

ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници
Година: XXIII
Број: 2/2008



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА





УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници

Година: XXIII

Број: 2/2008

Нови Сад

Едиција: "ТЕХНИЧКЕ НАУКЕ - ЗБОРНИЦИ"

Година: XXIII

Свеска: 2

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад

Главни и одговорни уредник: Проф. др Илија Ћосић, декан Факултета техничких наука у Новом Саду

Уређивачки одбор:

др Илија Ћосић
др Владимир Катић
др Илија Ковачевић
др Јанко Ходолич
др Срђан Колаковић
др Вељко Малбашиа
др Вук Богдановић
др Мила Стојаковић
др Ливија Цветићанин

др Бранко Шкорић
др Јован Владић
др Иван Пешењански
др Бранислав Боровац
др Зоран Јеличић
др Властимир Радоњанин
др Горан Вујић
др Драган Спасић
др Дарко Реба

Редакција:

др Владимир Катић
др Жељен Трповски
др Зора Коњовић

др Драгољуб Новаковић
мр Мирослав Зарић
Мирјана Марић

Штампа: ФТН - Графички центар ГРИД, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад

Техничка обрада: Графички центар ГРИД

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

Председник Савета за издавачко уређивачку делатност:
Др Радомир Фолић, проф. емеритус

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука / главни и
одговорни уредник Илија Ћосић. - Год. 7, бр. 9
(1974)-1988/1989, бр. 19/20 ; 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 други број обновљеног часописа „Зборник радова Факултета техничких наука“, који поново излази после 18 година паузе. Одлуком Наставно-научног већа Факултета техничких наука од 26.11.2008. год. ревитализован је часопис, који је оформљен давне 1960. год., одмах по оснивању Машинског факултета у Новом Саду, као „Зборник радова Машинског факултета“, али је први број одштампан тек 1965. год. После 8 бројева у шест година, часопис мења назив у „Зборник радова Факултета техничких наука“, пратећи прерастање Машинског факултета у Факултет техничких наука и 1974. год. 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. Нарастањем материјалних проблема, те доласком несрећних догађаја на нашим просторима, часопис привремено престаје да излази, тако да је последњи број објављен 1991. год., као двоброј/двогодишњак 20/21, 1990/1991.

Сређивањем стања у друштву и консолидовањем наше државе, Републике Србије, све квалитетнијом организацијом научног рада, реорганизацијом наставног процеса и увођењем читавог низа нових струка, те широким укључивањем ФТН-а у домаће и међународне научне пројекте и истраживања, јавља се потреба и стичу се услови за оживљавањем „Зборника радова Факултета техничких наука“, као јединственог форума за презентацију научних и стручних достигнућа. 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 докторских студија, доносе потребу да и ови, веома значајни и вредни резултати, постану доступни академској јавности.

Из тих разлога Наставно-научно веће ФТН-а одлучило је 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 ван ФТН-а.

Зборник излази у два облика – електронском на веб сајту ФТН-а (www.ftn.ns.ac.yu) и штампаном, који је пред вама. Електронска верзија часописа излази једном месечно, док штампана 5-6 пута годишње.

У овом другом броју штампани су радови студената, сад већ дипломираних инжењера – мастера, који су дипломирали у периоду 16.11. – 31.12.2008. год., а који се промовишу 28. 03. 2009. год. То су углавном прилози студената, који су већ објавили радове из својих дипломских-мастер радова на некој од домаћих научних конференција (ЕТРАН, ТЕЛФОР, ИНДЕЛ), јер је таква традиција постојала за студенте електротехнике и рачунарства. Ови радови су овде дати као репринт уз мање визуелне корекције.

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 презентираних резултата.

У плану је да часопис својим редовним изласком и високим квалитетом, привуче пажњу и ускоро постане довољно препознатљив и цитиран да може да стане раме-уз-раме са водећим часописима и нађе своје место на СЦИ листи. Тиме ће се и на овај начин остварити мото Факултета техничких наука :

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

SADRŽAJ

	Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo	strana
1.	Viktor Dogan, Miloš Živanov, Miodrag Brkić, Miloš Slankamenac, "ORIENTATION SENSOR HARDWARE REALISATION", Konferencija INDEL, Banja Luka, Novembar 2008.	88
2.	Miloš Rovčanin, "SMAC PROTOKOL U BEŽIČNIM SENZORSKIM MREŽAMA", Konferencija TELFOR, Beograd, Novembar 2008.	92
3.	Miloš Savanović, Jaroslav Farkaš, Jelena Kovačević, Miodrag Temerinac "JEDNO REŠENJE PROGRAMSKE SPREGE ARM7 PROCESORSKOG JEZGRA I PROGRAMSKE PODRŠKE ZA ISPITIVANJE PO PRINCIPU CRNE KUTIJE", Konferencija TELFOR, Beograd, Novembar 2008.	96
4.	Đorđije Manojlović, Mile Davidović, Velibor Mihić, Srđan Tikvić, Nikola Kuzmanović, "JEDNO REŠENJE RUKOVAOCA SD/MMC MEMORIJSKIM KARTICAMA NA DIGITALNOM TV PRIJEMNIKU SA LINUX OPERATIVNIM SISTEMOM", Konferencija TELFOR, Beograd, Novembar 2008.	100
5.	Miroslav Parović, Dragan Milićević, "DALJINSKO UPRAVLJANJE RADOM POGONA CRPNE STANICE PUTEM GSM KOMUNIKACIJE ", Konferencija ETRAN 2008, Palić, Juni 2008.	104
6.	Budimir Pavlović, Svetlana Vajdić, Miroslav Nimrihter, "PRIMERI ANALIZE POUZDANOSTI GENERATORA I PRENOSNIH VODOVA U EES", Konferencija INDEL, Banja Luka, Novembar 2008.	108
7.	Tomislav Mitrović, Goran Miljković, Aleksandar Trkulja, "JEDNO REŠENJE UDALJENOG POZIVA FUNKCIJA UPOTREBOM IPC SPREGE", Konferencija TELFOR, Beograd, Novembar 2007.	112
8.	Ilija Đokić, Stevan Grabić, Vladimir Katić, "PRIMENA APSOLUTNOG ENKODERA U ELEKTROMOTORNOM POGONU", Konferencija INDEL, Banja Luka, Novembar 2008.	116
9.	Gavriilo Bjeković, "JEDNA REALIZACIJA BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE", Konferencija TELFOR, Beograd, Novembar 2008.	120

10.	Svetlana Vajdić, Budimir Pavlović, Miroslav Nimrihter, "ISTRAŽIVANJE VREMENA TRAJANJA OTKAZA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA PRIMENOM FAZI BROJEVA"	124
11.	Miroslav Đorđević, "WiMAX - TEHNOGIJA ŠIROKOPOJASNOG, BEŽIČNOG PRISTUPA"	128
12.	Pavle Savković, Nikola Vranić, Vladimir Marinković, Majda Kukolj, Branislav Atlagić, "DIGITALNO REŠENJE PRETVARAČA LINIJSKOG PROTOKOLA", Konferencija TELFOR, Beograd, Novembar 2008.	132
13.	Miroslav Popović, Novak Savić, "IMPLEMENTATION OF TELECONTROL APPLICATION SERVICE ELEMENT 2 PROTOCOL", Konferencija ETRAN 2008, Palić, Juni 2008.	136
14.	Đuro Hornjak, Ivan Popović, Velibor Mihić, "JEDNO REŠENJE UPRAVLJANJA TV UREĐAJEM POMOĆU MOBILNOG TELEFONA", Konferencija ETRAN 2008, Palić, Juni 2008.	140
15.	Jelena Georgijević, "DIGITALNA BIBLIOTEKA", Konferencija TELFOR, Beograd, Novembar 2007.	143
16.	Amer Čelić, Ljiljana Živanov, Gorna Radosavljević, "MODELOVANJE I SIMULACIJA RF VIŠESLOJNIH INDUKTORA U LTCC TEHNOLOGIJI", Konferencija TELFOR, Beograd, Novembar 2008.	147
17.	Milorad Azlen, Slobodan Milovančev, Vladimir Vujičić, "ISPITIVANJE VISOKONAPONSKOG LINEARNOG VOLTMETRA", Konferencija INDEL, Banja Luka, Novembar 2008.	151
18.	Sanja Knežević, "RELEJNA ZAŠTITA U NEBALANSIRANIM MREŽAMA"	155
19.	Slobodan Radanović, Vasa Radonić, Vesna Crnojević-Bengin, "MIKROSTRIP PEČ ANTENA NA BAZI SIJERPINSKI FRAKTALNE KRIVE", Konferencija TELFOR, Beograd, Novembar 2008.	159
20.	Milan Segedinac, Đorđe Obradović, Zora Konjović, "PROŠIRENJE INTERPRETERA XProlog FAZI UNIFIKACIJOM", Konferencija YUInfo, Kopaonik, Mart 2009.	163

ORIENTATION SENSOR HARDWARE REALISATION

Viktor Dogan Novilog, Serbia, Novi Sad, dr.wigan@gmail.com

Miloš Živanov, Miodrag Brkić, Miloš Slankamenac

Faculty of Technical Sciences, Serbia, Novi Sad,

Abstract - Borehole measurement systems are used for measuring various parameters in gas, oil, water and other borehole exploration facilities. Measurement methods include the use of various sophisticated tools that are descended into boreholes. Nowadays there is a strong tendency of replacing analog with digital well logging tools. In this article a hardware realization of one such digital device is presented. This device has been designed to provide orientation information in borehole logging and directional drilling applications. It includes a three-axis magnetometer to deduce the probe bearing relative to magnetic North and a dual-axis accelerometer to measure inclination. The outputs from the transducers are processed by a downhole microprocessor to give final borehole inclination and azimuth data in real time. The general principles of operation have been briefly explained and details related to the electronic design and realization have been presented.

1. INTRODUCTION

Measuring the angle between the borehole axis and true vertical (inclination), and the angle of its departure from magnetic North (azimuth) is of great importance in the process of investigating the characteristics of a borehole (Figure 1). These values are vital for determining the trajectory and depth of a well, and are also very important as preliminary parameters in other geophysical measurements [1]. By industry standards, 0 degree inclination is vertical (downward pointing) and 90 degrees inclination is horizontal. The 0 degree azimuth coincides with North, 90 degree azimuth with East, 180 degree azimuth with South, and 270 degree azimuth with West [2].

In the past, different methods of determining the inclination and azimuth have been developed.

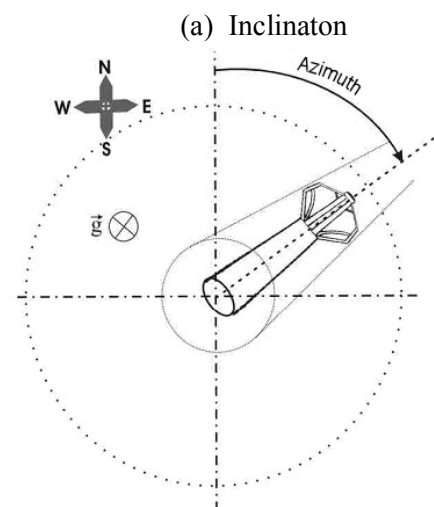
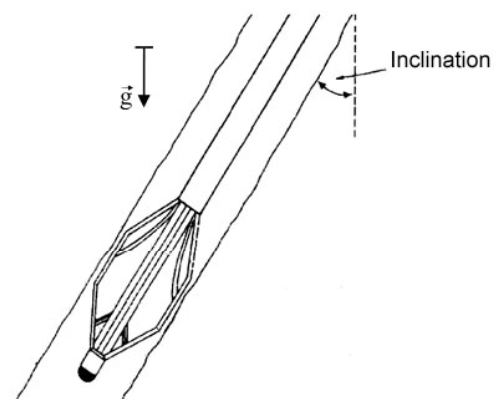
N

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz istoimenog diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Miloš Živanov

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji INDEL, Banja Luka, novembar 2008.god.

These methods include descending various sophisticated tools into boreholes and sending the gathered data to the surface. The older analog logging tools were expensive and often unreliable. The time needed to perform a successful measurement was considerably long. With the development of digital technology it became possible to replace the analog with digital logging systems. The digital logging tools are smaller, more reliable and more effective for processing and storing data in comparison to analog logging tools. Using this advantage the process of logging overall time and costs have been reduced.



(b) Azimuth

Figure 1: Parameters to be measured

2. PROBLEM DESCRIPTION

Measuring the inclination of a wellbore (its deviation from the vertical) is comparatively simple. As the vertical line is always parallel to the direction of earth's gravity all that is needed is to find the direction of the local gravity vector. An accelerometer uses the force of gravity as an input vector to determine the orientation of an object in space. Accelerometers, particularly the more advanced Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) type, are becoming more popular and cost effective. A MEMS accelerometer consists of two micro-machined structures to form the plates of a capacitor, one of which is stationary. Under the influence of the gravitational force the free structure would displace to produce a change in capacitance. The device outputs a voltage proportional to the component of the gravity force along the sensitive axis [3].

The azimuth (angle of departure from magnetic north) is rather more difficult to measure. In order to do this, earth's magnetic field has to be detected. A compass needle would settle pointing along the local magnetic field vector, that otherwise is known as the local magnetic north. With the advent of magnetic sensors that operate within the earth's magnetic field such as Anisotropic Magnetoresistive (AMR) sensors, an electronic version of the magnetic compass became a possibility. Such a device has definite advantage over the mechanical version due to its electrical output and high accuracy. The AMR sensors are realized as Wheatstone bridges to measure magnetic fields [4]. With power supply applied to the bridges, the sensors convert any incident magnetic field in the sensitive axis directions to a differential voltage outputs proportional to the magnetic field strength.

Because of the harsh wellbore environment, tool's electronics should be reliable to work in high temperature conditions with always present forcible vibrations [5].

3. PRINCIPLES OF OPERATION

To completely determine the orientation of the borehole a three-axis magnetic sensor (electronic compass) and an two-axis accelerometer (tilt sensor) are used. Knowing the tilt of the compass, the horizontal components of the earth's magnetic field can be calculated from the 3-axis magnetic reading. The mathematical approach behind is to measure the magnetic field components in the coordinate frame of the compass device, and also to measure the pitch(ϕ) and roll(θ), where ϕ and θ are the rotational angles of the compass. With the pitch and roll

information the magnetic components are transformed to the local level plane coordinate system. Then the heading is calculated using the transformed X and Y quantities as defined in Figure 2.

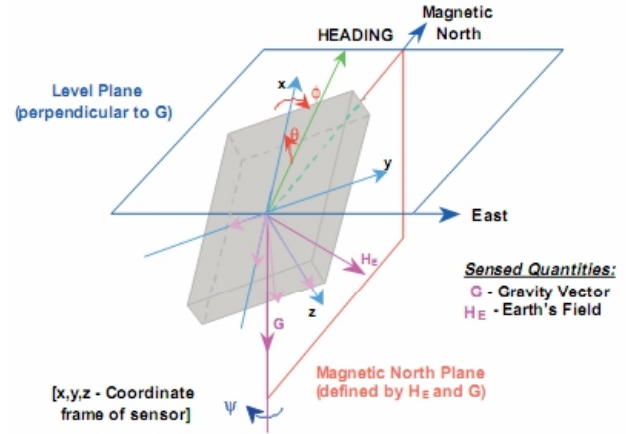


Figure 2: Illustration of gravity and magnetic vectors in the compass coordinate system

The horizontal magnetic components (X_H , Y_H) are used to determine the heading direction. These values can be found for any roll and pitch orientation by using the following formulas:

$$X_H = X \cdot \cos(\phi) + Y \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\phi) - Z \cdot \cos(\theta) \cdot \sin(\phi)$$

$$Y_H = Y \cdot \cos(\theta) + Z \cdot \sin(\phi)$$

Because the magnetic and geographic poles do not coincide, the magnetic north and geographic north are not aligned in general. This local variation (declination angle) is described by the angular difference between the magnetic and geographic north, and should be considered in the mathematical calculations.

Figure 3. shows a functional block diagram of an electronically gimbaled compass providing a numerical output of the heading direction (azimuth) and the local gravity direction in terms of roll and pitch (inclination).

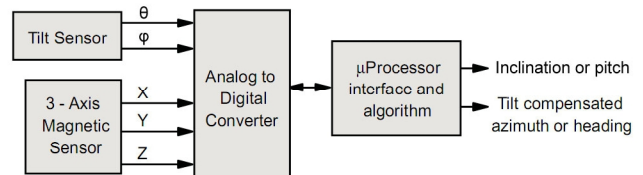


Figure 3: Functional block diagram of a strap-down electronic compass

4. DESIGN DESCRIPTION

The orientation probe contains both a 3-axis AMR magnetometer, HMC1043 and 2-axis MEMS accelerometer, ADXL203. The combination of these two sensor systems enables the inclination and azimuth angles to be fully determined. The sensors are positioned in a plain which is normal to the probe so that their X and Y axis are overlapped. The accelerometer is most sensitive to tilt when its sensitive axis are perpendicular to the force of gravity, that is, parallel to the earth's surface. At this orientation, its sensitivity to changes in tilt is highest [6].

The measured values have to pass through a complex processing procedure in order to be transformed into final orientation parameters. Before digitalisation, the sensor outputs are conditioned and amplified by additional analog circuitry. The differential outputs of the magnetic sensor bridges are fed into high precision instrumentation amplifiers to perform the difference measurement and amplification. It is important to have all three magnetic sensor gains equal. As the probe is supposed to work in high temperature environment it was essential to use precision, temperature stable resistors to avoid the amplifier gain drift with temperature. All the measured data is sampled by an 12-bit A/D convertor and transferred to a microcontroller. The microcontroller corrects the sensor outputs for voltage offsets and performs all the mathematical calculations before transmitting the data on a serial data link. It is capable of transmitting either the raw magnetometer and accelerometer outputs or the system orientation angles. The high sampling resolution provides angular accuracy of $\pm 0.1^\circ$ for azimuth and inclination in the tilt range of $\pm 70^\circ$. For the same accuracy in the full range of $\pm 90^\circ$ a 3-axis accelerometer should be used.

The communication between the probe and the surface is done by a special section. Its role is to gather information from all the tools in the tool string, prepare the data for transmission over the mono cable and manage all data transfer to and from the surface. The internal communication within the system is realized over a bidirectional CAN (Controller Area Network) bus. The CAN protocol is designed to allow communication within noisy environments. Each node in the CAN system has a device (transceiver) to convert the digital signals generated by a CAN controller to signals suitable for transmission over the bus cabling (differential output). It also provides a buffer between the CAN controller and the high- voltage spikes that can be generated on the CAN bus by outside sources [7].

