnom spregom. [1]

U ovom radu predstavljen je dizajn OP-a velikog pojačanja od 94dB. Veliko pojačanje je gotovo nemoguće postići sa jednostepenom konfiguracijom jer je vrednost naponskog pojačanja ograničena proizvodom izlazne impedanse i transkonduktanse ulaznog diferencijalnog para. Kako bi se ispunili traženi zahtevi korišćena je konfiguracija sa dva stepena: prvi stepen je diferencijalni pojačavač sa strujnim ogledalom a drugi stepen je jednostavni CS (common source) pojačavač sa dinamičkim opterećenjem. Uloga strujnog ogledala je konverzija diferencijalnog izlaza u jednopristupni (single-ended) izlaz pri čemu vrednost naponskog pojačanja ostaje nepromenjena.

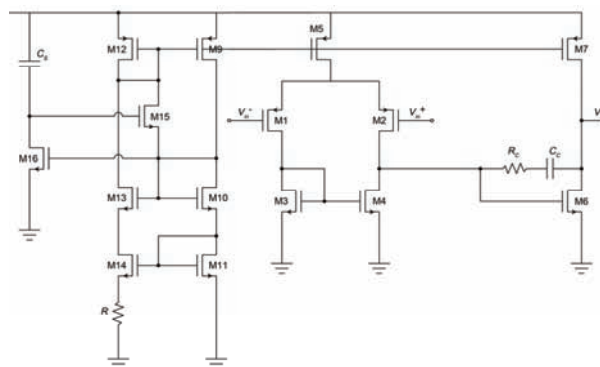
### 2. DVOSTEPENI OPERACIONI POJAČAVAČ

Na Slici 1. prikazan je blok dijagram dvostepenog operacionog pojačavača sa kompenzacionim kolom.



Slika 1: Blok dijagram operacionog pojačavača

Zadatak prvog stepena, diferencijalnog pojačavača je da prvenstveno obezbedi dovolju struju na izlazu koja pobuđuje drugi stepen, dok CS obezbeđuje veliki opseg izlaznog signala (output swing) i veliko naponsko pojačanje. Da bi se dvostepeni operacioni pojačavač mogao koristiti sa zatvorenom povratnom spregom obično je potrebno izvršiti frekvencijsku kompenzaciju. To znači da je potrebno promeniti prenosnu funkciju otvorenog kola da bi ponašanje pojačavača u zatvorenoj sprezi bilo stabilno. U ovom radu korišćena je modifikovana Milerova kompenzacija koja se sastoji od RC kola. Kompenzacioni kondenzator se postavlja u paralelu sa već postojećom kapacitivnošću  $C_{gd6}$  kako bi se izlazni pol udaljio od dominantnog pola. U prenosnoj karakteristici OP postoji nula koja se nalazi u desnoj poluravni i zadatak otpornika R je da tu nulu prebaci u levu poluravan i poništi nedominantni pol  $p_2$ . [3]



Slika 2: Kompletna šema dvostepenog operacionog pojačavača

Za polarizaciju tranzistora u operacionom pojačavaču projektovano je kolo koje obezbeđuje stabilnu transkonduktansu čija vrednost ne zavisi od varijacija napona napajanja, procesnih i temperaturnih varijacija. Na Slici 2. prikazana je kompletna šema dizajniranog OP. Prvi stepen čine tranzistori M1, M2, M3, M4 i M5, a tranzistori M6 i M7 predstavljaju CS pojačavač, gde je M7 dinamičko opterećenje pojačavačkog tranzistora M6. Ukupno pojačanje operacionog pojačavača jednako je proizvodu pojačanja prvog i drugog stepena:

### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Mirjana Videnović Mišić, docent.

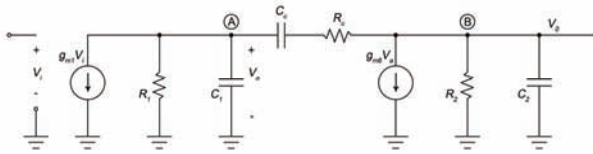


$$A_{v0} = g_{m1,2}(r_{ds2} \parallel r_{ds4}) \cdot g_{m6}(r_{ds6} \parallel r_{ds7}), \quad (1)$$

Tranzistori M9-M14 i otpornik R čine izvor konstantne struje koji je korišćen za polarizaciju OP-a. Ovo kolo ima dva stabilna stanja, i u nepoželjnoj radnoj tački sve struje u kolu su jednake nuli. Kako bi se eliminisalo nepoželjno stanje koristi se startap kolo. Realizovano startap kolo se sastoji od dva tranzistora, M15 i M16 i kondenzatora Cs. Rc i Cc čine kompenzaciono kolo, koje obezbeđuje stabilan rad operacionog pojačavača. [2]

## 2.1 Frekvencijska analiza pojačavača

Na Slici 3. prikazano je visokofrekvencijsko malosignalno ekvivalentno kolo dvostepenog pojačavača sa Milerovom kompenzacijom.



Slika 3: Malosignalno ekvivalentno kolo operacionog pojačavača

Prenosna funkcija kola izračunava se iz ekvivalentnog modela kao:

$$A_v(s) = A_{v0} \frac{1+sC_c(R_c - \frac{1}{g_{m6}})}{1+bs+cs^2+ds^3}, \quad (2)$$

gde su:

$$A_{v0} = g_{m1}g_{m6}R_1R_2,$$

$$b = R_1(C_1 + C_c) + R_2(C_2 + C_c) + g_{m6}R_1R_2C_c + R_cC_c,$$

$$c = R_1R_2(C_1C_2 + C_1C_c + C_2C_c) + R_cC_c(R_1C_1 + R_2C_2),$$

$$d = R_1R_2R_cC_1C_2C_c,$$

$$R_1 = r_{ds2} \parallel r_{ds4},$$

$$R_2 = r_{ds6} \parallel r_{ds7},$$

$$C_1 = C_{gs6} + C_{bd2} + C_{bd4},$$

$$C_2 = C_L + C_{bd6} + C_{bd7}. \quad (3)$$

Vrednosti nule i polova koji postoje u operacionom pojačavaču su

$$\omega_{p1} \cong \frac{1}{g_{m6}R_1R_2C_c},$$

$$\omega_{p2} \cong \frac{g_{m6}}{C_L},$$

$$\omega_{p4} \cong \frac{1}{R_cC_1},$$

$$\omega_z \cong \frac{1}{C_c(R_c - \frac{1}{g_{m6}})}. \quad (4)$$

U kolu je prisutan još jedan pol  $p_3$  (*mirror pol*), koji potiče od strujnog ogledala koje čine tranzistori M3 i M4

ali nema uticaj na prenosnu karakteristiku jer je njegova vrednost obično mnogo veća od jedinične učestanosti.

## 2.2 Postupak projektovanja i izračunavanje dimenzija elemenata

Prilikom dizajna analognog kola potrebno je pratiti unapred definisanu proceduru kako bi se došlo do željenih rezultata [3]. U nastavku je data procedura koja je korišćena prilikom dizajna dvostepenog operacionog pojačavača.

I. Definisanje specifikacije koju kolo treba da zadovoljava.

U Tabeli 1. prikazane su minimalne vrednosti osnovnih parametara koje OP treba da ispunjava.

Tabela 1. Zadate specifikacije operacionog pojačavača

Parametar	Vrednost	Jedinica
$A_{v0}$	80	dB
GBW	3	MHz
Fazna margina (PM)	80	°
Slew Rate (SR)	3	V/μs
$C_L$	10	pF
ICMR	0.4-2.9	V
$P_{diss}$	1	mW
$V_{DD}$	3.3	V
$V_{SS}$	0	V

II. Izbor vrednosti kompenzacionog kondenzatora na osnovu zadatih vrednosti fazne margine i GBW (*gain bandwidth*).

$$C_c = \frac{C_L}{10 \tan(90^\circ - PM)}. \quad (5)$$

III. Odabir struje tranzistora M5.

Vrednost struje se bira na osnovu zadatih uslova za SR (*slew-rate*) na osnovu formule:

$$I_5 = SR \cdot C_c. \quad (6)$$

IV. Određivanje transkonduktanse tranzistora M1 i M2.

$$g_{m1,2} = \omega_u \cdot C_c = 2\pi \cdot GBW \cdot C_c. \quad (7)$$

V. Izračunavanje dimenzije tranzistora M1 i M2.

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{1,2} = \frac{g_{m1,2}^2}{\mu_p C_{ox} I_5}. \quad (8)$$

VI. Određivanje dimenzija tranzistora M3 i M4 – iz uslova za minimalnu vrednost ICMR.

$$\left(\frac{W}{L}\right)_{3,4} = \frac{I_5}{\mu_n C_{ox} (V_{CMmin} + |V_{th1min}| - V_{th3max} - V_{SS})^2}. \quad (9)$$

Nakon proračuna ovih dimenzija potrebno je proveriti položaj *mirror* pola. Da bi njegov uticaj bio zanemarljiv potrebno je da bude ispunjen uslov  $p_3 \gg 10\omega_u$ .

VII. Određivanje dimenzije tranzistora M5 – iz uslova za maksimalnu vrednost ICMR.

$$\left(\frac{W}{L}\right)_5 = \frac{2I_5}{\mu_p C_{ox} (V_{DD} - |V_{DS1min}| - |V_{th1min}| - V_{CMmax})^2}. \quad (10)$$

VIII. Sledeći korak je izračunavanje dimenzija tranzistora M6 i M7.

Kako bi se eliminisao *offset* i obezbedio uslov da svi tranzistori rade u režimu saturacije potrebno je da bude ispunjen uslov:

$$\left(\frac{W}{L}\right)_6 = \frac{g_{m6}}{g_{m3}} \left(\frac{W}{L}\right)_3 \quad \text{i} \quad \left(\frac{W}{L}\right)_7 = \frac{\left(\frac{W}{L}\right)_6}{2 \left(\frac{W}{L}\right)_3} \left(\frac{W}{L}\right)_5, \quad (11)$$

a transkonduktanse  $g_{m3}$  i  $g_{m6}$  su određene izrazima:

$$g_{m3} = \sqrt{2\mu_n C_{ox} \left(\frac{W}{L}\right)_3 I_3}, \quad g_{m6} = \frac{C_L}{\tan(90^\circ - PM)} \cdot 2\pi \cdot GBW. \quad (12)$$

IX. Određivanje vrednosti otpornika  $R_C$ .

$$R_C = \frac{1}{g_{m6}} \cdot \left(1 + \frac{C_L}{C_C}\right). \quad (13)$$

Koristeći prethodno opisanu proceduru proračunate su vrednosti svih elemenata operacionog pojačavača. Korekcije određenih parametara izvedene su tokom simulacija kako bi se ispunile sve tražene specifikacije, i obezbedile najbolje moguće performanse kola.

U Tabeli 2 su date konačne vrednosti svih elemenata kola.

Tabela 2: Konačne dimenzije svih elemenata dizajniranog kola

Operacioni pojačavač			
Element	W	L	Jedinica
M1, M2	28	2	$\mu m$
M3, M4	24	2	$\mu m$
M5	24	1	$\mu m$
M6, M7	96	1	$\mu m$
Kompenzacija			
Element	Otpornost	Kapacitivnost	Jedinica
$R_C$	2.8	-	$k\Omega$
$C_C$	-	4	$pF$
polarizaciono kolo			
Element	W	L	Jedinica
M9, M11, M12	24	1	$\mu m$
M10, M13	1	3	$\mu m$
M14	96	1	$\mu m$
otpornost			
R	3840		$\Omega$
Startap kolo			

Element	W	L	Jedinica
M15	3	1	$\mu m$
M16	3	1	$\mu m$
kapacitivnost			
Cs	500		$fF$

Dimenzije elemenata *start-up* kola određene su empirijski.

### 3. REZULTATI

Nakon projektovanja operacionog pojačavača potrebno je proveriti da li kolo ispunjava sve zadate specifikacije pri normalnim uslovima rada, ali i usled varijacija nekih od parametara kao što su napon napajanja, temperatura i procesni parametri.

Korner analiza je EDFM ( *Electronic Design For Manufacturing*) alat koji se koristi za podešavanja i pokretanje višestrukih simulacija za specifične uslove. Ovom analizom se ispituju granični uslovi tj. vrše se simulacije kola pri najgorim uslovima (granična vrednost temperature, najlošiji tranzistor ...).

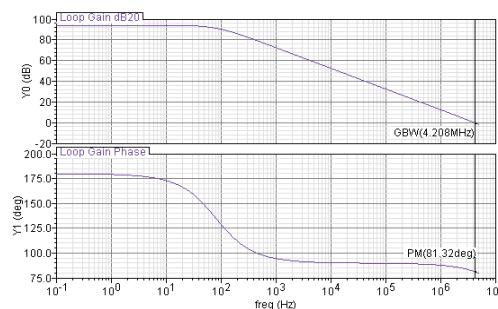
Korner analize urađene su za sve parametre zadate u specifikaciji pojačavača, kako bi se proverilo da li se nalaze u zadatim granicama u slučaju mogućih varijacija. Vrednosti ulaznih parametara koje su uzete prilikom korner analiza su:

- 1) Napon napajanja  $V_{DD}$  {3 V 3,3 V 3,6 V}
- 2) Temperatura {0°C 27°C 60°C}
- 3) Model tranzistora {**ws**-worst speed **wp**-worst power **wz**-worst zero **wo**-worst one}

Kako bi se verifikovao pojačavač urađene su različite vrste analiza: stb, DC, AC, tranzijentna.

#### I. Analiza stabilnosti

STB (*stability*) analiza linearizuje kolo oko DC mirne radne tačke i izračunava pojačanje otvorene sprege, pojačanje i faznu marginu. Na Slici 4. su prikazani dobijeni rezultati.

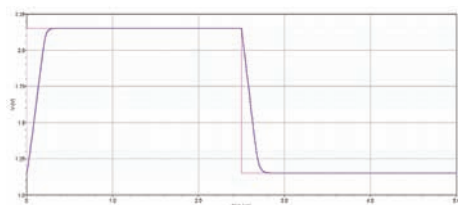


Slika 4: Frekvencijski odziv pojačavača

#### II. Tranzijentna analiza

Kako bi se odredio *slew-rate*, pojačavač je pobuđen step generatorom, i na Slici 5. prikazan je odziv pojačavača na pravougaoni signal amplitude 1 V.

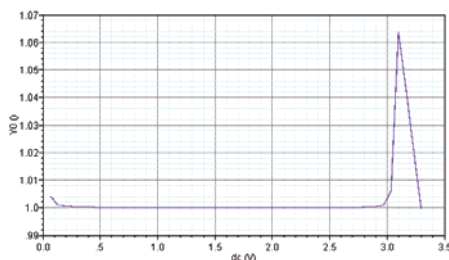
Vrednost SR pri rastućoj ivici je 4,55 V/us, a pri opadajućoj je -4,78 V/us.



Slika 5: Odziv pojačavača na pravougaoni signal

### III. DC analiza

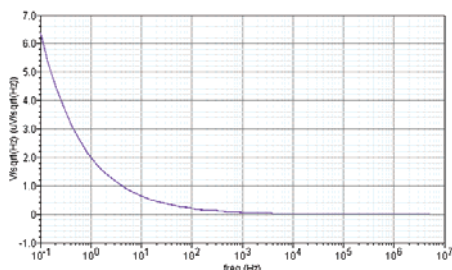
DC analizom je određen opseg ulaznog signala ICMR (*Input Common Mode Range*). Na ulazu OP napon je menjan u opsegu od 0V do 3,3V, a vrednost ulaznog opsega je procenjena sa Slike 6., gde je prikazan odnos izlaznog i ulaznog napona i iznosi (0,5-2,8) V. ICMR je deo opsega gde je funkcija linearna.



Slika 6: ICMR

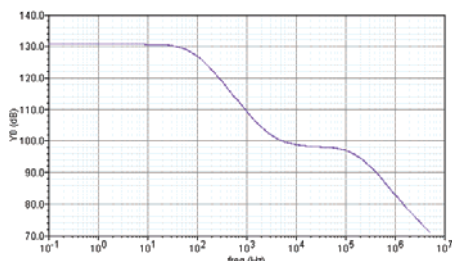
### IV. AC analiza

U AC analizi određen je ekvivalent šuma na ulazu pojačavača, CMRR (*common mode rejection ratio*) i PSRR (*power supply rejection ratio*) i dobijeni rezultati su prikazani na Slikama 7,8 i 9 respektivno.



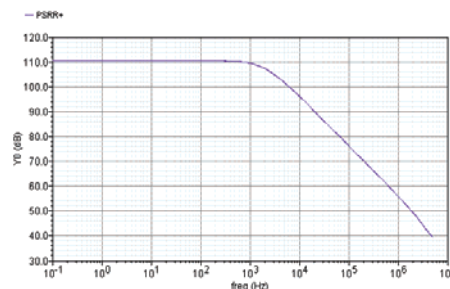
Slika 7: Šum sveden na ulaz operacionog pojačavača

Sa Slike 7. se vidi da do frekvencije od oko 1kHz fliker šum dominira. Vrednost šuma na frekvenciji od 1 kHz je 68,2 nV/√Hz.



Slika 8: CMRR

CMRR = 131 dB.



Slika 9 – PSRR (gore od  $V_{SS}$ , dole od  $V_{DD}$ )

PSRR<sup>+</sup> = 111 dB.

Ukupna potrošnja kola je  $P_{diss}=0,49$  mW.

### 4. ZAKLJUČAK

Cilj ovoga rada bilo je projektovanje dvostepenog operacionog pojačavača po unapred zadatoj specifikaciji. Projektovan je pojačavač za relativno veliko kapacitivno opterećenje od 10 pF. Svi zahtevi iz specifikacije su ispunjeni.

Za realizaciju strujnog izvora korišćena je samopolarišuća (*self-biased*) konfiguracija. Buduća unapređenja mogla bi se fokusirati upravo na ovu strukturu kako bi se dobio precizniji strujni izvor koji je manje zavisao od procesnih varijacija. Takođe, prilikom realizacije kompenzacionog kola korišćen je otpornik, koji je moguće zameniti tranzistorom u omskom režimu. Na ovaj način bi dobijena otpornost bila preciznija, a sa tim bi se obezbedila i bolja kompenzacija, što bi za rezultat imalo veće pojačanje kao i veći GBW.

### 4. LITERATURA

- [1] B. Razavi, —Design of Analog CMOS Integrated CircuitsI, New York: Mc-Graw Hill, 2001.
- [2] Tony Chan Carusone, David A. Johns, Kenneth W. Martin – ANALOG INTEGRATED CIRCUIT DESIGN, Second Edition, A John Wiley & Sons, United States of America, 2012.
- [3] P.E. Allen, LECTURE 230 – DESIGN OF TWO-STAGE OP AMPS,

[http://www.aicdesign.org/SCNOTES/2010notes/Lect2UP230\\_\(100327\).pdf](http://www.aicdesign.org/SCNOTES/2010notes/Lect2UP230_(100327).pdf) (03.07.2014)

### Kratka biografija:



**Tamara Bečejac** rođena je u Novom Sadu 1988. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarsko projektovanje mikroelektronskih kola odbranila je 2014.god.

## VIZUELIZACIJA I ANALIZA ALGORITAMA ZA BOJENJE GRAFOVA

### VISUALIZATION AND ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR GRAPH COLORING

Ivan Arađanin, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

#### Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

**Kratak sadržaj** – U radu je predstavljen problem bojenja grafova, predloženi su algoritmi za bojenje statičkih i dinamičkih grafova. Svi predstavljeni algoritmi su testirani na grafovima različitih veličina i gustina, a njihovi rezultati su međusobno upoređeni. Pored problema bojenja grafova, predstavljeni su i problemi koji mogu da nastanu prilikom vizuelizacije obojenih grafova, a dati su i predlozi za rešavanje istog.

**Abstract** – This paper presents a graph coloring problem, the proposed algorithms for solving it, for the static and dynamic graphs. All the algorithms that are presented in this paper, are tested on the graphs of different sizes and densities, and the results are compared with each other. Besides the problem of graph coloring, are presented and problems that may arise during the visualization of colored graphs, and suggestions are given for solving it.

**Gljučne reči:** Grafovi, bojenje grafova, vizuelizacija grafova

#### 1. UVOD

Teorija grafova je razvijena u cilju rešavanja optimizacionih problema iz različitih oblasti, a veliku primenu ima u računarstvu.

Ovaj rad se bavi problemom bojenja čvorova grafova i vizuelizacijom istih, kako statičkih, tako i dinamičkih. Problem bojenja grafova je poznat problem kombinatorne optimizacije. On se sastoji iz bojenja čvorova grafa  $G$  sa minimalnim brojem boja, uz uslov da su susedni čvorovi različitih boja. Taj minimalni broj boja je poznat pod nazivom hromatski broj grafa  $\chi(G)$ .

Postoji niz primena bojenja čvorova grafova na važne praktične probleme, a takođe je ova oblast i predmet intenzivnih istraživanja. Problem je NP-kompletni, što znači da znamo kako da testiramo moguće rešenje u polinomijalnom vremenu, ali ne znamo kako da u tom vremenu rešimo problem.

Njegovo aproksimiranje je vrlo teško. Uzimajući u obzir da su šanse za pronalazak efektivnog egzaktnog algoritma vrlo male, heuristički algoritmi potrebni su za veće instance grafova.

Dakle, heuristikom se koristimo sa ciljem da unapredimo postojeće algoritme, odnosno da se implementacijom istih dobije graf koji je obojen sa što manjim brojem boja.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Darko Čapko, docent

#### 2. TEORIJA GRAFOVA

Graf je apstraktni matematički objekat. Neformalno govoreći, grafovi su sastavljeni od tačaka, odnosno čvorova i linija među njima, odnosno grana. Skup čvorova obeležavamo sa  $V$ , a skup grana sa  $E$ . Dva susedna čvora su krajnje tačke svake grane. Grana koja spaja čvor sa samim sobom naziva se petljom. Graf koji nema nijednu petlju naziva se prostim grafom. Graf koji ima konačan broj čvorova se zove konačan graf. Kompletan ili potpun graf je onaj graf kod koga su svaka dva čvora povezana granom. Stepen čvora grafa je broj grana grafa koji imaju kraj u tom čvoru. Maksimalni stepen čvora grafa  $G$  se označava sa  $\Delta(G)$ , a minimalni sa  $\delta(G)$ . Totalni stepen grafa je zbir svih stepeni grafa, jednak je dvostrukom broju grana. Gust graf je graf kod koga je broj grana približan maksimalnom broju grana datog grafa. Maksimalna gustina grafa je 1, a minimalna 0. Po orijentisanosti graf može biti neorijentisan i orijentisan (digraf). Planarni grafovi su oni grafovi koji se mogu nacrtati u ravni, a da im se grane ne seku, sem u čvorovima. Grafovi se mogu koristiti za rešavanje mnogih praktičnih problema. Ne postoji neka univerzalna reprezentacija grafova koja bi rešila sve različite probleme u kojima se oni koriste. Jedan od uobičajenih načina je pomoću listi susedstva, matrica incidencije i susedstva [1].

#### 3. PROBLEM BOJENJA GRAFOVA

Prvi problemi i njegovo rešenje, teorije grafova jeste rad Leonarda Ojlera pod nazivom "Sedam mostova Kenigsberga" (1736.). Kasnije, Frensis Gutri je izložio problem četiri boje koji postavlja pitanje da li je moguće obojiti zemlje na geografskoj karti sa samo četiri boje, a da se ne pojave dve susedne zemlje obojene istom bojom (1852.). Ovaj problem su rešili tek 1976. godine Kenet Apel i Wolfgang Haken, ali se postavljanje ovog problema smatra rođenjem teorije grafova. Tokom pokušaja rešavanja ovog problema otkrivene su mnoge teoreme i postavljeni mnogi teorijski pojmovi i koncepti. Problem pravilnog bojenja grafova sa što manje boja predstavlja, sa algoritamskog stanovišta, jedan od težih problema teorije grafova. Za sada nisu poznati dovoljno dobri (tj. polinomijalni) algoritmi za rešavanje tih problema [4].

##### 3.1. Bojenje grafova

Kada su u pitanju grafovi, tada imamo tri varijante bojenja: bojenje samo čvorova grafa; bojenje samo grana grafa; bojenje i čvorova i grana grafa. Od opšteg interesa je samo bojenja čvorova grafa i u tom slučaju važi sledeće pravilo, da su svi parovi susednih čvorova obojeni različitim bojama [4]. „List coloring” predstavlja bojenje čvorova grafa, tako da su susedi obojeni različitim



bojama, ali sa bojom iz liste dozvoljenih boja za svaki čvor. Bojenje dinamičkih grafova je definisano pravilnim bojenjem bilo kojeg višestepenog čvora, koji za susede ima čvorove koji su obojeni različitim bojama [6].

Za rešavanje problema bojenja čvorova grafova, bilo statičkih ili dinamičkih, važno je skrenuti pažnju da se kao tehnika rešavanja problema koristi heuristika.

Ona se koristi za pronalaženje približnog rešenja problema, koje ne može da se dobije klasičnim metodama, što znači da algoritmi zadovoljavajuće dobro rade u većini slučajeva, ali nije zagarantovan pronalazak minimalan broj boja za bojenje grafa.

### 3.2. Hromatski broj grafa

Hromatski broj je postao poznat zahvaljujući problemu četiri boje. On je najpopularnija grafička invarijanta [5]. Hromatski broj grafa  $G$  je najmanji broj boja koji je neophodan da se oboji graf  $G$ , tako da susedni čvorovi nisu iste boje. Hromatski broj grafa  $G$  se označava sa  $\chi(G)$ , a povremeno i sa  $\gamma(G)$  [2].

Ako je  $G$  povezan graf, tada je  $\chi(G) \leq \Delta(G) + 1$ , gde je  $\Delta(G)$  najveći stepen čvora u grafu  $G$ . Jednakost važi ako i samo ako je graf  $G$  ili kompletan graf ili kontura neparne dužine.

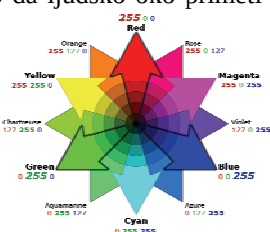
Ako je  $G$  povezan graf, tada je  $\chi(G) \leq \Delta(G)$ , ta jednakost važi ako i samo ako je graf  $G$  ili nije kompletan graf ili nije kontura neparne dužine [3].

## 4. ANALIZA ALGORITAMA ZA BOJENJE ČVOROVA GRAFOVA

Razvojno okruženje aplikacije za bojenje čvorova grafova je Microsoft Visual Studio 2010 Professional, softverska platforma Microsoft .NET Framework 3.5, a programski jezik C#.

### 4.1. Vizuelizacija čvorova obojenog grafa

Grafovi koji su korišćeni za testiranje algoritama za bojenje čvorova grafa su prosti neusmereni grafovi različitih veličina i gustina. Svaki graf ima mogućnost modifikacije, odnosno pored unosa/brisanja čvorova i grana, postoji i mogućnost pomeranja čvorova grafa na željenu poziciju. Prilikom odabira boja za bojenje čvorova grafa, javljaju se poteškoće, jer je treba odabrati takve boje za prikaz obojenih čvorova, da budu vizuelno različite, odnosno da ljudsko oko primeti razliku između njih.



Slika 1. RGB boje (primarne, sekundarne i tercijarne).

Za prvih 12 boja (slika 1.), korišćene su primarne, sekundarne i tercijarne boje (3+3+6). Sekundarne boje se dobijaju mešanjem primarnih, a tercijarne mešanjem primarnih sa sekundarnim. Preostali spektar boja je dobijen menjanjem nijansi prvih 12 boja, ali naravno sa svakom novom kreiranom bojom, smanjuje se razlika koju ljudsko oko može da detektuje i zbog toga je u aplikaciju ubačena opcija za detektovanje RGB boje čvora grafa, nakon pomeranja kursora miša na isti.

## 4.2. Algoritmi za bojenje statičkih grafova

Zadatak algoritma za bojenje čvorova u praktičnim primenama je da se nađe približno optimalno rešenje. Rešenje bi se zasnivalo na npr. lokalnoj pretrazi, genetskom algoritmu, algoritmima zasnovanim na koloniji mrava, itd. Pretraga grafa predstavlja jedino opšte rešenje. Korišćenjem pretrage i heuristike, vrši se unapređenje postojećih algoritama, tako što se smanji prostor pretrage. Algoritmi koji se zasnivaju na heuristici daju dobre rezultate u mnogim slučajevima, ali ne garantuju i minimalni broj boja za bojenje grafa. U ovom radu se vrši analiza tri algoritma za bojenje čvorova prostog neusmerenog statičkog grafa i to su Largest First (LF), Greedy Increasing Degree (GID) i Recursive Large First (RLF).

### 4.2.1. Largest First (LF) algoritam

LF algoritam (poznat je i pod nazivom *Welsh-Powell*-ov) je sekvencijalan i pripada grupi algoritama sa najjednostavnijim metodama za bojenje čvorova grafa. Kod sekvencijalnih algoritama čvorovi su sortirani po njihovim stepenima. U slučaju LF algoritma čvorovi su sortirani od najvećeg ka najmanjem stepenu [9]. LF algoritam se oslanja na opažanje da su čvorovi manjeg stepena fleksibilniji po pitanju odabira boja, pa se prioritet daje čvorovima sa višim stepenom [10]. Dakle, heuristika LF algoritma počinje sa pretragom neobojenih čvorova najvišeg stepena, a takav način pretrage će brže naći rešenje blizu optimalnom nego da su se boje dodeljivale čvorovima na slučajan način [8].

### 4.2.2. Greedy Increasing Degree (GID) algoritam

GID algoritam koristi sekvencijalnu heurističku tehniku za bojenje grafa. Tehnika se fokusira na pažljivi odabir sledećeg čvora za bojenje. Heuristika ovog algoritma, ne dozvoljava ponovno bojenje već obojenih čvorova. Zbog toga se dobije pravilno obojen graf, ali ne i sa najmanje moguće korišćenih boja. Broj boja zavisi i od načina, odnosno kriterijuma za biranje čvorova, npr. bojenje počinje od čvorova sa najvećim/najmanjim stepenom ili slučajnim odabirom. U ovom radu je objašnjen postupak bojenja čvorova grafa Greedy metodom, počevši od čvorova sa najmanjim stepenom [9].