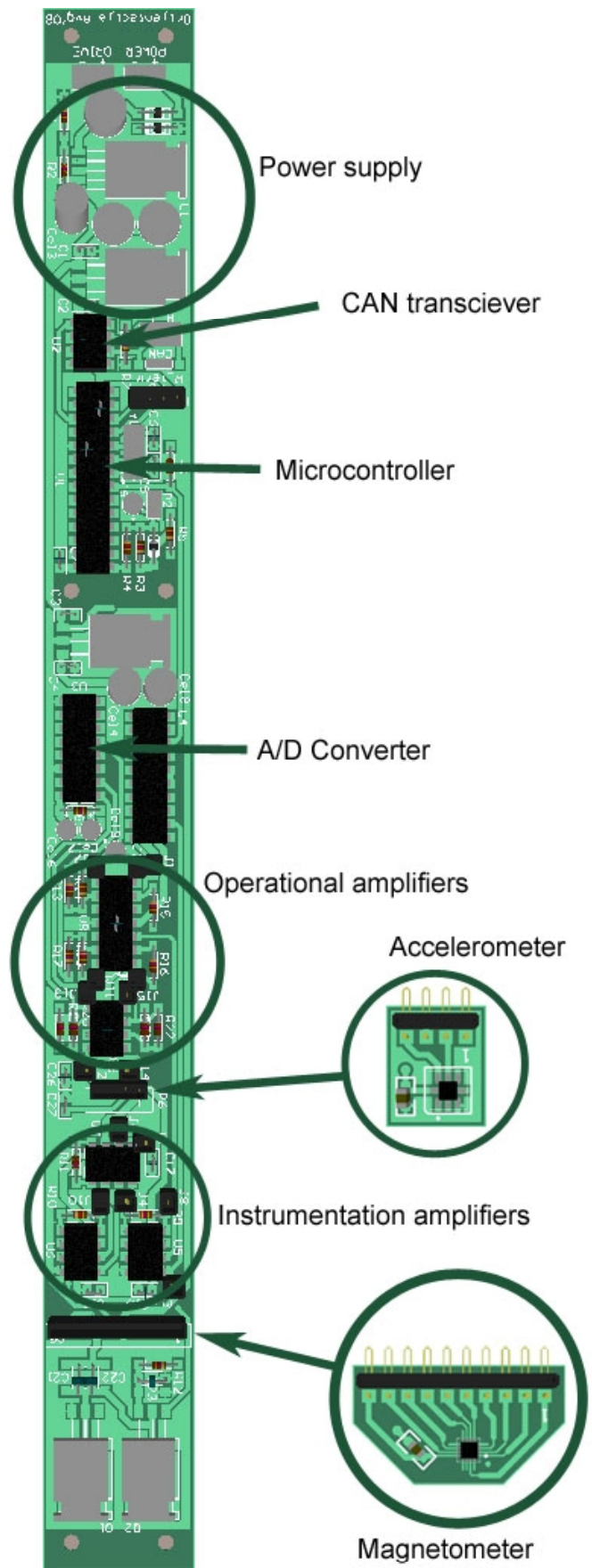


Figure 4: PCB layout

The system is powered from the surface using DC regulated voltage. In order to provide stable voltage

levels needed for the circuitry, and at the same time keep the power dissipation as low as possible, a combined switching-linear power supply is being used. It consists of a switching (step-down) voltage converter and two linear regulators. The switching power regulator is more efficient but it may produce interference to all the other circuits in the system. Therefore the linear regulators have been added to provide additional stabilisation and filtering. This way a lower voltage drop over the linear regulators is achieved, so the power dissipation is significantly lowered.

Special constraints were set by the size of the printed circuit board (PCB) which needed to be compact enough to fit in the casing 3.5cm wide. The casing has to be made of a non-magnetic metallic material. The operation of the probe is limited in the presence of magnetic materials which affect the magnetometer. It could be influenced by metalwork used inside wellbores, as well as the metalwork used in drilling equipment. Under such conditions, only borehole inclination can be logged (without directional information).

5. CONCLUSION

The aim of this article was to present a hardware realization of a tool designed to provide orientation information in borehole logging and directional drilling applications. The MEMS and AMR sensors of a new generation have been used for measuring the borehole inclination and azimuth. As the tool is supposed to work in high temperature environment the main issue related to electronics design was the need for components with wide temperature ranges and low temperature dependence of their parameters. The power dissipation had to be kept at the lowest possible level to avoid additional raise of tempera-

ture by self heating. Within the mentioned limitations in design, it was a challenging task to provide a reliable logging device with improved resolution and accuracy.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

This paper is part of the project "Development of systems and instruments for investigation water, oil and gas", NO 11006. Project has been carried out with the financial support of the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia, to which authors are very grateful.

7. REFERENCES

- [1] G. Mančić, S. Martinović, M. Živanov, "Geofizički karotaz – osnovni principi", (in Serbian) DIT NIS-Naftagas, Novi Sad, 2002.
- [2] Makinhole.com's Glossary, "Directional Drilling Terms Defined", www.makinhole.com/glossary.htm
- [3] Caruso, M., Withanawasam, L., "Vehicle Detection and Compass Applications using AMR Magnetic Sensors", Honeywell SSEC, www.ssec.honeywell.com
- [4] Honeywell International Inc. "3-Axis Magnetic Sensor HMC1043", 2007. www.honeywell.com/magneticsensors
- [5] O. Krkač, V. Bilas, K. Knapp, M. Novak, "Electronic Design Challenges for Next-Generation Nuclear Formation Evaluation Tool" PNN Annual Conference, 2007.
- [6] Analog Devices, "Precision $\pm 1.7g$ Single-/Dual-Axis iMEMS Accelerometer", 2006. www.analog.com
- [7] Microchip Technology Inc. "MCP2551 – High Speed CAN Transceiver", 2003. www.microchip.com

SMAC PROTOKOL U BEŽIČNIM SENZORSKIM MREŽAMA

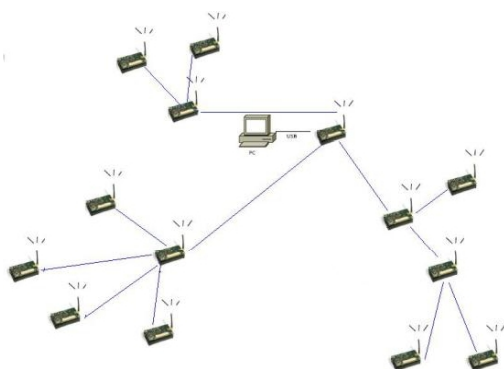
Miloš Rovčanin

Sadržaj - U ovom opisnom radu su predstavljeni osnovni koncepti bežičnih senzorskih mreža, konstrukcijske osobine njenih čvorova (motova), kao i protokoli za kontrolu pristupa medijumu za prenos podataka (Medium Access Protocols). Posebna pažnja je posvećena Sensor MAC (SMAC) protokolu. U radu su priloženi rezultati testiranja ovog protokola na Berkeley univerzitetu, SAD.

Ključne reči - Bežične senzorske mreže, mot, TinyOS, SMAC

I. UVOD U BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE

Bežične senzorske mreže (WSN – *Wireless Sensor Network*) predstavljaju kategoriju *ad-hoc* bežičnih mreža, koja je tek počela da se razvija. WSN su namenske mreže, sastavljene od velikog broja resursno ograničenih uređaja, motova. Ideja je da se postavljanjem velikog broja ovih uređaja, raspoređivanjem po određenoj šemi uz minimalne troškove, pokrije veliko geografsko područje. Snaga bežičnih senzorskih mreža upravo leži u broju motova koji je čine. Što je njihov broj veći, povezanost i robusnost mreže rastu. WSN su nasledile sve osobine *ad-hoc* mreža i optimizovale njihovu upotrebu kroz *mash* topologiju. Ipak, za razliku od tipične *mash* topologije, koja zahteva potpunu povezanost svih čvorova, u WSN mrežama svaki mot je u kontaktu sa najmanje dva mota, ali ne i sa svima ostalima. Svaki čvor mreže predstavlja jednu pristupnu tačku i pruža usluge rutiranja podataka drugim čvorovima i na taj način formira *multi-hop* mrežu (slika 1).



Slika 1. Topologija *multi-hop* mreže

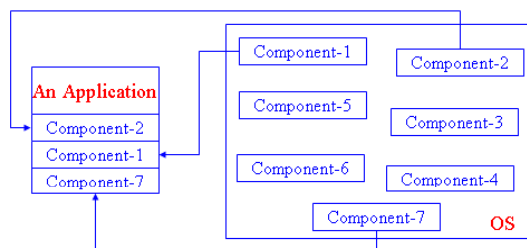
Bitna odlika ovih mreža jeste sposobnost samokonfigurisanja. Čvorovi su u stanju da identifikuju svoju okolinu bez ičije intervencije.

Oni se automatski prilagođavaju promeni topologije što omogućava jednostavno proširenje mreže kada god je to potrebno. Čvorovi su u stanju i da registruju otkaz nekog od suseda, i da pronađu alternativni put za slanje tj. rutiranje paketa do bazne stanice. Cena postavljanja ovakve mreže je daleko ispod cene postavljanja žičanih mreža.

U cilju ostvarivanja željene funkcionalnosti WSN-ova, potrebno je dizajnirati softversku arhitekturu koja će omogućiti funkcionisanje kompletnog sistema uzimajući u obzir ograničenja hardverske platforme. Softver predviđen za WSN mreže mora efikasno da koristi ograničene resurse čvorova, njihovu energiju i procesorsko vreme. Još jedan bitan zadatak ove arhitekture jeste da apstrahuje hardverske komponente i programeru omogući bržu i efikasniju interakciju sa hardverom.

TinyOS je real-time operativni sistem koji je na najbolji mogući način zadovoljio postavljene zahteve i postao je najčešće korišćena softverska platforma od strane korisnika i istraživača.

Specijalno za potrebe senzorskih mreža, dizajniran je programski jezik *nesC* (*Network Embedded System C*), koji podržava programski model koji izvršava aplikacije putem događaja (*event oriented*), a rešava i problem konkurencije. Aplikacije u *nesC*-u se konstruišu povezivanjem komponenti (slika 2), programskih modula koji predstavljaju apstrakciju hardverskih komponenti.



Slika 2. Koncept *TinyOS*

II. MOT

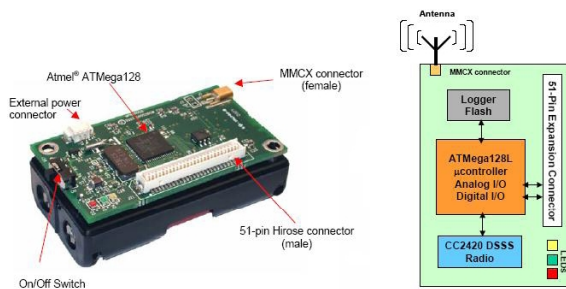
Mot je čvor bežične senzorske mreže. Jedna od najvećih kompanija koja se bavi proizvodnjom i plasmanom motova na tržište je *Crosbow Technology*, sa sedištem u San Hozeu, USA. Na slici 3 je prikazan izgled *mica2* mota i njegova blok šema.

Sastavni delovi svakog mota su: procesor, RF primopredajnik (radio), senzorska ploča, fleš memorija (*EEPROM*) i napajanje (baterije).

Miloš Rovčanin, Katedra za telekomunikacije i obradu signala, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: rovcanin_ns@hotmail.com)

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Dragana Bajić, red.prof.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, Novembar 2008.



Slika 3. Izgled i blok šema mica2 mota

Radio primopredajnik i procesor se nalaze na istoj ploči (radio-procesorska ploča). Mikroprocesor je jezgro mota. On nadgleda senzore od kojih dobija podatke o atributima sredine i radio primopredajnikom ih šalje prema drugim motovima. Na senzorskoj ploči se mogu nalaziti: optički i foto senzor, piezoelektrični senzor, termistor i senzor pokreta. Što će reći, ovim senzorima se mogu dobiti informacije o temperaturi, vlažnosti vazduha, osvetljaju, intenzitetu zvuka. Može se detektovati pokret, ali i meriti ubrzanje. Svaki senzor ima komponentu koja predstavlja njegovu softversku apstrakciju i koja se može uključiti u bilo koju konfiguraciju i koristiti po potrebi programera. Hardverske komponente preko kojih se vrši programiranje motova su programatorske ploče.

Radio primopredajnik je najveći potrošač energije na motu. Kako bi se rasipanje energije svelo na minimum, definisane su razne verzije *Medium Access Control* (MAC) protokola, koje imaju za cilj da, u skladu sa dinamikom razmene poruka u mreži, uključuju i isključuju radio interfejs. Tako čuvaju energiju i produžavaju vek trajanja baterija kojima se mot napaja.

U glavama koje slede biće dat pregled MAC protokola u bežičnim senzorskim mrežama. Posebno će biti opisan SMAC protokol, koji poseduje mehanizme za samokonfiguraciju i prilagođavanje promenama topologije, i kojima se sprečava kolizija paketa i regulišu potrošnja energije u čvorovima mreže.

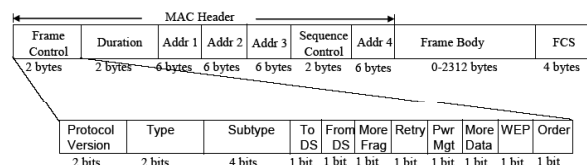
III. MAC PROTOKOLI

Obzirom da se motovi napajaju baterijama, jasno je da će, nakon određenog vremena, biti potrebna njihova zamena. Kako bi se produžio životni vek baterija, osmišljeno je više verzija MAC protokola namenjenih isključivo senzorskim mrežama. Njihov zadatak jeste kontrola radio primopredajnika, najvećeg potrošača energije na motu. Ideja se sastoji u tome da se radio drži uključenim jedino onda kada mot prima pakete ili kada ih šalje tj. da se *idle listening* period skрати što je više moguće. *Idle listening* je stanje kada je radio primopredajnik uključen, osluškuje kanal, a niti prima podatke niti ih šalje. Na žalost, ovo nije jedini izvor rasipanja energije. Kolizija paketa, zaglavlje koje protokol dodaje na paket (*protocol overhead*), prijem i odbacivanje poruka koje su stigle na adresu na koju nisu upućene su dodatni izvori utroška energije.

Kolizija paketa nastaje kada mot pokuša da pošalje poruku preko medijuma koji je već zauzet. Većina

jednokanalnih radio primopredajnika nema tu sposobnost da može da prima i da šalje poruke u isto vreme tako da je jedini način da pošiljalac zaključi da je došlo do kolizije, odsustvo poruke kojom se potvrđuje prijem. Propagacijsko kašnjenje između udaljenih čvorova, vreme koje je potrebno radio primopredajniku da počne sa emitovanjem kada "oseti" da je medijum slobodan (250 do 500 μs) kao i situacija kada imamo čvorove koji se nalaze van dometa pošiljaoca, ali u dometu primaoca (*hidden neighbours*) su najčešći uzroci kolizije, dok ponovno slanje paketa iziskuje dodatnu potrošnju energije. Kolizija se može izbeći korišćenjem *backoff* (IEEE 802.11) algoritama, TDMA (*Time Division Medium Access*) organizovanom pristupu medijumu kao i primenom tehnike razmene RTS-CTS-DATA-ACK poruka u cilju rezervisanja medijuma za prenos. RTS i CTS poruke u sebi sadrže polje u kom je upisano trajanje razmene. Na taj način, motovi koji ne učestvuju u razmeni poruka, mogu da podese sopstvene NAV tajmere što garantuje da neće pokušati sa slanjem poruka sve dok se tekuća transmisija ne završi. Ova tehnika je implementirana u nekim verzijama MAC protokola i vezuje se za pojam *adaptivnog osluškivanja* o čemu će biti reči kasnije u tekstu.

Zaglavlje protokola (*protocol overhead*) takođe utiče i na potrošnju energije, ali i na propusni opseg. Međutim, ukoliko se želi postići pouzdan prenos podataka, MAC nivo mora da ima implementirane mehanizme koji će omogućiti konfigurisanje pouzdanog sistema za prenos. Stoga, zaglavlje koje MAC dodaje mora da sadrži polje koje ima ulogu pri detekciji (i korekciji) greške, adrese primaoca i pošiljaoca, kao i podatke na osnovu kojih će mot znati kada sme a kada ne sme da pristupa medijumu tj. na osnovu kojih će moći da organizuje svoj "raspored spavanja".



Slika 4. MAC zaglavlje paketa

Standardni kodovi za korekciju i detekciju greške gotovo udvostručuju količinu podataka koji se prenose dodajući redundantne informacije kako bi kasnije bilo moguće ispraviti grešku, ukoliko do nje dođe. Dodavanjem FCS (*Frame Check Sequence*) polja, umanjuje se broj poruka koje aplikacija može da pošalje u jedinici vremena, ali se i znatno umanjuje verovatnoća potrebe za retransmisijom poruke usled greške pri prenosu, što je naročito bitno u mrežama sa gustim saobraćajem. Sa dužinom od 9 do 25 bajta, zaglavlje MAC protokola je često duže od poruke koja se prenosi.

Još jedan izvor rasipanja energije jeste obrada, a potom odbacivanje poruka (*message overhearing*) koje su namenjene drugim motovima. Ova tehnika je uobičajena u mrežama u kojima ne postoji kontrola utroška energije. Njome se povećava propusna moć mreže a smanjuje kašnjenje isporuke (*latency*), ali se energija troši nemilice, naročito ukoliko prijem poruke zahteva više energije nego

slanje. Postoje dva načina kojima se umanjuju negativne posledice: *rano odbacivanje paketa* i *propuštanje paketa*.

Rano odbacivanje paketa (early rejection) je tehnika koja omogućava motu da isključi radio primopredajnik kada shvati da poruka nije njemu namenjena (adresa destinacije kod *unicast* slanja poruke nije njegova ili mot ne pripada datoj grupi-kod *broadcast* slanja).

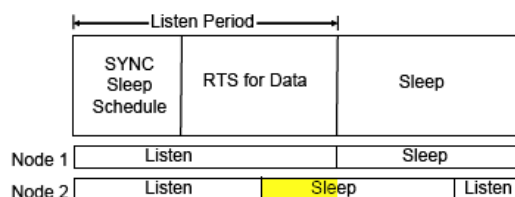
Propuštanje poruka (message passing) je tehnika implementirana u SMAC i TMAC protokolu i ona omogućuje motu da uskladi svoj period “spavanja” i podesi NAV (*Network Allocation Vector*) na osnovu podatka o dužini transmisije, koji je prikupio osluškujući razmenu RTS-CTS poruka neka dva mota.

Danas je u upotrebi više različitih verzija MAC protokola. Ovde su navedene samo neke: SMAC (*Sensor MAC*), BMAC (*Berkeley MAC*), TMAC (*Timeout MAC*), GMAC (*Gateway MAC*) itd.

A. SMAC protokol

SMAC protokol bežičnoj senzorskoj mreži omogućava samokonfigurisanje, uštedu energije (*energy efficient protocol*), ali i adaptivnost prilikom promene topologije (dodavanje novih čvorova mreži ili uklanjanje postojećih). Pored toga, SMAC omogućava pouzdan prenos uz produženi vek trajanja. Umesto da su stalno uključeni, čvorovi tek periodično osluškuju medijum. Na taj način štede znatnu količinu energije jer je radio primopredajnik ubedljivo najveći potrošač na motu. Pored toga, SMAC je iz IEEE 802.11 standarda prisvojio šeme koje definišu pristup medijumu. Ovaj protokol takođe omogućava motovima da poruke koje im nisu namenjene jednostavno propuste (*message passing*) i da ne troše energiju na obradu poruka koje će na posletku odbaciti. Na kraju, SMAC omogućava i efikasnu transmisiju dugih poruka tako što ih dele u više kraćih i šalju deo po deo (fragmentacija).

Kao što je prikazano na slici 5, SMAC deli raspoloživo vreme na ramove. Ramovi su podeljeni na periode kada mot osluškuje kanal (*listen*) i periode kada je radio isključen (*sleep*). Period kada mot osluškuje kanal je takođe podeljen na dva dela, sinhronizacioni (*SYNC*) i deo namenjen prenosu podataka (*RTS for DATA*).



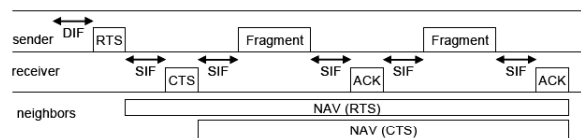
Slika 5. SMAC ram

U sinhronizacionom periodu, motovima je dozvoljeno da emituju sopstveni raspored “spavanja” na taj način što će u SYNC poruci da navedu podatak kada će se prvi sledeći put isključiti (“isključujem se za t sekundi”). Mot koji čuje ovu poruku će usvojiti taj raspored i poruku proslediti dalje. Posledica svega ovoga je formiranje virtuelnih klastera u mreži koje čine motovi koji imaju isti raspored spavanje/osluškivanje. Ukoliko mot za vreme SYNC perioda ne primi SYNC poruku, on će je sam generisati i

poslati u mrežu. Eksperimentalno je pokazano da ukoliko se odnos spavanje/osluškivanje unutar vremenskog frejma podesi na 9/1 (10% duty cycle), postići će se značajna ušteda energije, prvenstveno zahvaljujući skraćivanju *idle listening* perioda.

Adaptivno osluškivanje je mehanizam implementiran u SMAC protokolu, koji omogućava motovima da, preslušavajući razmenu RTS-CTS poruka između suseda, podesi sopstvene NAV tajmere i isključe radio interfejs za vreme trajanja razmene tj. dok se komunikacioni kanal ne oslobodi. U zaglavlju RTS i CTS poruka se nalazi informacija o dužini trajanja transmisije.

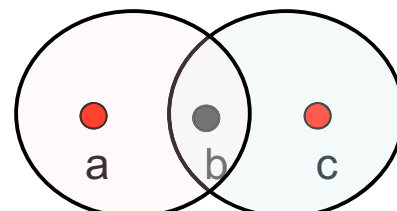
Razmena RTS-CTS poruka pre slanja paketa je metod prevencije od kolizije paketa. Tek kada rezervišu kanal, motovi počinju sa razmenom podataka. Prilikom razmene paketa dužih od 250 bajtova, paket će se, kao što je prikazano na slici 6, izdeliti u više manjih delova i slati deo po deo (*burst*). Bez obzira što se poruka šalje u fragmentima, RTS-CTS poruke će se razmeniti samo jednom, a na svaki primljeni fragment, primalac će poslati potvrdu pošiljaocu (ACK poruka).



Slika 6. Razmena fragmentovane poruke u mreži sa SMAC protokolom

Razmenom RTS-CTS poruka se takođe uspešno rešava problem “skrivenih suseda” (slika 7). U slučaju da se razmena podataka obavlja bez prethodne rezervacije kanala, čvor C bi mogao da počne da šalje podatke čvoru B za vreme razmene podataka između A i B. To bi se dogodilo zato što A nije u dometu C, pa C ne zna da A i B komuniciraju i dolazi do kolizije. U mrežama u kojima je implementiran SMAC protokol i u kojim se kanal rezerviše pre nego što počne transmisija, C će čuti CTS poruku čvora B i podesiti NAV tajmer, tako da neće pokušati komunikaciju sa B sve dok se transmisija između A i B ne završi.

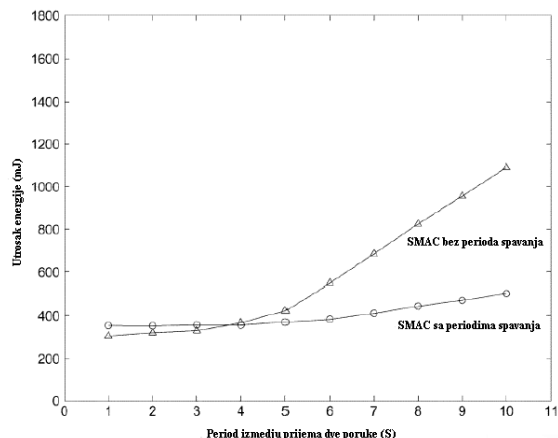
Razmena RTS-CTS poruka kojom se rezerviše kanal se praktikuje isključivo u slučaju *unicast* slanja (slanje na određenu adresu). Pre broadcast slanja poruke se ne vrši razmena RTS-CTS poruka kojom se rezerviše kanal.



Slika 7. Problem “skrivenih suseda” (*hidden neighbours*)

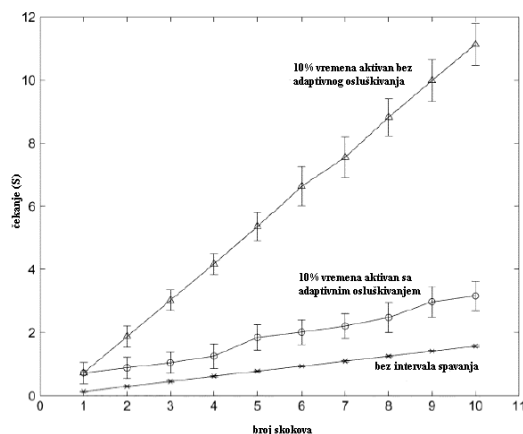
Na grafikonima koji slede su dati rezultati eksperimenata izvršenih na univerzitetu Berkeley, gde je i osmišljen SMAC protokol. Na slici 8 je dat prikaz

potrošnje energije mota u intervalu između prijema dve poruke u slučajevima kada je implementiran SMAC bez perioda spavanja i SMAC sa periodima spavanja:



Slika 8. Zavisnost utroška energije od dužine intervala između prijema dve poruke

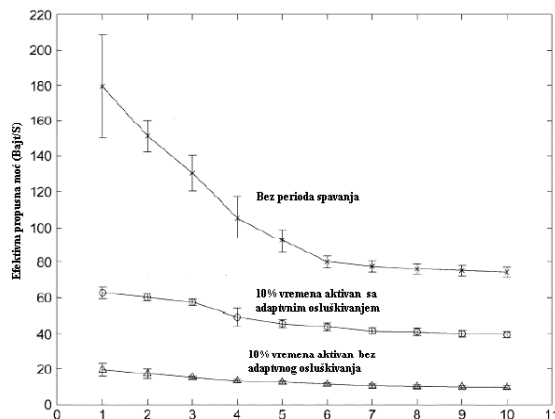
Vidi se da je ušteda značajna tek u situacijama kada je interval između prijema dve poruke veći od 6 sekundi. Na slici 9 je prikazan odnos dužine čekanja (*latency*) i broja skokova potrebnih da poruka dođe do svoje destinacije:



Slika 9. Odnos perioda čekanja i broja skokova potrebnih da paket stigne do destinacije

Sa slike 9 se vidi da se čekanje povećava sa porastom broja skokova, ali i da je najizraženije kod SMAC-a kod kog nije aktivirano adaptivno osluškivanje. To je posledica činjenice da je raspored osluškivanja i spavanja fiksni i da što je veći broj skokova do destinacije raste i verovatnoća da će poruka proći kroz više klastera (različiti rasporedi). Krajnji rezultat je znatno povećanje perioda čekanja u odnosu na mreže gde je implementiran SMAC sa adaptivnim osluškivanjem.

Naposletku, slika 10 prikazuje odnos propusne moći mreže i broja skokova potrebnih da paket stigne do destinacije na koju je poslat:



Slika 10. Odnos efektivne propusne moći mreže i broja skokova potrebnih da paket stigne do destinacije

Vidi se da je u sva tri slučaja prisutan trend opadanja propusne moći sa porastom broja skokova. Jasno se uočava i da propusna moć najmanja u mrežama gde je implementiran SMAC sa adaptivnim osluškivanjem što je i očekivano jer su česte situacije da je medijum slobodan u slučajevima kada određeni motovi, spavaju, a čak i kada ne spavaju, postoji mogućnost da ga neko drugi zauzme pre. To je veoma često posledica brzine propagacije poruke.

LITERATURA

- [1] M.I.Brownfield, "Energy-efficient Wireless Sensor Network MAC Protocol," Dissertation submitted to the Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University
- [2] W. Ye, J. Heidemann, D. Estrin, "An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks," http://www.isi.edu/~weiy/pub/smac_infocom.pdf
- [3] W. Ye "SMAC Testing Code and Info," http://www.etc.ipfw.edu/~lin/ECET581_CS590/lectures/S_MAC_test_byWeiYe.html

ABSTRACT

This paper presents the most important concepts of Wireless Sensor Networks (WSN), and hardware construction. Specifics of medium access protocols for WSN are elaborated, with emphasis on SMAC (*SensorMAC*) protocol. Results of tests for SMAC protocol are given.

SMAC PROTOCOL IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Miloš Rovčanin

Jedno rešenje programske sprege ARM7 procesorskog jezgra i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije

Miloš Savanović, Jaroslav Farkaš, Jelena Kovačević, Miodrag Temerinac

Sadržaj — U ovom radu je opisana spreaga programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije i sistemske programske podrške koja se izvršava na ARM7 procesoru. Komunikacija se vrši preko UART-a (universal asynchronous receiver/transmitter), putem poruka programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije mikroprocesoru i slanja rezultata ispitivanja od strane sistemske programske podrške ARM7 procesora. Programska podrška za ispitivanje na bazi crne kutije na osnovu dobijenih podataka donosi zaključak o ispravnosti rada upravljačke programske podrške ARM7 procesora. Dobijeni rezultati se čuvaju u html (HyperText Markup Language) i dbf (data base file) formatu.

Ključne reči — Ispitivanje, BBT, SDK, programska spreaga, programska podrška.

I. UVOD

Ispitivanje mikroprocesora sastoji se iz više nivoa i faza različite složenosti. Ispitivanja mogu biti automatska, poluautomatska i ručna zavisno od faze i nivoa ispitivanja. Ono što je zajedničko svim fazama i nivoima ispitivanja je veliki broj ispitivanja koje je neophodno izvršiti da bi se potvrdio kvalitet sistema koji se ispituje. Smanjenje vremena ispitivanja, izbacivanje ljudske greške i ponovljivost ispitivanja su poželjni pri svakom ispitivanju. Upravo zbog toga je značajna primena automatskog ispitivanja putem sprege mikroprocesorskog jezgra sa programskom podrškom za ispitivanje na principu crne kutije. U ovom radu je izloženo jedno rešenje takve sprege.

Cilj ispitivanja koje je opisano u ovom radu je potvrda funkcionalnosti upravljačke programske podrške procesora. U tom cilju napisani su: dodatni uređaj programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije i sistemska programska podrška procesora.

·Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 161003, od 2008. god.

M. Savanovic, Fakultet Tehnickih Nauka, Trg Dositeja Obradovica 8, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-63-8726880; faks: +381-21-6613010 e-mail: milos.savanovic@rt-sp.com).

J. Kovačević, Fakultet Tehnickih Nauka, Trg Dositeja Obradovica 8, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4729-160,lok. 103; faks: +381-21-6613010 e-mail: jelena.kovacevic@rt-sp.com).

J. Farkaš, Fakultet Tehnickih Nauka, Trg Dositeja Obradovica 8, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4729-160,lok. 113; faks: +381-21-6613010 e-mail: jaroslav.farkas@rt-sp.com).

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Branislav Atlagić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, Novembar 2008.

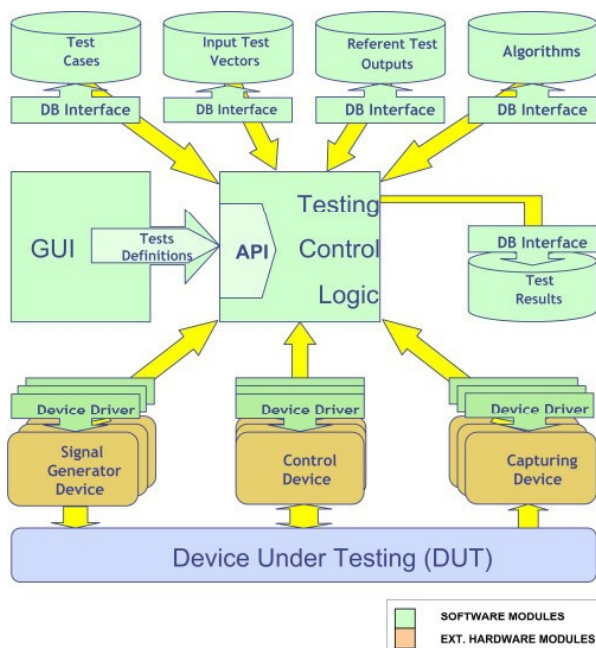
II. PROGRAMSKA PODRŠKA ZA ISPITIVANJE NA PRINCIPU CRNE KUTIJE

A. BBT

Programska podrška za ispitivanje na principu crne kutije ostvarena je u vidu korisničkog programa nazvanog BBT (Black Box Testing) razvijenog na Novosadskom Institutu za Informacione Tehnologije, NIIT. BBT je metoda za ispitivanje sistema na njegovim graničnim slučajevima usredsređujući se na funkcionalno ispitivanje, koja pruža isplativo rešenje prilagodljivo postojećoj opremi za ispitivanje i obezbeđuje dokaz o kvalitetu sistema, [1].

U ovoj programskoj podršci postoje tri celine: (a) grafičko okruženje za pisanje ispitivanja, (b) okruženje za izvršavanje ispitivanja; čuva rezultate u bazi podataka i (c) deo za procenu rezultata ispitivanja; pravi izveštaje o ispitivanjima, [1].

Arhitektura programske podrške BBT je prikazana na slici 1. Sastoji se od 3 sloja: Sloj Rukovaoca Uređajima (Device Driver Layer), Sloj Logike za Kontrolu Ispitivanja (Testing Control Logic (TCL) Layer), Sloj Grafičke Sprege sa Korisnikom (Graphical User Interface Layer), pri tom je TCL direktno povezan sa Slojem Baze Podataka (Data Base Layer).



Slika. 1.Arhitektura softvera BBT-a

Proces ispitivanja se ogleda u izvršavanju niza komandi, pri čemu je ispitivani uređaj (u ovom slučaju ARM7 mikroprocesor) postavljen u predviđeno stanje, ulazne vrednosti su poznate, a izlazne vrednosti se snimaju i porede sa očekivanim rezultatima. Rezultati se predstavljaju u binarnom obliku, 1-uspešan (pass) ili 0-neuspešan (fail). Program podržava i poluautomatsko ispitivanje, gde korisnik procenjuje ispravnost rezultata. Kod automatskog ispitivanja, rezultati se porede sa unapred određenim vrednostima koje su procenjene i označene kao tačne.

Efektivnost rešenja se ogleda u (i) brzini i kvalitetu ispitivanja, (ii) ponovljivosti ispitivanja, (iii) boljem iskorišćenju resursa - zasnovano na mogućnosti ponovnog korišćenja postojeće opreme za ispitivanje. Prosečna vremena ispitivanja prikazana su u tabeli 1. Umesto ispitivanja sa samo 40-50 pojedinačnih ispitivanja, sada je moguće ispitivanje hiljadama pojedinačnih ispitivanja, bez ljudskog nadzora, [1].

Tip ispitivanja	Prosečno vreme ispitivanja (sek.)
Ručno	200-300
Poluautomatski	90-100
Automatski	25-30

Tabela 1

Programska podrška za ispitivanje na principu crne kutije može da obavi pojedinačno ispitivanje ili više ispitivanja. Obično se izvršava veliki broj ispitivanja čime se dobija maksimalna iskorišćenost rešenja. Ispitivanja se pozivaju jedan za drugim i nikada se ne pozivaju dva istovremeno.

B. Proširenje BBT-a

BBT je organizovan modularno. Dodavanje novog uređaja postiže se dodavanjem dll datoteke novog uređaja u instalacioni direktorijum. Svaki uređaj predstavlja zaseban i nezavisan entitet u odnosu na ostale uređaje, [4].

Radi potreba ispitivanja ARM7 procesora, na katedri za računarску tehniku i računarске komunikacije, Fakulteta Tehničkih Nauka, razvijen je novi uređaj BBT-a nazvan MSDKTestData. Uređaj poseduje niz komandi za povezivanje sa UART-om i za čitanje, obradu i snimanje podataka koji dolaze sa UART-a.

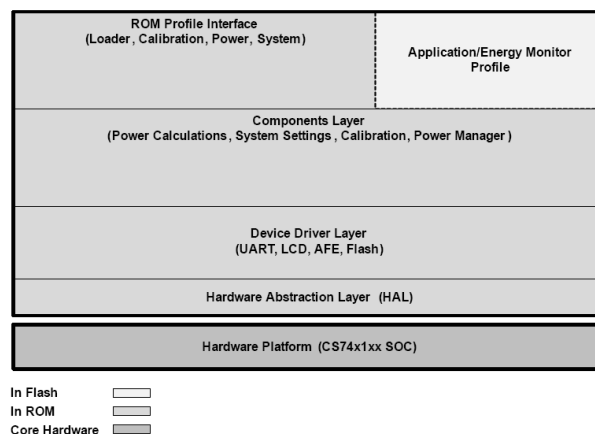
Sprega sa sistemskom programskom podrškom procesora ostvarena je putem dva uređaja programske podrške za ispitivanje metodom crne kutije (BBT-a), pomoću komandi ta dva uređaja, MSDKTestData i CmdLine. MSDKTestData je uređaj koji poseduje komande za povezivanje sa UART-om, komande za čitanje podataka sa UART-a, komande za obradu podataka sa UART-a i komande za snimanje podataka sa UART-a. Podaci koje ovaj uređaj čita su u unapred određenom formatu. CmdLine je uređaj koji se koristi ako se želi izvršavanje neke naredbe putem komandne linije operativnog sistema. [2]

Pomoću grafičkog okruženja za pisanje ispitivanja spaja se niz komandi koje zajedno čine ispitivanje, [2]. U ovom slučaju zadatak tog ispitivanja je da se poveže na UART, čita podatke (sa UART-a) i sačuva traženi deo podataka. Traženi podaci predstavljaju deo rezultata izvršavanja systemske programske podrške mikroprocesora, koji je povezan sa trenutno izvršavanim ispitivanjem na BBT-u. Prepoznavanje podataka koji odgovaraju trenutno izvršavanom ispitivanju ostvareno je time što svako ispitivanje ima identifikacioni broj kao i svaka funkcija koja je deo systemske programske podrške mikroprocesora. Identifikacioni broj trenutno izvršavanog ispitivanja na BBT-u, jednak je identifikacionom broju funkcije koja se izvršava na procesoru. Identifikacioni broj funkcije na UART ispisuje systemska programska podrška procesora pre izvršavanja svake funkcije. BBT prilikom izvršenja ispitivanja, šalje sistemskoj programskoj podršci procesora identifikacioni broj funkcije koju je potrebno izvršiti. Procesor zatim izvrši tu funkciju i pri tom preko UART-a ispisuje rezultate rada funkcije. BBT snima podatke koji stižu sa UART-a i ti podaci predstavljaju rezultate traženog izvršavanja funkcije.

Na osnovu snimljenih podataka BBT automatski izvodi zaključak o uspešnosti ispitivanja. Podatke snimljene sa UART-a BBT snima u datoteku za praćenje rezultata, a rezultate ispitivanja u html i dbf datoteku.

III. SYSTEMSKA PROGRAMSKA PODRŠKA ARM7 PROCESORA

ARM7 mikroprocesor može se predstaviti slojevito, slika 2. Sastoji se od pet slojeva: Sloj za apstrakciju hardvera (Hardwer Apstraction Layer), sloj rukovaoca uređajima (Device Driver Layer), sloj komponenti procesora (Components Layer), systemska spreaga za ROM (ROM Profile Interface) i aplikacioni sloj (Application Profile). Ovi slojevi zajedno čine upravljačku programsku podršku procesora.