### 4.2.3. Recursive Largest First (RLF) algoritam

RLF algoritam je konstruktivni metod koji počinje od neobojenog grafa, a zatim obojeni čvor i sve čvorove koji su obojeni istom bojom pod određenim uslovima, predstavlja kao novo parcijalno rešenje. Dakle, ista boja se daje svim čvorovima koji nisu međusobno susedi. Nakon toga se prelazi na novu boju i tako sve dok ceo graf ne bude bio obojen. Odabir čvorova zavisi od stepena povezanosti neobojenih čvorova sa prethodno obojenim čvorovima [7]. RLF algoritam za bojenje čvorova grafa pripada grupi algoritama koji vremenom smanjuju broj čvorova grafa pogodnih za bojenje.

## 4.3. Algoritmi za bojenje dinamičkih grafova

Dinamički hromatski broj grafa  $\chi_d(G)$  je optimalan broj boja dinamičkog grafa  $G$ . U ovom radu se vrši analiza dva algoritma za bojenje čvorova prostog neusmerenog dinamičkog grafa i to su Simple Dynamic Algorithm (SDA) i An agent algorithm for coloring dynamic graphs (ACODYGRA).

### 4.3.1. ACODYGRA algoritam

Algoritam ACODYGRA dodeljuje nove boje već obojenim čvorovima grafa, jedino u slučaju da ne postoji drugi izbor. Grafovi nad kojima se ovaj algoritam uvek koristi su grafovi kod kojih se menjaju samo grane, a broj čvorova ostaje isti. Algoritam počinje sa inicijalnim grafom, prethodno obojenim npr. RLF algoritmom i dozvoljava agentima da obrađuju graf, nakon dinamičkih promena. Svaki čvor grafa poseduje svog agenta, koji je u mogućnosti da dodeli novu boju istom čvoru i/ili njegovim susedima. Ukoliko se inicijalnom grafu, koji je obojen sa RLF algoritmom, dodaju novi čvorovi ili uklanjaju postojeći sa svim svojim granama, koristi se modifikovana verzija ACODYGRA algoritma. Uzimajući u obzir da se čvorovi grafa mogu brisati i dodavati, postoji dekrementalni modifikovani ACODYGRA i inkrementalni modifikovani ACODYGRA, respektivno. Dakle, inkrementalni se primenjuje na grafove, kojima se dodaju novi čvorovi sa svojim granama, a dekrementalni služi da smanji ukupan broj boja grafa, nakon uklanjanja čvorova i grana koje su sadržale te uklonjene čvorove [7].

### 4.3.2. Simple Dynamic Algorithm (SDA)

SDA je inkrementalan, što znači da se primenjuje na grafove kojima se dodaju novi čvorovi, a postojeće grane menjaju. Vrlo je jednostavan i bazira se na dodeli prve moguće boje konfliktnim čvorovima (greedy metodom).

## 5. IMPLEMENTACIJA I TESTIRANJE ALGORITAMA ZA BOJENJE ČVOROVA GRAFOVA

Programska implementacija algoritama za bojenje čvorova grafova je realizovana na radnoj stanici sa procesorom Intel® Core™ i3-4130 @ 3.40 GHz, RAM-om od 8 GB i sa operativnim sistemom Windows 8 Pro 64-bit.

### 5.1. Testiranje algoritama za bojenje statičkih grafova

Algoritmi koji će biti testirani u ovom delu rada su LF, GID i RLF algoritmi. Za testiranje algoritama se koriste unapred kreirani grafovi sa različitim brojem grana i čvorova, odnosno grafovi sa različitim gustinama. Pomenuti grafovi inicijalno imaju do 130 čvorova. Oni su inicijalno neobojeni i nad tim grafovima se primenjuju algoritmi i to po 10 puta, nakon čega je izračunato prosečno vreme za njihovo izvršenje u ms. Hromatski broj koji nam daje algoritam i gornja granica hromatskog broja su bitni parametri, koji se dobiju izvršenjem algoritma.

U tabeli 1. mogu se videti gore pomenuti parametri koji su dobijeni uporednim testiranjem LF, GID i RLF algoritama nad par testnih grafova. Na osnovu uporednog testiranja algoritama (tabela 1.), vidi se da RLF algoritam daje dobre rezultate, odnosno čvorovi grafa se boje sa minimalnim brojem boja, ali je vreme neophodno za bojenje dosta duže u odnosu na GID i LF algoritam.

Kako se broj čvorova povećava, GID i LF algoritmi sve više odstupaju od direktnog pogodaka hromatskog broja, dok kod RLF algoritma to nije slučaj.

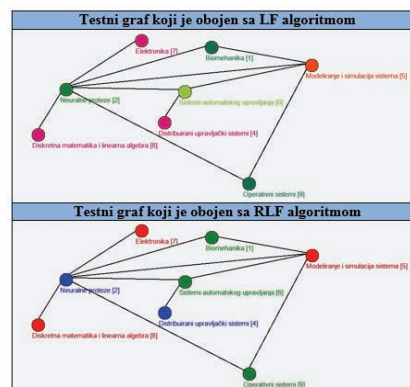
Najbolji odnos rezultata broja boja i vremena izračunavanja nam daje LF algoritam, što se da videti kod testnih grafova koji imaju preko 100 čvorova. Dakle, RLF je pogodan za grafove sa manjim brojem čvorova, a

ukoliko želimo da za kratko vreme dobijemo optimalno obojen graf predlaže se LF algoritam.

Tabela 1. Uporedno testiranje LF, GID i RLF algoritama.

T Testni graf #	V (G)	A (G)	E (G)	F (G) (%)	Primenjen algoritam	$\chi(G)$	Gornja granica $\chi(G)$	t (ms)
2	6	4	5	33	LF	3	$\leq 5$	27
					GID	3		26
					RLF	2		29
20	100	25	317	6	LF	24	$\leq 26$	87.67
					GID	25		88.33
					RLF	8		89.67
22	120	25	338	4	LF	25	$\leq 26$	89.37
					GID	26		90.65
					RLF	8		91.97
23	130	26	350	4	LF	26	$\leq 27$	91.56
					GID	27		93.23
					RLF	7		96.81

Sa slike 2. se vidi da se hromatski broj razlikuje za grafove koji su obojeni sa LF i RLF algoritmima. U prvom slučaju hromatski broj je 5, a u drugom 3.



Slika 2. Vizuelizacija grafa obojenog sa LF i RLF algoritmom.

### 5.2. Testiranje algoritama za bojenje dinamičkih grafova

Algoritmi koji će biti testirani u ovom delu rada su ACODYGRA i SDA. Za testiranje algoritama se koriste unapred kreirani grafovi sa različitim brojem grana i čvorova, odnosno grafovi sa različitim gustinama. Nad njima su izvršene određene akcije (A1- povezana su dva nepovezana čvora grafa, A2- izbrisana su dva čvora grafa sa svojim granama i A3- dodato je 5 čvorova sa 10 grana na graf). Nakon te dinamike, dobije se dinamički graf i za svaki od tih grafova se primenjuju ACODYGRA i SDA algoritmi i to po 10 puta, nakon čega je izračunato prosečno vreme za njihovo izvršenje u ms. Za analizu algoritama je bitno ukupno vreme, koje se dobije sumiranjem vremena neophodnog za izvršenje svake pojedinačne akcije. Dinamički hromatski broj koji nam daje algoritam i gornja granica dinamičkog hromatskog broja su bitni parametri, koji se dobiju izvršenjem algoritma. Iz tabele 2. se može zaključiti sledeće: Nakon primene osnovnog ACODYGRA algoritma (A1) na graf koji je inicijalno obojen sa RLF algoritmom,  $\chi_d(G)$  se ili nije menjao ili se povećao za 1 ili 2; Nakon primene ACODYGRA-Decremental algoritma (A2) na graf iz

prethodnog slučaja,  $\chi_d(G)$  je ili ostao isti ili se smanjio za 1 ili 2; Nakon primene ACODYGRA-Incremental algoritma (A3) na graf iz prethodnog slučaja,  $\chi_d(G)$  je ili ostao isti ili se povećao za 1 ili 2, osim u jednom slučaju kada se smanjio za 1. Dinamički hromatski broj se nije menjao u slučaju grafova koji su imali veliki broj čvorova i grana. Na njihovu strukturu nisu bitno uticale sitne izmene na grafu, tako da se nije javila potreba za korišćenjem novih boja.

Tabela 2. Uporedno testiranje ACODYGRA i SDA algoritama, nad par testnih grafova.

Tesni graf #	V (G)	A (G)	E (G)	I (G) (%)	Primenjen algoritam	Dinamika	$\chi_d(G)$	Gornja granica $\chi_d(G)$	t (ms)
4	6	3	8	53	SDA	A1	3	$\leq 4$	20
	4	2	4	66		A2	2	$\leq 4$	17
	9	4	14	38		A3	5	$\leq 5$	21
	6	3	8	53	ACO DYG RA	A1	2	$\leq 4$	20
	4	2	4	66		A2	2	$\leq 4$	18
9	9	4	14	38		A3	3	$\leq 5$	22
	5	4	6	60	SDA	A1	3	$\leq 5$	27
	3	2	2	66		A2	2	$\leq 4$	26
	8	5	12	42		A3	6	$\leq 6$	32
	5	4	6	60	ACO DYG RA	A1	3	$\leq 5$	33
	3	2	2	66		A2	2	$\leq 4$	24
	8	5	12	42		A3	4	$\leq 6$	33
	6	4	11	73	SDA	A1	4	$\leq 5$	17
	4	3	5	83		A2	3	$\leq 4$	18
13	9	6	15	41		A3	6	$\leq 7$	19
	6	4	11	73	ACO DYG RA	A1	3	$\leq 5$	19
	4	3	5	83		A2	3	$\leq 4$	17
	9	6	15	41		A3	4	$\leq 7$	22
19	100	25	319	6	SDA	A1	26	$\leq 26$	86
	98	25	312	6		A2	24	$\leq 26$	89
	103	31	322	6		A3	25	$\leq 32$	102
	100	25	319	6	ACO DYG RA	A1	8	$\leq 26$	90
	98	25	312	6		A2	8	$\leq 26$	98
	103	31	322	6		A3	8	$\leq 32$	99

Povećanjem broja čvorova i grana raste kompleksnost dinamičkog grafa i povećava se vreme za njegovu pretragu. Dakle, ukoliko nam je vreme bitan faktor preporučuje se primena SDA algoritma, a ukoliko je minimalan broj korišćenih boja za bojenje dinamičkog grafa bitan faktor, preporučuje se ACODYGRA algoritam.

## 6. ZAKLJUČAK

Proces bojenja čvorova grafa nije jednostavan, na osnovu lokalne pretrage vrši odabir čvorova i potencijalnih boja za iste i on zavisi od implementacije određenog algoritma. Prilikom vizuelizacije obojenog grafa, preporučuje se odabir boja na takav način što će se prvo koristiti primarne, sekundarne i tercijarne RGB boje, a za nove boje nijanse pomenutih RGB boja. Kao potencijalna rešenja problema bojenja čvorova grafa predstavljena su tri algoritma za bojenje statičkih grafova (LF, GID, RLF) i dva za bojenje dinamičkih grafova (ACODYGRA i SDA). RLF algoritam se pokazao veoma dobro u pogledu broja boja neophodnih za bojenje grafa i taj broj je većini slučajeva znatno manji, nego broj koji nude LF i GID algoritmi. Međutim, taj proces traje dosta duže, nego kod LF i GID algoritama. Upoređujući LF i GID algoritme,

može se zaključiti da LF daje bolje rezultate, jer je kod njega najbolji odnos vremena i broja boja. Kod algoritama za bojenje dinamičkih grafova, prednost je data SDA algoritmu ukoliko je ključni faktor odabira algoritma vreme, koje je neophodno za izvršenje istog. Ukoliko ključni faktor nije vreme, nego optimalni broj boja korišćenih za bojenje čvorova, tada se preporučuje ACODYGRA algoritam. Povećanjem kompleksnosti grafa, povećava se i vreme neophodno za pretragu grafa, a samim tim i za bojenje grafa. Poznato je da do danas, nije pronađeno rešenje, odnosno algoritam, koji bi obojio graf sa minimalnim brojem boja i to za kratak vremenski period. U cilju da se pronađe takvo rešenje, radi se na unapređenju postojećih algoritama, korišćenjem heuristike.

## 7. LITERATURA

- [1] Ana Savić, *Teorija grafova*, Diskretna matematika i algoritmi, Visoka Škola Elektrotehnike i Računarstva, Beograd, 2010.
- [2] Sriram Pemmaraju, Steven Skiena, *Computational Discrete Mathematics: Combinatorics and Graph Theory in Mathematics*, Cambridge, England, Cambridge University Press, 2003.
- [3] Dragan Stevanović, Miroslav Ćirić, Slobodan Simić, Vladimir Baltić, *Osnove kombinatorike i teorije grafova*, Diskretna matematika, Beograd, 2007.
- [4] Rowland Leonard Brooks, *On colouring the nodes of a network*, Proc. Cambridge Philosophical Society, Math. Phys. Sci., 1941.
- [5] Ivana Kovačević, *Diskretna matematika sa zbirkom zadataka*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2013.
- [6] Hong-Jian Lai, Bruce Montgomery, *Dynamic Coloring of Graphs*, Department of Mathematics, West Virginia University, Morgantown, WV 26506-6310, 2002.
- [7] Davy Preuveneers, Yolande Berbers, *ACODYGRA: An Agent Algorithm For Coloring Dynamic Graphs*, 2004., <http://www.davy.preuveneers.be/publications/acsy/s04-journal.pdf>
- [8] Mark C. Chu-Carroll, *Graph Coloring Algorithms*, [http://scienceblogs.com/goodmath/2007/06/graph\\_coloring\\_algorithms\\_1.php](http://scienceblogs.com/goodmath/2007/06/graph_coloring_algorithms_1.php),
- [9] Adrian Kosowski, Krzysztof Manuszewski, *Classical Coloring of Graphs*, [http://fileadmin.cs.lth.se/cs/Personal/Andrzej\\_Ling/as/k-m.pdf](http://fileadmin.cs.lth.se/cs/Personal/Andrzej_Ling/as/k-m.pdf)
- [10] *Vertex Coloring, Welsh-Powell Algorithm* <http://mrsleblancsmath.pbworks.com/w/file/46119304/vertex%20coloring%20algorithm.pdf>

## Kratka biografija:



**Ivan Aradanin** rođen je u Kikindi 1985. godine. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Automatika i upravljanje sistemima odbranio je 2014. godine.

**JEDNO REŠENJE FIZIČKE ARHITEKTURE PODSISTEMA ZA SINHRONIZACIJU NIZA SIMULATORA U REALNOM VREMENU****ONE SOLUTION OF PHYSICAL SUBSYSTEM ARCHITECTURE FOR SYNCHRONIZING ARRAY OF SIMULATORS IN REAL TIME**

Nikola Stojkov, Dušan Majstorović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Tema ovog rada je realizacija jednog konkretnog rešenja za sinhronizaciju niza HIL simulatora u realnom vremenu kako bi se omogućilo jedinstveno vreme za simulaciju i to jednako do nivoa jednog koraka simulacije ( $\pm 1$  us) za postojeći dizajn komunikacionog modela kompanije Typhoon-HIL. Problem sinhronizacije je rešen pomoću sinhronizacionog modula realizovanog u FPGA tehnologiji, koji bi periodično sinhronizovao HIL simulatore, kako ne bi došlo do međusobnog odstupanja vremena simulacije.

**Abstract** – The theme of this work is to develop a synchronization module in FPGA to be integrated in communication module of Typhoon-HIL company that would synchronize array of HIL simulators in real time, to establish unique time for simulation in range of 1 us, which is one step of simulation. Synchronization module would periodically synchronize HIL simulators, to avoid differences in simulation time.

**Ključne reči:** FPGA, Synchronization, HIL simulators, Typhoon HIL.

**1. UVOD**

Razvoj silicijumske tehnologije i mikroprocesorskih sistema omogućio je prelazak sa analognih na digitalne kontrolere energetske elektronike. Digitalni kontroleri zasnovani na procesorskim sistemima omogućavaju implementaciju sve složenijih algoritama za upravljanje u avionima, automobilima, konvertorima energetske elektronike, medicinskim uređajima, motorima, generatorima i sl. Uvećanje složenosti ovih sistema je posledica sve kompleksnijih upravljačkih algoritama i sve složenijih objekata upravljanja nastalih kao odgovor na zahtev tržišta za sve većim performansama, višim nivoom sigurnosti, objedinjavanjem većeg broja funkcija i povećanjem energetske efikasnosti. Pored trenda povećanja složenosti današnje komercijalno tržište nameće i sve strožije zahteve po pitanju cene i vremena razvoja uređaja. U [1] se može više pročitati o ovome.

Navedeni zahtevi tržišta u kombinaciji sa sve kompleksnijim računarskim sistemima znatno usložnjuju proces projektovanja i testiranja programske podrške upravljačkih sistema. U cilju zadovoljenja nametnutih kriterijuma, metoda koja se koristi jeste metoda projektovanja zasnovanog na modelu (MBD - engl. *Model Based Design*). U [3] se može naći više detalja.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dušan Majstorović, docent.

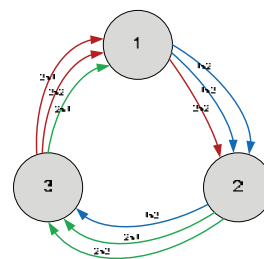
Istinska prednost MBD metodologije dolazi do izražaja u „objekat upravljanja-u-petlji“ (engl. *HIL – Hardware-in-the-loop*) tipu simulacije. U ovom slučaju se objekat upravljanja posmatra kao dinamički sistem i zamenjuje odgovarajućim matematičkim modelom koji se izvršava na simulatoru u realnom vremenu.

**2. DEFINICIJA PROBLEMA**

Kako sve više nailazimo na veliku dinamiku energetske sistema kao i rast njihove kompleksnosti, potrebno je obezbediti mogućnost masivnog paralelizma i mogućnosti simuliranja većih energetske sistema kao lokalizovane energetske sisteme odvojene od centralne mreže (eng. *microgrid*). U [2] je opširnije opisan ovaj pristup.

Paralelno izvršavanje uključuje deljenje modela za simulaciju u više delova koji se simuliraju posebno na svakom simulatoru, kako bi se na kraju dobio rezultat kao da je vršena simulacija na jednom simulatoru. Svaki simulator ima individualan zadatak koji treba da izvrši kako bi se rešio neki zajednički problem kao jedna funkcionalna jedinica.

Spajanje više HIL simulatora u jednu funkcionalnu jedinicu je realizovano mrežnom topologijom preko unidirekcionog prstena (eng. *unidirectional ring*).



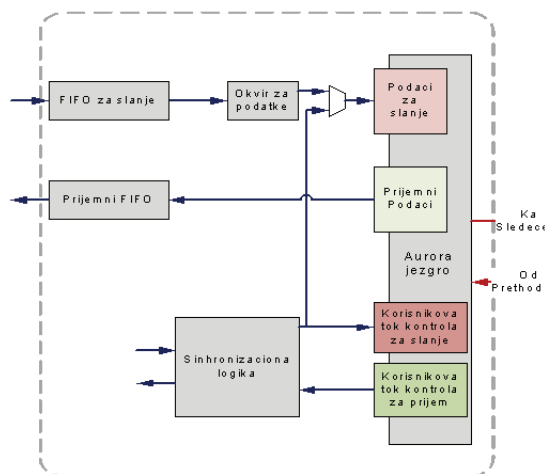
Slika 1. Prikaz spajanja HIL simulatora.

Komunikacija je sakrivena unutar HSSL (eng. *high speed serial link*) modula koji je napisan u HDL-u (eng. *Hardware Description Language*) i implementiran na FPGA (eng. *Field-Programmable Gate Array*). Modul je baziran na Xilinx-ovom Aurora 8B/10B jezgru. Detaljnije se može naći u [4].

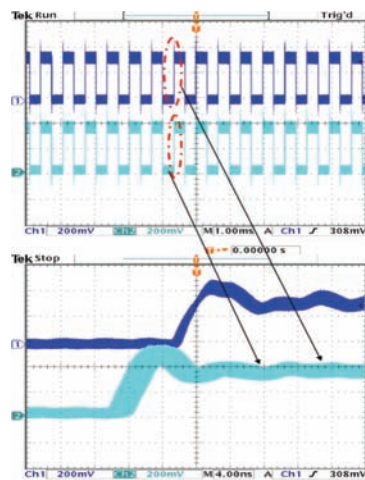
Postojeći dizajn komunikacionog modula koji je opisan ima i svoja ograničenja. Svaki HIL simulator na osnovu svog oscilatora meri vreme. Posle nekog perioda vremena odstupanje pojedinačnog HIL simulatora zavisice od preciznosti oscilatora.

Kako oscilatori nisu identični vremena pristizanja podataka od HIL simulatora počinju da odstupaju od željene vrednosti, jer se odstupanje akumulira u vremenu, pa samim tim rezultat simulacije postaje neprihvatljiv.





Slika2.Implemtacija Aurora jezgra



Slika 3. Razlika učestanosti dva oscilatora iste frekvencije.

### 3. KONCEPT SINHRONIZACIJE

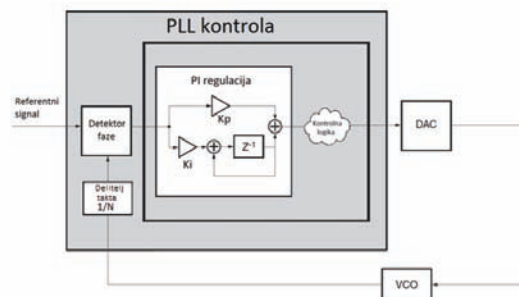
Kako HIL simulatori u paralelizmu rade kao jedna funkcionalna jedinica, podaci koje treba da sakupimo se nalaze na više simulatora, kako omogućiti da svi simulatori imaju isto merenje vremena tj. da rade na istoj učestanosti? Ovo je veoma važno kako bi se garantovalo korektno ponašanje sistema u realnom vremenu. Ključna stvar u distribuiranoj arhitekturi je sinhronizacija simulatora na referentni takt. Vreme simulacije posle nekog vremena počinje da se razlikuje od referentne zbog različite učestanosti lokalnih oscilatora. Samim tim potrebno je izvršiti sinhronizaciju simulatora nekim od metoda:

1. Sinhronizacija metodom zajedničkog takta – Ovo je jedan od jednostavnijih mehanizama za sinhronizaciju. Uključuje dovođenja referentnog takta preko fizičkih vodova.
2. Sinhronizacija na digitalnom nivou – Ovo je mehanizam sinhronizacije na nivou koraka simulacije. Korak simulacije se sastoji od  $n$  osnovnih takt perioda. Sinhronizacija bi se vršila tako što bi koraci simulacije varirali u zavisnosti od odstupanja od referentnog koraka.
3. Sinhronizacija kroz aktivno izjednačavanje učestanosti lokalnih oscilatora – U ovoj metodi jedan simulator se postavlja kao vodeći uređaj. Vodeći

simulator prosleđuje svoj takt kao referentni kroz komunikacioni nivo postojećeg dizajna. Od navedenih metoda za sinhronizaciju u ovom radu zbog postojećeg dizajna se bira metoda 3. Gradiivni elementi ovog mehanizma jesu:

1. Fazno zaključana petlja
2. Detektor faze
3. Digitalno-analogni konvertor (DAC)
4. Naponom kontrolisani oscilator (VCO)

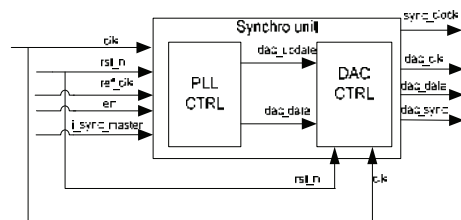
Na slici 4 je data blok šema kontrole sa faznom zaključanom petljom.



Slika 4. Blok dijagram PLL-a.

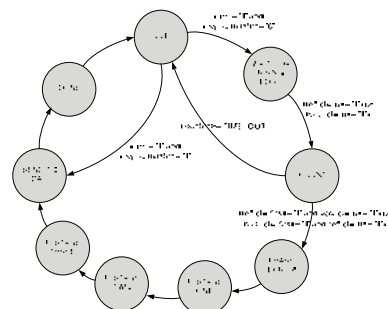
### 4. IMPLEMENTACIJA

Modul za sinhronizaciju se sastoji od kontrole sa fazno zaključanom petljom `pll_ctrl` i komunikacionog modula `dac_ctrl` za slanje podataka ka DAC-u (eng. *Digital to Analog Converter*). Na slici 5. je data blok šema sinhronizacionog modula.



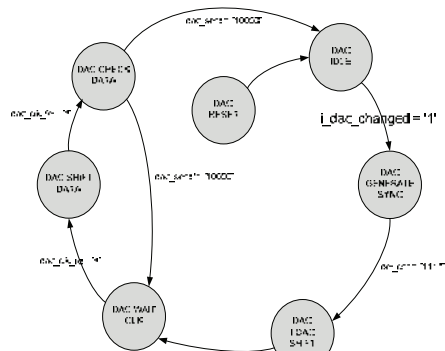
Slika 5. Blok šema sa vezama sinhronizacionog modula

Fazno zaključana petlja predstavlja kontrolni sistem koji generiše izlazni takt čija je faza u skladu sa fazom ulaznog referentnog takta. Modul `pll_ctrl` uključuje fazno zaključanu petlju sa neophodnim signalima za modul `dac_ctrl` i kao takav ima ulogu da izračuna faznu razliku između referentnog takta i lokalnog takta, primeni PI kontrolu nad faznom greškom i prosledi podatke `dac_ctrl` modulu.



Slika 6. Dijagram toka stanja modula `pll_ctrl`

Modul `dac_ctrl` služi da prosledene podatke od strane `pll_ctrl` modula pošalje putem serijsko perifernog interfejsa SPI (eng. *serial peripheral interface*) DAC-u kako bi se generisao željeni napon na VCO-u čime bi se rezultat sveo na promeni učestanosti.



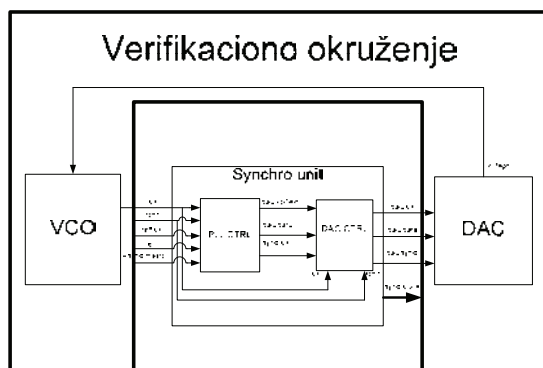
Slika 7. Dijagram toka stanja modula `dac_ctrl`

## 5. VERIFIKACIJA

Kako bi se verifikovao modul za sinhronizaciju bilo je potrebno modelovati DAC i naravno VCO kao i dodati stimulus za potrebne signale DUT-a (eng. *Design Under Test*) kao što su: `rst_n`, `en`, `i_sync_master`, `ref_clk`.

VCO i DAC modeli su modelovani tako da predstavljaju simulacione modele, tj. ovi modeli nisu modelovani za sintezu.

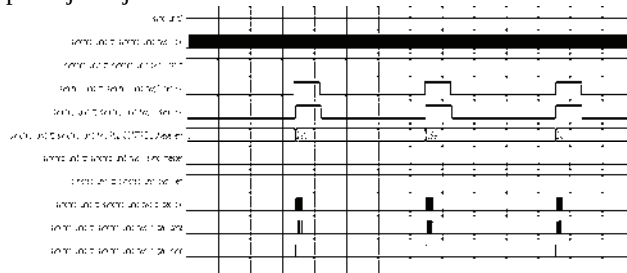
Na slici 9. je prikazano verifikaciono okruženje sa simulacionim modelima i modulom za sinhronizaciju.



Slika 9.

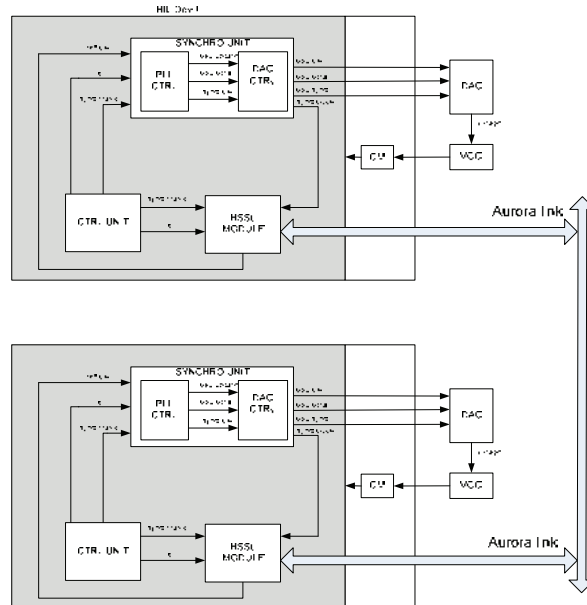
Detaljno verifikaciono okruženje modula za sinhronizaciju

Na slici 10 su prikazani signali modula za sinhronizaciju iz funkcionalne simulacije. Signal `phase_err` predstavlja faznu grešku. Kako se može videti fazna greška se smanjuje. Vrednost fazne greške predstavlja broj perioda takta `i_clk` koji su protekli tokom kašnjenja ili prednjačenja u odnosu na referentni takt.



Slika 10. Signali modula za sinhronizaciju.

U poglavlju 2 su predstavljeni uočeni nedostaci prisutnog sistema za paralelovanje unutar HIL simulatora. Implementirani modul za sinhronizaciju treba da ove nedostatke nadomesti svojom integracijom unutar sistema. Na slici 11. je prikazana blok šema koja ilustruje integraciju modula za sinhronizaciju unutar postojećeg sistema za HIL paralelovanje. Blok modul pod nazivom CTRL UNIT je kontrolna jedinica u sistemu i vrši konfiguraciju modula za paralelovanje HSSL MODULE i modula za sinhronizaciju SYNCHRO UNIT u režimu vodećeg uređaja ili pratećeg. Blok CM predstavlja takt menadžera koji podiže učestanost takta sa izlaza VCO modela na učestanost rada sistema. Brza serijska veza (Aurora link) služi za komunikaciju između HIL simulatora, na slici 2. u poglavlju 2 je predstavljeno Aurora jezgro koje je implementirano unutar sistema za HIL paralelovanje. Vodeći uređaj šalje svoj takt kao referentni kroz brzu serijsku vezu. Prateći uređaj upoređuje svoj lokalni takt sa primljenim referentnim i mehanizam faznog zaključavanja lokalnog takta počinje da radi.



Sli

ka 11. Integracija modula za sinhronizaciju unutar sistema za HIL paralelovanje

Modul za sinhronizaciju je prethodno bio verifikovan. Funkcionalna simulaciju sistema za HIL paralelovanje sa integrisanim modulom za sinhronizaciju je pokazala da modul za sinhronizaciju uspešno obavlja svoju funkciju opisanu u poglavlju, stim da prilikom ove verifikacije sistemi su bili povezani preko Aurora jezgra. Prvi uređaj je konfigurisan kao vodeći HIL Dev 0, dok je HIL Dev 1 prateći. Vodeći uređaj šalje referentni takt, signal `o_sync_clk`, kroz brzu serijsku vezu za koju je zadužen modul `hssl_ctrl_u0`. DAC konvertor i VCO model vodećeg uređaja imaju konstantnu vrednost. Prateći uređaj dobija referentni takt preko brze serijske veze `i_ref_clk` i upoređuje ga sa svojim lokalnim taktom. Fazna greška se vidi na signalu `o_phase_err` i njena vrednost pri prvom upoređivanju je 17. Ova vrednost znači da je proteklo 17 perioda brzog takta `i_clk` pre nego što se pojavila rastuća ivica lokalnog takta.

## 6. ZAKLJUČAK

U prvom poglavlju ovog rada iznose se činjenice za potrebom nove vrste metodologije projektovanja na bazi modela kod koje se formiraju detaljni funkcioni modeli za razliku od standardnih metodologije gde se koriste složene specifikacije i kompleksne structure podataka. Konstatovana je da ovakva metodologije dolazi do izražaja u HIL tipu simulacije i da postaje sve popularnija jer značajno olakšava formalizaciju i automatizaciju procesa testiranja.

U okviru poglavlja 2. konstatovano je i zaključeno da kako raste kompleksnost energetskih sistema potrebno je da se sistema rastavi na male elergetske lokalizovane jedinice koje bi se paralelno simulirale. Da bi se ovo omogućilo potrebno je obezbediti podsistem za paralelovanje. U nastavku poglavlja dat je opis podsistema za paralelovanje tj. kako se vrši distribucija simulacije na više HIL simulatora. Bitno je naglasiti da se simulacija na Typhoon-HIL platformi vrši u koraku od jedne mikrosekunde. Ovaj rad donosi zaključke o nedostacima ovakvog sistema za paralelovanje zbog različitih vremena na HIL simulatorima koji učestvuju u paralelovanju. Dolazi se do zaključka da je ovakvom sistemu za paralelovanje potreban sinhronizacioni modul koji bi se uklopio u trenutni sistem za paralelovanje.

Poglavlje 3. daje pregled koje vrste sinhronizacije postoje. Analiza koja od sinhronizacija je potrebna pri korišćenju distribuirane simulacije tj. sistema za paralelovanje se vršila sa kriterijumom da se može sa lakoćom realizovati nad postojećem sistemu. Odabrana je metoda sinhronizacije kroz aktivno izjednačavanje učestanosti lokalnih oscilatora. Mehanizam ove sinhronizacije nam omogućava da imamo u svakom trenutku simulacije lokalni takt pratećeg HIL simulatora u fazi sa referentnim taktom vodećeg HIL simulatora. Analiziranje ovakve vrste sinhronizacije je dovelo da zaključka da je potrebno izabrati komponente kao što su naponom kontrolisani oscilator VCO, koji ima usko frekventni opseg podešavanja zbog pogodnosti podešavanja učestanosti na mnogo finije vrednosti, druga komponenta jeste DAC čija je rezolucija ključ za dobre performanse, za mnoge primene a i ovu pomenutu je izabran DAC koji ima dvanaesto-bitnu rezoluciju. Dalje u poglavlju je dat opis gradivnih komponenti koji čine opisani metod sinhronizacije.

U poglavlju 4. dati su detalji implementacije modula za sinhronizaciju sa opisima gradivnih elemenata.

Poglavlje 5. prikazuje verifikaciono okruženje koje testira modul za sinhronizaciju. Najveći deo vremena, posle utvrđivanja ispravnosti mehanizma i funkcionalnosti modula za sinhronizaciju, je potrošen na fino podešavanje parametara PI regulacije i VCO simulacionog modela. Rezultati funkcionalne simulacije su pokazali da se sa ovakvim sistemom sinhronizacije mogu dobiti dobri rezultati. Na kraju poglavlja je ilustrovan rad dva povezana modula za HIL paralelovanje u kome je jedan HIL simulator konfigurisan kao vodeći a drugi kao prateći. U oba simulatora je integrisan modul za sinhronizaciju gde se može konstatovati ispravnost mehanizma modula za sinhronizaciju, kao i da su otklonjeni nedostaci koji su prezentovani u poglavlju 2.

Doprinos ovog rada predstavlja jedno od rešenja sinhronizacije prilikom korišćenja distribuirane simulacije na više HIL simulatora. Pokazano je da predloženim rešenjem moguće ostvariti rezultate koji su konkurentni aktuelnim komercijalnim rešenjima u datoj oblasti. Naime, moguće je ostvariti rezultate koji su reda ispod 1 us fazne greške između dva takta (referentnog i lokalnog) što je manje od jednog koraka simulacije. Svakako ovakav način sinhronizacije se može upotrebiti u bilo kojim dugim aplikacijama koje zahtevaju sinhronizaciju, promenom parametara modula moguće je napraviti potrebnu sinhronizaciju.

Predložena vrsta sinhronizacije opisana u ovoj tezi je uspešno realizovana i testirana u funkcionalnoj simulaciji koristeći ModelSim simulator. Dobijeni rezultati su bili prihvatljivi za integrisanje modula za sinhronizaciju unutar sistema za paralelovanje HIL simulatora.

## 7. LITERATURA

- [1] Energy4me, Environmental Impact by Energy Source, <http://www.energy4me.org/energy-facts/environmental-protection/environmental-impact-by-source/> 2012.
- [2] Environmental Commissioner of Ontario, Managing a Complex Energy System, <http://www.eco.on.ca/uploads/Reports-Energy-Conservation/2011/Energy-conservation-Report-2010-Spring.pdf> 2010.
- [3] Gabriela Nicolescu, Pieter J. Mosterman, *Model-Based Design for Embedded Systems (Computational Analysis, Synthesis, and Design of Dynamic Systems)*, 766 pages, CRC Press, ISBN-10: 1420067842, November 24, 2009.
- [4] Dušan Majstorović, Jedno rešenje procesorske arhitekture visokih performansi prilagođene modelovanju hibridnih dinamičkih sistema za rad u realnom vremenu, 2012.

### Kratka biografija:



**Nikola Stojkov** rođen je u Zrenjaninu 1990. god. Osnovne akademske – bečelor studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – na smeru za mikroračunarsku elektroniku 2013. godine.



**Dušan Majstorović** rođen je u Beogradu 1980. god. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2012. god. a od 2012. je stekao zvanje docenta. Oblast interesovanja su sistemi za rad u realnom vremenu i arhitektura računara.

**RAZVOJ JEZIKA ZA SPECIFIKACIJU WEB APLIKACIJA BAZIRANIH NA GOOGLE WEB TOOLKIT PLATFORMI****DEVELOPMENT OF LANGUAGE FOR SPECIFICATION OF WEB APPLICATIONS BASED ON GOOGLE WEB TOOLKIT PLATFORM**

Vedran Cuca, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO****2. TEORIJSKE OSNOVE**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisan je prvi korak ka rešavanju problema automatskog generisanja grafičkog korisničkog interfejsa web aplikacija, projektovanjem jezika specifičnog za domen za opis komponenti uz oslonac na GWT platformu. Rad sadrži opis razvijenog DSL-a uz osvrt na teoretske osnove jezika specifičnih za domen, arhitekturu i osobine, kao i primer korišćenja pomenutog jezika i njegovo poređenje sa postojećim rešenjima.

**Abstract** – This paper describes first step for solving problem of automatic generation of the graphical user interface for web applications by creating domain specific language for component specification based on GWT platform. Paper contains description of developed DSL, with reference to theoretical basis of DSLs, their architecture and characteristics, example of usage and comparison with existing solutions.

**Ključne reči:** Grafički korisnički interfejs, GWT, DSL, Modelom upravljani razvoj

**1. UVOD**

Ovaj rad predstavlja pokušaj rešavanja problema generisanja grafičkog korisničkog interfejsa uz oslonac na tehnički DSL za potrebe specifikacije i generisanja korisničkog interfejsa web orijentisanih aplikacija baziranih na GWT tehnologiji.

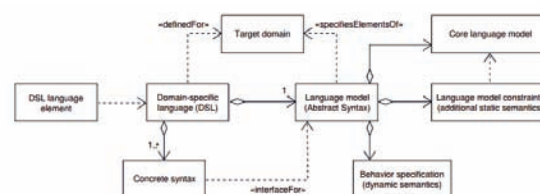
Veliki broj web aplikacija poseduje zajednički skup gradivnih elemenata korisničkog interfejsa. Na osnovu ove činjenice se dolazi do zaključka da se te gradivne komponente mogu izdvojiti i opisati u okviru nekog DSL-a, pa zatim iskoristiti pri kreiranju novih web orijentisanih aplikacija. Na osnovu toga, kreiran je prethodno pomenuti DSL koji opisuje gradivne komponente na visokom nivou apstrakcije iz domena web aplikacija baziranih na GWT-ju. Upotrebom ovog jezika se može ubrzati razvoj web aplikacija jer se sav nekretni posao oko ručnog kreiranja komponenti može zameniti generisanim kodom uz prethodnu specifikaciju tih komponenti. Na osnovu ovog jezika je moguće implementirati odgovarajući generator koji bi generisao kod koji reprezentuje opisane komponente, što za posledicu ima ubrzanje razvoja kao i lakoću korišćenja, rezultujući uvećanjem tehničke i poslovne vrednosti.

Jezici specifični za domen su jezici kreirani za specifičnu, često relativno usku, oblast primene. Ova osobina predstavlja ključnu razliku između domenskih jezika i jezika opšte namene. U opštem slučaju DSL-ovi nisu Turing kompletni ali obezbeđuju dovoljno apstrakcija potrebnih za određeni domenski problem. Za razliku od jezika opšte namene, ova specijalizacija rezultuje značajnom ekspresivnošću i lakoćom upotrebe u određenom domenu za koji je jezik konstruisan.

**2.1 Jezici specifični za domen – arhitektura**

Na slici 1. su prikazani osnovni artefakti DSL-a kao i relacije između njih. Sa tačke gledišta korisnika, jezik se sastoji od jezičkih elemenata. Na osnovu ciljnog domena, jezički model definiše jezičke elemente. Prema [1] jezički model je kompozitni model koji se sastoji od tri dela:

- Jezgra jezičkog modela
- Ograničenja jezičkog modela
- Specifikacije ponašanja jezika



Slika 1 Jezici specifični za domen [1]

**Jezgro jezičkog modela** obuhvata sve relevantne apstrakcije domena i specificira relacije između tih apstrakcija. Primeri tih domenskih apstrakcija su: račun, obveznica, klijent, fond ili berza u domenu bankarstva. Jezički model DSL-a formalizuje domenski-specifično znanje i mora biti validiran od strane domenskih eksperata.

**Ograničenja jezičkog modela**, poznatija i kao statička semantika, definišu uslove koje elementi modela i/ili relacije između tih elemenata moraju zadovoljavati. Ograničenja definišu semantiku koja se ne može direktno iskazati samo strukturom jezika jezičkog modela, i specificiraju se formalnim jezicima za definisanje ograničenja poput OCL-a (*Object Constraint Language*). **Specifikacija ponašanja jezika**, poznatija i kao dinamička semantika, je deo jezičkog modela koji definiše ponašanje

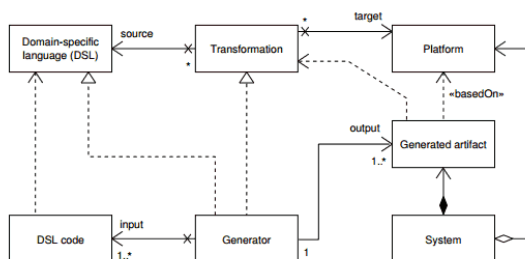
**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila prof. dr Gordana Milosavljević.



koje je posledica upotrebe jezičkih elemenata DSL-a. Takođe, specifikacija određuje interakciju elemenata jezika u toku izvršavanja.

Pored elemenata apstraktne sintakse, svakom jeziku specifičnom za domen je potrebna i *konkretna sintaksa* kako bi se mogao koristiti u realnom okruženju. Svaki DSL može imati više konkretnih sintaksi, npr. grafičku i tekstualnu. Slika 2. prikazuje način transformacije modela pisanog upotrebom DSL-a na model/kod za ciljnu platformu.



Slika 2. Koncepti transformacije modela [1]

*Transformacija* predstavlja operaciju koja mapira jedan format modela u drugi format modela. *Platforma* se sastoji od softverskih blokova koji daju interfejsse pomoću kojih se vrši implementacija konkretne semantike DSL-a u specifičnom sistemskom okruženju. *Generator* vrši generisanje platformski-specifičnih elemenata (najčešće programski kod).

## 2.1 Jezici specifični za domen – tipovi i osobine

Prema slici 3. Identifikovano je pet različitih osobina DSL-ova:

- Prikaz
- Poreklo
- Originalnost
- Implementacija
- Svrha

Property	Characteristic			
Appearance	Graphical		Textual	
Origin	External		Internal	
Originality	Original	API Wrapper	Sibling	Mimic
Implementation	Extensible Compiler/Interpreter	Generator	Macro	Template
Purpose	Horizontal Domain	Vertical Domain		Development Concerns

Slika 3. Tipovi i osobine DSL-ova [2]

Prema vrsti prikaza postoje grafički i tekstualni jezici. Poreklo jezika određuje da li je jezik razvijen nezavisno od ostalih jezika ili je baziran na nekom drugom jeziku, te stoga postoje interni i eksterni jezici. Originalnost nekog DSL-a se kreće od toga da je čitav jezik u potpunosti originalan, do potpunog imitiranja postojećeg jezika. Postoje više tehnika implementacije DSL-a za ciljnu platformu: kompajler/interpreter, generator, šabloni, makroi i metaprogramiranje. Prema svrsi domeni se mogu podeliti na horizontalne (baze podataka, sistemi za upravljanje poslovnim procesima, itd.) i vertikalne

(poslovne oblasti: kontrola leta, obrada narudžbi itd.), a takođe se mogu baviti problemima opšte namene prilikom razvoja softvera.

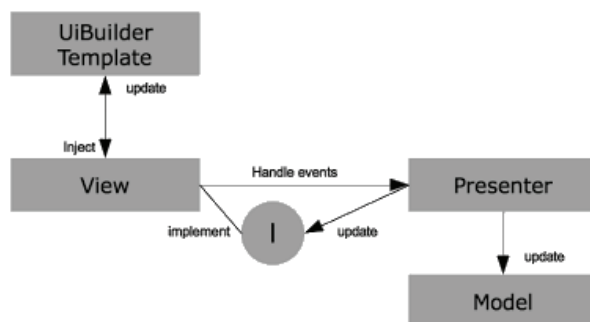
U nastavku će biti prikazan razvoj eksternog, tekstualnog tehničkog DSL-a za opis web aplikacija baziranih na GWT platformi.

## 3. ANALIZA DOMENA

Naredna sekcija sadrži opis upotrebljene platforme – GWT tehnologije, prikaz arhitekture i načina rada kao i pregled komponenti korisničkog interfejsa koje se najčešće pojavljuju u web aplikacijama.

### 3.1 GWT – arhitektura

Google Web Toolkit predstavlja tehnologiju otvorenog koda za razvoj AJAX aplikacija visokih performansi upotrebom programskog jezika Java. Klijentski kod napisan u Javi se kompajlira u visoko-optimizovani JavaScript i HTML kod nezavisan od browser-a. Arhitektura GWT-a se bazira na MVP (*Model-View-Presenter*) šablonu, čija implementacija u okviru GWT-a je prikazana slikom 4.



Slika 4. GWT implementacija MVP šablona

*Model* predstavlja jednostavnu Java klasu koja enkapsulira biznis objekat. *View* sadrži sve UI komponente od kojih se aplikacija sastoji. *UIBinder* predstavlja framework za raspoređivanje HTML elemenata uz upotrebu GWT grafičkih kontrola (tzv. *widget-a*). *Presenter* sadrži svu logiku poput upravljanja istorijom, sinhronizacije podataka sa serverom i tranzicije view-a. Komunikacija view-a i presenter-a se obavlja pomoću interfejsa.

### 3.2 GWT – način rada

GWT aplikacije se implementiraju u takozvanom razvojnom (*development*) režimu. Pored razvojnog, postoji i produkioni režim, kada je Java kod preveden u JavaScript kod koji se izvršava u browser-u. U razvojnom režimu, Java virtuelna mašina izvršava kod aplikacije kao Java bytecode, koristeći GWT adaptore kako bi se povezala sa prozorom browser-a, na taj način omogućavajući debugging. Nakon prelaska u produkioni režim, aplikacija se pakuje i pokreće u browser-u.

Razvijeni jezik opisan ovim radom koristi nekolicinu komponenti iz širokog spektra dostupnih komponenti poput: dugmeta, tekstualnog polja, checkbox i radio dugmadi, select-a, date picker-a, slike, liste, tab komponente, navigacione komponente, tabele, slajdera, komponente za pretraživanje itd.

Za razvoj same gramatike jezika iskorišteni su Xtext framework [3] za razvoj tekstualnih DSL-ova u kombinaciji sa Xtend jezikom [4], koji predstavlja statički-tipizirani jezik koji se prevodi u odgovarajući Java kod.

#### 4. IMPLEMENTACIJA I PREGLED JEZIKA

U nastavku će biti objašnjeni različiti koncepti i sintaksne konstrukcije gramatike razvijenog jezika uz prikaz elemenata upotrebom Xtext-a.

Listing 1. prikazuje učitavanje modela podataka naophodnog radi pristupa elementima modela podataka u gramatici.

```
import
"http://www.ac.rs/uns/ftn/gwt/dsl/Service" as
service
```

Listing 1. Učitavanje modela podataka

```
Model:
 elements+=ElementDeclaration*
;
```

*Model* je definisan kao skup proizvoljnog broja elemenata nazvanih *ElementDeclaration* prikazanog listingom 2.

```
ElementDeclaration:
 'client' name=QualifiedName
 modelImport=Import // Default root
 package used for application code
 (navigation=NavigationComponent)?
 (content=Content)? //
 (elements+=AppElement)*
;
```

Listing 2. Deklaracija modela

Element aplikacije može biti kontejner komponenta (*FrameComponent*) ili templejt (*Pattern*), što je definisano listingom 3.

```
AppElement:
 FrameComponent | Pattern
;
```

Listing 3. Definicija elementa aplikacije

Sadržaj aplikacije se predstavlja *Content* elementom čija definicija je data listingom 4. Sadržaj može obuhvatati proizvoljan broj kontejnera.

```
Content:
 'content'

 (contentElements+=ContentElement)*
 'end'
;
```

```
ContentElement:
 (default?='default')?
 frame=[FrameComponent];
```

Listing 4. Definicija ekrana aplikacije

Navigaciona komponenta aplikacije se definiše putem *NavigationComponent* elementa, koji sadrži niz navigacionih menija definisanih putem *NavigationElement* elemenata. Navigacioni meni je definisan u gramatici kao u listingu 5.

```
NavigationComponent:
 'navigation'

 (navigationElements+=NavigationElement)*
 'end';
NavigationElement:
 'element' elementName=STRING 'show'
 menuSection=[FrameComponent]
 (default?='default')?
;
```

Listing 5. Definicija navigacionog elementa

```
FrameComponent:
 'frame' name=ID
 (searchable?='searchable')?
 (sources+=FrameSource)*
 ('title' title=STRING)?
 (elements+=FrameElement)*
 'end'
;
```

```
FrameElement:
 List | Filter
;
```

```
FrameSource:
 'source' source=[service::Entity] |
 'source' source=[service::Entity]
 hasPattern?='basedOn' pattern=[Pattern]
;
```

Listing 6. Definicija kontejnera

Listing 6. sadrži definiciju kontejnera (frejma) u gramatici. Ukoliko je navedena ključna reč '*searchable*' podelementi kontejnera se mogu pretraživati prema određenim kriterijumima. Kontejner komponenta može sadržati proizvoljan broj "izvora" podataka predstavljenih *FrameSource* elementom. Izvor podataka predstavlja entitet definisan u modelu servisa ili entitet koji je baziran na nekom šablonu. *FrameElement* je podelement kontejnera i može biti *List* ili *Filter* komponenta.

```
Pattern:
 'pattern' name=ID
 'source' source=[service::Entity]
 (hasTitle?='title' title=STRING)?
 (elements+=PatternElement)+
 'end'
;
```

Listing 7. Definicija templejt komponente

*Templejt* komponenta (listing 7) predstavlja element na osnovu koga se renderuje element modela podataka. Templejt može sadržati jedan ili više podelemenata *PatternElement* definisanog u listingu 8.

```
PatternElement:

 image?='image' (large?='large')? (entityId=ID
 entityFeature?='.')? imageFeatureId=ID |

 anchor?='link' (editable?='editable')?
 (caption?='caption')? (explicitCaption=STRING)?
 anchorItem=LabelItem (validation=Validation)? |

 label?='label' (editable?='editable')?
 (caption?='caption')? (explicitCaption=STRING)?
 labelItems+=LabelItem ('+'
 labelItems+=LabelItem)* (validation=Validation)?
 |
```

```
link?='link' displayString=STRING 'show'
targetEntity=[FrameComponent] 'for'
(linkItemSource=ID | 'source');
```

Listing 8. Definicija elementa templejta

PatternElement predstavlja način na koji će se atributi entiteta modela prikazati u okviru klijentske aplikacije. Mogući načini prikazivanja su: slika, link, labela i navigacioni link. Lista određenih elemenata se definiše elementom *List* (listing 8), sa izvorom podataka predstavljenim elementom *ListSource* (listing 10) i elementima definisanim *ListItem* (listing 9) elementom.

```
List:
'list' name=ID
(collapsible?='collapsible')?
(condition = 'condition' (conditionEntity=ID
('.'conditionFeature=ID)?))?
'title' title=STRING
dataSource=ListSource (listItems+=ListItem)*
'end'
;
```

Listing 8. Definicija liste elemenata

```
ListItem:
'itemElement' name=ID
listItemSource=(ID | 'source') 'basedOn'
pattern=[Pattern]
(hasAction?='action' (showFrameAction?='show'
targetFrame=[FrameComponent] |
filterListAction?='filter' targetList=[List]))?
'end'
;
```

Listing 9. Definicija elementa liste

```
ListSource:
'source' source=[service::Entity] |
'source' source=[service::Entity]
hasFeatures?='for' sourceFeature+=ID (','
sourceFeature+=ID)* |
'source' source=[service::Entity]
hasParentFeatures?='for'
'parent.'sourceFeature+=ID (','
sourceFeature+=ID)* |
'source'
hasParent?='parent.'source=[service::Entity]'. 's
ourceFeature+=ID |
'source' source=[service::Entity]
hasGroupBy?='groupBy' groupEntity=ID('.'
groupFeature=ID)? ;
```

Listing 10. Definicija izvora podataka liste

*Filter* komponenta je definisana listingom 11.

```
Filter:
'filter' name=ID
('search' searchDisabled?='disable')?
'end';
```

Listing 11. Definicija filter komponente

Validacija se definiše putem elementa validacije *Validation* prikazanog listingom 12.

```
Validation:
type=ValidationType;
enum ValidationType:
email='validate-email' |
url='validate-url' |
lettersOnly='validate-lettersOnly' |
required='validate-required' |
dateFuture='validate-dateFuture' |
```

```
datePast='validate-datePast' |
mobilePhone='validate-mobile' |
phone='validate-phone' |
zipCode='validate-zipCode';
```

Listing 12. Definicija validacija polja za unos podataka

Mogući tipovi validacije su: validacija email adrese, URL-a, datum u budućnosti/prošlosti, format broja telefona itd.

## 4. ZAKLJUČAK

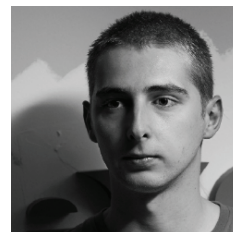
U radu je dat teoretski pregled DSL-ova, opis njihove arhitekture, podele i karakteristike. Pored toga, analiziran je domen web aplikacija kako bi se uočili i izdvojili često upotrebljavani elementi korisničkog interfejsa na osnovu kojih je kreirana gramatika opisanog jezika. Takođe, dat je prikaz gramatike razvijenog jezika uz fokus na opis pojedinih gramatičkih konstrukcija. Rešenje opisano u ovom radu predstavlja podlogu za dalji razvoj alata za automatsko generisanje grafičkog korisničkog interfejsa web aplikacija, kako u teoretskom tako i u praktičnom smeru.

Sa stanovišta teorijskog doprinosa, istraživanje može ići u pravcu specifikiranja i podrške ostalih komponenti korisničkog interfejsa koje nisu obuhvaćene razvijenim jezikom, kao i detaljnijeg definisanja interakcije korisnika sa interfejsom proširivanjem jezika za podršku autorizacije i autentifikacije korisnika, tokova procesa itd. Sa stanovišta praktičnog doprinosa, razvoj može ići u smeru implementacije podrške za validaciju jezika, bolje integracije sa razvojnim alatima, implementacije generatora koda, generisanja automatskih testova korisničkog interfejsa itd.

## 5. LITERATURA

- [1] Reusable Architectural Decisions for DSL Design, U Zdun, M Strembeck, ACM Computing surveys (CSUR) Volume 37 Issue 4, December 2005, Pages 316-344, ACM New York, NY, USA Tomas Stahl and Marcus Volter - Model-Driven Software Development, 2006
- [2] Development of Internal Domain-Specific Languages: Design Principles and Design Patterns, S Günther, PhD thesis
- [3] Xtext: <http://www.eclipse.org/Xtext/index.html>
- [4] Xtend: <http://www.eclipse.org/xtend/index.html>

## Kratka biografija



**Vedran Cuca** je rođen 02. 05.1988. godine u Konjicu, Bosna i Hercegovina. 2007. godine upisao se na Fakultet tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika. Osnovne akademske studije je završio 2011. god. i iste godine upisao master studije na istom odseku. Položio je sve ispite predviđene planom i programom sa prosekom ocena 9,83.

# Jedno rešenje realizacije IPTV prijemnika digitalnog televizijskog signala zasnovanog na Android platformi

Aleksandar Stefanović, Milenko Borić Herget, Vladimir Maksović, Saša Bojić

**Sadržaj** — U ovom radu je opisano jedno rešenje realizacije IPTV prijemnika digitalnog televizijskog signala zasnovanog na Android platformi. Opisani su osnovni pojmovi video sadržaja i njegovo kodovanje, arhitektura IPTV mreže i neke od dodatnih usluga koje IPTV nudi.

**Ključne reči** — Android, FCC, IPTV, NPVR, televizija, VoD.

## I. UVOD

PORED tradicionalnih načina prenošenja televizijskog signala kao što su putem kabela, satelitskog ili radio signala, sve popularniji postaje način prenošenja, odnosno distribucije televizijskih i video sadržaja putem kontrolisane IP (Internet Protocol) mreže. Ovaj način prenošenja je poznat pod imenom Internet Protocol Television ili skraćeno IPTV.

Pri tradicionalnom načinu, sav sadržaj televizijskog programa se emituje odjednom i korisnik preko TV uređaja bira željeni kanal. IPTV, za razliku od tradicionalnog načina, šalje samo jedan program. Sav sadržaj programa se nalazi na mreži snabdevača usluga, i samo jedan program, koji korisnik odabere da gleda, se šalje. Kada korisnik promeni kanal, novi tok podataka se šalje direktno do njega. Kako bi korisnik mogao da gleda program putem IPTV-a, potreban mu je dodatni uređaj, odnosno prijemnik digitalnog televizijskog signala (set-top box). U ovom radu je opisan prijemnik baziran na Android operativnom sistemu.

Pored standardnog programa IPTV nudi niz različitih usluga kao što su VoD (Video on Demand), mogućnost gledanja dodatnog sadržaja, kao što su na primer razni filmovi, serije i sportski događaji. Korisnik uređaja takođe ima mogućnost da pauzira video, kao i da ga premotava. Ovo su samo primeri brojnih usluga koje IPTV može da nudi, i koji su mogući zbog dvosmerne komunikacije između korisnika i servera koji na osnovu zahteva šalje

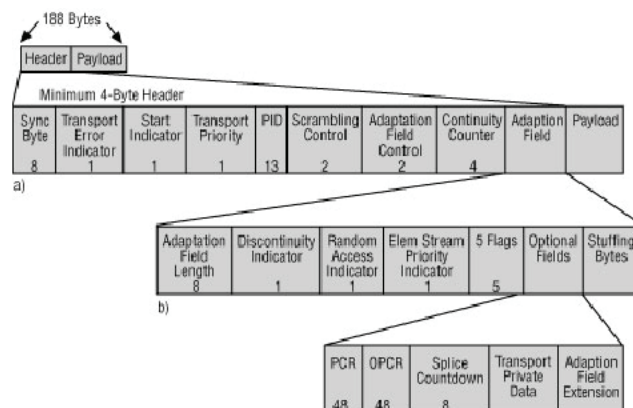
određene podatke. Tradicionalni načini prenošenja signala nemaju ovu osobinu i samim tim nemaju mogućnost podržavanja ovakvih usluga.