Slika 2. Prikaz ARM7 procesora po slojevima

Radi ispitivanja upravljačke programske podrške za ARM7 procesor iskorišćen je SDK (Softwer Development Kit). SDK predstavlja systemsku programsku podršku ARM7 procesora. Pomoću SDK je

osmišljena aplikacija za ispitivanje koja se samostalno izvršava na procesoru i pripada aplikacionom sloju. Aplikacija za ispitivanje vrši (i) inicijalizaciju procesorskog jezgra, (ii) inicijalizaciju funkcionalnih komponenti procesora, (iii) inicijalizaciju SDK okruženja i (iv) izvršavanje funkcija definisanih od strane korisnika.

Korisnik piše razna ispitivanja u obliku funkcija, koristeći rukovaoce i komponente SDK paketa. Aplikacija za ispitivanje izvršava sve funkcije koje definiše korisnik. Izvršava se po unapred određenom redosledu. Izvršavanje je moguće jednokratno ili u beskonačnom kružnom ciklusu (kada se završi poslednja funkcija počinje se opet sa izvršavanjem prve funkcije). Redosled izvršavanja funkcija je određen redosledom kojim su smeštene u tabeli ispitivanja. Tabela ispitivanja je zapravo niz struktura koje sadrže identifikacioni broj funkcije i pokazivač na funkciju.

Izvršavanje funkcija se postiže prolaskom kroz niz struktura i pozivanjem svih funkcija pomoću pokazivača koji se nalazi u strukturi. Niz struktura se stvara dodavanjem svih struktura koje sadrže željenu funkciju za izvršenje, zajedno sa identifikacionim brojem te funkcije. Svaka funkcija predstavlja jedno ispitivanje. Ispitivanje može biti proizvoljnog sadržaja i zavisi od ispitivanog dela uređaja.

U ovom radu je opisano ispitivanje elemenata upravljačke programske podrške procesora. Za svaki deo upravljačke programske podrške rezervisan je određeni skup identifikacionih brojeva (npr. od 0 do 500). Identifikacioni brojevi će biti dodeljeni funkcijama (ispitivanjima) koje služe za ispitivanje odgovarajućeg dela upravljačke programske podrške. Svaka funkcija služi za ispitivanje određene funkcionalnosti, određenog dela, upravljačke programske podrške. Iniciranjem niza struktura, funkcije se povezuju sa odgovarajućim identifikacionim brojevima. Pravilno povezivanje funkcije sa identifikacionim brojem je od ključnog značaja za ispravan rad sprege sistemске programske podrške procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije.

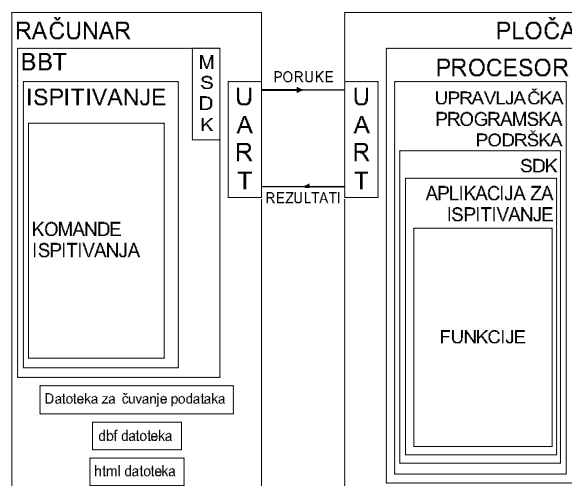
Pri izvršavanju svake funkcije prvo se preko UART-a pošalje identifikacioni broj funkcije i naziv funkcije. Ovo olakšava korisniku da prepozna o kom ispitivanju je reč. Zatim se izvrši željeno ispitivanje i slanje rezultata ispitivanja na UART.

Identifikacioni broj i rezultati se šalju na UART pomoću specijalizovanih funkcija. Pomoću tih funkcija se postiže sprega između sistemске programske podrške procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije, putem UART-a. Rezultati ispitivanja se šalju u binarnom obliku 1-ispravno (pass) ili 0-neispravno (fail). Uz rezultate ispitivanja moguće je poslati i komentar rezultata. Time je omogućeno bolje razumevanje izvršavanih ispitivanja.

IV. REALIZACIJA PROGRAMSKE SPREGE

A. Programska sprega sa strane procesora

Sistemska programska podrška procesora izvršava neophodna iniciranja i zatim pokreće aplikaciju za ispitivanje koja izvršava niz prethodno definisanih funkcija. Svaka funkcija koja se izvršava, ispituje funkcionalnost određenog dela upravljačke programske podrške i rezultate ispitivanja šalje na UART. Pre početka ispitivanja svaka funkcija ispiše identifikacioni broj ispitivanja i njegov kratak opis na UART. Funkcije su poredane u niz i izvršavaju se od prve do poslednje, jednokratno ili u beskonačnoj petlji.



Slika 3. Prikaz programske sprege

B. Programska sprega sa strane BBT-a

BBT pri izvršenju svakog ispitivanja povezuje se na UART i šalje procesoru redni broj trenutno izvršavanog ispitivanja (funkcije). Redni broj ispitivanja saopštava procesoru koje ispitivanje (funkciju) iz tabele ispitivanja je potrebno izvršiti. BBT zatim čeka unapred određeni period vremena da se ispitivanje izvrši. Tokom tog perioda snima podatke dobijene sa UART-a. Ti podaci predstavljaju rezultat ispitivanja. Period čekanja mora biti duži od perioda potrebnog za izvršenje bilo koje funkcije izvršavane na procesoru. Period čekanja od 30 sekundi obezbeđuje da rezultat izvršavanja svakog ispitivanja bude snimljen u celosti.

C. Pouzdanost sprege

Sprega između sistemске programske podrške procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije ostvarena je putem UART-a, slika 3.

Sigurna sprega procesorskog jezgra i programske podrške za ispitivanje na bazi crne kutije je osnovni preduslov pouzdanosti ispitivanja; kao i dobro osmišljena ispitivanja. Ključni uslovi pouzdane sprege su: pouzdano i ispravno izvršavanje funkcija na ARM7 procesoru za manje od 30 sekundi, pouzdano i ispravno snimanje podataka od strane BBT-a i pouzdanost slanja poruka od strane BBT-a i primanja poruka od strane procesora.

D. Izvršenje programske sprege

Kada se pokrene ispitivanje u BBT-u izvrše se potrebna iniciranja i povezivanje na UART. Nakon što se BBT uspešno povezao na UART, šalje procesoru identifikacioni broj ispitivanja (funkcije) koji je potrebno izvršiti. Aplikacija za ispitivanje prima identifikacioni broj i pomoću primljenog identifikacionog broja ispitivanja, pročita iz tabele ispitivanja pokazivač na funkciju, koja odgovara izvršavanom ispitivanju na BBT-u. Funkcija aplikacije za ispitivanje, nakon što izvrši ispitivanje za koja je napisana, na UART šalje rezultate koje BBT čita i snima u datoteku za praćenje rezultata.

Svaka funkcija sistemske programske podrške procesora vrši ispitivanje određene funkcionalnosti određenog dela upravljačke sistemske podrške procesora. Rezultate tih ispitivanja funkcije šalju na UART u unapred određenom formatu pogodnom za čitanje od strane BBT-a. Pre rezultata ispitivanja svaka funkcija na UART pošalje svoj identifikacioni broj kao običan komentar ispitivanja.

Snimanje podataka se završava kada istekne unapred određeni period vremena. Snimljeni podaci se potom čuvaju u datoteci za praćenje rezultata i donosi se zaključak o uspešnosti ispitivanja koji se čuva u html i dbf datotekama. Nakon što su sačuvani rezultati ispitivanja se završava, a BBT prelazi na izvršavanje sledećeg ispitivanja.

V. TESTIRANJE I VERIFIKACIJA

Ispitivanje sprege sistemske programske podrške ARM7 procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije izvršeno je postavljanjem funkcija provere u niz struktura. Funkcije provere sadrže samo unapred određen ispis rezultata, *pass* ili *fail*. Niz ovakvih funkcija nakon pokretanja sistemske programske podrške na UART šalje unapred određeni niz rezultata.

Programskom podrškom za ispitivanje na principu crne kutije napravljen je niz ispitivanja koja čitaju vrednosti sa UART-a i porede ih sa unapred definisanim vrednostima. Pregledom sadržaja svih datoteka za praćenje rezultata i poznatog odziva koji se dobija od procesora ustanovljena je ispravnost rada sprege.

Drugo ispitivanje sprege sistemske programske podrške procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije osmišljeno je tako da svako

ispitivanje sadrži suprotnu vrednost u odnosu na odgovarajuću funkciju. U ovom slučaju programska podrška za ispitivanje na principu crne kutije, morala je da donese zaključak da su sva ispitivanja izvršena neispravno.

Ovim ispitivanjima je potvrđena funkcionalnost sprege sistemske programske podrške ARM7 procesora i programske podrške za ispitivanje na principu crne kutije.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 161003, od 2008. god.

LITERATURA

- [1] Nikola Teslic, Vukota Pekovic, Miodrag Temerinac, Uwe Strohbeck "On the Effectiveness of TV System Validation Based on Black Box Testing Technique," MicronasNIT, Novi Sad Institute of Information Technology Fruskogorska 11, SRB-21000 Novi Sad, Serbia
- [2] Jaroslav Farkaš, BBT SDK. Novi Sad, Srbija, Fakultet Tehničkih Nauka.
- [3] Dragan Stanković, *BBT GUI*. Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija.
- [4] Vukota Peković, Advantages of BBT Application, MicronasNIT, Novi Sad Institute of Information Technology Fruskogorska 11, SRB-21000 Novi Sad, Serbia

ABSTRACT

This paper describes the communication between black box testing application and ARM7 microprocessor, that is ARM7 processor operating sistem. Communication is established through UART port. In this communication ARM7 processor operating sistem sends results of it's functions to UART. The results are sent in a form convenient for reading by black box testing program. Upon receiving results, the black box testing program generates conclusion about ARM7 firmware work. The results are saved in html and dbf files.

ONE SOLUTION OF CONNECTION BETWEEN ARM7 PROCESSOR AND PROGRAM FOR BLACK BOX TESTING

Milos Savanović, Jaroslav Farkaš, Jelena Kovačević, Miodrag Temerinac

Jedno rešenje rukovaoca SD/MMC memorijskim karticama na digitalnom TV prijemniku sa Linux operativnim sistemom

Đorđije Manojlović, Mile Davidović, Velibor Mihić, Srđan Tikvić, Nikola Kuzmanović

Sadržaj — U radu je prikazano jedno rešenje nadogradnje digitalnog TV prijemnika sa Linux operativnim sistemom uređajem za rad sa SD/MMC memorijskim karticama. Ovo proširenje omogućava korisniku da na TV uređaju pregleda sadržaj SD/MMC memorijskih kartica ili da na njih snimi sadržaj sa TV prijemnika. Date su osnovne karakteristike sistema i kratak opis realizovane aplikacije.

Ključne reči — SD, MMC, SPI, SSI, CSD, CID

I. UVOD

NEPRESTANI razvoj i usavršavanje mikroelektronike i informacionih tehnologija omogućava proizvođačima da svoje proizvode usavršavaju i dopunjuju novim funkcijama. To se dešava i u TV industriji. U modernim TV uređajima se sve više nastoji da se omogući kompatibilnost i „saradnja“ sa drugim multimedijalnim uređajima.

II. SD I MMC KARTICE

A. SD memorijske kartice

SD (Secure Digital) kartice su memorijske kartice na bazi fleš memorije razvijene 2000. godine od strane SanDisc, Toshiba i MEI korporacija za upotrebu u prenosnim uređajima kao što su fotoaparati, digitalne kamere, ručni računari, PDA (Personal Digital Assistant) uređaji, mobilni telefoni, aparati za reprodukciju muzičkog sadržaja. Njihova mala veličina, relativna jednostavnost korišćenja, niska potrošnja električne energije i niska cena omogućile su da ove kartice budu idealna rešenja za mnoge aplikacije. Standardni kapacitet SD kartica je u opsegu od 8MB do 4GB, a za SDHC (Secure Digital High Capacity) kartice visokog kapaciteta od 4GB do 32GB. Brzina prenosa podataka standardnih SD memorijskih kartica je do 10MB/s, dok je ta brzina za kartice sa velikim brzinama (High Speed SD cards) preko 22,5MB/s.

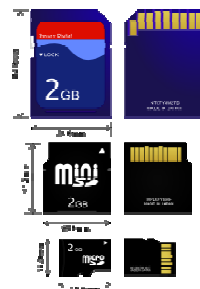
Za razliku od ostalih memorijskih kartica zasnovanih na fleš memorijama, SD kartice u sebi imaju integrisan kontroler koji rukovodi protokolima prenosa podataka,

sigurnosnim algoritmima za zaštitu autorskih prava (copyright protection), rukovanjem i oporavkom od grešaka. SD kartice podržavaju najmanje tri način prenosa podataka:

- Jednobitni SD način (odvojene fizičke linije komandi i podataka i odgovarajući format prenosa podataka)
- Četvorobitni SD način (koristi dodatne konektore)
- SPI način (u osnovi, pojednostavljeni SD protokol koji se koristi u mikro kontrolerima)

Sve SD memorijske kartice moraju da podržavaju sva tri moda. Kartica mora da podržava frekvenciju takta do 25MHz za standardne kartice, odnosno 50MHz za kartice sa velikim brzinama prenosa podataka.

Pored SD kartica, postoje miniSD i mikroSD (microSD) kartice, ali se one suštinski razlikuju od SD kartica.



Sl. 1. Izgled SD, miniSD i mikroSD memorijskih kartica

B. MMC memorijske kartice

MMC (Multi Media Card) kartice su memorijske kartice zasnovane na fleš memoriji razvijene 1997. godine od strane Siemens AG i SanDisc korporacija. Originalno, MMC kartice su koristile jednobitnu serijsku spregu, dok novije kartice koriste četvorobitnu ili čak osmobaritnu spregu. Više ili manje su zamenjene SD karticama, ali i dalje imaju značajnu upotrebu, jer ih podržava većina uređaja koja koriste SD kartice. Trenutno su dostupne MMC kartice kapaciteta do 4GB ili čak 8GB.

MMC kartice su dostupne u fizički manjoj veličini, poznatoj kao RS-MMC (Reduces Size Multi Media Card), koje su predstavljene 2004. godine. Uz korišćenje jednostavnog mehaničkog adaptera RS-MMC kartice se mogu koristiti u svim MMC i SD utičnicama.



Sl. 2. MMC i RS-MMC memorijske kartice

Đorđije Manojlović, Autor, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija; (e-mail: djordije.manojlovic@micronasnit.com).

Mile Davidović, Koautor, MicronasNIT, Novi Sad, Srbija; (e-mail: mile.davidovic@micronasnit.com).

Velibor Mihić, Koautor, MicronasNIT, Novi Sad, Srbija; (e-mail: velibor.mihic@micronasnit.com).

Srđan Tikvić, Koautor, MicronasNIT, Novi Sad, Srbija; (e-mail: srdjan.tikvic@micronasnit.com).

Nikola Kuzmanović, Koautor, MicronasNIT, Novi Sad, Srbija; (e-mail: nikola.kuzmanovic@micronasnit.com).

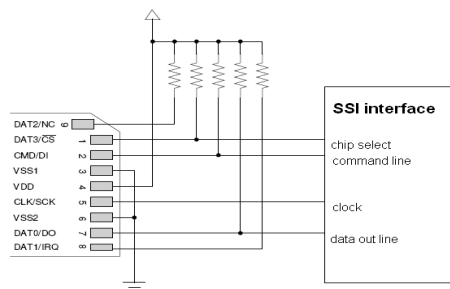
NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Nikola Teslić.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, Novembar 2008.

C. SPI mod prenosa podataka

SPI (Serial Peripheral Interface) je serijski sinhroni standard za prenos podataka u potpuno dvosmernom modu razvijen od strane kompanije Motorola. Posebno je popularan u komunikaciji između perifernih uređaja i mikrokontrolera. Većina današnjih modernih mikrokontrolera podržava SPI protokol i omogućava komunikaciju na veoma velikim brzinama.



Sl. 3. SPI način

Komunikacija sa SD/MMC karticama se odvija na principu komandi i odgovora. Sve komande započinje vodeći uređaj. Na svaku komandu SD kartica šalje nazad odgovor, a potom u zavisnosti od komande može poslati niz traženih podataka, kao što je sadržaj nekog od registara SD/MMC kartice ili informacije o eventualnoj grešci.

SPI protokol koristi samo određeni broj komandi iz skupa SD/MMC komandi. Jedna komanda se sastoji od strukture veličine 6 bajta koja se šalje preko SPI komandne linije. Svaka komanda započinje bitima "01" koje prati 6 bita za označavanje broj komande. Zatim sledi argument komande koji je veličine 4 bajta. Na kraju se nalazi 7 bita CRC (Cyclic Redundance Check) koda i bit "1" koji označava kraj komande. Na svaku komandu memorijska kartica šalje odgovor koji može biti veličine 1, 2 ili 5 bajta, u zavisnosti od toga na koju komandu odgovara.

III. OPIS REALIZCIJE SISTEMA

Osnovne dve funkcije koje treba da se razviju u okviru programske podrške za proširenje digitalnog TV prijemnika uređajem za kontrolisanje SD i MMC kartica su funkcija čitanja podataka sa memorijske kartice i funkcija pisanja podataka na memorijsku karticu. Samim procesima čitanja i pisanja podataka sa, odnosno, na memorijsku karticu upravlja jezgro Linux operativnog sistema. Dakle, jezgro Linux operativnog sistema postavlja zahteve za čitanje ili pisanje podataka koje obrađuje MMC podsistem Linux operativnog sistema i prosleđuje realizovanoj programskoj podršci koja ih, korišćenjem odgovarajućih naredbi SSI (*Synchronous Serial Interface*) sistema, sprovodi do kraja.

Sav prenos podataka u kome učestvuje SD/MMC kartica se obavlja u blokovima podataka. Blokovi podataka su veličine od 512 do 2048 bajta. Najčešće se koristi blok veličine 512 bajta, jer i samo jezgro Linux operativnog sistema očekuje da se radi sa blokovima ove veličine. Prenos jednog bloka podataka započinje

postavljanjem zahteva za čitanje ili pisanje sa odgovarajućim parametrima od strane jezgra Linux operativnog sistema. Ove zahteve MMC podsistem Linux operativnog sistema obrađuje u cilju određivanja potrebnih parametara za obavljanje prenosa kao što su smer prenosa, adresa memorijske lokacije unutar same kartice na kojoj se prenosi, broj blokova koje je potrebno preneti. Potom se zahtev sa svim parametrima prosleđuje realizovnoj programskoj podršci koja korišćenjem odgovarajućih komandi iz skupa komandi koje podržava SD/MMC kartica obavlja i sam prenos.

Osnovne funkcije rukovaoca SD/MMC memorijskim karticama su:

- Inicijalizacija rukovaoca SD/MMC memorijskih kartica
- Inicijalizacija SD/MMC memorijske kartice.
- Operacija čitanja podataka sa memorijske kartice.
- Operacija pisanja podataka na memorijsku karticu.