U ovom radu je dat kratak opis o kodiranju video podataka i njegovo slanje, opis operativnog sistema, arhitekture mreže, promene kanala i dodatnih IPTV usluga.

## II. VIDEO KODIRANJE

Video predstavlja skup slika koje su prikazane u sekvencijalnom redosledu. Tehnički izraz za jednu ovakvu sliku je "frame". Video se obično sastoji od 24 frame-ova po sekundi. Kako bi se smanjila veličina video sadržaja svaka slika se kompresuje u format znatno manje veličine. Najčešće se koristi MPEG (Motion Picture Expert Group) kodovanje za kompresiju video sadržaja. Ovako kompresovan sadržaj se šalje preko mreže u vidu kontinualnog digitalnog signala, i poznat je pod imenom, elementarni tok podataka ili skraćeno ES (Elementary Stream).

Da bi elementarni tok podataka mogao biti poslat preko mreže, prethodno ga je potrebno konvertovati u vremenski obeleženi tok zapakovanih ES paketa, koji se nazivaju PES (Packetized Elementary Stream) paketima. Sledeći korak u slanju sadržaja je formiranje transportnog toka, koji se sastoji od kontinualnog niza paketa. Ovi paketi se nazivaju transportni paketi, odnosno TS (Transport Stream) paketi. Transportni paketi se formiraju tako što se PES paketi razdvajaju u TS pakete fiksne veličine od 188 bajtova. Svaki TS paket se sastoji od zaglavlja i korisnih podataka, dok je veličina zaglavlja minimum 4 bajta (slika 1).



Sl. 1. Struktura MPEG2 TS paketa

A. Stefanović, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (telefon: 381-63-8070787, e-mail: sale\_becej@yahoo.com)

M. B. Herget, RT-RK, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: milenko.herget@rt-rk.com).

V. Maksović, RT-RK, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: Vladimir.Maksovic@rt-rk.com).

S. Bojić, RT-RK, Narodnog fronta 23a, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: sasa.bojic@rt-rk.com).

## NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz master rada Aleksandra Stefanovića. Mentor je bio prof. dr Nikola Teslić.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, novembar 2013.



Transportni paketi predstavljaju standardni format za prenošenje video i audio podataka. Identifikator paketa (PID) sadržan u zaglavlju TS igra ključnu ulogu u rukovanju TS. Jedan transportni tok može u sebi da ima više multipleksiranih elementarnih tokova od kojih neki sadrže video a neki audio podatke koji pripadaju određenom TV ili multimedijalnom servisu. TS može u sebi da sadrži podatke koji pripadaju samo jednom ili više servisa. U slučaju kada TS sadrži podatke od više servisa, da bi se pravilno izdvojili podaci koji pripadaju određenom kanalu, TS mora da sadrži i signalne tabele. Najbitnije tabele su PAT (Program Association Table) i PMT (Program Map Table). PAT tabela sadrži listu PID vrednosti TS paketa sa PMT tabelama koje u sebi nose podatke o servisima koji se emituju. PAT tabela se uvek šalje u TS paketima sa predefinisanim PID-om koji ima vrednost 0x0000. PMT tabela definiše listu PID vrednosti TS paketa koji sadrže PES pakete pridružene određenom programu (npr. video, audio, teletext).

### III. OPERATIVNI SISTEM

Android je operativni sistem baziran na Linux-u, dizajniran prvenstveno za mobilne uređaje sa ekranima koji reaguju na dodir, kao što su pametni telefoni i tablet računari.

Android je otvorenog tipa što omogućava slobodnu izmenu i distribuciju operativnog sistema od strane proizvođača uređaja.

Najvažnija uloga operativnog sistema u digitalnom prijemniku signala je da obezbedi okruženje za podršku multitasking zahteva softvera, što obuhvata upravljanje procesima, memorijom i sistemskim resursima.

Prijemnik digitalnog signala, odnosno set-top box, je baziran na Android operativnom sistemu i pored samog prijema signala i njegove obrade, što podrazumeva proveru greške u pristiglim paketima, služi kao osnova softvera odnosno Android aplikacije koja prikazuje televizijski program i omogućava korišćenje dodatnih usluga koje IPTV omogućava.

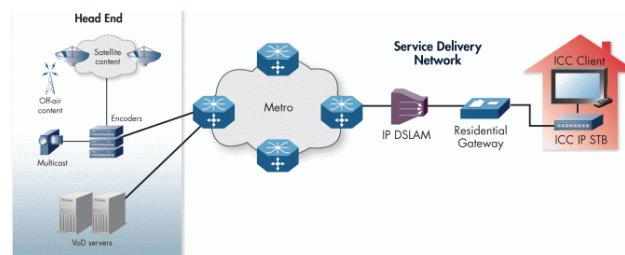
Posrednički sloj (middleware) se nalazi na nižem programskom nivou od same aplikacije, i predstavlja najkompleksniju i najvredniju komponentu programske podrške. U okviru ovog sloja se nalaze realizacije najvažnijih operacija kao što su formiranje tokova video i audio podataka, kontrola pristupa, organizacija servisa, podrška za snimanje.

Posrednički nivo obezbeđuje potrebnu programsku spregu ka višim programskim slojevima, kao što je Android aplikacija koja predstavlja grafičku korisničku spregu.

### IV. ARHITEKTURA MREŽE

IPTV mreža se sastoji iz više elemenata (slika 2). Video head-end, predstavlja deo gde se sadržaj kanala koji se emituju uživo kodira i šalje u okviru IP toka podataka. Ovi podaci se šalju u vidu multicast-a, što znači da se podaci istovremeno šalju većem broju korisnika. U okviru mreže se takođe nalaze serveri koji sadrže video podatke koji su dostupni na zahtev korisnika. Distributivni deo, predstavlja deo mreže koji je zadužen za koordinaciju i

slanje IP paketa. Uloga ovog dela je da što efikasnije dostavi multimedijalni sadržaj do korisnika. Podaci se dalje šalju preko DSLAM-a (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), koji povezuje veći broj korisnika na linije visokih brzina, do korisnika, odnosno do set-top uređaja.



Sl. 2. Pojednostavljen prikaz IPTV mreže

#### A. Korekcija greške

DVB (Digital Video Broadcasting) standard precizira pojavu jednog artefakta, odnosno greške u video reprodukciji, u okviru dva sata. Pošto jedan IP paket može da sadrži i do sedam MPEG2 TS paketa, njegov gubitak može da izazove vidljive artefakte prilikom reprodukcije videa ili čak i kratko zamrzavanje slike.

Kako bi se smanjio broj grešaka u IP paketima, koristi se metoda ponovnog slanja i upotreba bita parnosti. Svaki IPTV paket ima svoj jedinstveni broj koji predstavlja njegovo mesto u sekvenci paketa. Prijemnik proverava ovaj broj svakog dobijenog paketa prilikom čega traži rupe u nizu paketa, odnosno traži broj paketa koji nedostaje ili sadrži grešku. Paketi sa greškom se odbacuju i zahteva se njihovo ponovno slanje od strane servera. Kada pristigne novi paket, on se ubacuje u niz na svoje odgovarajuće mesto. Ovaj način popravke greške nije vidljiv krajnjem korisniku, jer se odvija pre faze dekodovanja i prikaza, i zahteva dodatni server koji čuva podatke o programu, kako bi mogao ponovo da ih pošalje.

Drugi način korekcije se odvija samo na prijemniku digitalnog signala, i zasniva se na upotrebi bita parnosti. Pre samog slanja paketa dodaju se biti parnosti samom paketu. Originalni tok podataka je izdvojen na sekvencijalne blokove na osnovu kojih se generišu biti parnosti koji zatim bivaju dodati paketu na koji se odnose. Na ovaj način se mogu ispraviti greške u paketima bez dodatne potrebe za njihovim ponovnim slanjem, ali u slučaju da se paket ne može popraviti neophodno je ponovno slanje paketa.

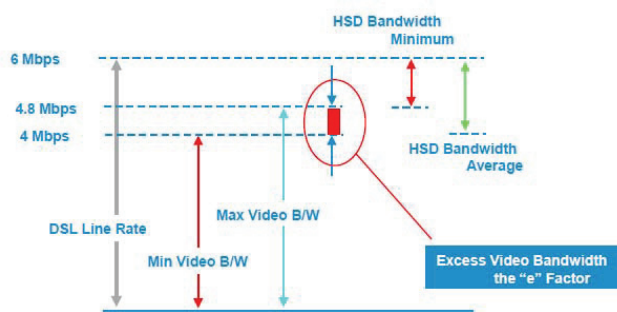
### V. PROMENA KANALA

Sve dok prima podatke o određenom kanalu, prijemnik digitalnog signala se nalazi u takozvanoj multicast grupi, u koju zajedno sa ostalim uređajima prima podatke istog kanala. Prilikom zahteva o promeni kanala prijemnik šalje poruku napuštanja kanala pristupnoj tački. Komunikacija o napuštanju i uključivanju u multicast grupu se odvija upotrebom IGMP (Internet Group Management Protocol) protokola. Nakon napuštanja grupe klijent šalje FCC (Fast Channel Change) zahtev ka serveru.

Nakon primljenog zahteva za promenu kanala server odgovara tako što prvo šalje PAT i PMT tabele, a zatim

kratak nalet podataka namenjen samo za datog klijenta, kako bi reprodukcija mogla što pre da započne. Klijent, zatim, započinje uključivanje u grupu korisnika novog kanala pomoću IGMP poruke. Reprodukcija kanala je već započela i server obezbeđuje podatke direktnim putem sve dok klijent ne počne da dobija podatke putem multicast-a i dok se redni brojevi paketa, dobijeni na ova dva načina, međusobno ne sinhronizuju. Nakon čega server prestaje sa direktnim slanjem podataka, i promena kanala je završena.

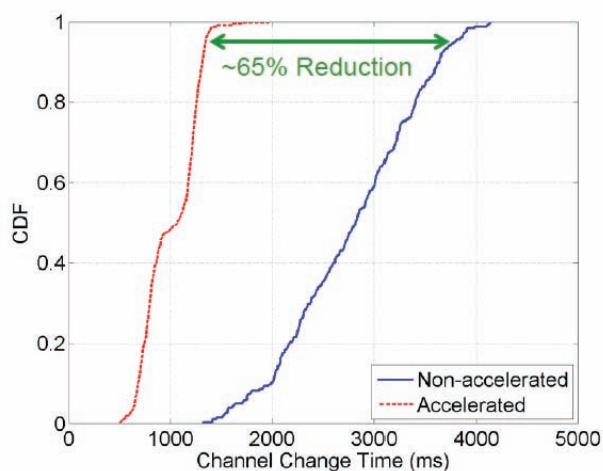
Kako bi se omogućilo kratko povećano slanje podataka pri početku promene kanala potreban je dodatni propusni opseg, koji je oko 20% propusnog opsega samog kanala (slika 3).



Sl. 3. Grafički prikaz dodatnog propusnog opsega ("e" faktor)

Veličina dodatnog opsega može biti i adaptivna u zavisnosti od viška ukupnog dozvoljenog propusnog opsega, pri čemu suma opsega kanala i dodatka nikada ne prelazi dozvoljeni opseg. Trajanje povećanog slanja podataka je u direktnoj vezi sa veličinom dodatnog opsega. Što je veći opseg, to je kraće vreme povećanog protoka, odnosno promena kanala je brža.

Ako uporedimo brzinu promene kanala na dva prijemnika od kojih jedan koristi ubrzanu promenu kanala, odnosno direktnim putem dobija kratak nalet podataka, dok drugi nema ubrzanu promenu, tj. prilikom napuštanja multicast grupe, čeka da se priključi novoj. Pri čemu je u pitanju kanal visoke definicije, kodovan na 2Mbps i 30fps, dobijamo sledeće rezultate (slika 4).



Sl. 4. Grafički prikaz vremena promene kanala sa i bez ubrzanja.

TABELA 1: REZULTATI PROMENE KANALA.

Promene kanal, ms	FCC	No FCC
-------------------	-----	--------

Minimalna vrednost	501ms	1323ms
Srednja vrednost	1009ms	2785ms
Maksimalna vrednost	1965ms	4140ms

Iz dobijenih rezultata (tabela 1) se vidi da se upotrebom kratkog povećanog toka podataka namenjenog samo za korisnika koji menja kanal, dobija nešto veće ubrzanje od dvostrukog. Na ovaj način se znatno smanjuje vreme potrebno za dobijanje dovoljno podataka za početak reprodukcije sadržaja.

## VI. DODATNE IPTV USLUGE

### A. Video on Demand

IPTV Video on Demand (VoD) predstavlja sistem za skladištenje video i multimedijalnog sadržaja kome se može pristupiti u bilo kom momentu od strane autorizovanog korisnika. Korisnik ima potpunu slobodu nad vremenom i tipom sadržaja koji želi da gleda, takođe ima i kontrolu nad reprodukcijom sadržaja, odnosno može da ga pauzira i premotava.

U trenutku kada korisnik odabere sadržaj koji želi da gleda, uspostavlja se direktna konekcija između korisnikovog uređaja i servera koji dostavlja traženi sadržaj. Kako bi se signalizirali takozvani trik modovi (pauza i premotavanje), koristi se RTSP (Real Time Streaming Protokol) protokol.

### B. Timeshift

Prilikom gledanja programa koji se emituje uživo, korisnik ima mogućnost da pauzira snimak. Nakon pauziranja programa korisnik ima i mogućnost premotavanja snimka. Prilikom pauziranja, podaci se snimaju na hard disk prijemnika, i njegova dužina zavisi od dostupne memorije diska. Snimanje se nastavlja sve dok korisnik ne promeni kanal ili ne izađe iz timeshift moda. Memorija odvojena za snimanje sadržaja je predstavljena u okviru posebne Linux particije, veličine od 4Gb. Prilikom svakog napuštanja timeshift moda, briše se kompletan snimljeni sadržaj.

### C. Network PVR

NPVR ili Network Personal Video Recorder je servis pomoću kojeg korisnik može da snima emitovani sadržaj na server u okviru mreže. Za razliku od timeshift-a, snimljeni sadržaj se može reprodukovati bilo kada. Ovaj servis takođe omogućava premotavanje snimljenog sadržaja, i omogućava njegovo snimanje bez potrebe za dodatnim PVR uređajem.

### D. Ažuriranje programske podrške

IPTV uređaj je baziran na Android operativnom sistemu, prikaz videa i korisnička sprega ka VoD i NPVR su implementirani u vidu Android aplikacije. Prilikom razvoja novih verzija, aplikacija se može ažurirati preko mreže (OTA - Over The Air upgrade). Na ovaj način se omogućava konstanto unapređenje korisničkih usluga. Takođe, u slučaju neočekivanih događaja kao što su otkaz funkcionisanja softvera u slučaju grešaka ili nepravilnog korišćenja, moguća je popravka putem ažuriranja.

Korisnik putem aplikacije ima mogućnost da proveri da li je nova verzija za ažuriranje dostupna, dok se u kritičnim slučajevima ažuriranje automatski pokreće.

## VII. ZAKLJUČAK

Iz razloga što se u okviru IP televizije multimedijalni sadržaj šalje preko IP protokala i samim tim omogućena dvosmerna komunikacija korisnika i uslužnih servera, IPTV za razliku od tradicionalne televizije, omogućava razne dodatne usluge, osim emitovanja živog TV programa. Usluge kao što su VoD, timeshift, NPVR, IPTV čine ovaj oblik emitovanja sve popularnijim u svetu.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, projekat 32031.

## LITERATURA

- [1] Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/IPTV>

- [2] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB), Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks" Sophia Antipoli Cedex, France, 2009.  
[3] K. Bouckhout, "VQE - Solution Overview" November 2011.  
[4] Cisco Systems, Inc. "The Evolving IPTV Service Architecture".  
[5] Cisco Systems, Inc. "VQE-C System Integration Guide" Release 3.5, 2010.  
[6] N. Anderson "An introduction to IPTV" March 13, 2006.

## ABSTRACT

This paper describes a solution of IPTV digital signal receiver based on the Android platform. It also describes the basic concepts of video content and how it is encoded, IPTV network architecture and some of the additional services that IPTV offers.

## ONE SOLUTION OF IPTV DIGITAL RECEIVER BASED ON THE ANDROID PLATFORM

Aleksandar Stefanovic, Milenko Boric Herget, Vladimir Maksovic, Sasa Bojic

**AUTOMATSKO GENERISANJE TESTOVA ZA JAVA APLIKACIJE:  
PREGLED METODA I ALATA****AUTOMATED GENERATION OF TESTS FOR JAVA APPLICATIONS:  
METHODS AND TOOL OVERVIEW**Jovan Milošević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – Ovaj rad sumira postojeće tehnike, alate i analize korišćene za automatsko testiranje Java aplikacija.

**Abstract** – This paper summarizes existing techniques, tools and analysis for automated testing of Java applications.

**Ključne reči:** jedinično testiranje, softversko testiranje, automatsko generisanje, sistematično, nesistematično

**1. UVOD**

Softversko testiranje je dio procesa koji se zove validacija. Cilj validacije je da se otkriju problemi u softverskom rješenju i na taj način poveća pouzdanost softvera koji se pravi. Samo testiranje je delikatan proces. Zahvaljujući diskretnoj prirodi softvera, sprovođenjem jednog test slučaja ne možemo zaključiti ništa o preostalim slučajevima. Opet, sa druge strane, izvršavanje svih mogućih test slučajeva je praktično neizvodljivo, zahvaljujući kompleksnosti samog softvera. Uprkos navedenim problemima, softversko testiranje se razvilo u nezamjenjiv dio procesa razvoja softvera. Njegova sve veća popularnost uslovlila je nastanak različitih vrsta softverskog testiranja.

Prema načinu na koji pristupamo objektu testiranja razlikujemo metod bijele i metod crne kutije. Metod bijele kutije podrazumjeva poznavanje interne strukture i načina realizacije objekta testiranja. Sa druge strane, metod crne kutije prilazi objektu testiranja bez ikakvog znanja o internoj strukturi objekta testiranja.

Još jedna popularna podjela softverskog testiranja je prema opsegu test slučajeva [1]:

- jedinično testiranje
- integraciono testiranje
- funkcionalno testiranje
- testiranje opterećenja
- testiranje prihvatanja

Jedinično testiranje je jedino testiranje koje sprovede isti ljudi, koji i implementiraju objekat testiranja tj. programeri. Njegova osnovna karakteristika je testiranje izolovanih jedinica sistema, da bi programer potvrdio da je napravio baš ono što je i zamislio.

Integraciono testiranje testira interakciju među jedinicama sistema. Njegov cilj jeste da se pronađu greške u komunikaciji između različitih dijelova sistema.

Funkcionalno testiranje se zasniva na specifikaciji komponente koja se testira. Na osnovu dokumentovane specifikacije kreiraju se test slučajevi, koji imaju za cilj da testiraju kompletne funkcionalnosti.

Testiranje opterećenja. Ovim testiranjem se u kontrolisanom okruženju ispituje ponašanje aplikacija pod opterećenjem.

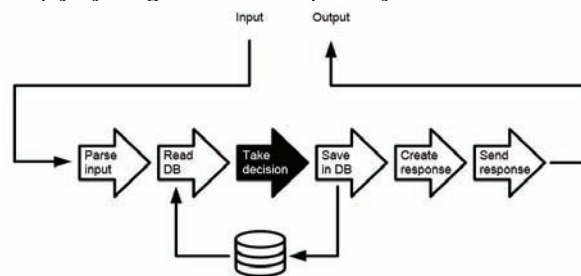
Testiranje prihvatanja se sprovodi naručioca softvera. Cilj je da se ispita da li aplikacija zaista radi ono što sam naručilac očekuje od nje.

**2. PRINCIPI TESTIRANJA**

Prije pisanja test slučajeva neophodno je odlučiti se koji dijelovi aplikacije će se testirati. Testovi treba da se fokusiraju na one dijelove aplikacije koji su bitni za programera, aplikaciju i njenog korisnika. Iz tog razloga se uvodi pretpostavka da nije potrebno pisati testove za:

- Biblioteke drugih radnih okruženja
- Bazu podataka
- Eksterne resurse
- Trivijalan kôd
- Kôd koji nema determinističko ponašanje
- Kôd koji rukuje korisničkim interfejsom

Na slici 2.1 je prikazan tipičan tok obrade zahtjeva i prikupljanja odgovora u web aplikacijama.



**Slika 2.1** Mjesto testiranja

Istaknuti dio je mjesto gdje treba fokusirati jedinično testiranje. To je mjesto gdje se najviše grešaka pojavljuje, tu se dešavaju najveće izmjene sa promjenom korisničkih zahtjeva i to je najspecifičniji dio aplikacije.

Čak i kada ne testiramo čitavu aplikaciju već samo poslovnu logiku, postoji veliki broj potencijalnih grešaka koje se mogu pojaviti. S obzirom da je nemoguće pronaći sve greške, oslanjajući se na iskustva eminentnih stručnjaka iz oblasti, testiranje treba usmjeriti ka mjestima gdje se javlja najveći broj grešaka u aplikacijama [2]:

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Gordana Milosavljević.



- Željeni tok izvršavanja
- Granični uslovi
  - o format
  - o redoslijed
  - o domenski opseg
  - o reference
  - o postojanje
  - o kardinalitet
  - o vremenske odrednice
- Invertovana veza
- Unakrsna provjera rezultata
- Simuliranje otkaza
- Performanse

Kod jediničnog testiranja se javlja potreba da se razriješi i dodatni problem, a to je izolacija test kôda od ostatka sistema. Kôd koji se testira, da bi izvršio svoju funkciju unutar sistema, mora da bude povezan sa ostatkom sistema. Upravo ta činjenica je loša sa aspekta jediničnog testiranja, koje ima za cilj da testira samo datu logičku cijelinu izolovanu od svih spoljnih uticaja. Da bi se to postiglo, potrebno je dovesti čitav sistem u stanje pogodno za testiranje date logičke cijeline. Ovaj pristup je rijetko dobar izbor, s obzirom da zahtjeva velike količine resursa. Drugi način je da se dijelovi sistema koji komuniciraju sa kôdom koji se testira, zamjene novim elementima kreiranim samo za potrebe testiranja. Na ovaj način se efektivno izoluje testirani kôd od ostatka sistema.

Zahvaljujući prednostima koje donosi, jedinično testiranje je postalo osnova jedne od danas najpopularnijih metodologija razvoja softvera, testom vodjenog razvoja softvera (*Test Driven Development - TDD*) TDD počiva na tri premise [5]:

- Ne pisati produkcionni kôd prije nego što se napiše jedinični test koji nije zadovoljen
- Ne pisati više test kôda nego što je potrebno da bi jedinični test pao
- Ne pisati više produkcionnog kôda nego što je potrebno da bi jedinični test prošao

Prateći navedene postulate prave se kratki ciklusi u kojima se test kôd i produkcionni kôd pišu neposredno jedan iza drugog. Polazi se od pisanja test kôda. Kada je test kreiran i kada smo njegovim pokretanjem utvrdili da tražena funkcionalnost ne postoji, onda se pristupa pisanju produkcionnog kôda.

Kôd se piše tako da u što jednostavnijoj formi zadovolji kreirani test slučaj. Kada je kôd napisan, opet se pokreće izvršavanje test slučajeva kako bi se potvrdilo da je test zadovoljen. Kada je to slučaj, prelazi se na završnu fazu tj. refaktorisanje napisanog kôda. Ciklusi se ponavljaju sve dok implementacija željene funkcionalnosti nije potpuna.

*Behaviour-Driven Development* (BDD) je jedan od najpopularnijih načina upotrebe TDD-a. Cilj BDD-a je da se razvijaju i dostavljaju cijeline, koje zaokružuju neko ponašanje aplikacije, tj. šta sistem treba da radi, opisano na takav način da bude istovremeno razumljivo i programerima i domenskim stručnjacima. U tom smislu BDD *framework* omogućava korisniku da prikaže zahtjevano ponašanje sistema kao korisničku priču (*user story*), a kriterijum za prihvatanje (*acceptance criteria*) kao scenario koji ide uz korisničku priču.

## 2.1 Načini generisanja test slučajeva

Svaki test slučaj se sastoji od sekvence poziva metoda, koji ispituju određeni aspekt ponašanja klase koja se testira. Ponašanje koje rezultuje pozivom metode, posljedica je argumenata metode i stanja u kojem se nalazi onaj koji se poziva. Stoga generisanje jediničnih testova podrazumjeva generisanje [3]:

- sekvence metoda koja testirani objekat dovodi u pogodno stanje i
- relevantnih argumenata za poziv metode

Postoje različiti načini generisanja sekvence poziva metoda i argumenata. Svi oni se klasifikuju na sistematične i nesistematične pristupe. Sistematičan pristup se zasniva na metodičnom pretraživanju za pogodnim artefaktima, dok se nesistematičan pristup oslanja na metodu slučajnog izbora.

### 2.2.1 Sistematično testiranje

Sistematično testiranje se planira i dizajnira kako bi se metodički ispitala aplikacija do najsitnijih detalja i otkrili svi potencijalni problemi. Neki od kriterijuma izbora test slučajeva su:

- particionisanje,
- analiza graničnih vrijednosti,
- kombinatorna analiza,
- testiranje promjene stanja,
- testiranje osnovnih putanja

**Particionisanje** po ekvivalentnim klasama je tehnika koja argumente metode (koja treba da se testira) sortira u ekvivalentne skupove (klase). Ideja je da se kreira bar jedan test slučaj za svaku klasu, pretpostavljajući da će aplikacija tretirati jednako sve podatke iz jedne klase.

**Analiza graničnih vrijednosti** je zasnovana na postulatu da ulazni parametri u svojim ekstremnim vrijednostima domena izazivaju najveći broj grešaka u softveru. Tako da se ova tehnika koncentriše na pronalaženje grešaka u graničnim slučajevima.

**Testiranje osnovnih putanja** pripada tehnikama bijele kutije. Na osnovu kôda kreiraju se test slučajevi, tako da se testira svaki iskaz i svaka grana jednom najmanje. Da bi se to postiglo, kreira se lista svih mogućih putanja izvršavanja, koje su međusobno nezavisne. Na osnovu te liste se dalje kreiraju test slučajevi.

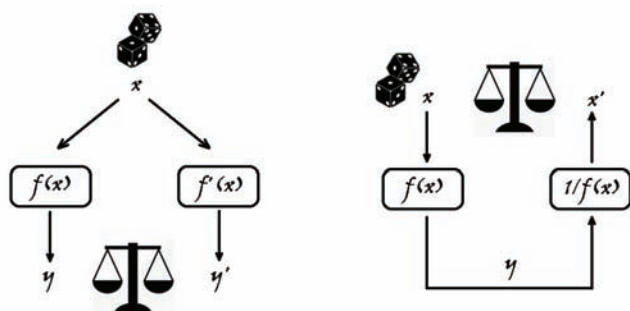
### 2.2.1 Nesistematično testiranje

Pojam nesistematičnog (*random*) testiranja [4] se odnosi na testiranje koje koristi metodu slučajnog izbora kao osnovno sredstvo generisanja test slučajeva. Shodno tome, za očekivati je da nesistematično testiranje bude manje efikasno od sistematičnog. Kod sistematičnog testiranja eksplicitno se biraju podaci, koji imaju veliku vjerovatnoću otkrivanja greške, što nije slučaj sa nesistematičnim testiranjem, koje test podatke dobija slučajnim odabirom. Sa druge strane, mogućnost automatizacije daje prednost nesistematičnom testiranju, u smislu da je za isti vremenski period moguće izgenerisati mnogo veći broj test slučajeva, nego što je to slučaj sa sistematičnim testiranjem koje se uglavnom radi manuelno. Jedan od najvećih problema nesistematičnog

testiranja, predstavlja automatizacija verifikacije dobijenih rezultata. Nekada je to zbog specifikacije koja loše, nejasno ili nedovoljno definiše korektno ponašanje, a nekada je samo ponašanje prekompleksno za automatizaciju. Taj problem u potpunosti može da se izbjegne u slučajevima kada:

- postoji referentna implementacija
- postoji inverzna funkcija onoj koja se testira

Referentna implementacija omogućava da se verifikacija unutar test slučajeva svede na poređenje rezultata rada dvaju različitih implementacija (slika 2.2 lijevo).



Slika 2.2 Referentna i inverzna implementacija

Inverzna funkcija onoj koja se testira omogućava da se rezultat rada funkcije, koja se testira uzme kao ulaz za inverznu funkciju. Na taj način očekujemo da je izlazni podatak inverzne funkcije jednak ulaznom podatku funkcije koja se testira (slika 2.2 desno)

### 3. RAZVOJNA OKRUŽENJA ZA TESTIRANJE

#### 3.1 JUnit

JUnit je jedan od najpopularnijih *framework*-a za potrebe jediničnog testiranja. On obezbeđuje strukture opšte namjene pogodne za potrebe unit testiranja. Njegove osnovne osobine su:

- nezavisno izvršavanje test slučajeva
- prijavljivanje grešaka za svaki pojedini test
- jednostavno zadavanje skupa testova za izvršavanje

Jedan od najvećih rivala JUnit-a je TestNG *framework* koji po mnogim karakteristikama prednjači u odnosu na JUnit.

#### 3.2 Mock framework-ci

Mock *framework*-ci omogućavaju efikasno izolovanje kôda koji se testira od ostatka sistema. Tako npr. EasyMock *framework* omogućava kreiranje *mock* objekata bez velikog napora. Sve što je potrebno za upotrebu jednog ovakvog alata je da se:

- Prosljedi klasa koju treba *mock*-ovati
- Definišu povratne vrijednosti metoda koje će se pozivati
- Promjenimo režim rada iz snimanja (*record*) u reprodukciju (*replay*)

Nakon ovoga može se koristiti *mock* objekat i pozivati njegove metode (one za koje su definisane povratne vrijednosti) iz test kôda, kao da je u pitanju pravi objekat

### 3.3 Alati za sistematično generisanje jediničnih testova

Kao što smo ranije naveli, sistematično generisanje test slučajeva koristi se striktno definisanim kriterijumom selekcije test slučajeva za izvršavanje. Cilj je svakako da se pokriju svi mogući slučajevi pojavljivanja greške u kôdu. Neki od *framework*-a koji koriste sistematično testiranje u kombinaciji sa automatskim generisanjem su: Korat, Rostra, Symstra, XRT, JCute, JPF, Check-n-Crash, DSD, Pex ...

**Korat** je *framework* za generisanje jediničnih testova na osnovu definisane specifikacije. Na osnovu ručno zadatih preduslova metode, automatski se kreiraju predikati. Predikat je funkcija tj. metoda koja vraća logičku vrijednost (tačno/netačno). Na osnovu predikata i zadatog ograničenja na veličinu ulaza, Korat automatski generiše sve ulaze za koje predikat funkcija vraća logičku vrijednost tačno. Da bi izgenerisao testove, Korat upotrebom *backtracking*-a istražuje ulazni prostor za predikat. Na taj način se generišu ulazni kandidati koji se dalje validiraju pomoću predikata. Pri izvršavanju metode predikata, *framework* nadgleda pristup atributima objekta koji je kandidat za ulaz. Ako se pri tome dobiju informacije da se nekim atributima ne pristupa, onda se značajni dijelovi prostora pretraživanja mogu zanemariti, sa pretpostavkom da dati atributi tj. polja ne utiču na validnost datog ulaznog kandidata. Korat takođe koristi optimizacije da generiše neizomorfne test slučajeve (za dva test slučaja kažemo da su izomorfni ako testiraju isto ponašanje). Ovakav pristup omogućuje smanjenje vremena pretrage, bez uticaja na kvalitet generisanih test slučajeva. Mana *framework*-a je što korisnik mora da postavi preduslove, post-uslove i invarijante klase. Preduslovi se, kao što je već navedeno, koriste za validaciju generisanih ulaza, dok se post-uslovi i invarijante klase koriste za validaciju test slučajeva.

#### 3.3 Alati za nesistematično generisanje jediničnih testova

U odjeljku 2.2.1 smo već objasnili da nesistematično testiranje koristi metodu slučajnog izbora za potrebe odabira test slučajeva za izvršavanje. Takođe smo naveli da upravo ta činjenica, kao posledicu ima veliku mogućnost automatizacije testiranja. Neki od *framework*-a koji koriste nesistematični pristup za automatsko generisanje test slučajeva su: QuickCheck, jWalk, μJava, JCrasher, Jartege, Jtest, Agitator, Eclet ...

**Randooop** *framework* omogućava generisanje jediničnih testova za kôd, koristeći povratnu spregu za upravljanje generisanjem. Može da se koristi za testiranje kôda koji se razvija ili za kreiranje regresivnih jediničnih testova.

Kada se koristi za potrebe kôda koji se razvija, onda se generišu testovi koji ispituju validnost kôda u odnosu na API (*Application Programming Interface*). Randooop sadrži skup predefinisanih pravila koja se provjeravaju:

- Postojanje  
`o.equals(null) => false`
- Refleksivnost jednakosti  
`o.equals(o) => true`
- Simetrija jednakosti  
`o1.equals(o2) => o2.equals(o1)`

- Jednakost i *hashcode*  
`o1.equals(o2)==true =>`  
`o1.hashCode() == o2.hashCode()`
- *Null Pointer Exception*  
 Ako nije korišćen *null* kao ulaz ne smije se pojaviti *Null Pointer Exception*

Skup pravila koja će se koristiti za potrebe testiranja kôda, može se proširi pravilima koja korisnik kreira.

Drugi način upotrebe Randoop-a je za generisanje regresivnih jediničnih testova. U ovom slučaju se ne provjerava kôd u odnosu na API (*Application Programming Interface*), već se kôd prihvata kao ispravan, snima se njegovo ponašanje i na osnovu toga se generišu jedinični testovi. Izgenerisani testovi potvrđuju ponašanje aplikacije. Na osnovu ovako generisanih testova dalji razvoj aplikacije je olakšan, utoliko što jedinični testovi mogu da prijave svako odstupanje u ponašanju kôda u odnosu na ponašanje u trenutku generisanja test slučajeva. Osim što se koristi za potrebe razvoja naslijeđenog kôda, regresivni testovi generisani Randoop-om mogu da se iskoriste i za otkrivanje nekonzistentnosti između različitih verzija iste aplikacije. Dovoljno je da se testovi izgenerisani nad jednom verzijom izvrše nad drugom.

Randoop, kao što je već navedeno, koristi povratnu spregu za upravljanje generisanjem test slučajeva. Na taj način se izbjegavaju redundantni i nevalidni testovi.

#### 4. ZAKLJUČAK

U jediničnom testiranju tri su osnovna problema koja moraju da se prevaziđu da bi testiranje bilo uspješno, i to su [2]:

- Odabir mjesta testiranja
- Odabir test slučajeva
- Izolacija testiranja kôda

Svaki jedinični test se sastoji od tri dijela:

- podešavanje okruženja za potrebe testa
- izazivanje ponašanje koje testiramo
- provjere validnosti dobijenih rezultata

Podešavanje okruženja i izazivanje ponašanja koje želimo da testiramo se u opštem slučaju predstavlja kao niz poziva metoda. Kada je željeno ponašanje izazvano ili željeno stanje postignuto, validacija se vrši pomoću niza metoda za validaciju. Međutim, prilikom generisanja jediničnih testova, sve metode za validaciju je pogodno izmjestiti na jedno mjesto jer će se i odnositi na čitavu klasu, a ne samo na jednu metodu koja se testira. Tako izdvojen skup metoda za potvrdu nazivamo *oracle*. *Oracle* pored metoda za potvrdu može da sadrži invarijante klase i postuslove izvršavanja metoda koji takođe potpomažu proces validacije.

Na ovaj način je razdvojena logika za:

- jedinični test (pozivi metoda)
- *oracle* (validacija)

Automatsko generisanje zahtjeva šablon i ulazne specifikacije. U slučaju automatskog generisanja jediničnih testova, imamo dva šablona i to za potrebe generisanja jediničnog testa i za potrebe generisanja *oracle*-a. Šablon za jedinični test je jednostavno niz poziva metoda.

Ulazne specifikacije potrebne za popunjavanje tog šablona su konkretne metode koje treba da se pozovu i argumenti koji će se proslijediti tim metodama prilikom njihovog pozivanja. Generisanje *oracle*-a može, a ne mora da bude u potpunosti automatizovano. Razlog za to je svakako kompleksna problematika samog *oracle*-a. Postoje različiti pristupi da se generiše *oracle*, od upotrebe referentne implementacije, preko snimanja korektnog rada softvera, do korisnički zadanih pravila validacije.

Na osnovu svega do sada iznijetog zaključuje se da se *framework*-ci za automatsko generisanje jediničnih testova razlikuju po načinu:

- generisanje sekvence poziva metoda
- izračunavanja/odabira argumenata za izabrane metode i
- generisanja *oracle*-a

#### 5. LITERATURA

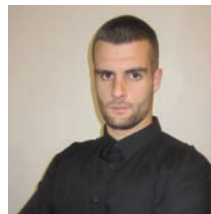
[1] Vincent Massol, Ted Husted. JUnit in Action, *Second Edition*. Manning, 2010.

[2] Andy Hunt, Dave Thomas. Pragmatic Unit Testing. *The Pragmatic Programmers*, 2003.

[3] Anthony J. H. Simons, A theory of regression testing for behaviourally compatible object types, *Software Testing, Verification and Reliability, UKTest 2005 Special Issue*, John Wiley, 2006,

[4] John J. Marciniak, Encyclopedia of software engineering, John Wiley, 1994.

#### Kratka biografija



**Jovan Milošević** je rođen 13.03.1989. godine u Sarajevu, Bosna i Hercegovina. 2007. godine upisao se na Fakultet tehničkih nauka, odsek Računarstvo i automatika. Osnovne akademske studije je završio 2012. godine i iste godine upisao diplomatske akademske studije na istom odseku. Položio je sve ispite predviđene planom i programom.

**DSL I EDITOR ZA SPECIFIKACIJU POSLOVNIH PROCESA  
ZA POTREBE ANALIZE ZAHTEVA****DSL AND EDITOR FOR SPECIFICATION OF BUSINESS PROCESSES FOR  
REQUIREMENTS ANALYSIS PHASE**

Aleksandar Životić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisan je grafički jezik specifičan za domen poslovnih procesa koji krajnji korisnici mogu koristiti u fazi analize procesa i prikupljanja zahteva. Pored samog jezika, cilj rada bio je razviti i odgovarajuće softversko rešenje, tj. grafički editor koji će biti podrška za korišćenje specifikirane grafičke notacije.

**Abstract** – This paper describes a graphical language specific for domain of business processes that end users can use in the phase of business process analysis and requirements gathering. In addition to the language itself the objective was to develop an appropriate software solution, ie. graphic editor which will support the use of the specified graphical notation.

**Ključne reči:** jezici specifični za domen, poslovni proces, metamodel, grafički editor

**1. UVOD**

Jedna od najzanimljivijih ekonomskih pojava u 21. veku je globalizacija. Nova tržišta, nova radna snaga, nova konkurencija, kao i raznovrsni kulturni miks mora biti uzet u obzir od strane bilo koje kompanije koja misli ostati ispred konkurencije. Poslednja decenija je donela konstantnu promenu u svim preduzećima: napor na modernizaciji zastarelih tekovina, masovni udar novih tehnologija, kao i stalno širenje spektra proizvoda zarad konkurentnijeg portfolia. Naravno, svaka firma želi biti što konkurentnija i postići što optimalnije uslove poslovanja. Da bi se održala konkurentnost na tržištu, preduzeća moraju stvoriti poslovne procese koji su dinamični, fleksibilni, i u stanju da se transformišu i menjaju tako da vremenski period ovih promena ne ugorzi preduzeće. Jedan od primarnih načina prilagodbe strategija je uz pomoć poslovnih procesa izgrađenih na samom biznisu, kao i softverskih alata koji daju podršku otkrivanju, analizi, implementaciji i optimizaciji poslovnih procesa. Zbog toga je upravljanje poslovnim procesima direktno zavisno od softverskih alata [1].

U ovom radu je predstavljen grafički jezik specifičan za domen upravljanja poslovnim procesima, kao i grafički editor koji će se koristiti u fazi analize poslovnih procesa preduzeća i prikupljanja zahteva od strane klijenata.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Gordana Milosavljević.

**2. JEZICI SPECIFIČNI ZA DOMEN - DSL**

Sam pojam programskog jezika možemo opisati kao set instrukcija koje su na raspolaganju programeru, koje on koristi za upravljanje računarom. Među programskim jezicima postoji širok spektar različitih jezika primenljivih u različitim situacijama, kreiranih za različite namene. Što su specifičniji zadaci, to su specifični jezici korisniji u tom domenu. Jezici specifični za domen su jezici koji su optimizovani za određeni uski skup problema, nazvan domen. Prema Martinu Fowleru, definicija jezika specifičnih za domen je da su to programski jezici koji poseduju sve osobine jezika i imaju ograničenu funkcionalnost sa fokusom na domen. Neki od široko poznatih jezika specifičnih za domen su: XML, REG – EXP (regularni izrazi), SQL, CSS ili Lisp, kao i Ruby-jev poznati framework Rails, koji se smatra kolekcijom jezika specifičnih za domen [3].

Jezici specifični za domen su popularni iz više razloga, a neki od ključnih su: povećanje produktivnosti programera kao i poboljšanje komunikacije sa ekspertima u čijem domenu se rešava problem. Ako dobro izaberemo jezik specifičan za domen biće nam lakše da komuniciramo sa ekspertima iz domena problema, jer je naše rešenje, tj. deo koda predstavljen na način da se sa jedne strane može izvršavati a sa druge strane je razumljiv ekspertima tako da oni imaju uvid u to kako su njihove ideje implementirane u samom sistemu. Ova komunikacija sa ekspertima iz domena problema je često nešto što je teško postići ali je korist od njene realizacije ogromna. Ona predstavlja proširenje jednog od najvećih uskih grla u procesu razvoja softvera, a to je komunikacija programera i eksperata iz domena problema [3].

Jezici specifični za domen postaju sve važniji i važniji u oblasti softverskog inženjerstva. Danas, jezici specifični za domen omogućavaju nastavak podizanja apstrakcije iznad samog kodiranja, čineći razvoj softverskih rešenja bržim i lakšim.

**3. UPRAVLJANJE POSLOVNIM PROCESIMA**

Svesni smo činjenice da poslovni procesi i njihovo upravljanje igraju ključnu ulogu u procesu globalizacije, da u velikoj meri odlučuju rezultat tržišne utakmice i da je njihova uloga vremenom samo rasla. Poslovni proces predstavlja skup aktivnosti kombinovanih zajedno sa ciljem kreiranja vrednosti za konkretnog kupca ili tržište. Osnovni elementi poslovnog procesa su: inicijator, cilj, raspoloživi resursi (inputi), aktivnosti, indikatori, usmerenost kupcu (output) i vlasnici procesa. Recimo da



je najjednostavnije zamisliti poslovni proces kao najbolji način kako bi posao trebalo obaviti. [4]

Kada se priča o poslovnim procesima i njihovoj ulozi u razvoju savremenih informacionih sistemima, obično se pojavi pojam upravljanja poslovnim procesima ili skraćeno *BPM* (eng. *Business process management*). Kao što možemo videti na slici 1, upravljanje poslovnim procesima teži da objedini tri stuba *enterprise* arhitekture, ljude, procese i informacije u jedinstvenu i upravljivu disciplinu, kako bi olakšala proces upravljanja, kontrole i promena u razvoju biznisa [1].

Softversko inženjerstvo omogućava poslovnim korisnicima brzo i jednostavno upravljanje poslovnim procesima, nastavljajući neraskidivu vezu ova dva sveta. Implementacija jedne od takvih veza cilj je ovog rada, čiji će krajnji rezultat omogućiti poslovnim korisnicima lako specificiranje svojih poslovnih procesa uz oslonac na tehnologije koje nam obezbeđuje inženjerstvo softvera.

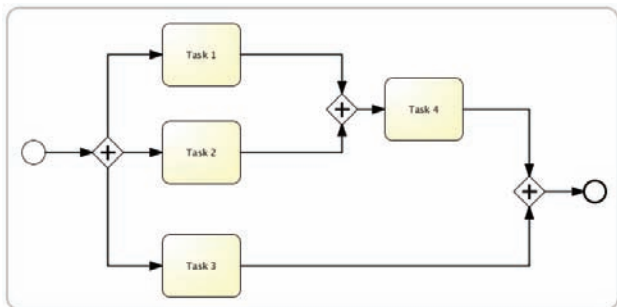
## 2.1 Jezik za modelovanje poslovnih procesa - BPMN

Vremenom se pokazalo da poslovni procesi imaju veliki uticaj na poslovne organizacije, kao i koliko je važno imati jasno definisane i prilagodljive procese.

Modelovanje, analiza i optimizacija poslovnih procesa zahteva da različiti delovi organizacije, a samim tim i ljudi različitih profila poznaju poslovni proces. Sama ta činjenica potvrđuje potrebu za jedinstvenim i lako shvatljivim jezikom za modelovanje poslovnih procesa. Sve ovo je dovelo do pojave standardizovanog jezika pod nazivom *BPMN* (eng. *Business process modeling notation*).

*BPMN* predstavlja grafičku notaciju koja opisuje logičke korake u poslovnim procesima. Koristi metod ilustracije poslovnih procesa sličan formi dijagrama tokova (eng. *flowchart*). Inicijalno razvijen od strane neprofitabilne organizacije *BPMI* (eng. *Business process modeling initiative*), a kasnije unapređivan od strane *OMG-a* (eng. *Object management group*), svetlo dana je ugledao u maju 2004. godine i kao takav doneo mnogobrojne ključne promene u oblasti modelovanja poslovnih procesa.

Trenutna verzija notacije nosi oznaku *BPMN 2.0*. Glavna osobina je uvođenje standardne notacije koja će biti razumljiva svim poslovnim korisnicima, uključujući i analitičare, tehničko osoblje, menadžere kao i sve korisnike uključene u poslovni proces. Na slici 1 prikazan je primer poslovnog procesa predstavljen elementima *BPMN 2.0* notacije [5].



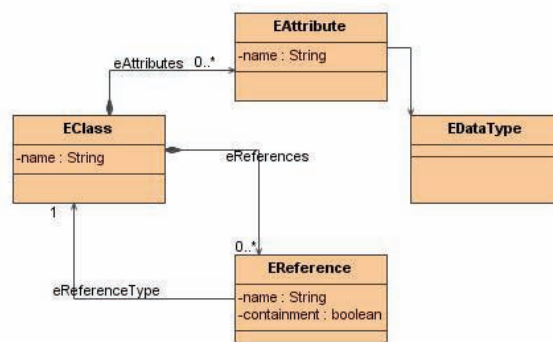
Slika 1 Primer specifikacije poslovnog procesa korišćenjem *BPMN 2.0* notacije [6]

## 4. IMPLEMENTACIJA SOFTVERSKOG REŠENJA

Zadatak ovog rada je bio definisati jezik specifičan za domen oblasti poslovnih procesa (u ovom slučaju grafički), tačnije za specifikaciju poslovnih procesa u fazi analize zahteva uz podršku odgovarajućeg editora. Samo rešenje je bazirano na Eclipse modeling frameworku za definisanje jezika specifičnog za domen poslovnih procesa kao i Graphiti frameworku za implementaciju editora.

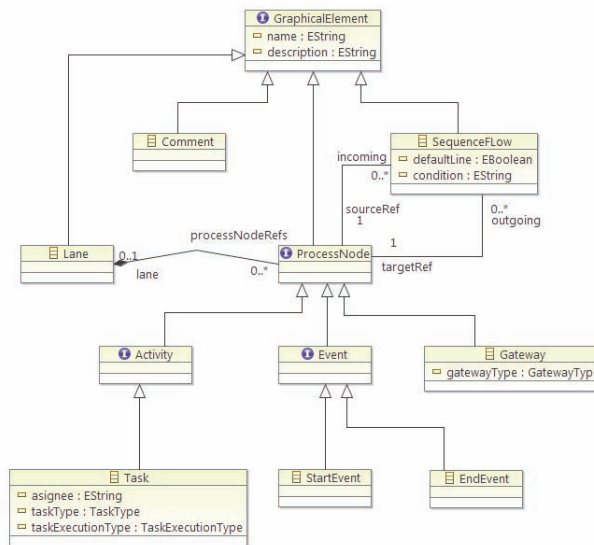
### 4.1 Eclipse modeling framework – EMF

*EMF* predstavlja framework za modelovanje baziran na Eclipse platformi. Pored modelovanja, predstavlja okruženje pogodno za generisanje koda za izradu alata kao i aplikacija koje se baziraju na strukturiranim modelima podataka. Sam *EMF* definiše razliku između meta-modela i modela. Meta-model predstavlja opis strukture modela. Model je onda instanca meta-modela. Na slici 2 nam je prikazan class diagram *EMF*-ovog Ecore meta-metamodela [7].



Slika 2 Skica Ecore meta-modela [8]

U konkretnom slučaju *EMF* je iskorišćen za modelovanje domenskog modela i generisanje implementacijskih klasa. Informacije o modelu se čuvaju u *XMI* obliku (*XML* format za razmenu metapodataka). Na slici 3 prikazan je Ecore dijagram domenskog modela jezika za specificiranje poslovnih procesa koji je nastao ka rezultat ovog rada.

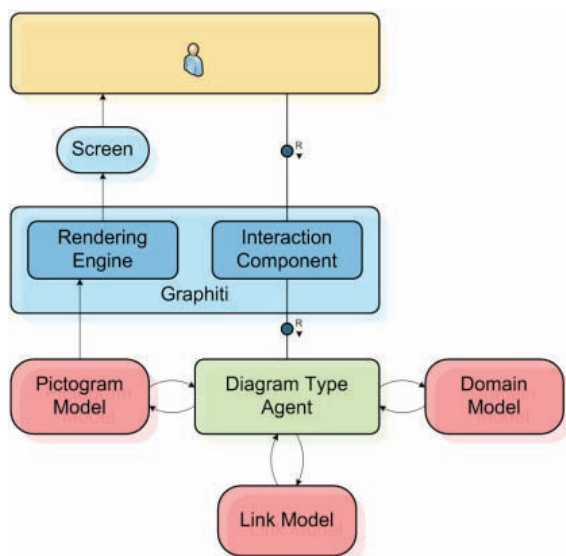


Slika 3 Ecore dijagram jezika za modelovanje poslovnih procesa

Svi elementi grafičke notacije jezika za modelovanje poslovnih procesa nasleđuju roditeljski element nazvan *GraphicalElement* koji predstavlja osnovni atomički element grafičke notacije. Iz ovog elementa izvedeni su gradivni elementi dijagrama poslovnih procesa u vidu *Lane-a*, *ProcessNode-a*, *Sequence Flow-a*. Element *ProcessNode* predstavlja roditeljski element za elemente tipa *Activity*, *Gateway* i *Event* koji donose najveći deo semantike predstavi poslovnih procesa. Podizanjem nivoa apstrakcije za elemente koji donose najveći deo semantike poslovnih procesa u vidu *ProcessNode* elementa znatno je olakšan kasniji razvoj editora koji dolazi kao podrška implementiranom jeziku. Ovakvom hijerarhijskom strukturom olakšana je implementacija povezivanja gradivnih elemenata (*Activity*, *Event*, *Gateway*) uz pomoć *SequenceFlow-a*, kao i povezivanje ovih elemenata sa odgovarajućim ulogama (*Lane*) u poslovnim procesima.

## 4.2 Graphiti framework

Graphiti predstavlja framework za brz i jednostavan razvoj grafičkih editora koji vizualiziraju domenski model. Kreiran od strane kompanije SAP, doniran je Eclipse open source zajednici 2010. godine. Baziran je na Eclipse platformi i predstavlja alternativu postojećem *Graphical modeling frameworku* – *GMF*. Graphiti koristi *Graphical editing framework* i *Draw2D* za podršku radu sa dijagramima, kao i *EMF* na domenskoj strani modela. Sami dijagrami su opisani posebnim meta-modelom i podaci o dijagramu se čuvaju razdvojeni od podataka o domenskom modelu. [9]



Slika 4 Arhitektura Graphiti framework [9]

Arhitektura Graphiti frameworka prikazana je na slici 4. Komunikacija između korisnika i editora se odvija preko monitora uz pomoć miša ili tastature. Interakcijska komponenta (eng. *Interaction component*) prima zahteve od strane korisnika, kao što su promena veličine elemenata, pomeranje, brisanje... Procesiranje ovih zahteva se obavlja u agentu zaduženom za tu vrstu dijagrama (eng. *Diagram Type Agent*). Komponenta zadužena za prikaz promena i dijagrama se naziva *Rendering engine*. *Interaction component* i *Rendering engine* zajedno formiraju okruženje za izvršavanje našeg editora dijagrama. Iz arhitekture se može videti da

framework razlikuje dve vrste modela, *Pictogram model* i *Domain model*. Domenski model predstavlja model specficiran od strane programera (eng. *Domain model*), u konkretnom slučaju prikazan na slici 4, dok grafički model predstavlja grafičku prezentaciju elemenata domenskog modela, zasnovan na metamodelu editora (eng. *Pictogram model*) [9].

## 4.3 Elementi grafičkog jezika

Elemente koji čine grafičku predstavu metamodela sa slike 4, odnosno definisani jezik za predstavu poslovnih procesa, možemo podeliti u sledeće gradivne grupe: taskovi (eng. *tasks*), događaji (eng. *events*), odlučivanja (eng. *gateways*), tokovi (eng. *flows*).

### 4.3.1 Taskovi

Task predstavlja jedinicu rada, odnosno atomičku aktivnost u okviru poslovnog procesa. Grafička prezentacija ovih elemenata je prikazana na slici 5.



Slika 5 Grafička prezentacija taskova

### 4.3.2 Događaji

Događaj predstavlja nešto što se događa u okviru poslovnog procesa, utiče na proces tako što pokreće neki tok ili daje neki rezultat. Svaki poslovni proces ima neku vrstu događaja koji ga pokreće. Pored početka poslovnog procesa razlikujemo i grafički element koji predstavlja kraj poslovnog procesa. Svaki proces počinje elementom koji predstavlja početak procesa, da bi prolaskom kroz različite taskove i odlučivanja stigao do elementa koji predstavlja kraj poslovnog procesa (slika 6).



Slika 6 Grafička prezentacija početka i kraja poslovnog procesa

### 4.3.3 Odlučivanja

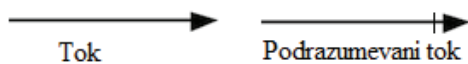
Odlučivanja predstavljaju grananje ili spajanje više tokova poslovnog procesa u zavisnosti od postavljenih uslova. Ovi elementi su odgovorni za upravljanje tokom poslovnih procesa. Razlikujemo nekoliko vrsta ovih elemenata (exclusive, inclusive, parallel) čije su grafičke prezentacije prikazane na slici 7.



Slika 7 Grafička prezentacija elemenata odlučivanja

#### 4.3.4 Tokovi

Svi gore navedeni elementi se povezuju elementom koji predstavlja tok samog poslovnog procesa u vidu linije sa strelicom okrenutom na stranu koja predstavlja poslovni tok (slika 8). Pored standardnih atributa imena i opisa, ovim elementima, ukoliko povezuju element odlučivanja sa nekim drugim elementom poslovnog procesa, je moguće specificirati i uslov koji je potrebno ispuniti kako bi proces nastavio tom putanjom, odnosno označiti putanju podrazumevanom (eng. *default*), bez obzira na ispunjenje uslova.

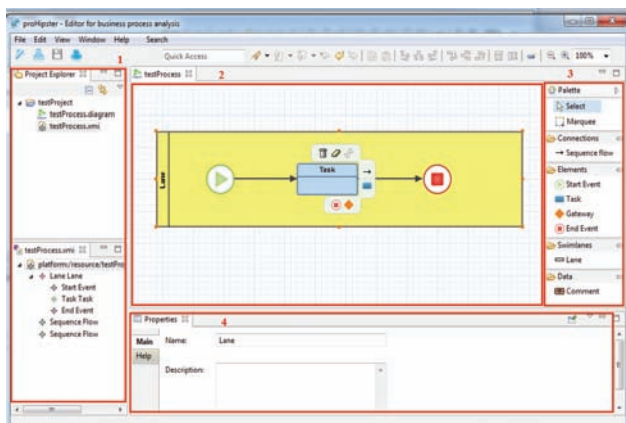


Slika 8 Grafička prezentacija tokova

#### 4.4 Korisničko okruženje editora

Kao podrška gore navedenom jeziku za definisanje poslovnih procesa implementiran je grafički editor. Editor je baziran na Eclipse RCP (eng. *Rich Client Platform*) platformi kao korisničkom Samo okruženje se sastoji od nekoliko gradivnih celina prikazanih na slici 9:

- Project explorer
- Diagram editor
- Palette
- Properties



Slika 9 Korisničko okruženje

### 5. ZAKLJUČAK

Sagledavajući važnost poslovnih procesa u modernom poslovnom svetu, glavni akcenat ovog rada bio je na definisanju pojmova vezanih za poslovne procese, načinima specifikacije, njihovim ulogama, kao i položaju u hijerarhiji poslovnih organizacija. Značaj oblasti poslovnih procesa ukomponovan je sa delom softverskog inženjerstva, tj. jezicima specifičnim za domen. Kao rezultat proistekao je grafički jezik, jednostavne notacije, namenjen domenu poslovnih procesa, a sve to uz podršku odgovarajućeg grafičkog editora.

Dalji razvoj rešenja može ići u nekoliko smerova. Prvi je najpre proširenje metamodela, odnosno skupa grafičkih elemenata samog jezika. Moguće je i poboljšanje u vidu validacije modela prema BPMN 2.0 standardu, te bliže usklađivanje modela sa ovim standardom kako bi rešenje znatno povećalo stepen upotrebljivosti i interoperabilnosti sa već postojećim alatima u ovoj oblasti.

Poslovni procesi i njihovo upravljanje nisu budućnost, već uveliko sadašnjost poslovnog sveta. Prema Gartneru upravljanje poslovnim procesima predstavlja oblast IT-a sa najvećim stepenom povratka investicije [10]. Dakle, IT industrija odavno daje svoj doprinos ovoj oblasti u vidu alata i standarda kao podrške, tako da na svetu bizinisa ostaje da prepozna ove promene i uvidi važnost svojih poslovnih procesa, jer „ako ono što radite ne možete opisati kao proces, onda sigurno ne znate šta radite“ [11], a ako ne znate šta radite kako mislite uspeti?

### 6. LITERATURA

[1] Tilak Mitra, Architecture in practice, Part 6: Why business process management (BPM) is important to an enterprise,

<http://www.ibm.com/developerworks/library/ar-arprac6>,

[2] Markus Voelter, „DSL Engineering: Designing, Implementing and Using Domain-Specific Languages“, CreateSpace, Seattle, USA, Januar 23, 2013

[3] Martin Fowler, „Domain Specific languages“, Addison-Wesley Professional, Boston, USA, October 3, 2010

[4] SoftConsulting s.p., Šta je poslovni proces, <http://savjetnik.ba/sta-je-poslovni-proces/>

[5] BPMN, [http://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_Process\\_Model\\_and\\_Notation](http://en.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Model_and_Notation)

[6] Activiti user guide, [http://www.activiti.org/userguide/images/bpmn.unbalance\\_d\\_parallel.gateway.png](http://www.activiti.org/userguide/images/bpmn.unbalance_d_parallel.gateway.png)

[7] Lars Vogel, Eclipse Products and Deployment – Tutorial, <http://www.vogella.com/tutorials/EclipseProductDeployment/article.html>, February 20, 2013

[8] Annotated Java and EMF, <http://confessionsofastrugglingresearcher.wordpress.com/2009/06/10/annotated-java-and-emf/> June 10, 2009

[9] The Eclipse Foundation, Graphiti, <http://www.eclipse.org/graphiti>

[10] Hypertech IT Solutions, A Unique Value Proposition, <http://www.hypertech.gr/ListSolutions.aspx?mid=18>

[11] W. Edwards Deming, Total Quality Management, <http://www.quotes.net/quote/8537>

#### Kratka biografija



**Aleksandar Životić** rođen je u Požarevcu 1987. god. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2006 god. Završni(bachelor) rad iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo – Računarske nauke i informatika odbranio je 2010. god. Master rad iz iste oblasti odbranio je 2014 godine.