A. Inicijalizacija rukovaoca SD/MMC memorijskih kartica

Prilikom pokretanja digitalnog TV uređaja inicijalizuju se svi njegovi moduli, tako i rukovaoca SD/MMC memorijskim kartica. Pre svega se moduo za rukovođenje SD/MMC karticama registruje u jezgri Linux operativnog sistema i u još nekim modulima ciljne platforme digitalnog TV prijemnika. Potom se kroz niz operacija postavljaju osnovne globalne vrednosti bitne za funkcionisanje samog rukovaoca, kao što su maksimalni broj blokova podataka koji se može obraditi u okviru jednog zahteva, maksimalan broj fizičkih sektora na memorijskoj kartici, alociraju se i inicijalizuju strukture koje opisuju samu SD/MMC karticu i vodeći uređaj. Polja ovih struktura opisuju sve elemente koji su potrebni za uspešan prenos podataka između vodećeg uređaja i memorijske kartice. Pošto rukovalac radi u režimu sa prekidima potrebno je registrovati i inicijalizovati red čekanja u koji se smeštaju svi prekidi koji se dešavaju u toku rada rukovaoca SD/MMC kartica i koji čekaju na dalju obradu. Realizovani rukovalac treba da radi konkurentno sa ostatkom sistema digitalnog TV prijemnika, tako da se kreira posebna programska niti koja obrađuje sve zahteve za prenos podataka. Svaki zahtev generisan od strane Linux operativnog sistema se uvezuje u poseban red čekanja. Pri obradi zahteva, iz reda čekanja se preuzimaju jedan po jedan zahtev i prosleđuju kreiranoj niti na dalju obradu, po sistemu "prvi u, prvi iz", FIFO red. Deo ovih operacija, kao što je kreiranje posebnih programskih niti koja obrađuje zahteve za prenos podataka, obavlja MMC podsistem Linux operativnog sistema, dok deo, kao što je registrovanje rukovaoca u modulima ciljne TV platforme i postavljanje globalnih vrednosti, obavlja realizovana programska podrška.

B. Inicijalizacija SD/MMC memorijske kartice

SD/MMC memorijske kartice zahtevaju specifičan proces inicijalizacije. Ne postoji suštinska razlika u procesima inicijalizacije između SD i MMC kartica. Iz perspektive razvijene softverske podrške glavna razlika je u sekvenci naredbi u procesu inicijalizacije.

Inicijalizacija kartice počinje postavljanjem frekvencije takta SSI uređaja na 400kHz. Ovo je potrebno uraditi zbog kompatibilnosti sa širokim opsegom SD i MMC memorijskih kartica. To se postiže deliteljom takta SSI uređaja, tj. upisom odgovarajuće vrednosti u registar delitelja takta. Osnovna frekvencija takta SSI uređaja je 108MHz. Nadalje, kartica mora primiti najmanje 74 takt signala pre bilo kakvog pokušaja komunikacije sa karticom. Ovim se dozvoljava da kartica inicijalizuje sva stanja internih registara pre nego što se nastavi sa procesom inicijalizacije.

Zatim se memorijska kartica postavlja u početno stanje slanjem komande CMD0. Ovim se pored postavljanja kartice u početno stanje, kartica postavlja u SPI način prenosa podataka. Generalno, u SPI načinu se ignoriše CRC kod, ali prva komanda mora biti praćena odgovarajućim CRC kodom, čija je vrednost 0x95.

Sledeće, kartici se kontinuirano šalju naredbe CMD55 i ACMD41 sve dok se bit koji označava da je kartica u početnom stanju ne postavi na logičku vrednost "0", što označava da je kartica u potpunosti inicijalizovana i spremna na dalju komunikaciju.

Potom je potrebno utvrditi da li kartica podržava korišćeni naponski nivo. Na komandu CMD58 kartica odgovara nizom bita koji koduju dozvoljene naponske nivoe. Tipična vrednost ovih naponskih nivoea je u opsegu od 2,7V do 3,6V.

Na kraju se frekvencija SPI takta postavlja na najveći mogući nivo.

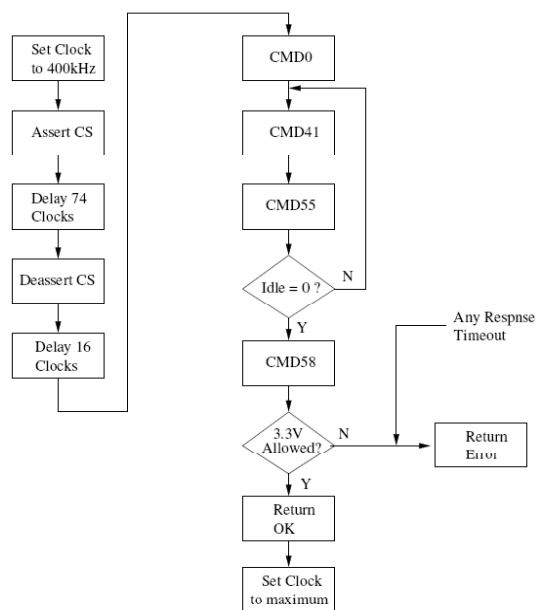
Nakon procesa inicijalizacije kartica je spremna da odgovori na komande iz skupa komandi SD/MMC kartica. Prvo što je potrebno uraditi posle procesa inicijalizacije jeste čitanje registara memorijske kartice, njihovo dekodovanje i prosleđivanje dekodovanih vrednosti jezru Linux operativnog sistema. Iz ovih registara se određuju jedinstveni identifikacioni brojevi, veličina memorijske kartice, maksimalna veličina bloka podataka, vremenske karakteristike kartice. To se postiže slanjem komandi CMD9 i CMD10. Memorijska kartica u okviru odgovora na zadatu komandu prosleđuje zahtevani sadržaj registra.

Potom se komandom CMD16 postavlja veličina bloka podataka koja će se koristiti u procesu prenosa podataka.

C. Operacija čitanja podataka sa memorijske kartice

Operacija čitanja podataka sa SD/MMC memorijske kartice je blok orijentisana operacija prenosa podataka. Osnovna jedinica prenosa podataka je blok podataka čija je maksimalna veličina upisana u CSD (Card Specific Data) registru memorijske kartice. Moguće je čitanje bloka podataka čija je veličina manja od fizičke veličine bloka na memorijskoj kartici. Nije moguće čitanje podataka čija veličina nije poravnata sa veličinom bloka.

Komandom CMD17 se započinje čitanje jednog bloka podataka sa memorijske kartice, dok se komandom CMD18 započinje čitanje nekoliko uzastopnih blokova podataka. Komandom CMD18 se kontinuirano prenose blokovi podataka sve dok kartica ne primi stop komandu, CMD12. Stop komanda poseduje kašnjenje prilikom



Sl. 4. Blok dijagram procesa inicijalizacije SD/MMC memorijskih kartica

njenog izvršavanja zbog serijskog prenosa komande. Prenos podataka se zaustavlja posle poslednjeg bita stop komande. Posle svakog bloka podataka kartica šalje CRC kod.

D. Operacija pisanja podataka na memorijsku karticu

Operacija pisanja podataka na SD/MMC memorijsku karticu je, takođe, blok orijentisana operacija prenosa podataka. Osnovna jedinica prenosa podataka je blok podataka čija je maksimalna veličina upisana u CSD registru memorijske kartice i nije moguće pisanje bloka podataka čija je veličina manja od veličine bloka upisane u CSD registru.

Komandom CMD24 se započinje pisanje jednog bloka podataka na memorijsku karticu, dok se komandom CMD25 započinje pisanje nekoliko uzastopnih blokova podataka. Komandom CMD18 se kontinuirano prenose blokovi podataka sve dok kartica ne primi stop komandu, CMD12. Stop komanda poseduje kašnjenje prilikom njenog izvršavanja zbog serijskog prenosa komande. Prenos podataka se zaustavlja posle poslednjeg bita stop komande. Posle svakog bloka podataka potrebno je upisati CRC kod.

E. Rukovanje SSI sistemom ciljne platforme TV prijemnika

Sva komunikacija sa SD/MMC karticom se odvija posredstvom SSI podsistema ciljne TV platforme. MMC podsistem Linux operativnog sistema preuzima prvi zahtev iz reda čekanja zahteva, obrađuje ga i postavljanjem odgovarajućih komandi dalje upravljanje procesom prenosa podataka između vodećeg uređaja i SD/MMC memorijske kartice prepušta realizovanoj programskoj podršci.

Upisivanjem vrednosti u registre SSI podsistema i upisivanjem podataka u, odnosno čitanjem podataka iz,

TABELA 1. VAŽNE SD/MMC KOMANDE

Komanda	Argument	Značenje
CMD0	nema	Postavlja karticu u početno stanje
CMD9	nema	Čitanje CSD registra
CMD10	nema	Čitanje CID (Card IDentification) registra
CMD12	nema	Zaustavlja prenos podataka
CMD16	32-bitna adresa bloka podataka	Postavlja veličinu bloka podataka
CMD17	32-bitna dužina bloka podataka	Čitanje jednog bloka podataka
CMD18	32-bitna adresa bloka podataka	Čitanje više blokova podataka
CMD24	32-bitna adresa bloka podataka	Pisanje jednog bloka podataka
CMD25	32-bitna adresa bloka podataka	Pisanje više blokova podataka
CMD55	nema	Ukazuje da sledi aplikaciona komanda
ACMD41	nema	Provera da li je kartica u početnom stanju

prenosnih redova SSI podsistema se kontroliše prenos podataka od i ka SD/MMC memorijskoj kartici. Upisivanjem vrednosti u registre SSI podsistema se direktno utiče na frekvenciju takta koji se šalje memorijskoj kartici, na način prenosa podataka (full duplex, transmit only, receive only), dok se čitanjem njegovih registara mogu dobiti informacije kao što je informacija o prekidu koji se dogodio.

U toku procesa čitanja podataka sa memorijske kartice najveća pažnja se obraća na prijemni red SSI podsistema. Preko njega se primaju svi podaci sa memorijske kartice, kako "korisnih" podataka, tako i podataka o toku samog prenosa.

Pre svega, u registar SSI podsistema se upisuje vrednost praga prijemnog reda. Kada je broj pristiglih podataka u redu jednak ili veći od praga reda, generiše se prekid koji označava da je potrebno isčitati podatke iz prijemnog reda. Ovo čitanje obavlja se u rukovaocu prekidima. Pošto se proces čitanja obavlja u potpuno dvosmernom načinu, za svaki pročitani podatak iz prijemnog reda mora se upisati novi podatak u predajni red. Moguće su dve vrste grešaka na prijemnom redu: jedna koja označava da je red prepunjen i tada se trajno gube pristigli podaci, druga koja označava da se čita red koji je prazan. Ukoliko dođe do greške, generiše se odgovarajući prekid koji se kasnije obrađuje u rukovaocu prekidima.

Proces pisanja podataka na memorijsku karticu je složeniji od procesa čitanja, jer se mora obratiti pažnja i na predajni red podataka i na prijemni red podataka SSI podsistema. Preko predajnog reda se šalju svi podaci na memorijsku karticu, a preko prijemnog reda se primaju informacije o toku prenosa i podaci koje kartica šalje u trenutku prijema novih podataka zbog potpuno dvosmernog načina prenosa podataka.

Na početku, u registar SSI podsistema se upisuje vrednost praga predajnog reda. Kada je broj podataka u redu manji ili jednak od praga reda, generiše se prekid koji označava da je potrebno upisati nove podatke u predajni red. Ovaj upis obavlja se u rukovaocu prekidima. Istovremeno je potrebno isčitati podatke pristigle u prijemni red SSI podsistema. Na predajnom redu moguća je jedna vrsta greške koja označava da je red prepunjen, te

da su podaci trajno izgubljeni. Takođe, na prijemnom redu su moguće dve vrste greške: jedna koja označava da je red prepunjen i tada se trajno gube pristigli podaci, druga koja označava da se čita red koji je prazan. Ukoliko dođe do greške, generiše se odgovarajući prekid koji se kasnije obrađuje u rukovaocu prekidima.

ZAKLJUČAK

SD i MMC memorijske kartice omogućavaju da se na veoma jednostavan način skladišti veliki broj podataka na prenosivim uređajima. Niska cena i jednostavnost protokola koji se koriste za rukovanje ovim vrstama memorijskih kartica, učinili su ih jednim od najpopularnijih medijuma za skladištenje podataka u uređajima kao što su mobilni telefoni, digitalni fotoaparati i kamere. U kombinaciji sa relativno jednostavnim i jeftinim mikrokontrolerima, postali su veoma interesantni i u TV industriji. Jednostavnim nizom akcija, korisnik je u mogućnosti da na veoma lak i jednostavan način pregleda digitalne snimke ili fotografije na TV uređaju, čime se proširuje funkcija TV prijemnika.

LITERATURA

- [1] Jonathan Corbert, Alessandro Rubini, Greg Kroah-Hartman, Linux Device Drivers, O'Reilly, 2005.
- [2] SanDisk Industrial Grade SD Product Manual 1.0, SanDisk corporation, 2003.
- [3] Secure Digital Card Interface, Application Note, Michigan State University, Dept. of Electrical and Computer Engineering, 2004.
- [4] SanDisk MultiMediaCard Product Manual 3.0, SanDisk corporation, 2001.
- [5] Host Design Considerations: NAND MMC and SD-based Products, Application Note 1.0, SanDisk corporation, 2001.
- [6] VCTH-SSI-work.pdf, Micronas GmbH.
- [7] VCTH-ssi-rm-work.pdf, Micronas GmbH. ABSTRACT

ABSTRACT

This paper presents one implementation of SD/MMC driver for digital television with Linux operating system.

ONE IMPLEMENTATION OF SD/MMC DRIVER FOR DIGITAL TELEVISION WITH LINUX OPERATING SYSTEM

Dordžije Manojlović, Mile Davidović, Velibor Mihić, Srđan Tikvić, Nikola Kuzmanović

DALJINSKO UPRAVLJANJE RADOM POGONA CRPNE STANICE PUTEM GSM KOMUNIKACIJE

Miroslav Parović, *Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, mikip@live.com*
Dragan Milićević, *Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, milicevd@uns.ns.ac.yu*

Sadržaj - U radu je opisan način upravljanja pogonom crpne stanice putem GSM komunikacije. Ukratko je opisana svrha automatizacije kao i potreba za daljinskim upravljanjem radom pogona. Takođe su date osnovne informacije o GSM mreži i GSM modemima. Data je i osnovna struktura jednog standardnog seta za ostvarivanje upravljanja putem GSM komunikacije. Na kraju je dat primer primene predloženog rešenja daljinskog nadzora u crpnoj stanici. U tu svrhu je dat prikaz problema, kao i prikazi algoritama rešenja.

1. UVOD

Generalno gledano, automatizacija rada se uvodi sa ciljem unapređenja procesa proizvodnje, potom sa ciljem postizanja što efikasnije potrošnje električne energije kao i sa ciljem ostvarivanja što naprednijeg i inteligentnijeg upravljanja. Automatizovani sistemi nailaze na sve širu upotrebu i to u najrazličitijim oblastima ljudskih delatnosti, a sve sa ciljem ostvarivanja što efikasnijeg i produktivnijeg rada.

Trend automatizacije tehnoloških procesa se standardno kreće ka upotrebi programabilnih logičkih kontrolera (dalje: PLC) direktno povezanih sa elektronskim mernim pretvaračima fizičkih veličina karakterističnim za dati proces sa jedne, i izvršnim organima za upravljanje procesom sa druge strane.

Automatizovani sistem u principu obavlja svoj osnovni rad bez direktnog čovekovog uplitanja, međutim čovek ima nezamenljivu ulogu u nadgledanju i kontrolisanju rada kao i u opštem upravljanju radom jednog automatskog sistema. Pod opštim upravljanjem radom podrazumeva se zadavanje referenci neophodnih za rad, kao i zadavanje naredbi za akcije koje potom sistem obavlja. Sve navedene akcije mogu se obavljati na licu mesta, međutim sve češće se javlja potreba za daljinskom kontrolom, kao i za daljinskim upravljanjem radom jednog automatizovanog pogona. Ovakav vid upravljanja radom može se ostvariti putem:

- radio veze ili
- preko GSM komunikacija.

Danas je vrlo rasprostranjeno daljinsko upravljanje pomoću mobilnih telefona (tj. putem GSM-a), a moguće je realizovati upravljanje putem SMS-a ili upravljanje preko GPRS-a.

Pogon crpne stanice je jedan tipičan primer gde se ima potreba za daljinskom kontrolom i daljinskim upravljanjem radom. U ovom radu je dat predlog realizacije jednog takvog pogona kao i predlog realizacije daljinskog nadzora tog pogona.

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Veran Vasić.
b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Palić, Juni 2008.

2. OSNOVNO O GSM KOMUNIKACIJAMA

2.1 STRUKTURA GSM MREŽE

GSM mrežu možemo podeliti na tri glavna funkcionalna dela i to [4]:

1. Mobilna stanica koju poseduje korisnik, koja se sastoji od mobilne opreme (terminala) i korisničkog identifikacionog modula (*engl. Subscriber Identity Module-SIM*).
2. Podsystem bazne stanice koji može imati jednu baznu stanicu ili više njih. Ovde razlikujemo primopredajne stanice (*engl. Base Transceiver Station-BTS*) i kontrolera bazne stanice (*engl. Base Station Controller-BSC*). Podsystem bazne stanice ima funkciju centralnog dela mreže koja je istovremeno veza između mobilnih stanica unutar mreže, a povezana je i sa ostalim mrežama.
3. Mrežni podsystem čija je ključna komponenta MSC koji deluje kao običan priključni čvor za javne telefonske mreže i dodatno obezbeđuje sve funkcije potrebne za rukovanje mobilnim korisnikom (poput registracije, identifikacije i sl.).

2.2 SMS KOMUNIKACIONI PROTOKOL

Jedna od mogućnosti GSM komunikacija jeste i razmena kratkih tekstualnih poruka. Servis kratkih poruka (*engl. Short Message Service - SMS*) je komunikacioni protokol koji omogućava razmenu tekstualnih poruka [3]. SMS je originalno definisan kao deo GSM standarda kojim je bilo predviđeno slanje i primanje poruka od maksimalno 160 karaktera. Od tada je podrška za ovaj servis rasla i on danas uključuje i alternativne standarde za mobilnu telefoniju kao što su ANSI CDMA mreže (*engl. American National Standards Institute - ANSI, Code Division Multiple Access - CDMA*) i digitalni AMPS (*engl. Advanced Mobile Phone System - AMPS*), ali su i dalje najveći deo SMS poruka tekstualne poruke koje se razmenjuju između mobilnih aparata.

2.3 GSM MODEMI

GSM modemi imaju široko područje primene unutar industrijskih postrojenja i sistema sa automatskim upravljanjem, a važan su deo sistema za telemetriju i kontrolu. Takođe nailazimo na njihovu primenu kod sigurnosnih sistema, sistema za razmenu podataka i sl.

Pored standardnih mogućnosti kao što su mogućnost povezivanja na telefonski priključak, podrška za serijsku

vezu (RS232 standard) i faks, GSM modemi imaju i mogućnost slanja SMS poruka.

Tehničke mogućnosti GSM modema [5]:

- dual band 900/1800 MHz (priključak za antenu);
- niski napon napajanja od 9V do 25 V (mogućnost korišćenja u vozilu ili na terenu);
- male dimenzije i masa;
- podržana je standardna SIM kartica sa PIN-om.