**PRAĆENJE BROJA PRAZNIH MESTA NA PARKINZIMA PUTEM MOBILNOG TELEFONA****EMPTY PARKING SPACE MONITORING USING MOBILE SMARTPHONE**

Marton Lečei, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – MEHATRONIKA**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu opisano je idejno rešenje automatizacije parking sistema i olakšanje pretrage za slobodnim mestima na parkinzima uz informacije o putanji kojom se dolazi do praznog mesta, korišćenjem mobilnog telefona od strane korisnika. Serverska platforma sastoji se iz mikroračunarskog sistema RaspberryPi. Praćenje se vrši infracrvenim senzorima i informacija se između servera i korisnika deli preko interneta TCP protokolom uz Client/Server način komunikacije. Korisnik komunicira sa serverom aplikacijom na Android operativnom sistemu za pametne mobilne telefone. Korisnik na telefonu dobija informaciju o slobodnosti parking mesta i bira na koje mesto želi da se parkira. Nakon odabira i rezervacije, korisniku se iscrta putanja kojom treba da se kreće da bi došao do rezervisanog mesta.

**Abstract** – This project consist of an idea of automating parking systems and to make the search for empty parking spaces easier by sending the information about the nearest path from the entrance to an empty space to user's phone. Microcomputer RaspberryPi is used as a server platform. Infrared sensors are used to monitor emptiness of spaces and the information between the server and the user is being distributed over internet, using TCP protocol and Client/Server type of communication. The user communicates with the server using an application for Android operating system for smartphones. User receives the information about empty spaces and chooses which space does he want to park to. After choosing the space and reserving it, the application displays the nearest path from the entrance to the reserved space.

**Cljučne reči:** parking, automatizacija, server, korisnik, slanje informacije

**1. UVOD**

Eksplozivni razvoj tehnike i tehnologije doprineo je globalnoj automatizaciji. Izraz automatizacija potiče od starogrčke reči koja prevedeno znači: onaj koji sam upravlja. U svakodnevnom govoru ova reč se uglavnom vezuje za industrijske sisteme, gde je ona i pronašla svoju najveću primenu.

Međutim, razvoj automatizacije je doprineo da se ona ne vezuje samo za robote i industrijske sisteme, već je počela da ulazi i u domaćinstva i poslovne prostore i u današnje vreme je poznata kao neindustrijska automatizacija.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Gordana Ostojić, vanr.prof.

Veliki broj ljudi vozi automobile svakodnevno, ide na posao, vraća se s posla, a neki čak i obavljaju posao dok su u automobilu. Problem u velikim gradovima je gde parkirati auto i puno vremena odlazi na pretragu za slobodnim parking mestima. U ovom radu je opisano idejno rešenje automatizacije parking sistema i olakšanje pretrage za slobodnim mestima na parkinzima uz informacije o putanji kojom se dolazi do praznog mesta, korišćenjem mobilnog telefona od strane korisnika.

**2. RASPBERRYPI**

RaspberryPi, predstavlja kontroler koji je korišćen u ovom rešenju. Prikazan je na Slici 1 i predstavlja kompjuter veličine kreditne kartice koji se sastoji iz jedne ploče i razvijen je u Velikoj Britaniji je od strane RaspberryPi Fondacije s namerom da promoviše učenje osnova kompjuterskih nauka u školama [1].



Slika 1. RaspberryPi kontroler

Značajni ulazi i izlazi za realizaciju raznovrsnih primera automatizacije su: General-Purpose Input/Output (GPIO) port koji sadrži 28 pinova od kojih se 17 mogu iskoristiti za priključivanje ulaza i izlaza (npr. senzora) i UART, a postoje i još mnogi drugi.

Operativni sistem koji se koristi za pokretanje RaspberryPi -a je Linux.

**3. PROGRAMIRANJE I PROGRAMSKI JEZICI****3.1. Programiranje i program**

Program je sekvenca instrukcija koja naznačava kako da se obavi računanje ili izvrši neka druga aktivnost. Računanje može biti matematičke prirode, kao na primer, rešavanje sistema jednačina ili pronalaženje korena polinomne funkcije, ali isto tako može biti simboličko računanje, kao što je pretraživanje i zamena teksta u dokumentu ili kompajliranje programa.

U ovom radu, korištena su dva programska jezika:



- Python
- Java

Python programski jezik, korišten je za pisanje programa koji pokreće server na RaspberryPi-u. On je napisan u softverskom paketu Geany.

Java programski jezik sa nadogradnjom Android Development Tool-a (ADT) je korišten za pisanje programa koji pokreće klijent, odnosno Android operativni sistem na mobilnom telefonu koji koristi taj operativni sistem.

### 3.2. Programski jezik Python

Python je primer programskog jezika visokog nivoa. U ovu grupu spadaju i jezici kao što su C, C++, Perl i Java.

Postoje dve vrste programskih procesa koji obrađuju program visokog nivoa i pretvaraju ga u program niskog nivoa, a to su interpreters, odnosno prevodioci i compilers, odnosno kompajleri. Prevodilac čita program visokog nivoa i izvršava ga tako da radi tačno ono što program napisan ovim jezikom sadrži. Obrađuje program kraće vreme, čitajući linije i izvršavajući računanja.

Python se smatra jezikom prevodiocem jer se programi napisani Python-om izvršavaju od strane prevodioca.

### 3.3. Programski jezik Java

Java programski jezik, kao i Python spada u grupu programskih jezika visokog nivoa, tako da ga definišu iste osnovne karakteristike.

Java programski jezik spada u objektno-orijentisane programske jezike i služi za objektno-orijentisano programiranje (OOP).

### 3.4. Alati za softverski paket Java okruženja

Android Software Development Kit sadrži razne alate koji mogu poslužiti za pisanje programa java programskim jezikom, specifičnog za Android operativni sistem koji mnogi današnji „pametni“ telefoni koriste. Android Development Tool ili ADT je vodeći alat za Eclipse softverski paket koji služi za pravljenje Android aplikacije.

Kako je opisano u [2], Android je operativni sistem koji se zasniva na Linuxu sa Java programskim interfejsom.

Android Software Development Kit (Android SDK), takođe opisan u [2], sadrži sve potrebne alate za izradu Android aplikacija. Ovo uključuje kompajler, debager i emulator uređaja, kao i ličnu virtualnu mašinu za pokretanje Android programa.

## 4. TCP/IP PROTOKOL I CLIENT/SERVER TIP KOMUNIKACIJE

### 4.1. Definicija TCP/IP protokola

Transmission Control Protocol, odnosno TCP, detaljno opisan u [3], je jedan od baznih protokola koji pripadaju Internet Protokolu Paketu, odnosno IP-u i toliko se često javlja da je poznatiji i kao TCP/IP protokol. TCP

omogućuje pouzdanu, naručenu, proverenu od grešaka, dostavu toka okteta između programa koji se izvršavaju na kompjuterima povezanim na lokalnu internet mrežu, intranet ili javni internet. Ovaj protokol realizuje se na transportnom sloju Open System Interconnect Reference, odnosno OSI modela.

### 4.2. TCP/IP protokol izražen u OSI modelu

TCP/IP protokol kao slojeviti protokol takođe je zasnovan na OSI modelu, ali on ne koristi svih 7 slojeva OSI-a. Na Slici 2 se može videti da su određeni slojevi TCP/IP protokola uporedivi sa OSI modelom.

	OSI	TCP/IP
7	Sloj aplikacije	Aplikacije (FTP, SMTP, HTTP, itd.)
6	Sloj prezentacije	
5	Sloj sesije	
4	Transportni sloj	TCP (host-to-host)
3	Mrežni sloj	IP
2	Sloj veze	Pristup mreži (najčešće Ethernet)
1	Fizički sloj	

Slika 2. TCP/IP protokol izražen u OSI modelu

### 4.3. Mrežno programiranje i Client/Server model

Svaka mrežna aplikacija je bazirana na Client/Server modelu. Server ima zadatak da upravlja određenim resursima i da obezbedi neke usluge svojim klijentima koji koriste te resurse i manipulišu njima.

Transakcija između klijenta i servera se sastoji iz četiri koraka:

1. Kada je klijentu potrebna usluga, on započinje transakciju slanjem zahteva serveru.
2. Server prima zahtev, izvršava interpretaciju istog i manipuliše svojim resursima na određeni način.
3. Server šalje odgovor klijentu i čeka sledeći zahtev.
4. Klijent prima odgovor i manipuliše njime.

### 4.4. Uspostavljanje veze između klijenta i servera putem socketa (Three-way handshake)

Pri uspostavljanju veze između klijenta i servera putem socketa, može se primetiti da se prate četiri koraka koja se uvek javljaju u komunikaciji između klijenta i servera.

Koraci za uspostavljanje veze su sledeći:

1. Server mora biti spreman da prihvati nadolazeću vezu. To se uobičajeno ostvaruje pozivanjem socket bind i listen funkcija. Ovo se naziva passive open i označava vezivanje servera za određeni socket i početak njegovog „slušanja“.
2. Klijent započinje aktivno otvaranje (active open) pozivanjem connect funkcije. To uzrokuje da klijent putem TCP protokola šalje SYN segment (segment koji služi za sinhronizaciju) serveru. Ovaj segment ima zadatak da serveru kaže da je klijent ovavio inicijalizaciju broja sekvence za podatke koje će slati

preko uspostavljene veze. Uobičajeno se ne šalju podaci kada se šalje SYN. On jedino sadrži IP header, TCP header i TCP opcije.

3. Server mora potvrditi klijentov SYN i server mora takođe poslati svoj SYN u kojem se sadrži inicijalizovani broj sekvence za podatke koje će server slati na vezu. Server šalje svoj SYN i ACK (acknowledgment-potvrda) na klijentov SYN u jednom segmentu.

4. Klijent mora potvrditi serverov SYN.

## 5. AUTOMATIZACIJA PARKING SISTEMA KORIŠĆENJEM CLIENT/SERVER NAČINA KOMUNIKACIJE

Način funkcionisanja ovog rešenja je takav da korisnik ima aplikaciju na svom telefonu koja će mu pri prilasku određenom parkingu dati jasnu sliku izgleda parkinga, spisak slobodnih mesta, kao i mogućnost odabira slobodnog mesta. Nakon odabira mesta, aplikacija korisniku iscrtaava tačan put to izabranog mesta, kako bi se smanjilo vreme traženja slobodnog mesta po parkingu.

Programski kod aplikacije koja je napravljena je napisan u već opisanom java programskom jeziku uz korišćenje Android Development Kit-a.

Pri pokretanju aplikacije na mobilnom telefonu i pozdravnog ekrana same aplikacije, otvara se aktivnost koja od korisnika traži da unese određeno korisničko ime (Username), kao i šifru (Password).

Da bi se ova aplikacija koristila, potrebno je da korisnik ima pristup internetu preko telefona.

U slučaju upisanog dobrog korisničkog imena i šifre, otvara se naredna aktivnost u aplikaciji prikazana na slici 3 koja daje spisak gradova u kojima postoji parking sistem koji funkcioniše na ovaj način.

Beograd
Novi Sad
Kragujevac
Senta

Slika 3. Spisak gradova u aplikaciji

Nakon odabira grada, nova aktivnost koja se otvara, prikazuje nov spisak, koji sadrži sva mesta u odabranom gradu koja primenjuju ovo rešenje parking sistema.

Za potrebe ovog rada je urađen deo aplikacije za potencijalni parking sistem Roda Centra u Kragujevcu koji se nalazi u spisku.

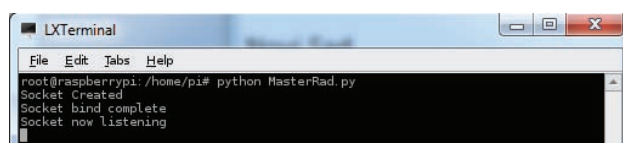
Da bi korisnik imao uvid u izgled parkinga na koji prilazi, nakon odabira parkinga, korisniku aplikacija na ekranu telefona, u vidu nove aktivnosti daje plan izabranog parkinga.

Plan parkinga služi da bi korisnik stekao uvid u broj kolona i redova, kao i raspored mesta koja se nalaze na parkingu, sa jasno obeleženim ulazom i izlazom, kao i saobraćajnicama i pešačkim prelazima.

Pri isteku 15 sekundi, otvara se nova lista, istog tipa kao i u slučajevima odabira grada i parkinga u izabranom gradu.

Nakon što je korisnik izabrao red u koji želi da se parkira, otvara se nova aktivnost. Pri ovom otvaranju, aplikacija pokreće povezivanje na server TCP/IP načinom komunikacije na principu socket Client/Server. Ovaj način komunikacije je opisan u ovom radu u prethodnom poglavlju.

Da bi ovaj sistem funkcionisao, potrebno je da server, odnosno u ovom slučaju parking sistem Roda Centra u Kragujevcu ima neprestanu vezu sa internetom i da je konstantno otvoren njegov port na kojem sluša i iščekuje povezivanje klijenata, odnosno korisnika aplikacije ka njemu. Na slici 4 se može videti odziv servera i informacija o njegovom čekanju konekcije ka njemu.

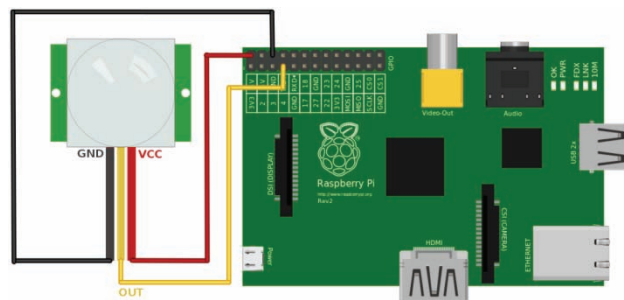


Slika 4. Kreiranje soketa i otvaranje porta na server uz iščekivanje konekcija ka njemu

Senzor koji je iskorišten za praćenje slobodnosti parking mesta je IR senzor, naziva PIR Motion Sensor, a kao serverska platforma je iskorišten, opisani RaspberryPi mikrorračunarski sistem. IR senzor je direktno povezan na RaspberryPi, mada bi u realnom sistemu ovim senzorima i celim parkingom upravljali određeni kontroleri, tipa PLC (programibilno-logički kontroler) koji imaju mogućnost povezivanja velikog broja senzora na njih.

Izraz pasivan (passive) iz imena PIR označava da PIR uređaji ne prave niti emituju bilo kakve signale zarad detekcije objekata. Oni funkcionišu tako što detektuju energiju koju daju objekti u blizini.

Korišćeni PIR sensor povezan sa kontrolerom se može videti na slici 5.



Slika 5. Povezivanje PIR senzora sa GPIO modulom RaspberryPi-a

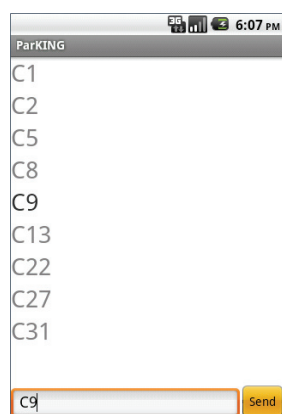
Senzor detektuje prisutnost vozila i tu informaciju šalje serveru. Na serveru je isprogramirano da se prisutnost vozila na svim parking mestima prati konstantno. Server tu informaciju dalje prosleđuje klijentu, odnosno korisniku koji se preko svoje aplikacije povezao na server, u trenutku odabira reda u koji želi da se parkira.

Aktivnost koja je otvorena korisniku na telefonu se sastoji iz tri dela. Prvi deo je lista i spisak mesta koji se nalaze u izabranom redu, drugi deo je prostor za unos teksta, a treći deo za slanje unetog teksta.

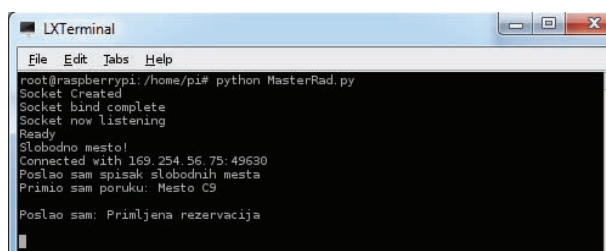
Sa slike 6 se može videti da su sva mesta osim mesta C9 obeležena svetlo sivom bojom, dok je mesto C9 tamnije i crnom bojom označeno. Tamnije označena mesta su ona mesta koja su slobodna, dok su mesta koja su obeležena svetlo sivom bojom, mesta za koje su senzori dali informaciju da su zauzeta.

Korisnik tada izvršava rezervaciju parking mesta tako što upisuje oznaku parking mesta velikim slovom i brojem, odnosno u ovom slučaju upisuje: „C9“.

Pritiskom na dugme „Send“, upisan tekst se šalje serveru i server zauzima to parking mesto za korisnika. Ovo se, može videti na slici 6, a odziv server na slici 7.



Slika 6. Slanje izabranog mesta server radi rezervacije



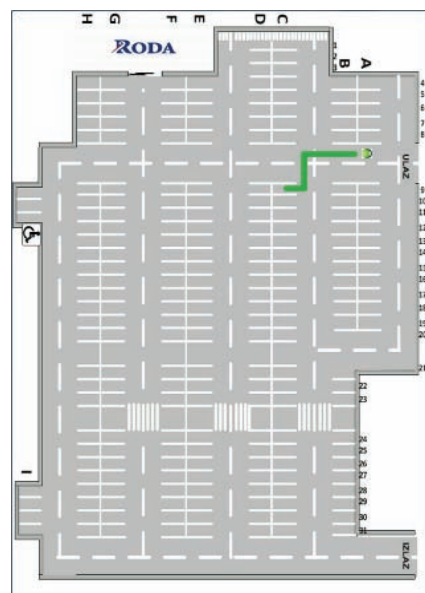
Slika 7. Primanje rezervacije od strane server

Pritiskom na dugme „Send“ od strane korisnika, i rezervacijom mesta, korisniku se u aplikaciji otvara nova aktivnost koja, kao i aktivnost koja se otvara nakon odabira parkinga, prikazuje plan tog istog parkinga. U ovom slučaju, osim samog plana, aplikacija korisniku na ekranu telefona prikazuje i najbliži put kojim može stići od ulaza na parking do rezervisanog parking mesta.

Ova putanja je prikazana zelenom tačkom koja se kreće od ulaza do izabranog mesta i kontinualno se ponavlja, tako da je korisnik može videti dok god drži aplikaciju uključenom na svom telefonu.

Zelena tačka predstavlja automobil korisnika. Prikaz ove putanje za mesto C9 se može videti ucrtano zelenom linijom na slici 8.

Rešenje koje je dato ima za zadatak da korisniku omogući da već pri ulasku na parking ima sve potrebne informacije o tome gde će se parkirati i kako da najbrže stigne do željene lokacije.



Slika 8. Prikaz putanje koju korisnik dobija pri rezervaciji parking mesta

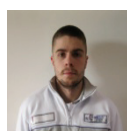
## 6. ZAKLJUČAK

Rešenje predstavljeno u ovom radu je idejno i podložno je promenama i u budućnosti bi trebalo biti testirano na realnim parking sistemima. U slučaju davanja dobrih rezultata i davanja pozitivnih povratnih informacija od strane korisnika, ovaj rad bi mogao da posluži kao osnov za fizičku realizaciju automatizacije parking sistema na način koji je opisan i njegovo dalje proširenje na nacionalnom i globalnom nivou.

## 7. LITERATURA

- [1] Raspberry Pi - [http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)
- [2] Getting Started with Raspberry Pi - by Matt Richardson and Shawn Wallace; Copyright © 2013 Matt Richardson and Shawn Wallace. All Rights Reserved; Published by O'Reilly Media, Inc. 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472
- [3] Transmission Control Protocol - [http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission\\_Control\\_Protocol#Connection\\_establishment](http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol#Connection_establishment)

## Kratka biografija



**Marton Lečei** rođen je 1989. godine u Senti. Diplomski master rad odbranio je na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu 2014. godine iz oblasti Mehatronika, robotika i automatizacija.

**EDITOR METRIKA ZASNOVAN NA BROJAČIMA PERFORMANSI U SOFTVERU ZA DISTRIBUTIVNI MENADŽMENT SISTEM****METRIC EDITOR BASED ON PERFORMANCE COUNTERS IN SOFTWARE FOR DISTRIBUTION MANAGEMENT SYSTEM**

Akoš Topolčanji, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – MEHATRONIKA**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu prikazano je jedno rešenje za uređivanje metrika zasnovano na brojačima performansi u softveru za Distributivni Menadžment Sistem (DMS). Za razvoj korisničkog interfejsa korišćene su najnovije softverske tehnologije i poštovani su standardi za dizajn koji obezbeđuju efikasno izvršavanje i podršku za više platformi. Formula metrike je prikazana u formi grafa, gde čvorovi predstavljaju elemente metrike (brojače performanse i operacije) u obliku pravougaonika, a linije vezu između njih.

**Abstract** – This paper describes a solution for editing metrics based on performance counters in software for Distribution Management System (DMS). In user interface development state of the art software technology is used along with the highest standards for design in order to ensure efficient and multi-platform execution. Formula of the metric is shown using graphs, where nodes represent element metrics (performance counters and operations) and lines their relations in form of rectangles and lines respectively.

**Ključne reči:** Performance Counters, Windows Presentation Foundation, WPF, Model-View-ViewModel, MVVM, metric, graph.

**1. UVOD**

U distribuiranim sistemima (npr. cloud, grid) koji su danas u sve široj upotrebi, pored izvršavanja osnovnih funkcionalnosti, softver mora da ispunjava i određene nefunkcionalne zahteve.

U takve zahteve spadaju performanse softvera (npr. vreme odziva), raspoloživost, dostupnost, sigurnost, bezbednost i tolerantnost na uzroke otkaza. Da bi se proverilo da li softver zadovoljava postavljene nefunkcionalne zahteve, potrebno je da se njegov rad stalno prati i analizira.

System Performance Monitor (SPM) predstavlja softverski alat koji služi za merenje performansi DMS sistema. Podešavanje njegove konfiguracije vrši se izmenom ili dodavanjem jednog ili više parametara koji se nalaze u teško preglednom XML fajlu.

Da bi korisnik uspešno izmenio konfiguracioni fajl, treba da bude upoznat sa funkcionisanjem softvera do sitnih detalja.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Erdeljan, vanr.prof.

Da bi se olakšalo konfigurisanje pomenutog alata, rad predlaže implementaciju posebne aplikacije, koja bi na vizuelno lak način omogućila podešavanje konfiguracije.

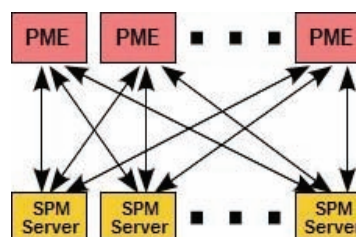
U ovom radu opisani su arhitektura predloženog rešenja i dizajn korisničkog interfejsa.

**2. OPIS PROBLEMA****2.1. Brojači performansi u Windows tehnologiji**

Tokom rada Windows operativni sistem prikuplja podatke o svom radu, kao i o pokrenutim procesima ili aplikacijama. Tehnologija koja obezbeđuje ove informacije se zasniva na Performance Counter-ima ili brojačima performansi [1]. Brojači performansi su prisutni u svim Windows operativnim sistemima koji su temeljeni na NT platformi (npr. XP, Vista, 7, 8...). U prvoj verziji operativnog sistema iz Windows NT porodice, je bilo preko 350 predefinisanih brojača performansi, dok je danas taj broj porastao na preko 700. Ti brojači se mogu koristiti za merenje performansi sistema, hardvera, servisa i drajvera. Dodatno, aplikacije mogu instalirati svoje brojače, omogućavajući pristup važnim informacijama o svojim performansama. Postoji mogućnost pristupa i onim brojačima koji se nalaze na nekom drugom računaru u mreži, stvarajući podlogu za razvoj aplikacija za monitoring distribuiranih računarskih sistema.

**2.2. System performance monitor (SPM)**

System Performance Monitor (SPM) predstavlja zasebnu aplikaciju koja služi za merenje performansi i iskorišćenost resursa DMS sistema. Osim merenja performansi aplikacija nudi i sledeće funkcionalnosti: monitoring performansi u realnom vremenu, snimanje podataka o merenjima u bazu podataka i prikaz vrednosti merenja iz baze podataka. SPM je distribuirana aplikacija, koja je sastavljena od više serverskih i klijentskih komponenti (Slika 1).



Slika 1. Distribuirani koncept SPM aplikacije

Serverska komponenta služi za prikupljanje i slanje podataka o performansama dela sistema koji se nalazi na računaru na kome je i ona sama pokrenuta. Klijentska



aplikacija služi za prikaz takvih informacija prikupljenih sa više računara. Zahvaljujući distribuiranom konceptu SPM softvera, klijent može pristupiti svakoj serverskoj aplikaciji i tražiti podatke o performansama dela sistema, kojem dati server pripada.

SPM Server je implementiran kao Windows servis i vrši nadgledanje, kalkulaciju i snimanje podataka o performansama sistema na kojem je pokrenut. Da bi se opisalo njegovo funkcionisanje, najpre se treba upoznati sa pojmom metrike. Metrika u kontekstu ovog rada predstavlja objekat koji sadrži informacije neophodne za instalaciju jednog brojača performansi, kao i podatke na osnovu kojih se vrši proračun vrednosti tog brojača. SPM Server koristi metrike za instalaciju i proračun vrednosti brojača performansi.

Kolekcija metrika, koja stoji na raspolaganju za analizu performansi sistema, je opisana u konfiguracionom fajlu SPM Server-a u XML formatu. Nakon pokretanja SPM Server-a prvo se vrši učitavanje konfiguracionog fajla i za svaku metriku iz kolekcije se vrši instalacija potrebnih brojača performansi. Nadalje, tokom rada SPM servera, vrednosti ovih brojača se osvežavaju u skladu sa frekvencijom uzorkovanja. Nad vrednostima koje se dobijaju uzorkovanjem jednog ili više brojača performansi primenjuju se odgovarajuće matematičke i/ili statističke funkcije. Podaci na osnovu kojih se vrši proračun performansi kao i podatak koji određuje učestalost uzorkovanja definisani su u metrici. Rezultat koji se dobije na ovaj način upisuje se u odgovarajući brojač performansi i u bazu podataka, kako bi se kasnije mogao koristiti za analizu mogućih nedostataka sistema.

SPM Server se isporučuje sa skupom predefinisanih metrika, koje se mogu koristiti za merenje performansi DMS-a sa ciljem utvrđivanja uskih grla sistema. Problem nastaje kada uzrok lošeg ponašanja sistema ostaje neotkriven usled nepostojanja metrike koja bi mogla ukazati na takav problem.

### 2.3. Metrika

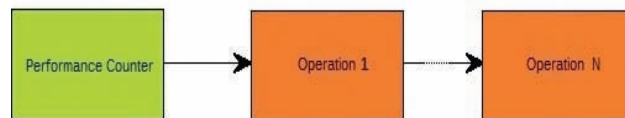
Metrika u kontekstu ovog rada predstavlja objekat koji služi za definisanje merenja performansi sistema. Metrika je definisana atributima koji sadrže neophodne informacije na osnovu kojih SPM Server vrši proračun i instalaciju potrebnih brojača performansi.

Kao što je pomenuto merenje performansi se vrši tako što se nad vrednostima koje se dobijaju uzorkovanjem jednog ili više brojača performansi primenjuju odgovarajuće matematičke i/ili statističke funkcije. Ukoliko se brojači performansi posmatraju kao promenljive, a matematičke i statističke funkcije kao operacije nad tim promenljivama, onda se atribut metrike koji definiše proračun može posmatrati kao formula po kojoj se računa metrika.

Atributi metrike u zavisnosti od informacija koje predstavljaju mogu da se grupišu u dve grupe. U prvoj grupi se nalaze oni atributi čiji su podaci bitni za instalaciju brojača performansi (kategorija, opis i ime metrike), dok drugu grupu čine atributi na osnovu kojih se vrši proračun (učestalost uzorkovanja i formula).

Formula za proračun metrike je zasnovana na tzv. **pipeline** obrazcu koji omogućava kaskadno povezivanje brojača performansi i operacija u skladu sa njihovim

osobinama. Po ovom šablonu brojači operacijama služe kao izvori podataka, dok operacije opet mogu predstavljati izvor podataka drugim operacijama i tako dalje (slika 2).

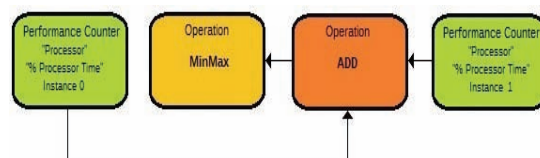


Slika 2. Kaskadna veza brojača i operacija

## 3. PREDLOG REŠENJA

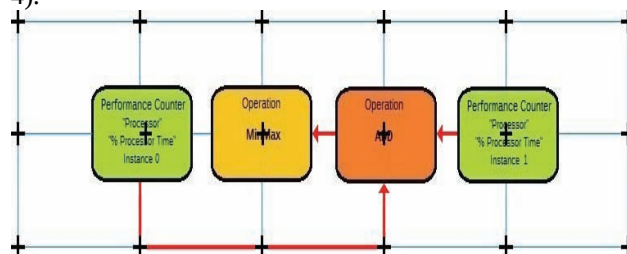
### 3.1. Idejni prikaz metrike

Kao što je ranije pomenuto metrika je definisana atributima. Sa stanovišta programskog rešenja, vrednosti svih atributa osim jednog mogu se predstaviti nizom znakova ili brojačano, dok taj jedan predstavlja niz objekata koji su međusobno povezani referencama i definiše formulu po kojoj se računa metrika. Ukoliko se takvi objekti posmatraju kao čvorovi, a reference kao linije između odgovarajućih čvorova onda se formula može modelirati upotrebom grafa. Otuda i ideja da se ovaj atribut metrike predstavi grafom grafičkih objekata, dok su vrednosti ostalih atributa prikazane u obliku tabele i predstavljaju osnovne informacije o metrici. Na ovaj način došlo se do ideje da atributi metrike budu prikazani u dva zasebna prozora. Na slici 3 je dat idejni prikaz formule metrike, gde čvorovi predstavljaju objekte (operacije i brojače) i predstavljeni su u obliku pravougaonika, dok linije predstavljaju veze između njih.