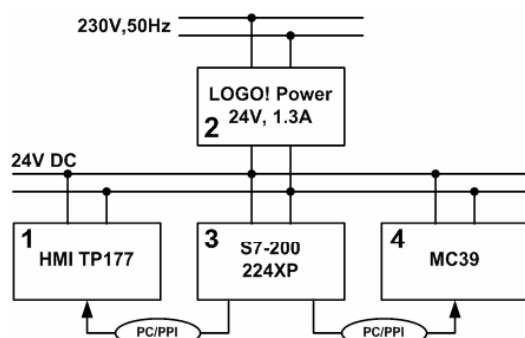
Delovi GSM modema:

- GSM primopredajnik;
- jedinica za napajanje;
- jedinica za obradu podataka;
- serijski port za prenos podataka i kontrolu;
- kontroler za LED signalizaciju.

GSM modemima se upravlja pomoću proširenog seta AT naredbi (AT standard je jezik za upravljanje modemom) koji se sastoji od uobičajenih AT naredbi, GSM AT naredbi kojima se upravlja dodatnim funkcijama koje GSM modem podržava, a tu su još i SMS AT naredbe koje podržavaju slanje i primanje SMS poruka.

3. OPIS SISTEMA ZA DALJINSKO UPRAVLJANJE

Na Sl. 1. je data tipična struktura jednog seta za automatizaciju i daljinsko upravljanje. U ovom konkretnom primeru sistem je sastavljen od komponenti proizvođača Siemens.



Sl. 1. Struktura sistema

Sistem se sastoji od PLC-a S7-224XP (3) i GSM modema MC39 (4). Komponente su povezane PC/PPI kablom. Jednosmerno napajanje (24V) za uređaje obezbeđeno je iz ispravljača LOGO! Power 1.3 A (2). Kao korisnički interfejs upotrebljen je Touch Panel TP 177 Micro (1) koji je sa PLC-om povezan PC/PPI kablom.

3.1 PLC S7-224XP

PLC S7-224XP je namenjen za automatizaciju sistema jednostavne ili srednje složene strukture. Sistem formiran na bazi S7 kontrolera je modularnog tipa. Osnovni element razmatranog sistema je centralni modul S7-200 CPU 224XP.

Sastavni delovi centralnog modula su:

- CPU jedinica koja izvršava program i čuva međurezultate
- I/O pinovi koji služe za kontrolu sistema (ulazni su povezani na npr. senzore, a izlazni na npr. pumpe)
- komunikacijski portovi.

Po potrebi se osnovna konfiguracija može proširivati dodavanjem pomoćnih modula. Ovi moduli se na centralni modul priključuju preko za to namenjenih komunikacionih magistrala.

Softver za programiranje kontrolera serije S7, STEP7-Micro/WIN, omogućava unos programa u leder ili STL programskom jeziku. Povezivanje sa računarom ostvaruje se PC/PPI kablom. Sem svrhe prebacivanja softvera u kontroler, veza PC-PLC obezbeđuje i permanentni nadzor i akviziciju promenljivih kontrolisanog procesa.

3.2 GSM MODEM MC39

GSM modem MC39 je dizajniran da radi na mrežama od 900MHz ili 1800MHz, takođe MC39 ima mogućnost GPRS komunikacije (*engl. GPRS multislot class 10*) kao i GPRS kodne šeme CS-1, CS-2, CS-3 i CS-4.

Radi uštede prostora i zbog jednostavnije i kompaktnije izvedbe mobilnih kompjuterskih uređaja (poput lap-top računara, PDA uređaja, mobilnih telefona i sl.) MC39 se isporučuje kao jedan mali i kompaktan modul. Osnovni MC39 modul uključuje sve što je neophodno za kreiranje GSM/GPRS tehničkih sistema visokih performansi. Delovi MC39 modula su: baznopolasni procesor (*engl. Base band processor*), napajanje, primo-predajno kolo (pojačavač i antenski sistem). Softver za MC39 se pohranjuje u fleš memoriju, a dodati SRAM služi za GPRS povezivanje.

Fizičko povezivanje na mobilnu aplikaciju je napravljeno kroz ZIF konektor koji ima 40 pinova predviđenih za kontrolu, prenos podataka i audio signala i obezbeđenje napojnih linija. Serijski interfejs omogućava laku integraciju sa interfejsom čovek-mašina (*engl. Man-Machine interface-MMI*).

4. PRIMER PRIMENE PREDLOŽENOG REŠENJA DALJINSKOG NADZORA U PUMPNOJ STANICI

Primer pumpne stanice je tipičan primer moguće primene daljinskog nadzora. Naime, vodovodni sistem dosta često se sastoji od više crpnih stanica koje ne moraju biti locirane na istom mestu. U ovakvoj situaciji je očigledno da bi stalni nadzor svake stanice od strane za to posebno zaposlenog radnika bio potpuno ekonomski ne isplativ. S druge strane ukoliko bi stanica bila bez ikakvog ili samo sa povremenim nadzorom, moglo bi doći do brojnih problema u sistemu vodosnabdevanja. Tipičan primer bi bio „ispad“ (usled kvara) neke od stanica. S obzirom na nedostatak nadzora, period nalaženja koja je stanica konkretno „ispala“ bi bio relativno dug pošto bi iziskivao obilazak više lokacija kako bi se na licu mesta utvrdilo koja je od stanica van pogona. U ekstremnijim situacijama ovo može dovesti i do ozbiljnijih havarija.

S obzirom na moguće probleme jasno je da bi uvođenje daljinskog nadzora svake od crpnih stanica bilo pravo rešenje. Na taj način bi se iz centrale mogao vršiti nadzor

celokupnog sistema, a samim tim mogle bi se donositi prave i blagovremene odluke čime se uvećava efikasnost jednog takvog sistema, a istovremeno se smanjuju rizici od nekih većih havarija.

4.1 OPIS RADA SISTEMA ZA DALJINSKI NADZOR

Pogon crpne stanice se sastoji od sistema za zaštitu, frekventnog regulatora i pogonskog motora. Kao merni uređaji imaju se senzori pritiska i protoka tečnosti koji se nalaze na usisnoj cevi, kao i senzor nivoa tečnosti postavljenog u rezervoar koji se nalazi u sklopu crpne stanice.

Regulacija vrednosti pritiska, protoka i nivoa tečnosti je prepuštena frekventnom regulatoru, dok PLC samo ima uvid u vrednost ovih veličina.

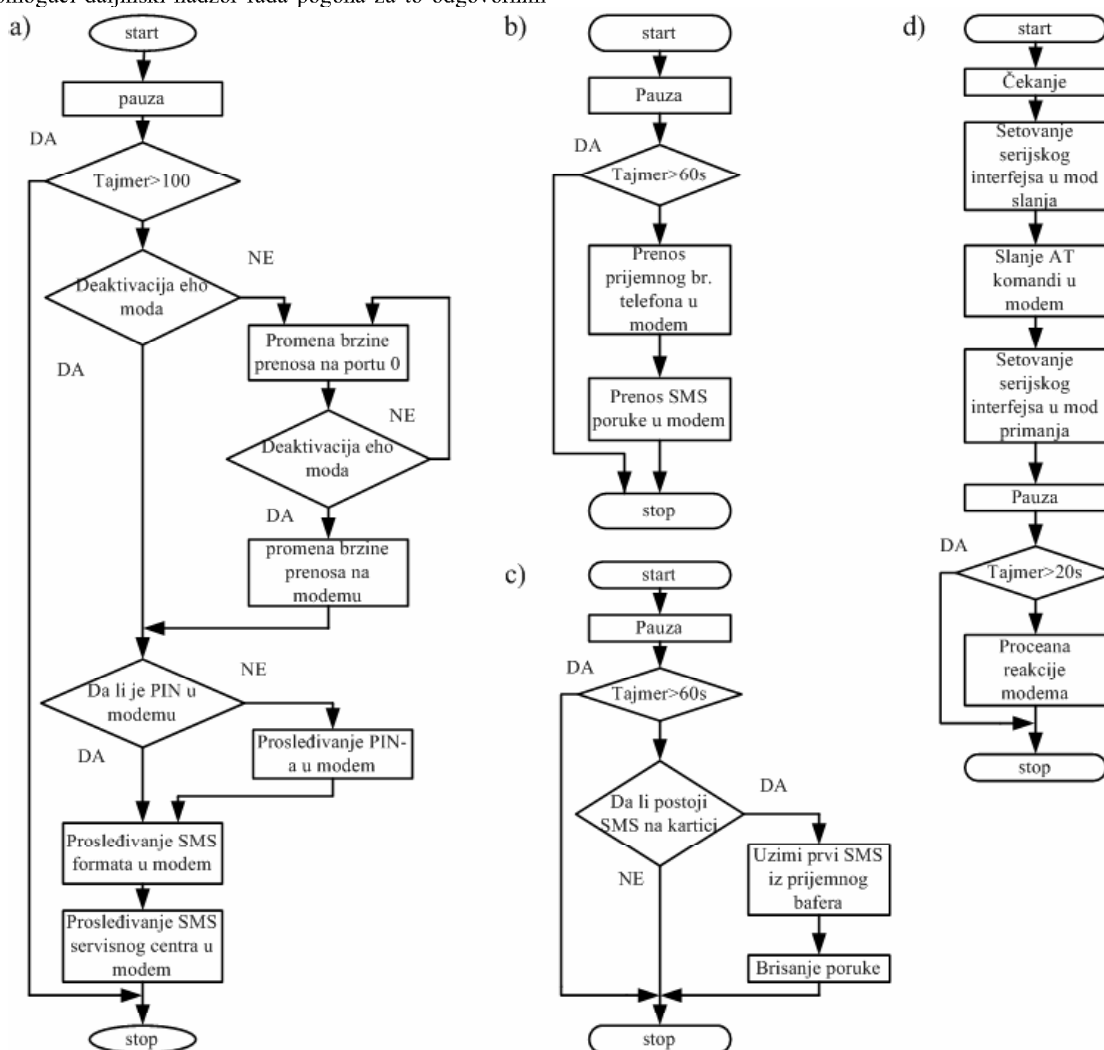
Generalno uloga PLC-a u ovako koncipiranom sistemu je da omogući daljinski nadzor rada pogona za to odgovornim

licima (u daljem tekstu operaterima), kao i da operaterima prosledi upozorenje o nepravilnostima u radu pogona. Takođe postoji i mogućnost da operater zada naredbe o pokretanju ili zaustavljanju pogona.

U daljem tekstu prikazani su blok dijagrami algoritamskih rešenja kojima je bliže objašnjena procedura rada sistema. Važno je reći da je autorizovani pristup sistemu obezbeđen po principu zaštite sa dva „ključa“, telefonski broj operatera i tekst SMS-a. Oba „ključa“ moraju biti zadovoljena da bi se inicirala akcija sistema za daljinski nadzor i kontrolu.

4.2 BLOK ZA INICIJALIZACIJU (SMS_INIT)

Kako bi uopšte bilo moguće slanje odnosno primanje SMS poruka mora biti izvršena inicijalizacija GSM modema i SIM kartice. Svaki korak iz algoritma inicijalizacije, prikazanog na Sl. 2a., mora biti uspešno izvršen. Ako se iz



Sl. 2. Algoritamska rešenja: a) algoritam inicijalizacije, b) algoritama slanja, c) algoritam prijema, d) algoritam SMS Manage

nekih razloga jedan od koraka procesa inicijalizacije ne izvrši ili se proces ne okonča u roku od 100 sekundi, dalje izvršenje programa se zaustavlja i generiše se poruka o grešci.

Prva radnja koja se u procesu inicijalizacije izvrši vezana je za pripremu porta korišćenog PLC-a za komunikaciju sa modemom. Dalje se vrši deaktivacija eho moda modema. Potom se vrši provera PIN broja kartice i po potrebi se prosleđuje i unosi u modem. U koraku inicijalizacije se podešava format SMS-a u tekstualni.

4.3 BLOK ZA SLANJE SMS-A (SMS_SLANJE)

Proces slanja SMS poruke započinje po prijemu zahteva za slanje. Svaki korak algoritma slanja (Sl. 2b.) se proverava i samo uspešno izvršenje svih koraka podrazumeva uspešno slanje poruke. Ukoliko ciklus slanja ne bude završen u roku od 60s proces slanja se automatski obustavlja.

Prvi korak u ovom bloku je prosleđivanje broja na koji se SMS poruka šalje. Potom se odgovarajući tekst poruke prosleđuje i započinje se proces slanja. Dužina SMS poruke ne sme biti veća od 160 karaktera.

4.4 BLOK ZA PRIJEM SMS-A (SMS_PRIJEM)

Proces prijema SMS poruke započinje po prijemu zahteva o proveri prispeća poruke. Ukoliko neki korak algoritma prijema (Sl. 2c.) ne može da se izvrši to automatski generiše grešku i proces prijema se obustavlja. Ukoliko se ciklus prijema ne završi u roku od 60s proces prijema se obustavlja.

Prvi korak u ovom bloku je provera postoji li poruka u memoriji SIM kartice. Ukoliko poruka postoji prelazi se na fazu preuzimanja poruke i aktivira se mehanizam njene obrade.

4.5 BLOK SMS_MANAGE

Prosleđivanje AT komandi, analiza „odgovora“ modema, kao i obezbeđenje pravilnog funkcionisanja komunikacije na nivou PLC-modem, ostvarena je algoritmom SMS_Manage (Sl. 2d). Blok SMS_Manage se poziva od strane svih ostalih blokova.

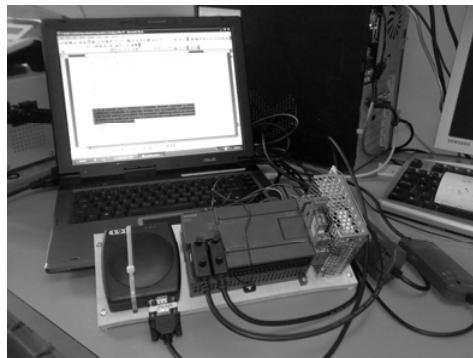
5 REZULTATI

U skladu sa postavljenim problemom opisanim u poglavlju 4 formiran je eksperimentalni prototip (Sl. 3). Fokus je stavljen na deo kojim se ostvaruje veza GSM modem - PLC – server.

Testiran je veliki broj potencijalno mogućih scenarija. Analizirane su situacije zadavanje komandi uključivanja isključenja pogona pumpe, prosleđivanje alarmnih i stanja upozorenja pogona operaterima, izdavanje naloga za očitavanje veličina protoka i pritiska itd. Prilikom ovih provera nisu primećene greške ranije definisanih algoritamskih rešenja.

6 ZAKLJUČAK

Daljinski nadzor i upravljanje radom jednog automatizovanog pogona ima višestruki značaj. Pre svega obezbeđeno je da se nadzor i upravljanje vrše centralizovano,



Sl. 3. Izgled eksperimentalne postavke

sa jednog komandnog mesta, bez obzira na konfiguraciju sistema kojim se na ovaj način upravlja. Ovime se značajno povećava efikasnost tako uređenog sistema. Efikasnost se ogleda i u tome što je i održavanje tako koncipiranog sistema olakšano.

U ovom radu je obrađen daljinski nadzor i daljinsko upravljanje pogonom crpne stanice. Međutim, pored ovog primera postoje još brojna područja na kojima se jedan ovakav sistem (uz ne velike izmene) može primeniti, kao na primer za daljinski nadzor rada kolektora za prečišćavanje otpadnih voda i sl. U slučajevima gde bi se primenilo ovakvo rešenje se pored povećanja efikasnosti rada samog sistema ima i značajno smanjenje potrebe za servisnim osobljem, čime se ostvaruje značajna finansijska dobit.

LITERATURA

- [1] Siemens "SIMATIC S7-200 Programmable Controller System Manual", Edition 06/2004
- [2] Siemens "MC39i Hardware Interface Description"
- [3] Web ProForum Tutorials, "Wireless Short Message Service (SMS)", IEC, <http://www.iec.org>
- [4] Web ProForum Tutorials, "Global System for Mobile Communication (GSM)", IEC, <http://www.iec.org>
- [5] Asha Mehrota, "GSM System Engineering", ISBN 0-89006-860-7

Abstract – The GSM based remote control approach of pump station is presented. Basic information concerning GSM standards, GSM networks and GSM modems are given. Purpose and need for remotely controlled pump station is shortly described. The algorithms which give descriptions of adopted solutions are given at the end of the paper.

REMOTE CONTROL OF PUMP STATION USING GSM COMMUNICATION

Miroslav Parović, Dragan Milićević

**PRIMERI ANALIZE POUZDANOSTI GENERATORA
I PRENOSNIH VODOVA U EES****EXAMPLES OF COMPOSITE POWER
SYSTEM RELIABILITY ANALYSIS**

Budimir Pavlović, Svetlana Vajdić, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO.

Kratak sadržaj – Elektroenergetski sistem (EES) je tehnički sistem od vitalnog značaja za svaku državu. Razvoj EES zahteva ogromna investiciona sredstva. U ovom radu iznesene su osnove metodologije za ocenu pokazatelja pouzdanosti. U okviru diplomskog-master rada, na FTN-Novu Sad, Univerzitet u Novom Sadu u Srbiji, razvijen je PC program za izračunavanje ovih pokazatelja. Njihovo poznavanje daje osnovu za donošenje odluka o racionalnom planiranju razvoja EES.

Abstract – Electrical power system (EPS) is technical system that has vital importance for every country. The EPS development needs the huge investments. The basic methodology for reliability indices estimation is presented in this paper. The PC program is developed and tested as result of diploma-master thesis on Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, Serbia. The knowledge of EPS reliability indices is fundamental in making decisions by development planning.

Ključne reči: Zbornik FTN, EES, pokazatelji pouzdanosti.

1. UVOD

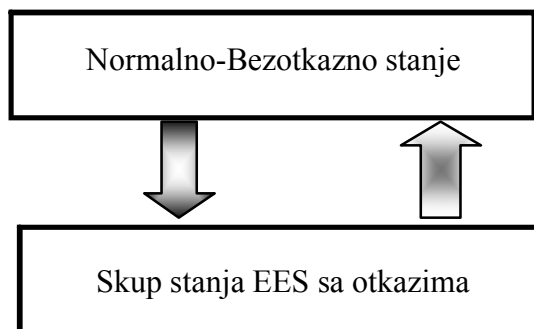
Elektroenergetski sistem (EES) je tehnički sistem, slično elektronskim kolima, za koji je neophodno da se poznaje pouzdanost obavljanja osnovne funkcije. Za razliku od elektronskih kola, provodnici koji spajaju elemente izloženi su negativnim spoljnim uticajima kiše, leda, vetra, atmosferskih prenapona i drugih spoljnih uticaja. Ovi uticaji dovode do otkaza funkcije, tj. do kvarova. Osim toga kao generatori električne energije dominiraju rotacione mašine, koje su, pod uticajem vibracija ali i drugih negativnih pojava, sklone otkazima. Otkazi generatora i vodova imaju dominantni uticaj na pouzdanost EES.

Razvoj EES zahteva, kao što je dobro poznato, velika investiciona sredstva. Planiranje razvoja EES omogućuje racionalno trošenje investicionih sredstava uz zadovoljenje potreba potrošača za određenom snagom i uz uvažavanje određenih tehničkih ograničenja elemenata sistema.

NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Miroslav Nimrihter.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji INDEL, Banja Luka, Novembar 2008.

Jedan od najvažnijih problema jeste da se oceni potrebna snaga generatora koja je dovoljna da zadovolji potrebe potrošača u normalnim-bezotkaznim stanjima ali i oslabljenim stanjima. U oslabljenim stanjima razmatra se EES sa otkazima jednog, dva ili više generatora. Pretpostavlja se da svaki element sistema ima dva stanja radi - ne radi. Sistem pak ima više stanja koja se mogu podeliti u dve osnovne grupe stanja: I - Svi elementi rade - nalaze se u bezotkaznom stanju i II - Sistem se nalazi u stanjima sa jednostrukim, dvostrukim, trostrukim i višestrukim otkazima. U ovom radu će se smatrati da su otkazi nastali nezavisno jedan od drugog.



Sl. 1. Dva osnovna stanja sistema u celini

Potrebe potrošača se moraju zadovoljiti, u propisanoj meri, kako u osnovnom - bez otkaznom stanju tako i u stanjima sa otkazima.

Ovaj članak je organizovan u sedam poglavlja. U prvom su dati osnovni principi izbora stanja sistema za koje će se analizirati pokazatelji pouzdanosti. Zatim u drugom je objašnjen prostor stanja. Oslabljena stanja i ocena posledica slabljenja je skicirana u trećoj glavi. U četvrtom poglavlju je dat kratak pregled pokazatelja pouzdanosti pojedinih potrošačkih čvorova i sistema u celini. U petom poglavlju prikazan je test primer. Osnovni koraci procedure proračuna testirani su na jednostavnom primeru elektrane sa šest generatora i minijaturnog prenosnog sistema sa jednim potrošačkim čvorom. Zaključci su predstavljeni u šestom poglavlju ovoga rada. Primer dela EES, koji je ovde prikazan, jedan je u nizu primera koji će se razviti za obrazovne potrebe, u nastavi.

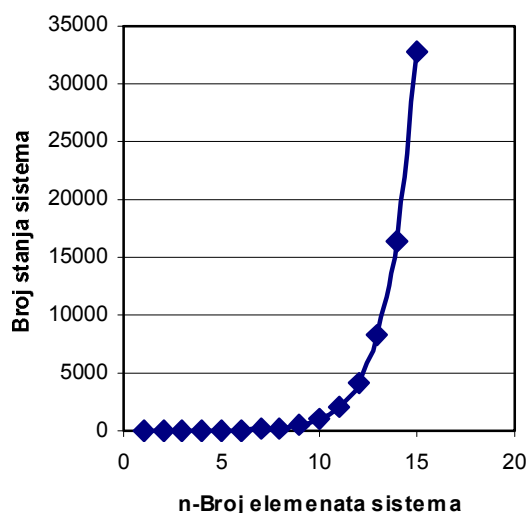
2. PROSTOR STANJA

Verovatnoća nastupanja j -tog oslabljenog stanja, $j=1, (1), NS$:

$$P(S_j) = \prod_{i=1}^m P(i, 0) \cdot \prod_{i=1}^n P(i, k) \quad (2.1)$$

Ovde je $P(i, 0)$ verovatnoća da će i -ti element od m elemenata biti u stanju ispravnosti (označenom sa 0).

Sa porastom broja elemenata n , broj stanja NS raste izuzetno brzo, po funkciji $NS=2^n$. Tako od četiri stanja, za sistem od $n=2$ elementa, broj stanja sistema od svega $n=15$ elemenata, narasta na preko 32 700 stanja! Da bi sa daljim porastom broja elemenata broj stanja rastao još brže, kao na sledećoj slici.



Sl. 2. Kriva rasta broja stanja sa rastom broja elemenata u sistemu (2^n)

Teoretski bi trebalo analizirati veličinu negativnih posledica svakog od ovih stanja što prerasta u izuzetno zahtevan zadatak. Zato se teži da se problem redukuje, i to tako što se odbacuju malo verovatna stanja (stanja sa višestrukim: četvorostрукim, petostрукim, itd. otkazima).

3. UVAŽAVANJE PREOPTEREĆENJA VODOVA U OSLABLJENIM STANJIMA

U oslabljenim stanjima sistema moguće je da dođe do takve preraspodele tokova snaga da su pojedini generatori i vodovi preopterećeni. To znači da je struja veća od termički trajno dopuštene struje, odnosno da temperatura provodnika može da pređe dopuštenu vrednost ili da ugib bude veći nego što to dopušta propisima definisana sigurnosna visina nadzemnog voda.

Rasterećenje voda se sprovodi tako što se isključi deo opterećenja potrošača.

Ovo je potrebno za analizu pojedinih stanja.

1. Naime ako DC analiza tokova ne ukazuje na preopterećenja vodova, onda nema potrebe za isključenjem potrošača u bilo kom čvoru: Ukupno $\Delta L=0$ u posmatranom stanju sistema nema nikakvih negativnih posledica.
2. Ako se pokaže da postoje preopterećenja, tada, u tom stanju, mora doći do isključenja dela

potrošača da bi se preopterećeni vodovi rasteretili i time se spreči isključenje voda usled delovanja zaštite voda. Svako isključenje vodova slabi sistem u celini i nije dopušteno (ili nije preporučljivo i treba ga izbegavati). Ukupna snaga isključenih potrošača u svim čvorovima sistema je $\Delta L \neq 0$!

A. Linearni model za analizu tokova snaga

Opis modela za analizu je dat sledećim relacijama:

I Model aktivnih snaga i uglova napona (P- δ model) je opisan sa dve relacije.

1. Relacija za opis tokova aktivnih snaga ima oblik:

$$\mathbf{P} = \mathbf{U} \mathbf{n}^2 \cdot \mathbf{B} \cdot \mathbf{d} \quad (3.1)$$

Odavde sledi rešenje po vektoru faznih uglova fazora napona čvorova u mreži.

$$\mathbf{d} = \mathbf{U} \mathbf{n}^{-2} \cdot \mathbf{B}^{-1} \cdot \mathbf{P} \quad (3.2)$$

gde je:

$\mathbf{P}$ – vektor injektiranih snaga reda $n-1$.

$\mathbf{B}$ – simetrična matrica susceptansi vodova, reda $n-1$. Dijagonalni elementi su jednaki negativnoj sumi vandijagonalnih elemenata u istom redu.

$\mathbf{d}$ – vektor kolona uglova napona čvorova (reda $n-1$), n -ti čvor se usvaja za referentni.

Ugao fazora napona u n -tom čvoru se usvaja $\delta_n=0$.

2. Snaga u grani $i-k$:

$$P_{ik} = B_{ik} \cdot \mathbf{U} \mathbf{n}^2 \cdot (\delta_i - \delta_k) \quad (3.3)$$

II Model reaktivnih snaga i napona (Q-V model)

3. Relacija za opis tokova reaktivnih snaga ima oblik:

$$\mathbf{Q} + \mathbf{Q}^C = \mathbf{U} \mathbf{n} \cdot \mathbf{B} \cdot \Delta \mathbf{U} \quad (3.4)$$

Odavde sledi rešenje po vektoru odstupanja modula efektivnih vrednosti fazora napona čvorova u mreži, od nominalne vrednosti napona:

$$\Delta \mathbf{U} = \mathbf{U} \mathbf{n}^{-1} \cdot \mathbf{B}^{-1} \cdot (\mathbf{Q} + \mathbf{Q}^C) \quad (3.5)$$

gde je:

$\mathbf{Q}$ – vektor injektiranih reaktivnih snaga od generatora u i -ti čvor, vektor reda $(n-1)$

$\mathbf{Q}^C$ – vektor injektiranih reaktivnih snaga od kondenzatora u i -ti čvor, vektor reda $(n-1)$

$\Delta \mathbf{U}$ – vektor otklona napona u i -tom čvoru od nominalnog napona,

Usvaja se da je napon referentnog čvora $U(n)=U_{\text{nominalno}}$, otuda je otklon napona u tom čvoru od nominalne vrednosti jednak nuli $\Delta U(n)=0$. Naponi ostalih čvorova su:

$$U(i) = U_{\text{nominalno}} + \Delta U(i) \quad (3.6)$$

4. Reaktivna snaga u vodu između čvorova i i k :

$$Q_{ik} = B_{ik} \cdot U_i^2 - B_{ik} \cdot U_i \cdot U_k \quad (3.7)$$

B. Prekoračenje termičkih granica

Rezultati analize tokova snaga omogućuju proveru prekoračenja dopuštenih tehničkih granica. Ukoliko se javljaju preopterećenja neophodno je isključiti deo opterećenja. Rasterećenjem se rasterećuju preopterećeni elementi. Verovatnoća za pojavu određenih oslabljenih stanja i verovatnoća potrebe za isključenjem dela potrošača predstavljaju osnov za ocenu pokazatelja pouzdanosti sistema.

4. POKAZATELJI POUZDANOSTI EES

A. Pokazatelji pouzdanosti pojedinih čvorova

1. Očekivana neisporučena energija potrošačkom čvoru K:

$$EENS_K = \sum_{j \in x, y} \Delta L_{Kj} \cdot P_j \times 8760 \text{ [MWh]} \quad (4.1)$$

j - indeks stanja otkaza.

$j \in x$ - sva stanja u kojima se radi rasterećenja preopterećenih vodova mora rasteretiti čvor K.

$j \in y$ - sva stanja u kojima je čvor K izolovan od sistema.

ΔL_{Kj} - rasterećenje u čvoru K radi rasterećenja preopterećenja vodova u stanju j .

P_j - verovatnoća postojanja stanja j .

2. Energetski indeks pouzdanosti za čvor K:

$$EIR_K = 1 - \Delta W_K / W_K = 1 - EENS_K / W_K \quad (4.2)$$

3. Energetski indeks nepouzdanosti za čvor K:

$$EIU_K = 1 - EIR_K \quad (4.3)$$

B. Pokazatelji pouzdanosti sistema u celini

1. Za sistem u celini se izračunava ukupno nesiporučena energija:

$$EENS = \sum EENS_K \quad (4.4)$$

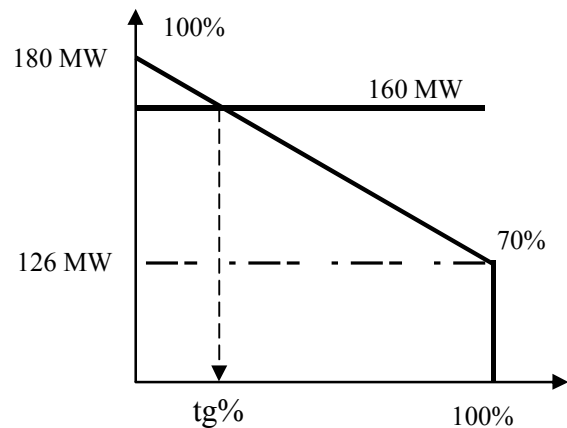
2. Energetski indeks pouzdanosti za ceo sistem:

$$EIR = 1 - \Delta W / W = 1 - EENS / W \quad (4.5)$$

3. Energetski indeks nepouzdanosti za ceo sistem:

$$EIU = 1 - EIR \quad (4.6)$$

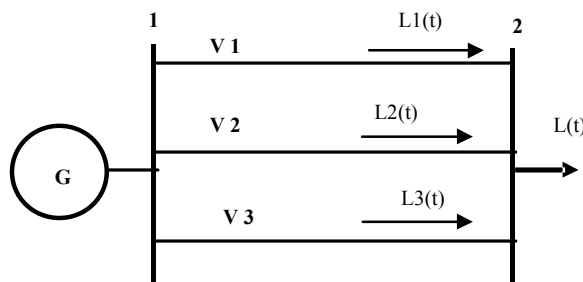
5. JEDNOSTAVAN NUMERIČKI PRIMER ZA POTREBE EDUKACIJE



Sl. 3. Dijagram trajanja opterećenja potrošačkog čvora

Potrošači su predstavljeni dijagramom trajanja opterećenja $L(t)$ koji je ilustrovan prethodnom slikom.

U nastavku je predstavljena verovatnoća stanja sistema u zavisnosti od broja ispada elemenata (generatori i vodovi). Obraden je slučaj sa sistemom od tri voda istih karakteristika za razliku od numeričkog primera koji je preuzet iz [1] koji se sastojao iz dva voda od 160 MW, šest generatora od 40 MW. Opterećenje se menjalo od 180 MW, do 540 MW. Na kraju su prikazana dva dijagrama pokazatelja pouzdanosti u zavisnosti od dužine vodova (opterećenje 540 MW). Broj stanja je sa 256 za slučaj od dva voda, porastao na $NS = 2^9 = 512$.

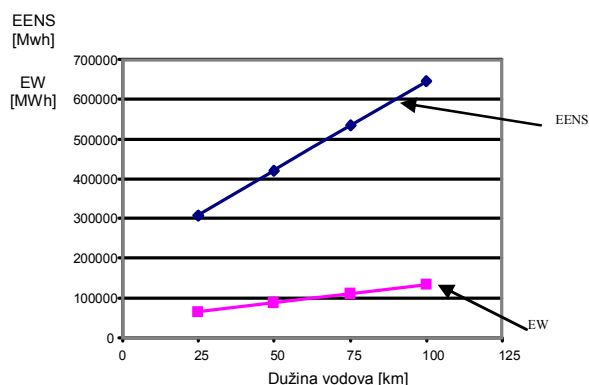


Sl.4. Mali proizvodno prenosni sistem sa tri voda

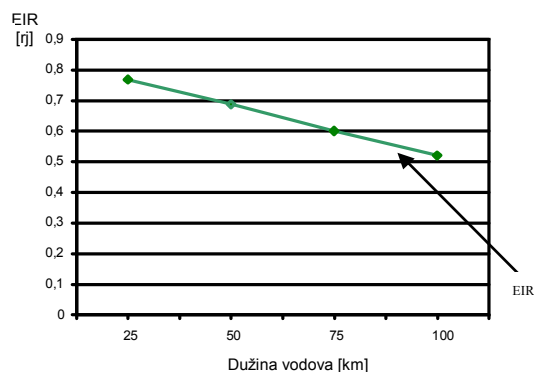
Tabela 1. Prikaz pokazatelja pouzdanosti u zavisnosti od pogonskih stanja

Sistem sa 3 voda, potrošnje $P_{max}=180$ MW			
R.Br.	VRSTA ISPADA	RASPOLOZIVA SNAGA [MW]	VEROVATNOCA
1	0G 0V	240.00MW	0.88470590
2	0G 1V	240.00MW	0.00113619
3	1G 0V	200.00MW	0.10833120
4	0G 2V	160.00MW	0.00000049
5	1G 1V	200.00MW	0.00013912
6	2G 0V	160.00MW	0.00552710
7	0G 3V	.00MW	0.00000000
8	1G 2V	160.00MW	0.00000006
9	2G 1V	160.00MW	0.00000710
10	3G 0V	120.00MW	0.00015040
Ukupna neisporučena energija je: .17MWh			
Matematičko očekivanje neisporučene energije je: .17MWh			
Energetski nivo pouzdanosti potrosackog cvora je: 1.00			

Sistem sa 3 voda, potrošnje $P_{max}=540$ MW			
R.Br.	VRSTA ISPADA	RASPOLOZIVA SNAGA [MW]	VEROVATNOCA
1	0G 0V	240.00MW	0.88470590
2	0G 1V	240.00MW	0.00113619
3	1G 0V	200.00MW	0.10833120
4	0G 2V	160.00MW	0.00000049
5	1G 1V	200.00MW	0.00013912
6	2G 0V	160.00MW	0.00552710
7	0G 3V	.00MW	0.00000000
8	1G 2V	160.00MW	0.00000006
9	2G 1V	160.00MW	0.00000710
10	3G 0V	120.00MW	0.00015040
Ukupna neisporučena energija je: 308065.90MWh			
Matematičko očekivanje neisporučene energije je: 64265.61MWh			
Energetski nivo pouzdanosti potrosackog cvora je: .77			



Sl. 5. Neisporučena energija i matematičko očekivanje neisporučene energije u zavisnosti od dužine vodova



Sl. 6. Energetski indeks pouzdanosti u zavisnosti od dužine vodovova

6. ZAKLJUČAK

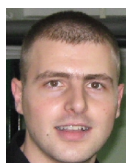
Metod za planiranje razvoja EES-a na osnovu pokazatelja pouzdanosti prikazan je u ovom radu kroz tabele dobijene pomoću programskog jezika Fortran za različite slučajeve opterećenja kao i za različite dužine vodova. Važno je uočiti da sa porastom dužine vodova raste i verovatnoća njihovog ispada. Zbog toga potrošače većeg prioriteta treba napajati iz vodova manjih dužina. Takođe, sa porastom dužine vodova raste i neisporučena energija (EENS) kao i matematičko očekivanje neisporučene energije (EW), dok energetski indeks pouzdanosti opada (EIR). Zbog toga, mora se obratiti pažnja na ove pokazatelje, kako bi se umanjio rizik od deficita električne energije.

7. LITERATURA

- [1] R. Billinton, R. Allan, "Reliability Evaluation of Power Systems", Plenum Press 1996.

- [2] J. Nahman, "Metode analize pouzdanosti elektroenergetskih sistema", Naučna knjiga, Beograd, 1992.
 [3] I. Škokljević, "Planiranje Elektroenergetskih sistema-problemi, pitanja i odgovori iz odabranih oblasti" Taurus Pablik, Beograd, 2000.
 [4] V. Levi, "Planiranje Razvoja Elektroenergetskih Sistema Pomoću Računara" Stylos, Novi Sad 1998.
 [5] M. S. Čalović, A. T. Sarić, "Planiranje Elektroenergetskih sistema, Beopres štampa, Beograd 2000.

Kratka biografija:



Budimir Pavlović rođen je u Šapcu 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je 2008.god.

Miroslav Nimrihter diplomirao je, magistrirao i doktorirao na ETF Beograd. Zaposlen je na FTN Novi Sad. Predaje predmete 'Elektrodistibutivni sistemi' i 'Tehnika visokog napona', kao i 'Ne-determinističke metode' na doktorskim studijama.

Jedno rešenje udaljenog poziva funkcija upotrebom IPC sprege

Tomislav Mitrović, Goran Miljković, Aleksandar Trkulja

Sadržaj — U ovom radu je definisan protokol za daljinsko pozivanje funkcija, u daljem tekstu RPC (Remote Procedure Call) između fizički ili logički odvojenih modula ili platformi. U tekstu su predstavljeni izgled RPC komandi, tok komunikacije i mehanizmi kojima je ona omogućena, specijalni slučajevi i rukovanje greškama, testiranje rada sistema, kao i korisnička sprema, u daljem tekstu API (Application Programming Interface).

Ključne reči — IPC- Inter-Processor Communication Protocol, RPC- Remote Procedure Call, UART- Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

I. UVOD

RPC protokol je protokol za daljinsko pozivanje funkcija. Njime se postiže apstrakcija pozivanja funkcija fizički ili logički odvojenih uređaja kao da su to lokalne funkcije. Komunikacija je dvosmerna, bez postojanja vodećeg i pratećeg učesnika u njoj. Mehanizmi kojima je ona omogućena su opisani u daljim poglavljima, kao i njena dinamika.

A. Izgled RPC komande

Izgled RPC komande korištene pri projektovanju, izvedbi i testiranju protokola je prikazan u Tabeli 1.

TABELA 1: IZGLED TEST RPC KOMANDE.

Polje	Opis	Bajti
<i>reqType</i>	tip komande (RPC_REQ, RPC_RES)	0
<i>funcId</i>	identifikator funkcije koja se poziva	1
<i>sizeOfRet</i>	veličina povratne vrednosti funkcije	2
<i>noOfArg</i>	broj argumenata funkcije	3
<i>devId</i>	identifikator uređaja kome se šalje komanda	4
<i>devInst</i>	instanca uređaja kome se šalje komanda	5
<i>payload</i>	ret_val size_of_arg1 ... size_of_argn arg1 ... argn	6

Rad je delimično podržan u okviru projekta TR-6136B Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

Tomislav Mitrović, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; (telefon: 381-64-9594567; e-mail: tomislav.mitrovic@micronasnit.com).