Slika 3. Grafički prikaz formule metrike putem grafa

Treba napomenuti da korisnički interfejs grafičke objekte prikazuje na platnu. Platno predstavlja površinu na kojoj je korisniku omogućen rad sa grafičkim objektima. Ta površina je predstavljena u obliku grida (mreže), što znači da se čvorovi grafa na platno mogu postaviti samo u unapred definisane položaje odnosno čvorove grida (slika 4).



Slika 4. Čvorovi grafa mogu se postaviti samo u čvorove grida

S obzirom da se želelo da linija grafa ne seče njegove čvorove (zbog preglednosti prikaza), za crtanje linija grafa mogu se koristiti samo preostali slobodni čvorovi. Da bi se to postiglo a isto tako da bi linije grafa u prikazu na gridu bile najkraće moguće korišćen je A\* algoritam (razlog njegovog izbora je dat u poglavlju 4.2). Zadatak

ovog algoritma je da na osnovu dva zadata čvora izabere pogodnu liniju koja ih spaja iz skupa mogućih linija grida, kao što je prikazano na slici 4. Na ovoj slici tankom linijom prikazane su sve moguće linije, dok su debelom linijom sa strelicom na kraju prikazana rešenja dobijena primenom A\* algoritma.

### 3.2. Organizacija korisničkog interfejsa

Korisnički interfejs je zamišljen da bude „moderan“, odnosno da prati najnovije trendove dizajna i funkcionalnosti korisničkih interfejsa. To znači da treba da bude modularan, fleksibilan, da sadrži meni i traku sa alatima, kao i statusno polje. Ideja je da svaki modul korisničkog interfejsa implementira Model-View-ViewModel (MVVM) arhitektonski šablon za razvoj, jer bi se na taj način dobili moduli koji su konceptualno podeljeni na tri dela sa precizno definisanim ulogama [2], što je veoma značajno za projekat ovakve složenosti.

Glavna maska (eng. **shell**) predstavlja korisnički interfejs PME aplikacije. Ona je zadužena za organizovanje prikaza drugih modula u glavnom prozoru, sa ciljem da omogući korisniku prilagođavanje korisničkog interfejsa svojim potrebama.

Kao što je ranije napomenuto, informacije o metrici prema ovom rešenju prikazuju se u dva zasebna prozora. Prvi prozor predstavlja modul koji je zadužen za tabelarni prikaz onih vrednosti atributa metrike, koje se mogu izraziti brojačano ili nizom znakova (slika 5). Ova komponenta podržava unos i izmenu vrednosti atributa, kao i validaciju unetih podataka. Drugi prozor predstavlja modul koji realizuje ideju prikaza formule metrike u grafičkom obliku (odjeljak 3.1). Ovi grafički objekti su prikazani na platnu, a da bi se omogućio rad sa ovim objektima potrebno je uvesti još jednu komponentu koja predstavlja listu alata.

Metric Properties	
ID	115
Category Name	SPM Processor
Name	% Processor Time
Unit	%

Slika 5. Prikaz onih atributa metrike koji se mogu izraziti brojačano ili nizom znakova

Modul za prikaz liste alata definiše skup funkcionalnosti koje se koriste za izmenu i pravljenje nove formule. Osnovne komande nad grafičkim objektima, kao što su odabir i povezivanje, prikazane su u padajućoj listi. Na isti način su prikazani i brojači performansi i operacije. Dodavanje novih objekata na platno vršilo bi se prevlačenjem željenih brojača i operacija iz padajuće liste.

Sve metrike koje se nalaze na SPM Server-u neophodno je videti na neki način. Za ovaj zadatak zadužena je vizuelna komponenta sa tabelom svih definisanih metrika na serveru. Osim prikaza, podržani su i brisanje metrike sa servera, kao i učitavanje izabrane metrike u module za prikaz.

Da bi se obezbedilo nesmetano funkcionisanje serverske aplikacije za proračun performansi sistema, metrike koje se nalaze u konfiguracionom fajlu servisa moraju biti ispravno definisane. Iz ovog razloga PME aplikacija

poseduje mehanizam za proveru svakog korisnikovog koraka prilikom kreiranja metrike. Prozor (slika 6.) koji je zadužen za tabelarni prikaz nastalih grešaka predstavlja važan modul PME aplikacije, jer korisniku olakšava posao i skraćuje vreme za pronalaženje greške.

Error List					
	No.	Description	Item	X	Y
	1.	Not connected	MinMax	200.45	587.60

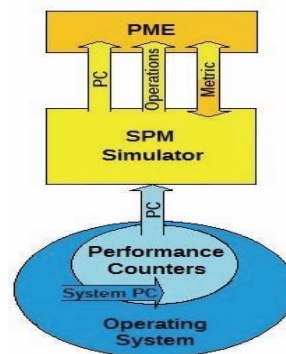
Slika 6. Prikaz grešaka koje mogu nastati u toku rada sa metrikama

Meni i traka sa alatima služe da obezbede korisniku pristup svim funkcionalnostima programa. U meniju se nalaze grupe srodnih funkcija kao što su File, Edit, View i Window, dok se u traci sa alatima prikazuju funkcionalnosti koje se najčešće koriste (Cut, Copy, Paste, Delete, Undo i Redo) u obliku ikonica. U statusnom polju su prikazane x i y koordinate kursora miša kao i status konekcije sa SPM Server-om.

## 4. OPIS REALIZACIJE

### 4.1. Arhitektura rešenja

Kao što je već pomenuto SPM predstavlja komponentu složenog DMS sistema. Zato da bi se pojednostavilo testiranje klijentske strane napravljena je serverska aplikacija sa zadatkom da simulira rad one komponente SPM Server-a, koja će omogućiti pristup konfiguracionom fajlu. Ova aplikacija se naziva System Performance Monitor Simulator (SPM Simulator) i predstavlja serversku stranu PME aplikacije. Na slici 7 je prikazana arhitektura rešenja.



Slika 7. Arhitektura rešenja

SPM Simulator nudi metode klijentskoj strani, koje omogućavaju osnovne operacije nad konfiguracionim fajlom. Radi se o funkcionalnostima kao što su čitanje, dodavanje, brisanje i izmena metrike. SPM Simulator osim metoda koje definišu osnovne operacije nad konfiguracionim fajlom, nudi i informacije koje su bitne za pravljenje metrika. Naime, radi se o podacima kao što su brojači performansi i operacije koje se mogu primeniti nad njima.

### 4.2. Izbor algoritma za pronalaženje putanje

Algoritam za pronalaženje putanje igra važnu ulogu u PME aplikaciji, jer vrši proračun optimalne putanje između ona dva pravougaonika, koja treba da budu povezana linijom. Vreme koje je potrebno za izcrtavanje linije u najvećoj meri zavisi od vremena potrebnog za izračunavanje putanje. Zato je kriterijum koji se

posmatrao prilikom izbora algoritma njegova vremenska složenost. Što je manja vremenska složenost datog algoritma, algoritam je brži. U Tabeli 1. su prikazane ove vrednosti za BFS, Dijkstrin i za A\* algoritam. Uzete su izrazi za najgori slučaj.

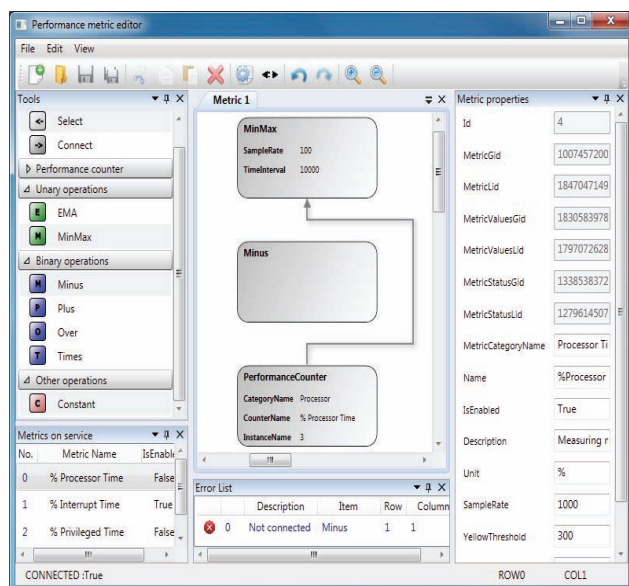
Tabela 1: Poređenje vremenske složenosti algoritama

Naziv algoritma	Vremenska složenost	Opis parametara
Breadth-first search (BFS)	$O(n+e)$	$n$ - broj čvorova $e$ - broj linija
Dijkstra's algorithm	$O(n^2)$ ili $O(e \log_2 n)$	
A* algorithm	$O(e)$	

Posmatrajući ovu tabelu, može se zaključiti da je A\* algoritam pogodniji za implementaciju. Ovaj podatak i ne treba da čudi imajući u vidu da je A\* algoritam razvijen kao unapređenje Dijkstrinog algoritma [3], a BFS je vremenski zahtevan u slučaju da je ciljni čvor jako udaljen od početnog čvora.

#### 4.3. Dizajn korisničkog interfejsa

Korisnički interfejs je realizovan u skladu sa idejom organizacije korisničkog interfejsa (odjeljak 3.2). Za fleksibilnost interfejsa je zadužen Avalon Dock [4] kontrola koja je deo većeg projekta otvorenog koda SharpDevelop. Ova kontrola osim što omogućava prikaz željenih modula u obliku prozora ili jezička, takođe vrši i njihovu organizaciju u glavnom prozoru u skladu sa zahtevima korisnika. Na ovaj način korisniku je omogućena promena veličine, pozicije i vidljivosti svakog prozora unutar aplikacije. Prednost korišćenja ove kontrole ogleda se u tome da je besplatna i pruža funkcionalnosti modernih korisničkih interfejsa, dok manu predstavlja nekompletna dokumentacija. Na slici 8 se vidi izgled aplikacije u kome su implementirane sve funkcionalnosti iz prethodnih odeljaka.



Slika 8. Finalni izgled aplikacije

Podrazumevani raspored komponenti aplikacije je takav, da se meni i traka sa alatima nalaze na vrhu prikaza, prozori sa listom alata i listom metrika su smešteni sa leve strane jedan ispod drugog, na sredini se nalazi modul za

grafički prikaz formule metrike, ispod je postavljena komponenta za prikaz grešaka i sa desne strane je smešten modul za prikaz osnovnih informacija metrike. Postoji mogućnost premeštanja modula po želji, osim menija i trake sa alatima jer je njihov položaj fiksiran.

Metrika koja je prikazana na prethodnoj slici služi za merenje minimalne odnosno maksimalne vrednosti iskorisćenosti određenog jezgra procesora. Može se primetiti da je Minus operacija ostala nepovezana. Da bi PME aplikacija skrenula pažnju korisnika na tu grešku, u prozoru ErrorList se pojavljuje greška sa detaljnim opisom.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazano je jedno rešenje za predstavljanje metrika zasnovano na brojačima performansi. Za razvoj korisničkog interfejsa korišćene su najnovije tehnologije i praćeni su standardi za dizajn koji obezbeđuju efikasno izvršavanje i podršku za više platformi. Svaki od modula implementira Model-View-ViewModel arhitektonski dizajn obrazac, koji omogućava razdvajanje prezentacionog od poslovnog sloja aplikacije.

Atribut koji opisuje formulu metrike je prikazan u formi grafa, dok su ostali atributi predstavljeni u tabelarnom obliku. Čvorovi grafa predstavljaju elemente metrike (brojače performanse i operacije) u obliku pravougaonika, a linije vezu između njih. Formula metrike se pravi povezivanjem ovih grafičkih objekata u skladu sa njihovim osobinama.

Korisnički interfejs metriku prikazuje na platnu koja predstavlja površinu na kojoj je korisniku omogućen rad sa grafičkim objektima. Ta površina je predstavljena u obliku grida, što znači da se čvorovi grafa na platnu mogu se postaviti u unapred definisane položaje odnosno u čvorove grida. Da bi se postiglo da linija grafa ne seče njegove čvorove, implementiran je A\* algoritam, zbog svoje jednostavnost i dobrih performansi.

Iako interfejs omogućava korisnicima ugodan i efikasan rad i dalje postoji prostor za unapređenje rešenja.

## 6. LITARATURA

- [1] Sasha Goldhstein, Dima Zurbalev, Ido Flatow, Pro.NET Performance, Apress, 2012
- [2] Gary McLean Hall, Pro WPF and Silverlight MVVM, Apress, 2010
- [3] Robert Sedgewick, Kevin Wayne, Algorithms, Addison-Wesley, 2011
- [4] <http://www.avalondock.codeplex.com>, Avalon Dock

### Kratka biografija:



Akoš Topolčanji je rođen 03.07.1986. godine u Senti. Završni (bachelor) rad iz oblasti mehatronike odbranio je 2011 godine.



**REŽIM KOČENJA TRAKASTOG TRANSPORTERA SA ELEKTROMOTORNIM  
POGONOM I HIDRAULIČNOM SPOJNICOM****BREAKING REGIME OF BELT CONVEYER WITH ELECTROMOTOR DRIVE AND  
HYDRODINAMIC COUPLING**

Milan Mandarić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – MEHATRONIKA**

**Kratki sadržaj** – U radu je predstavljena grafoanalitička metoda određivanja trajanja vremena kočenja pogonske jedinice trakastog transportera u koju je uključena hidrodinamička spojnica kao prenosnik snage. Takođe, opisani su trakasti transporteri i hidrodinamički prenosnici snage i ukazano je na njihov značaj.

**Abstract:** - In this paper an analytic method of determining breaking duration of the belt conveyer drive which include a hydrodynamic coupling is presented. Also, conveyers and hydrodynamic power transmission systems are described and their importance pointed out.

**Ključne reči:** trakasti transporter, hidrodinamička spojnica, grafoanalitička metoda

**1. UVOD**

Trakasti transporteri pokazali su se kao efikasani i ekonomični uređaji neprekidnog transporta. Stoga su naišli na široku primenu u mnogim privrednim oblastima.



*Slika 1: Primer savremenog trakastog transportera*

Zbog što bolje iskorišćenosti potrebno je odabrati odgovarajuće elemente pogona koji će doprineti što pogodnijim uslovima rada. Ovo predstavlja jedan zadatak ovog rada.

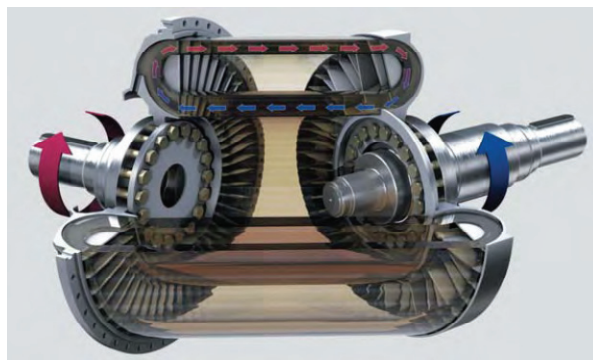
U ovom radu usvojena je koncepcija pogona koja sadrži elektromotor, kočnicu, hidrodinamičku spojnicu, reduktor i zupčastu spojnicu.

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Rastislav Šostakov.**

**2. HIDRODINAMIČKA SPOJNICA, MEHANIČKA  
KOČNICA I POGON TRANSPORTERA**

Primena hidrodinamičke spojnice pri tranzijentnim režimima rada – zaletu i kočenju, generalno povoljno utiče na ponašanje sistema. Pri zaletu transportera hidrospojnica rasterećuje elektromotor i smanjuje inercijalne sile koje se javljaju u traci transportera. Pri kočenju hidrodinamička spojnica takođe utiče na smanjenje inercijalnih sila.



*Slika 2: Sklop hidrodinamičke spojnice*

Dobre osobine hidrodinamičkih spojnice, zbog kojih su našle relativno čestu primenu u pogonima, su:

- rasterećeno zaletanje pogonskog motora,
- zaštita motora i prenosnih uređaja od preopterećenja,
- visok stepen korisnosti u stacionarnom režimu i
- prigušivanje oscilacija u toku rada.

U sklopu rada je izabrana odgovarajuća kočnica pogonske jedinice transportera, koja obezbeđuje funkcionalnost, sigurnost pri radu i isključenje pogona prilikom havarije.



*Slika 3. Usvojena disk kočnica sa kočno – otkočnim uređajem ELDRO*

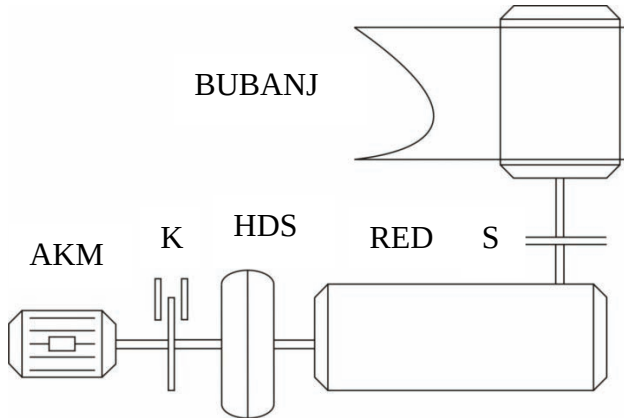


Izabrana je kočnica sa sledećim parametrima:

- moment kočnice:  $T_K = 1545 \text{ Nm}$ ,
- prečnik diska kočnice:  $d = 400 \text{ mm}$ ,
- moment inercije:  $J_K = 1,94 \text{ kgm}^2$ .

Postoje različiti tipovi pogona trakastih transportera, ali zbog ranije navedenih prednosti, hidrodinamička spojnica usvojena je kao element pogonske jedinice transportera.

Elastična traka je najodgovorniji i najskuplji deo transportera, pa je pravilan izbor elemenata pogona važan korak ka pravilnoj eksploataciji transportera.



Slika 4. Konceptcija pogona trakastog transportera sa hidrodinamičkom spojnicom

Osnovni parametri usvojenog transportera su:

- rastojanje utovarnog i istovarnog mesta:  $L = 1070 \text{ m}$ ,
- visinska razlika utovarnog i istovarnog mesta:  $H = 47 \text{ m}$ ,
- dnevni zapreminski kapacitet:  $Q_D = 9350 \text{ m}^3 / \text{dan}$ ,
- brzina transportera:  $v = 2,73 \text{ m/s}$ ,
- jednobubanjjski pogon.

Odgovarajući elektromotor ima sledeće osobine:

- snaga motora:  $P_m = 144,75 \text{ kW}$ ,
- brzina motora:  $\omega_m = 157 \text{ rad/s}$ ,
- naznačeni moment:  $T_N = 1030 \text{ Nm}$ .

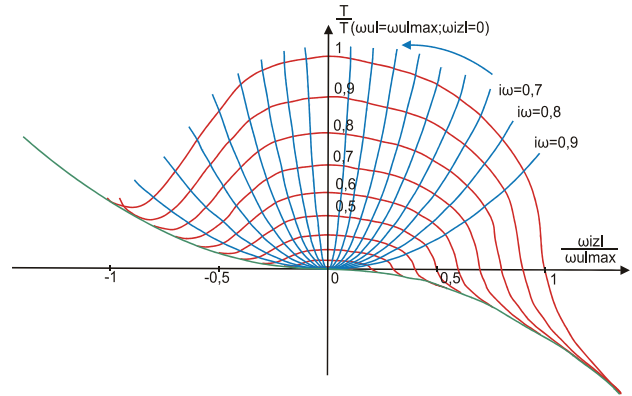
Parametri izabrane hidrospojnice su:

- nazivni prečnik:  $D = 565 \text{ mm}$ ,
- moment inercije:  $J_{HDS} = 6,225 \text{ kgm}^2$ .

### 3. GRAFOANALITIČKI METOD ODREĐIVANJA VREMENA TRAJANJA ZAUSTAVLJANJA TRAKASTOG TRANSPORTERA

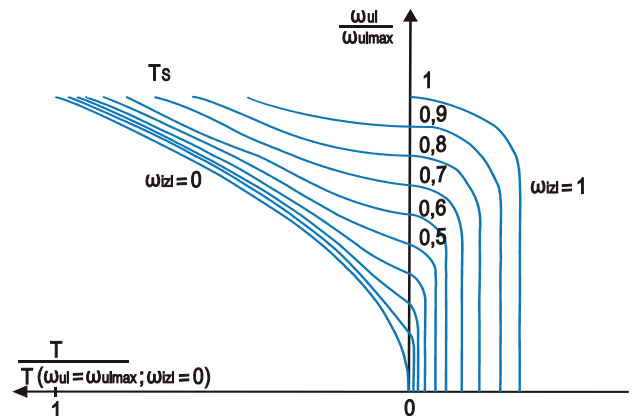
Grafoanalitička metoda određivanja trajanja zaleta i zaustavljanja trakastog transportera obuhvata očitavanje vrednosti momenata spojnice sa zajedničkog dijagrama elektromotora, spojnice, kočnice i radnog uređaja i primenu jednačina ravnoteže momenata pumpnog i turbinskog kola hidrodinamičke spojnice.

Po rezultatima koji su proizašli iz radova Timm-a, [4] i Jaremenka [5], vrednost momenta spojnice pri  $i_\omega = -1$  približno je jednaka nominalnom momentu spojnice.



Slika 5. Familija karakteristika hidrodinamičke spojnice  $T - \omega_{izl}$  uz  $\omega_{ul}$  kao parametar, dobijena primenom parabola sličnosti prenosnog broja  $i_\omega$

Da bi se grafički objedinili svi elementi sistema tj. karakteristike elemenata, karakteristike spojnice moraju da se prevedu u oblik koji je zavisen od brzine i pumpnog i turbinskog kola.



Slika 6. Prebacivanje karakteristike iz oblika  $T - \omega_{izl}$  pri  $\omega_{ul} = \text{const}$  u oblik  $T - \omega_{ul}$  pri  $\omega_{izl} = \text{const}$

Proces kočenja trakastog transportera može se podeliti na tri faze  $K_1$ ,  $K_2$  i  $K_3$ ,

- prva faza: period od trenutka isključenja elektromotora do aktiviranja kočnice ("mrtvo vreme kočnice"),
- druga faza: od aktiviranja kočnice do zaustavljanje pumpnog kola hidrodinamičke spojnice ( $\omega_{ul} = 0$ ) i
- treća faza: period od zaustavljanja pumpnog kola do zaustavljanja turbinskog kola hidrodinamičke spojnice ( $\omega_{izl} = 0$ ).

Faza zaustavljanja pogona  $K_1$ , u kojoj još nema uticaja kočnice, tj. još nije aktivirana opisuje se jednačinama:

$$1) \quad \Delta t_i = \frac{J_1}{-T_{Si}} \cdot \Delta \omega_{Pi} \quad (1)$$

$$2) \quad \Delta t_i = \frac{J_2}{T_{Si} - T_O} \cdot \Delta \omega_{Ti} \quad (2)$$

Za određivanje promene brzina koristi se iterativni grafo-analički postupak, koji je dalje opisan. Izjednačavanjem gornjih jednačina (1) i (2) dobija se izraz za određivanje veze priraštaja ugaonih brzina pumpnog i turbinskog kola:

$$\Delta\omega_{Pi} = \frac{T_{Si}}{T_O - T_{Si}} \cdot \frac{J_2}{J_1} \cdot \Delta\omega_{Ti} \quad (3)$$

pa se priraštaj jednog od kola usvaja, a drugi izračunava prema gornjem izrazu.

Zatim se na osnovu dobijenih vrednosti priraštaja grafički određuju srednje vrednosti momenata u periodu priraštaja, pa se sa njima postupak iterativno ponavlja, sve dok se relativna razlika vrednosti priraštaja brzina u dve uzastopne iteracije ne svede na unapred zadatu prihvatljivu vrednost.

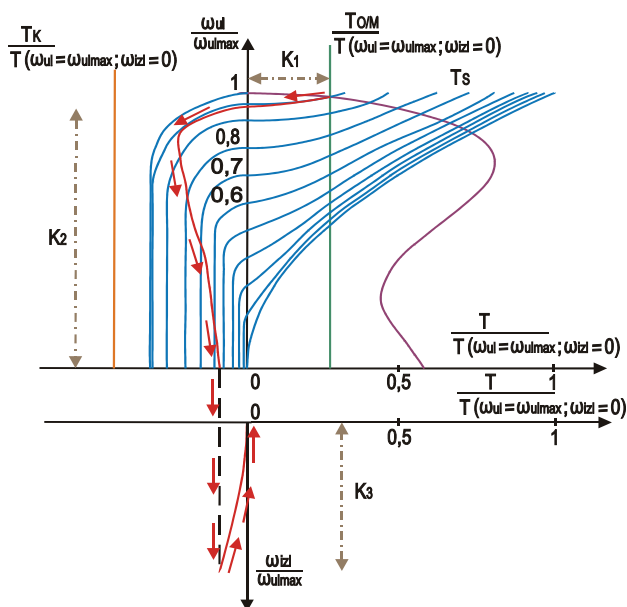
Vrednost priraštaja u poslednjoj iteraciji usvaja se kao dovoljno tačna, pa se na osnovu nje kao priraštaj vremena usvaja srednja vrednost vrednosti dobijenih prema (1) i (2) za usvojen i iteracijom određeni priraštaj brzine.

Faza zaustavljanja pumpnog kola  $K_2$ , slika 7, opisuje se jednačinama:

$$1) \quad \Delta t_i = \frac{J_1}{-T_K - T_{Si}} \cdot \Delta\omega_{Pi} \quad (4)$$

$$2) \quad \Delta t_i = \frac{J_2}{T_{Si} - T_O} \cdot \Delta\omega_{Ti} \quad (5)$$

Dalji postupak se sprovodi analogno prikazanom postupku za fazu  $K_1$ .



Slika 7: Zajednička karakteristika elektromotora, spojnice, kočnice i radnog uređaja (donji deo dijagrama daje alternativni pregledniji prikaz faze  $K_3$ )

Generalno grafoanalitički postupak određivanja vremena kočenja može se izraziti kao zbir svih vremenskih intervala dobijenih u koracima postupka. I brzine pumpnog i turbinskog kola izražene su kao suma svih priraštaja brzina u prethodnim koracima.

$$t_i = t_{i-1} + \Delta t_i \quad (6)$$

$$\omega_{Ti} = \omega_{T_{i-1}} + \Delta\omega_{Ti} \quad (7)$$

$$\omega_{Pi} = \omega_{P_{i-1}} + \Delta\omega_{Pi} \quad (8)$$

Ukupno vreme zaustavljanja dobijeno ovim postupkom, za transporter zadatih parametara (primer), iznosi:

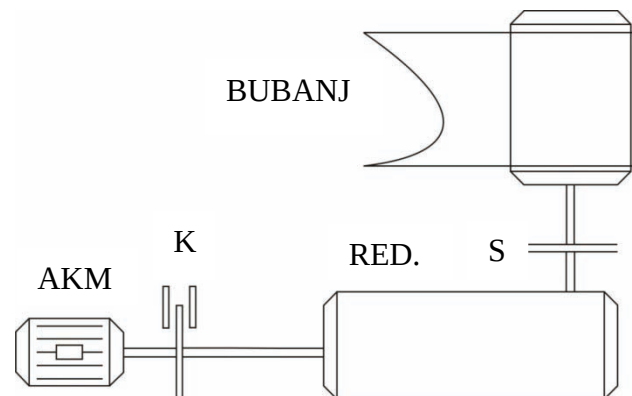
$$t_K = \sum t_i = 4,5 \text{ s} \quad (9)$$

#### 4. SLUČAJ KOČENJA TRANSPORTERA BEZ HIDRODINAMIČKE SPOJNICE

Radi validacije uvođenja hidrodinamičke spojnice u pogonsku jedinicu trakastog transportera, ispitaće se poseban slučaj kad hidrodinamička spojnica nije uključena u razmatranje. Za kočenje ovakvog sistema može se reći da ima čisto mehanički karakter.

Vreme kočenja pogona koji ne sadrži hidrodinamičku spojnicu, računa se po jednačini:

$$t_{km} = t_{kaš} + \frac{J_{ekv}(\omega_{kr} - \omega_{poč})}{T_K - T_O} = 2,6 \text{ s} \quad (10)$$



Slika 8. Konceptija pogona trakastog transportera bez hidrodinamičke spojnice

#### 5. UPROŠĆENJE POSTUPKA PRORAČUNA

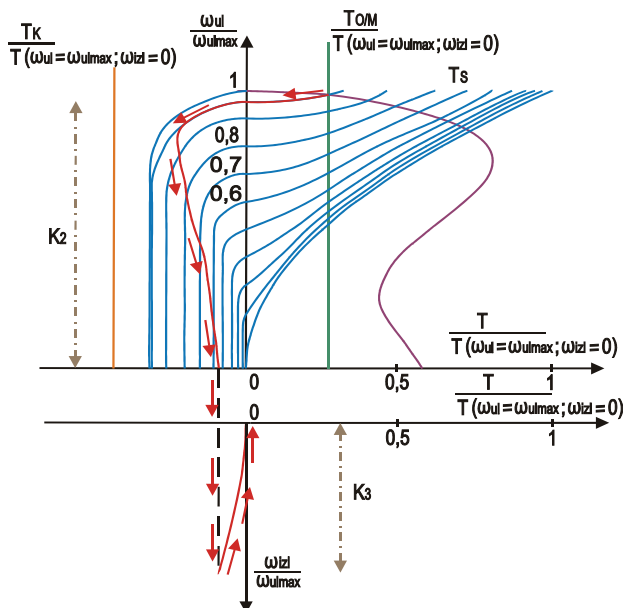
Tokom računanja prve faze može da dođe do nestabilnosti postupka iteracije, time i do oscilovanja dobijenih vrednosti momenata spojnice pri prelasku iz jednog u drugi kvadrant.

Zato se predlaže da se radna tačka prati do vertikalne ose (tj. do trenutka promene predznaka obrtnog momenta hidrospojnice) po karakteristici spojnice sa stacionarnom brzinom turbinskog kola, jednakom brzini u trenutku isključenja pogonskog motora (dovoljno tačno).

Predloženo uprošćenje je potpuno opravdano pri praktičnom proračunu, obzirom da se u toku kratkog trajanja "mrtvog vremena kočnice" (tipično 0,2 - 0,3 s) brzina turbinskog kola vrlo malo promeni, a uprošćenjem se ubrzava proračun, posebno zbog izbegavanja moguće nestabilnosti usvojenog postupka iteracije u toj fazi rada.

Na slici 9 prikazan je kompletan rad pogona transportera: - dvodelna faza zaleta pogona do stacionarne brzine -

kroz desni deo dijagrama i  
- trodelna faza kočenja do zaustavljanja oba kola hidrospojnice - kroz levi deo dijagrama, gde je treći, završni deo kočenja prikazan u dodatnom donjem dijagramu kao veza  $T - \omega_{zl}$ , obzirom da je u gornjem dijagramu predstavljen nepregledno - jednom duži pri  $\omega_{ul} = 0$ .



Slika 9. Uprošćena zajednička karakteristika elektromotora, hidrodinamičke spojnice, otpora radnog uređaja i kočnice

## 6. ZAKLJUČAK

Primena hidrodinamička spojnice u sklopu pogonske jedinice trakastog transportera je povoljna tokom promenljivih režima rada kao što su zalet i kočenje. Grafoanalitička metoda se pokazala kao dobar način za predstavljanje zajedničkih karakteristika elemenata pogonske jedinice kao i za određivanje vremena trajanja zaleta i zaustavljanja sistema.

Poređenjem dobijenih rezultata trajanja kočenja na osnovu predložene dve koncepcije – sa i bez hidrodinamičke spojnice, dolazi se do zaključka da je opravdana ugradnja spojnice u sistem.

Kočenje sa hidrospojnicom traje duže, ali inercijalne sile u traci transportera su značajno manje.

Grafoanalitički postupak se ne odlikuje velikom preciznošću, ali s druge strane dolazi do izražaja njegova jednostavnost što daje dobru osnovu za praktičnu primenu.

## 7. LITERATURA

- [1] Šostakov R, Uzelac D, Brkljač N: Metodologija praćenja rada pogonskog mehanizma sa hidrodinamičkom spojnicom i određivanje trajanja njegovog zaleta, Fakultet tehničkih nauka.
- [2] Vladić J, Mehanizacija pretovara II, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1991.
- [3] Voith, Hydrodynamik in der Antriebstechnik, Mainz, 1987.
- [4] Timm K.: Untersuchungen an Föttinger-Kupplungen, Diss, Hannover, Technische Hochschule, 1958.
- [5] Яременко О. В.: Ограничивающие гидродинамические муфты, Машиностроение, Москва, 1970.

### Kratka biografija:



**Milan Mandarić** rođen je 1986 u Novom Sadu. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronike – Mehatronika u mehanizaciji, odbranio je 2014. godine.

# **RAZVOJ SISTEMA UPRAVLJANJA ROLETNAMA U INTELIGENTNIM ZGRADAMA** **DEVELOPMENT OF SYSTEM FOR WINDOW BLINDS CONTROL FOR INTELLIGENT BUILDINGS**

Stefan Saravolac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

## **Oblast – MEHATRONIKA**

**Kratak sadržaj** - U ovom master radu je analiziran problem primene različite vrste opreme u inteligentnim zgradama. Takođe, predstavljen je razvoj sistema upravljanja roletnama u inteligentnim zgradama. Upravljanje ovim sistemom zavisi od stanja različitih senzora. Prikazani su odabir hardverskih komponenata i razvijene softverske komponente. Izvršena je provera razvijenog sistema.

**Abstract** – In this master thesis the problem of application of different types of equipment in intelligent buildings is analysed. Also, this thesis presents development of blinds control system for intelligent buildings. Control of development system depends on information from different kinds of sensors. Selection of hardware components for the system and development of software components is also presented. Developed system was then tested.

**Ključne reči** - inteligentna zgrada, roletne, automatizacija zgrada, automatizacija roletni.

## **1. Uvod**

Zgrade troše skoro oko 45% svetske energije za grejanje, osvetljenje i ventilaciju i 5% energije se troši za njihovu izgradnju. 40% vode se u celom svetu koristi u sanitarne i druge svrhe u zgradama, dok se 16% vode troši na izgradnju. 60% najboljeg poljoprivrednog zemljišta se koristi za izgradnju. 70% proizvoda od drveta odlazi na izgradnju objekata [1]. Kao veliki potrošači energije, zgrade su objekti na koje se sve više primenjuje automatizacija. Uvođenjem automatizacije u zgradama se mogu postići: ušteda energije i veća energetska efikasnost, smanjenje troškova upotrebe i održavanja zgrade, povećanje udobnosti stanovanja i rada, povećanje produktivnosti zaposlenih u poslovnim zgradama, bolji kvalitet unutrašnjeg vazduha a otvorene su i druge mogućnosti za poboljšanje života ljudi i očuvanja prirode. U poslednje dve decenije razvoj informacionih tehnologija, elektronskih tehnologija i računarskih tehnologija je pospešio razvoj različitih inteligentnih zgrada i tehnologija koje su neophodne za njihovu realizaciju pa je pojam inteligentna zgrada postajao sve više značajan u svetu [2].

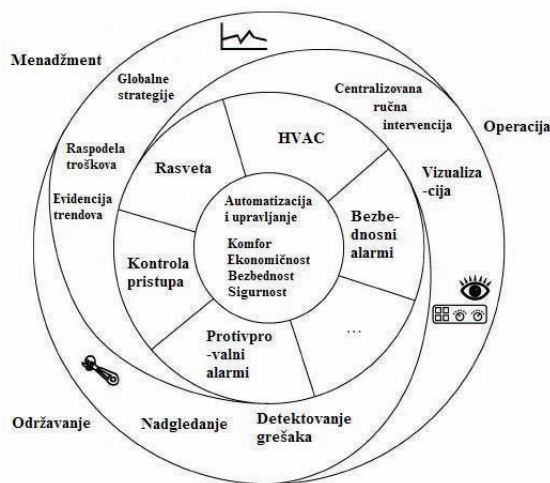
## **NAPOMENA:**

Ovaj rad je proistekao iz master rada čiji mentor je dr Gordana Ostojić, vanredni prof .

## **2. Sistem automatizacije zgrade**

Sistem automatizacije zgrade (BAS) je pojam koji se koristi u širem smislu za širok opseg kompjuterizovanih sistema za upravljanje zgradom.

Ovaj opseg može obuhvatati veliki broj tipova opreme u zgradi počevši od pojedinačnih kontrolera specijalne namene i samostalnih daljinski upravljanih stanica, do većih sistema koji obuhvataju stanice sa centralnim računarima i štampačima. BAS sačinjava nekoliko podсистема povezanih na različite načine, u cilju formiranja celovitog sistema [2]. Na slici 1. se mogu videti specifični funkcionalni aspekti sistema automatizacije zgrade [3].



Slika 1. Funkcionalni aspekti BAS [3]

Opšti model BAS predstavlja ovaj sistem podelom aspekata systemske funkcionalnosti BAS na tri nivoa: nivo polja, nivo automatizacije i upravljački nivo. Na nivou polja se odvija fizička interakcija sa svetom tj. prikupljaju se podaci iz sredine (merjenja, brojanja) i pretvaraju se u oblik koji odgovara za dalji prenos i obradu. Na isti način, parametrima sredine se aktuatorima fizički upravlja (uključivanjem, podešavanjem, pozicioniranjem) kao odziv na primljene komande sistema. Automatsko upravljanje uključujući i sve vrste autonomno izvršenih sekvenci, se pripisuju nivou automatizacije. Na ovom nivou se obrađuju podaci pripremljeni na nivou polja i uspostavljaju logičke veze i upravljačke petlje. Entiteti koji obrađuju podatke mogu međusobno razmenjivati vrednosti od globalnog značaja, na primer spoljašnju temperaturu.



Na upravljačkom nivou su dostupne informacije iz čitavog sistema. Obezbeđen je vertikalni pristup vrednostima sa nivoa automatizacije, uključujući i izmenu parametara kao što su vremenski rasporedi aktivnosti opreme. Stvaraju se obaveštenja za vanredne situacije kao što su tehničke greške ili kritična stanja. Smeštanje dugotrajnih akumuliranih podataka sa mogućnošću stvaranja izveštaja se takođe smatra aspektom ovog nivoa [3].

### 3. Komunikacioni protokoli u zgradama

U složenim sistemima kao što su inteligentne zgrade od izuzetnog značaja su načini kojima se delovi ovih sistema povezuju i njihova međusobna komunikacija. U cilju obezbeđivanja pravilne interoperabilnosti dva ili više delova sistema zgrade, primenjuju se pravila za sve aspekte njihove komunikacije, koja se nazivaju protokoli. Komunikacioni protokoli u inteligentnim zgradama se mogu podeliti u zavisnosti od njihove primenjivosti na nivoe opšteg modela BAS. Prema načinu na koji se protokoli primenjuju oni se mogu podeliti na one koji se:

- 1) implementiraju na upravljačkom nivou
- 2) implementiraju na nivou automatizacije
- 3) implementiraju na nivou polja
- 4) implementiraju u celokupnom BAS.

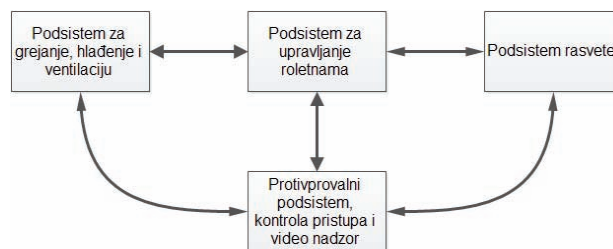
Implementacija na upravljačkom nivou podrazumeva u osnovi komunikaciju između aplikacija i može se koristiti nekoliko tehnologija u tu svrhu. Na nivou automatizacije, RS-485 je veoma popularan protokol i može se naći kao zaseban protokol i u okviru mnogih varijanta složenijih protokola koje su u vlasništvu kompanija. Fieldbus protokoli koji su zastupljeni u fabričkoj i procesnoj automatizaciji (kao što su Interbus, protokoli koji su zasnovani na CAN kao što su Devicenet, CANOpen i Profibus DP) su ponegde zastupljeni u automatizaciji zgrada, u upotrebi u „mreži centralne kontrolne sobe“ za komunikaciju između kontrolera. Zahvaljujući širokoj rasprostranjenosti PLC u sistemima zgrada je prisutan Modbus protokol. BACnet, LonWorks i EIB/KNX su otvoreni standardi koji se implementiraju na celokupnom BAS. Svi oni su postigli priličan značaj na svetskom tržištu (u slučaju BACnet i LonWorks) ili na evropskom tržištu (u slučaju EIB/KNX) [3].

### 4. Sistem upravljanja roletnama

Glavna ideja ovog rada je razvoj sistema za upravljanje kretanjem roletni u inteligentnim zgradama koji će omogućiti automatsko i ručno upravljanje kretanjem roletni čime bi se postiglo efikasno upravljanje potrošnjom energije i omogućila komforna sredina korisniku, pomoću između ostalog, različitih scenarija automatskog upravljanja. Takođe, ovim sistemom bi bilo moguće povećati zaštitu korisnika i enterijera u slučaju nepovoljnih spoljašnjih uticaja sredine. Pod nepovoljnim uticajima sredine se podrazumevaju: vetar čija je brzina velikog intenziteta, jaka kiša i grad, čijim uticajem bi se mogla naneti šteta preko nezaštićenog prozorskog okna sačinjenog od stakla ili nekog drugog materijala. Komfornost korisnika podrazumeva okruženje koje je prilagođeno korisnikovim potrebama. U pogledu upravljanja radom roletni komfor bi se mogao ostvariti

olakšanim korisničkim upravljanjem kada je ono potrebno i što većom autonomijom rada sistema za roletne, čime bi se smanjila potreba da korisnik brine o upravljanju roletnama. Ušteda energije kod ovakvih sistema se pretežno svodi na uštedu energije potrebne za grejanje, hlađenje prostora. U uslovima kao što su hladne zime ili topla leta, poželjno je što više smanjiti spoljašnje uticaje na klimatizaciju prostora. Spuštanjem roletni u slučaju veoma visoke ili veoma niske spoljašnje temperature se smanjuje razmena toplote između unutrašnje i spoljašnje sredine čime se smanjuju gubici pri klimatizaciji unutrašnje sredine.

U interakciji sa protivpožarnim podsistemom inteligentne zgrade u vanrednim slučajevima kao što je požar ili drugim slučajevima u kojima je potrebna evakuacija, sistem za roletne bi mogao pokretanjem roletni da omogući dobar pregled situacije u zgradi i olakšanu evakuaciju. U sprezi sa podsistemom rasvete, podsistem za roletne bi mogao da omogući kvalitetnije osvetljenje prostora kontrolisanjem prisustva dnevne svetlosti u prostoru i smanjivanjem bljeska sunca. U sprezi sa podsistemom za kontrolu pristupa, podsistem za roletne bi mogao otežati neželjene pokušaje provala u određeni prostor spuštanjem roletni. Na slici 2. je prikazana potencijalna konceptualna povezanost podsistema za roletne sa drugim podsistemima inteligentne zgrade.



Slika 2. Pojedini podsistemi i njihova povezanost

Model sistema za upravljanje radom roletni je koncipiran na osnovu tri nivoa BAS. Na najnižem nivou, nivou polja se nalaze senzori za prikupljanje relevantnih informacija iz sredine (kiša, vetar, temperatura, prisustvo čoveka). Na ovom nivou se takođe nalazi aktuator (motor) za pokretanje roletni. Konkretni tip senzora i aktuatora uslovljava i način ostvarivanje komunikacije sa upravljačkom jedinicom. Takođe, sama upravljačka jedinica na kojoj su podržani određeni komunikacioni protokoli i načini povezivanja perifernih jedinica uslovljava način povezivanja hardverskih komponenata nivoa polja sa komponentama nivoa automatizacije. Eksterna memorija povezana na upravljačku jedinicu omogućuje smeštanje prikupljenih podataka o stanju senzora i aktuatora pre slanja istih na upravljački nivo, tačnije u bazu podataka. Periferna jedinica za merenje vremena omogućuje beleženje vremena i datuma relevantnog događaja koji se detektuje senzorima. Upravljačka jedinica, kao centralna komponenta u nivou automatizacije vrši obradu prikupljenih podataka, upravljanje aktuatorom i slanje podataka na personalni računar.

Obrada podataka podrazumeva pridodavanje informacije o vremenu i datumu senzorskim informacijama o događaju i formatiranje podataka u oblik koji je pogodan za smeštanje u eksternu memoriju i za slanje na

personalni računar. Upravljanje aktuatorom se vrši na osnovu prikupljenih informacija sa senzora i zakonitosti koje su implementirane u upravljačku jedinicu ili na osnovu korisnikovih komandi.

Nivo automatizacije i upravljački nivo su povezani komunikacijom između upravljačke jedinice i personalnog računara, preko protokola koji oba uređaja podržavaju. Formatirani podaci primljeni na računar preko softvera za prihvatanje podataka se mogu sačuvati u bazu podataka čime je omogućeno trajno smeštanje podataka na personalni računar. U okviru baze podataka je moguća naknadna analiza sačuvanih podataka.

## 5. Odabir hardverskih komponenata sistema

Izbor upravljačke jedinice je sveden na digitalne kontrolere, tačnije mikrokontrolere i PLK zbog njihove rasprostranjenosti u automatizaciji u zgradama. Prednosti PLK su: široka rasprostranjenost komponenata kompatibilnih sa PLK, velik broj podržanih pouzdanih komunikacionih protokola testiranih u industriji, pojednostavljeno programiranje zbog velikog broja gotovih softverskih komponenata. Međutim, visoka cena samih PLK i komponenata koje se povezuju na PLK (senzora, aktuatora i drugih) je presudan faktor koji je uticao na eliminisanje ovih uređaja iz izbora. Sa druge strane, niska cena, dostupnost na tržištu i poznavanje rada sa mikrokontrolerom su bili presuđujući faktori za odabir mikrokontrolera za upravljačku jedinicu sistema za upravljanje roletnama. Konkretno, odabran je mikrokontroler dsPIC30F4013 zbog svojih karakteristika i predašnjeg iskustva u radu sa ovim mikrokontrolerom.

Najdostupniji aktuatori za pokretanje roletni na tržištu se nazivaju tubularni ili cevni električni motori. Ovi aktuatori se po tipu napajanja mogu podeliti na tubularne motore koje pokreće naizmenična struja i napajaju se najčešće direktno sa mrežnog napona (220V/50Hz) i na jednosmerne tubularne motore (najčešće 12V ili 24V DC). Postoje modeli sa reduktorom i bez reduktora. Takođe, tubularni motori se mogu podeliti na modele koji imaju ugrađen enkoder za detektovanje položaja roletni i na modele koji su bez enkodera, dok se u pogledu krajnjeg položaja roletni ovi motori mogu podeliti na motore sa mehaničkim graničnicima, električnim graničnicima, i na one bez ugrađenih graničnika. Prilikom razvoja sistema je pretpostavljena upotreba jednosmernog tubularnog motora pri realizaciji sistema za upravljanje roletnama. Umesto tubularnog motora upotrebljen je jednosmerni motor u klasičnom kućištu u svrhu realizovanja upravljanja radom roletni koje se uz određene izmene koje podrazumevaju upotrebu snažnijeg drajvera za aktuator i snažnijeg napajanja mogu primeniti za pokretanje roletni prisutnih u praksi.

U cilju kvalitetnijeg i jednostavnijeg upravljanja aktuatorom pomoću upravljačke jedinice tj. mikrokontrolera, upotrebljeno je posredničko kolo koje se naziva drajver. Uloga drajvera u ovom slučaju je da se posredstvom IŠM signala koji se dovodi na ulaz drajvera, reguliše brzina obrtanja vratila motora i u zavisnosti od napona na odgovarajućim priključcima drajvera reguliše smer obrtanja vratila. U realizaciji je upotrebljeno integrisano drajversko kolo L298N koje se sastoji od dva

H-mosta kojima se može upravljati pokretanjem dva jednosmerne motora.

Na osnovu karakteristika senzora prisutnosti, dostupnosti na tržištu i cene odabran je piroelektrični PIR senzor za detektovanje prisustva osobe u prostoriji. S obzirom na osobinu da se ovim senzorima ne može razlikovati detektovani objekat, uočeno je da je potrebno obratiti pažnju na položaj postavljanja senzora kako rad sistema za roletne ne bi zavisio od detektovanih toplokrvnih životinja (na primer, mačaka) prisutnih u prostoriji već isključivo od prisutnosti ljudskih bića u prostoriji. Takođe je primećeno da se u slučaju kada se temperatura okoline približno poklapa sa toplotom koju emituje čovek, pravilno detektovanje je otežano, što predstavlja i glavni nedostatak ovog tipa senzora.

Na osnovu karakteristika senzora temperature i zahteva sredine u kojoj se implementira sistem za roletne, i s obzirom na izabranu upravljačku jedinicu sa dozvoljenim radnim naponima, odabran je integrisan temperaturni poluprovodnički senzor DS18S20. Na osnovu karakteristika senzora za određivanje brzine vetra, primene sistema za roletne, i uzevši u obzir kao dominantan kriterijum odabira koštanje anemometara usvojeno je da će se simulirati rad anemometra sa lopaticama pomoću potencijometra kao ulazne komponente kojom se menja brzina vetra i ventilatora kojim se prikazuje promena brzine vetra. Uzevši u obzir karakteristike senzora vlažnosti i raspoloživi napon napajanja, odabran je digitalni integrisani kapacitivni senzor vlažnosti DHT11. Prednosti ovog senzora su jednostavna implementacija, otpornost na smetnje usled digitalnog izlaznog signala, dok se nepovoljnom karakteristikom ovog senzora može smatrati minimalno vreme između dva merenja vlažnosti od 2 sekunde. Korisničko upravljanje radom sistema za roletne i podešavanje parametara sistema je ostvareno pomoću mikrotastera. Mikrotasteri su kontakti senzori sa zatvarajućim kontaktima koje odlikuju: dostupnost na tržištu, niska nabavna cena, jednostavno implementiranje, dug radni vek i visoka pouzdanost u radu. Zbog navedenih karakteristika, upotrebljeni su mikrotasteri za interakciju čoveka sa sistemom u sprezi sa grafičkim displejem za prikazivanje poruka o stanju sistema. Za prikaz poruka je odabran grafički displej sa dve linije po šesnaest karaktera.

Komunikacija mikrokontrolera sa računarem je ostvarena upotrebom RS232 komunikacije. S obzirom da naponski nivoi na ulazu u računar i na izlazu mikrokontrolera nisu jednakih vrednosti za ostvarivanje veze je upotrebljeno posredničko integrisano kolo MAX232. MAX232 predstavlja predajnik i prijemnik. Ovo kolo se koristi i za konverziju naponskih nivoa od 5V do 12V.

Od ponuđenih memorijskih kartica za eksternu memoriju je odabrana mikro SD kartica zbog niske cene, mogućnosti da se pomoću odgovarajućeg adaptera konvertuje u SD karticu, kao i zbog njene rasprostranjenosti u sferi eksterne memorije za mobilne telefone, čime se bi se mogao omogućiti i prenos sačuvanih podataka na mobilni telefon, koji sve više postaje uređaj preko kojeg korisnik može komunicirati sa sve većim brojem drugih uređaja.

U svrhu povezivanja i omogućavanja komunikacije odabrane memorijske kartice i mikrokontrolera iskorišten je MMC/SD gotov modul kompanije "Mikroelektronika". Prenos podataka mikrokontrolera sa memorijskom karticom se ostvaruje preko SPI komunikacije. Za modul realnog vremena sistema za pokretanje roletni odabran je RTCC modul kompanije "Mikroelektronika" sa integrisanim čipom PCF8583.

## 6. Razvijene softverske komponente

Odgovarajuće softversko rešenje prilagođeno nameni automatizovanog sistema za upravljanje radom roletni kao i zahtevima lica koji koriste uređaj je ključan faktor za efikasnu i kvalitetnu primenu pomenutog sistema u praksi.

Implementirana softverska rešenja se mogu podeliti na tri kategorije:

- 1) Upravljačko softversko rešenje
- 2) Softversko rešenje za prihvatanje podataka sa mikrokontrolera
- 3) Baza podataka

Upravljačko softversko rešenje je razvijano u integrisanom razvojnom okruženju kompanije „Mikroelektronika“ uz upotrebu kompajlera „mikroC PRO“ za dsPIC mikrokontrolere i gotovih biblioteka koje su na raspolaganju za ovaj kompajler. Ono podrazumeva više manjih delova programa koji obezbeđuju funkcionalnost svakoj perifernoj komponenti priključenoj na mikrokontroler. Povezivanjem ovih manjih delova programa u jednu celinu ostvaren je rad kompletnog sistema kao i interakcija čoveka sa sistemom. Upravljačko programsko rešenje je zasnovano na principu mašine sa konačnim brojem stanja, što znači da je algoritam programa podeljen na više faza, čiji je broj poznat i da se u zavisnosti od rezultata obrade podataka u trenutnoj fazi odlučuje o prelasku na narednu fazu.

## 7. Zaključak

Kao zaseban sistem, sistem za upravljanje roletnama bi mogao da ponudi korisniku veću komfornost i zaštitu objekta od vremenskih nepogoda. Napredne funkcionalnosti ovog sistema bi se mogle ostvariti tek interakcijom sa sistemom za rasvetu, sistemom za grejanje, hlađenje i ventilaciju i protivpožarnim sistemom. Senzorske informacije iz ovog sistema bi se mogle prenositi i u druge sisteme i upotrebiti za stvaranje celokupne slike o stanju u zgradi.

S obzirom da postoji trend za primenu protokola koji su definisani za sva tri nivoa modela BAS i usmereni na potrebe automatizacije zgrade, poželjno je iskoristiti komponente sistema koje su u skladu sa tim trendom. U Evropi je u velikoj meri prisutan EIB/KNX protokol, pa su komponente koje podržavaju ovaj protokol dostupne na evropskom tržištu. Pouzdanost, kompatibilnost, efikasnost i kvalitet izrade su na strani ovih komponenti u poređenju sa razvijanim rešenjem u ovom radu. Sa druge strane, u slučaju da je potreban mali sistem koji će upravljati radom malog broja roletni i komunicirati sa malim brojem drugih sistema putem ograničenog broja komunikacionih protokola, razvijano rešenje sa mikrokontrolerom može zadovoljiti skromne zahteve za automatizaciju. Dobra strana razvijanog sistema je svakako njegova niska cena.

## 8. Literatura

- [1] Clements-Croome D. "Challenges and opportunities for intelligent buildings in 21<sup>st</sup> century", IET and BETNET Seminar on, London, Zbornik radova, 2009, str. 1 - 86.
- [2] Wang S. (2009), "Intelligent Buildings and Building Automation", ISBN-10: 0415475716, ISBN-13: 978-0415475716, Taylor & Francis, London, UK
- [3] Kastner W. , Neugschwandtner G. , Soucek S. , Newman H.M. (2005), "Communication Systems for Building Automation and Control", Proceedings of the IEEE, ISSN: 0018-9219, Vol.93 No. 6, str. 1178 - 1203.

## Kratka biografija



**Stefan Saravolac** je rođen u Zrenjaninu, 1988. Završio je Zrenjaninsku gimnaziju, prirodno-matematički smer. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisao 2007. godine. Osnovne studije na smeru Mehatronika završava 2012. godine. Diplomski-master rad je odbranio 2014. godine.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2013. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić	Đorđe Ćosić	Milan Rapajić	Slavica Mitrović
Aleksandar Erdeljan	Đorđe Lađinović	Milan Simeunović	Slavko Đurić
Aleksandar Ristić	Đorđe Obradović	Milan Trifković	Slobodan Dudić
Bato Kamberović	Đorđe Vukelić	Milan Trivunić	Slobodan Krnjetin
Biljana Njegovan	Đura Oros	Milan Vidaković	Slobodan Morača
Bogdan Kuzmanović	Đurđica Stojanović	Milena Krklješ	Sonja Ristić
Bojan Batinić	Emil Šećerov	Milica Kostreš	Srđan Kolaković
Bojan Lalić	Filip Kulić	Milica Miličić	Srđan Popov
Bojan Tepavčević	Goran Sladić	Milinko Vasić	Srđan Vukmirović
Bojana Beronja	Goran Švenda	Miloš Slankamenac	Staniša Dautović
Branislav Atlagić	Gordana	Miloš Živanov	Stevan Milisavljević
Branislav Nerandžić	Milosavljević	Milovan Lazarević	Stevan Stankovski
Branislav Veselinov	Gordana Ostojić	Miodrag Hadžistević	Strahil Gušavac
Branislava Kostić	Igor Budak	Miodrag Zuković	Svetlana Nikoličić
Branislava	Igor Dejanović	Mirjana Damjanović	Tanja Kočetov
Novaković	Igor Karlović	Mirjana Malešev	Tatjana Lončar
Branka Nakomčić	Ilija Kovačević	Mirjana Radeka	Turukalo
Branko Milosavljević	Ivan Beker	Mirjana Vojnović	Todor Bačkalić
Branko Škorić	Ivan Tričković	Miloradov	Toša Ninkov
Cvijan Krsmanović	Ivan Župunski	Mirko Borisov	Uroš Nedeljković
Damir Đaković	Ivana Katić	Miro Govedarica	Valentina Basarić
Danijela Lalić	Ivana Kovačić	Miroslav Hajduković	Velimir Čongradec
Darko Čapko	Jasmina Dražić	Miroslav Nimrihter	Velimir Todić
Darko Marčetić	Jelena Atanacković	Miroslav Plančak	Veljko Malbaša
Darko Reba	Jeličić	Miroslav Popović	Veran Vasić
Dejan Ubavin	Jelena Borocki	Mitar Jocanović	Veselin Avdalović
Dragan Ivanović	Jelena Kiurski	Mladen Kovačević	Veselin Perović
Dragan Ivetić	Jelena kovačević	Mladen Radišić	Vladan Radlovački
Dragan Jovanović	Jureša	Momčilo Kujačić	Vladimir Katić
Dragan Kukolj	Jelena Radonić	Nađa Kurtović	Vladimir Radenković
Dragan Mrkšić	Jovan Petrović	Nebojša Pjevalica	Vladimir Strezoski
Dragan Pejić	Jovan Tepić	Neda Pekarić Nađ	Vladimir Škiljajica
Dragan Šešlija	Jovan Vladić	Nemanja	Vlado Delić
Dragana Bajić	Jovanka Pantović	Stanisavljević	Vlastimir
Dragana	Karl Mičkei	Nenad Katić	Radonjanin
Konstantinović	Katarina Gerić	Nikola Brkljač	Vuk Bogdanović
Dragana Šarac	Ksenija Hiel	Nikola Đurić	Zdravko Tešić
Dragana Štrbac	Laslo Nađ	Nikola Jorgovanović	Zora Konjović
Dragi Radomirović	Leposava Grubić	Nikola Radaković	Zoran Anišić
Dragiša Vilotić	Nešić	Ninoslav Zuber	Zoran Brujic
Dragoljub Novaković	Livija Cvetičanin	Ognjen Lužanin	Zoran Jeličić
Dragoljub Šević	Ljiljana Vukajlov	Pavel Kovač	Zoran Mijatović
Dubravka Bojanić	Ljiljana Cvetković	Peđa Atanasković	Zoran Milojević
Dušan Dobromirov	Ljubica Duđak	Petar Malešev	Zoran Mitrović
Dušan Gvozdenac	Maja Turk Sekulić	Predrag Šidanić	Zoran Papić
Dušan Kovačević	Maša Bukurov	Radivoje Rinulović	Željen Trpovski
Dušan Sakulski	Matija Stipić	Rado Maksimović	Željko Jakšić
Dušan Uzelać	Milan Kovačević	Radovan Štulić	
Duško Bekut	Milan Rackov	Rastislav Šostakov	