Goran Miljković, MicronasNIT, Fruškogorska 11a, 21000 Novi Sad, Srbija; (e-mail: goran.miljkovic@micronas.com).

Aleksandar Trkulja, MicronasNIT, Fruškogorska 11a, 21000 Novi Sad, Srbija; (e-mail: aleksandar.trkulja@micronas.com).

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Branislav Atlagić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, Novembar 2007.

Polje *payload* je promenjive dužine i predstavlja niz bajta koji sadrže: povratnu vrednost funkcije, ukoliko ona postoji za nju je rezervisano *sizeOfRet* bajta, zatim su navedene veličine argumenata funkcije, a nakon toga i njihove vrednosti. Svi argumenti, bilo kog da su tipa i oblika (ulazni, izlazni, ulazno-izlazni), moraju biti preneseni po vrednosti, jer se radi sa odvojenim memorijskim prostorima (gde se funkcija poziva i gde se izvršava) i ne postoji mogućnost prenosa po adresi.

Uzimajući u obzir da je protokol izveden tako da bude nezavisan od oblika komande koja se šalje, uviđa se da njen predstavljeni izgled nije od suštinskog značaja za implementaciju protokola, nego je samo upotrebljen pri ovoj izvedbi, kao i za opisivanje protokola i objašnjenje procesa testiranja.

II. MEHANIZMI I DINAMIKA PROTOKOLA

A. Izgled RPC poruke i fragmentacija podataka

Za ostvarenje komunikacije između platformi je korišten IPC (Inter-Processor Communication) protokol, koji se oslanja na UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) rukovalac i razmenu podataka preko serijskog prolaza. Maksimalna količina korisnih podataka koja se može preneti jednom IPC porukom je 255 bajta. Na Sl. 1. je predstavljen izgled RPC poruke koja se prenosi jednom IPC porukom.

0 ¹	3	4	7	8	15	16	23	24
pdu type	seq. cnt.	dev. id	dev. inst.	payload length...				
...payload length	39			payload ...				
				... payload				

Sl. 1. Izgled RPC poruke

Prvih pet bajta predstavlja zaglavlje RPC poruke u kome su definisani podaci bitni za razlikovanje paketa i sledećeg su značenja:

pdu type: 4-bitna oznaka za tip poruke koja se prenosi (RPC_REQ, RPC_RES, RPC_ACK, RPC_NACK); u ovom polju se nalazi tip komande koja se šalje, dok se RPC_ACK i RPC_NACK koriste samo unutar protokola za potvrdu uspešnog, odnosno, neuspešnog prijema komande;

seq. cnt: 4-bitni brojač (modulo 16) čija vrednost predstavlja identifikator paketa (RPC poruke); obe strane poseduju svoj brojač, bez uvida u stanje brojača na drugoj strani; koristi se i za uparivanje komande/odgovora i potvrde o njenom prijemu;

¹ bit pozicije podataka unutar poruke

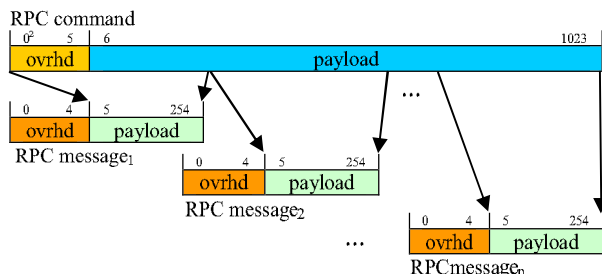
dev. id: 8-bitni identifikator uređaja koji šalje komandu; koristi se da bi druga strana mogla odrediti kome treba da vrati odgovor na pozvanu komandu;

dev. inst: 8-bitna oznaka instance uređaja koji šalje komandu ili odgovor; upotreba kao i kod *dev. id* polja;

payload length: 16-bitni podatak o dužini RPC komande; podatak se unosi samo u prvu RPC poruku u nizu poruka vezanih za jednu komandu, dok je u ostalim porukama ovo polje jednako nuli.

Poruka prikazana na prethodnoj slici predstavlja korisne podatke jedne IPC poruke.

Da bi se omogućilo slanje RPC komandi koje su duže od max. količine podataka koja se može preneti jednom IPC porukom, na RPC nivou je bilo potrebno uvesti podelu komande (fragmentaciju podataka) na više RPC poruka, što nije podržano IPC protokolom. Na Sl. 2. je prikazan proces fragmentacije podataka, tj. deljenja RPC komande na više RPC poruka koje se šalju jedna za drugom.



Sl. 2. Fragmentacija podataka

Za pomeranje kroz bafer komande se koristi vrednost koju vrati funkcija za slanje RPC poruke. Naime, ukoliko je poruka uspešno poslana, ta vrednost predstavlja broj poslanih bajta, a ukoliko dođe do neuspešnog slanja poruke, dolazi do prekida slanja komande uz povratnu informaciju onome ko je komandu poslao.

Na prijemnoj strani se izvršava obrnut proces, uz otkrivanje mogućih grešaka pri prenosu. Naime, paketi se prihvataju i ponovo slažu u jednu celinu, tj. RPC komanda se ponovo ujedinjuje.

Po prijemu prve u nizu poruka jedne RPC komande očitavaju se dužina komande, oznaka i instance uređaja i pomoćni brojač paketa se postavlja na vrednost koja se nalazi u zaglavlju poruke, dok se po prijemu svih ostalih poruka proveravaju vrednosti brojača paketa i polja koje nosi podatak o dužini RPC komande u zaglavlju poruke.

Vrednosti brojača, koje stižu u zaglavlju poruka, moraju biti sekvencijalne, inače bi došlo do greške u prenosu i gubljenja paketa. Ovo svojstvo brojača paketa je upotrebljeno za otkrivanje greške.

Po prijemu svake poruke umanjuje se vrednost promenljive u kojoj se čuva dužina komande za broj primljenih bajta date poruke. Poruke se primaju sve dok je ta vrednost veća od nule ili dok ne dođe do isteka vremena predviđenog za prijem komande, koje je definisano pri pozivu funkcije za slanje.

Kako je podatak o dužini komande ubačen samo u zaglavlje prve poruke u nizu, pomoću njega je, takođe,

moguće otkriti greške prenosa. Ukoliko se otkrije nepravilnost u vrednostima polja koja nose podatak o dužini komande to znači da je došlo do greške u prenosu i ona se prijavljuje drugoj strani.

B. Retransmisija RPC poruka

Retransmisija poruka je još jedan od mehanizama uvedenih u RPC protokolu koji nije podržan IPC-om. Naime, pokušava se izvršiti slanje RPC poruke sve dok ono ne bude uspešno izvedeno ili dok ne istekne vreme predviđeno za to. Vreme za slanje jedne RPC poruke je definisano konstantom pri implementaciji protokola. Istom konstantom je definisano i vreme koje ograničava čekanje na njen prijem.

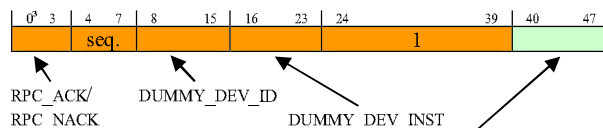
Ukoliko u predviđenom vremenskom okviru dođe do uspešnog slanja poruke, vraća se broj poslanih bajta RPC komande (ne računajući u to bajte zaglavlja RPC poruke nego samo korisne podatke), dok se u suprotnom prekida slanje komande i vraća vrednost -1, kao znak njenog neuspešnog slanja.

Na prijemnoj strani se čita sa IPC uređaja sve dok ne dođe do uspešnog prijema poruke ili dok ne istekne predviđeno vreme. Ukoliko u predviđenom vremenu ne dođe do prijema poruke dalje primanje komande se prekida i vraća se informacija o neuspešnom prijemu podataka nakon čega se ta informacija šalje i na stranu koja je komandu poslala.

C. Mehanizam potvrde

Ovaj mehanizam je uveden kao potvrda uspešnog, odnosno, neuspešnog prijema samo na nivou cele RPC komande/odgovora, pošto je za pojedinačne RPC poruke to već podržano IPC protokolom.

Naime, po uspešnom, odnosno, neuspešnom prijemu komande/odgovora, prijemna strana šalje drugoj strani informaciju o tome u vidu RPC poruke, koja u polju za tip nosi oznaku `RPC_ACK`, odnosno, `RPC_NACK`. Poruke ovakvog tipa kao koristan podatak nose samo brojač paketa poslednje uspešno primljene poruke, ukoliko je došlo do uspešnog prijema, ili brojač paketa poruke pri čijem je prenosu došlo do greške. Ta oznaka paketa se koristi za uparivanje poslanih komande/odgovora i pozitivne ili negativne potvrde njenog prijema na drugoj strani. Izgled potvrde je predstavljen na Sl. 3.



Sl. 3. Izgled poruke koja predstavlja potvrdu prijema

U polja rezervisana za identifikator i oznaku instance uređaja koji šalje potvrdu, unutar zaglavlja poruke, postavljaju se konstante `DUMMY_DEV_ID` i `DUMMY_DEV_INST`, koje označavaju da je poruka poslana interno, ta polja su ista bez obzira koji uređaj ju je poslao.

Tek nakon prijema pozitivne ili negativne potvrde o prijemu komande na drugoj strani, strana koja je poslala komandu obaveštava korisnika o njenom uspešnom,

² oznake bajta unutar RPC komande i poruka

³ bit pozicije podataka u poruci

odnosno, neuspešnom slanju. Pri tome se, po prijemu pozitivne potvrde, prelazi na čekanje odgovora na poslanu komandu. Tek nakon njegovog prijema se korisniku vraća informacija o slanju komande, ujedno i o prijemu odgovora na nju.

D. Lista komandi i parsiranje komandi/ odgovora

Unutar protokola postoji definisana lista RPC komandi u koju se smeštaju deskriptori poslanih komandi koje čekaju na prijem odgovora. Izgled deskriptora komande je predstavljen u Tabeli 2.

TABELA 2: IZGLED DESKRIPTORA KOMANDE.

Polje	Opis	Vel.
<i>devId</i>	identifikator uređaja koji šalje komandu	1
<i>devInst</i>	instanca uređaja koji šalje komandu	1
<i>cmdId</i>	identifikator funkcije koja se poziva	2
<i>timestamp_ms</i>	trenutak slanja komande	4
<i>timeout_ms</i>	vreme čekanja na odgovor	2

Nakon uspešnog slanja komande dolazi do upisivanja njenog deskriptora u listu komandi sa definisanim trenutkom njenog slanja i vremenom za čekanje na odgovor. Zbir vrednosti polja *timestamp_ms* i *timeout_ms* određuje vremenski trenutak do koga se čeka na odgovor. Lista komandi se periodično pregleda i proverava se validnost deskriptora u njoj. Naime, pri svakom prolazu kroz listu ispituje se da li je vremenski trenutak do kog se čeka na odgovor već prošao. Ukoliko je to slučaj, dolazi do izbacivanja deskriptora iz liste komandi.

Svrha uvođenja liste komandi jeste da se po prijemu odgovora prvo pretraži lista tj. da se ispita da li postoji komanda koja još uvek čeka na primljeni odgovor. Na osnovu rezultata provere se primljeni odgovor prosleđuje, odnosno, ignoriše.

Kao što je već pomenuto, unutar protokola postoji definisana funkcija koja ima uvid u izgled i strukturu RPC komandi koje se protokolom šalju. To je funkcija *rpcParser(...)*. Promena strukture komande za sobom povlači i moguću potrebu izmene obrade podataka unutar ove funkcije. U stvari, moguća je potreba za promenom makroa koji su definisani pri implementaciji protokola, a služe za izvlačenje oznake uređaja kome je komanda poslana i oznake pozivane funkcije.

Parser ima višestruku ulogu pri slanju i prijemu komandi i odgovora. Naime, pri slanju RPC komande on ubacuje deskriptor u listu, uz određivanje trenutka njenog slanja, a pri prijemu odgovora proverava korespondentnost oznake uređaja koji prima odgovor sa oznakom uređaja kome je odgovor poslan i proverava listu komandi, vraćajući informaciju o tome.

Parser proverava i argumente poziva funkcije za prijem komandi i odgovora.

E. Dinamika protokola

Prvi korak pri upotrebi RPC protokola jeste njegova inicijalizacija. U procesu inicijalizacije protokola dolazi do stvaranja niti, inicijalizacije semafora i vremenske kontrole, stvaranja kružnog bafera u koji se smeštaju pristigle komande i odgovori, inicijalizacije liste komandi i otvaranja IPC uređaja. Ukoliko bilo koji od koraka bude neuspešno izvršen inicijalizacija se prekida, uz odgovarajuću povratnu informaciju.

Operacije slanja i prijema komandi i odgovora su neprekidne i zaštićene semaforom, kao međusobno isključive. Naime, dok se šalje jedna RPC komanda nije moguće započeti slanje druge komande ili odgovora ili njihov prijem sa druge strane. Postoji slična zaštita i na nivou RPC poruka.

Pored toga, operacije slanja i prijema komandi, odgovora i poruka su implicitno, odnosno, eksplicitno vremenski ograničene, za šta su upotrebljene vremenske kontrole i njihove «callback» funkcije.

Operacija slanja komande je blokirajuća. Naime, nit koja je poslala komandu biće zaustavljena do prijema odgovora ili do isteka predviđenog vremena.

Po pozivu funkcije za slanje RPC komandi, dolazi do deljenja komande, ukoliko je to potrebno. Komanda je definisana kao argument poziva ove funkcije, a proces fragmentacije podataka je već opisan u poglavlju II A. Nakon slanja svih poruka vezanih za jednu RPC komandu, dolazi do čekanja na potvrdu prijema sa druge strane (dok je potvrda prijema pojedinačnih RPC poruka sadržana u povratnoj vrednosti funkcije za slanje preko IPC-a). Po prijemu potvrde, ukoliko je pozitivna, prelazi se na čekanje na odgovor na poslanu komandu.

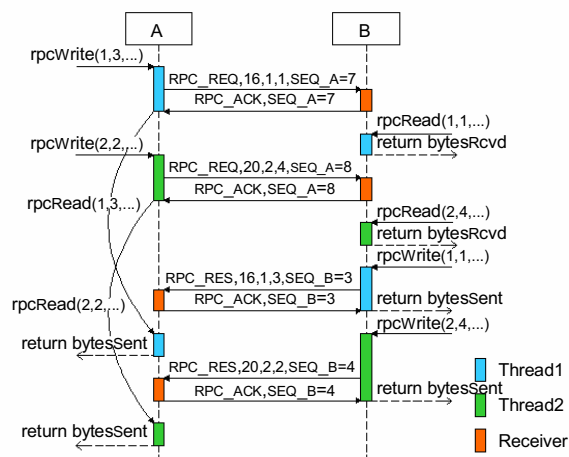
Za prijem komandi i odgovora je zadužena zasebna nit unutar protokola. Naime, ta nit predstavlja jednostavan automat sa konačnim brojem stanja (status RPC veze). Po uspešnoj inicijalizaciji RPC-a, automat prelazi u stanje u kojem periodično poziva internu funkciju za prijem komandi. Po prijemu, komanda/odgovor bivaju smešteni u kružni bafer. Pri prijemu komande, prva dva bajta u baferu u koji se ona smešta, predstavljaju oznake uređaja koji je komandu poslao, a smešteni su tu da bi aplikativni nivo znao kome treba da vrati odgovor na primljenu komandu.

Potvrda prijema se prihvata na mestima odakle se komanda šalje, dok se ona šalje iz niti za prijem komandi (sa oznakama *DUMMY_DEV_ID* i *DUMMY_DEV_INST*). Ukoliko dođe do prijema potvrde unutar niti zadužene za prijem komandi/odgovora, ona će biti ignorisana.

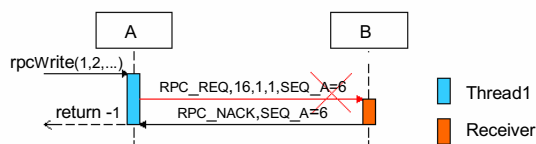
Postoji mogućnost slanja komandi iz više i ka više različitih uređaja, kao i prijem odgovora, dok se prijem komandi i slanje odgovora izvršava sa samo jednog mesta, niti unutar aplikacije koja je zadužena za prijem komande, izdvajanje potrebnih informacija, pozivanje lokalne funkcije uređaja, pripremanje i slanje odgovora. Ova funkcionalnost protokola je omogućena tako što su za svaki od uređaja definisane oznake (*device id* i *device instance*), koje se prenose unutar komande, odnosno, odgovora. Za uparivanje komandi i odgovora na njih je zadužen interni parser protokola.

Pored internog parsera, za punu funkcionalnost unutar korisničke aplikacije je potrebno napraviti eksterni parser i funkciju za pripremu komande koja će biti poslana, ali taj deo je ostavljen za aplikativni nivo. Uloga pakera komande jeste popunjavanje zaglavlja i priprema korisnih podataka RPC komande i njeno prosleđivanje funkciji za slanje komandi preko RPC-a, dok eksterni parser ima ulogu da, po prijemu komande od niti zadužene za to, izdvoji potrebne podatke, pozove odgovarajuću lokalnu funkciju, zatim pripremi i pošalje odgovor.

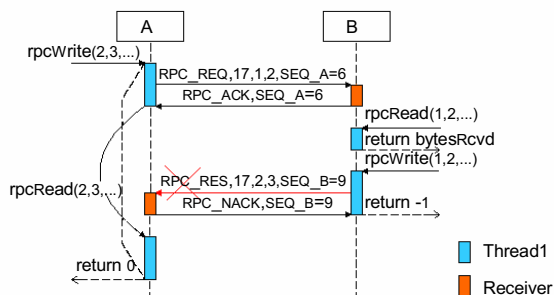
Tok komunikacije u par specijalnih slučajeva je opisan na Sl. 4. do Sl. 7.



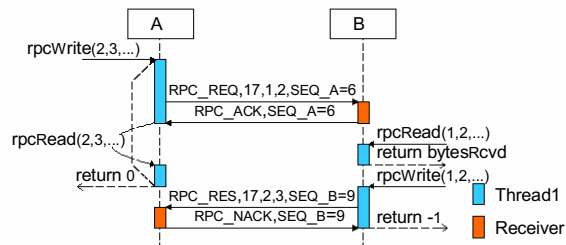
Sl. 4. Uspešno slanje i prijem dve komande i odgovora unutar zadatih vremenskih okvira; povratne vrednosti funkcija za slanje i prijem komandi predstavljaju broj poslanih, odnosno, primljenih bajta.



Sl. 5. Neuspešno slanje komande; funkcija za slanje, po prijemu negativne potvrde, vraća -1.



Sl. 6. Slučaj neuspešnog prijema odgovora na poslanu komandu; povratna vrednost funkcije za slanje je 0, jer je komanda uspešno poslana, ali nije primljen odgovor.



Sl. 7. Odgovor na poslanu komandu nije stigao u zadatom vremenskom okviru; funkcija za slanje vraća vrednost 0; naknadno primljeni odgovor biva ignorisan; uređaj koji je odgovor slao dobija negativnu potvrdu sa druge strane pa se, na osnovu te informacije, mogu poništiti efekti već pozvane lokalne funkcije.

III. PROGRAMSKA KORISNIČKA SPREGA - API

API protokola sadrži tri funkcije prikazane u Tabeli 3.

TABELA 3. OPIS PROGRAMSKE KORISNIČKE SPREGE.

rpcInit:	funkcija za inicijalizaciju IPC i RPC protokola
pov. vrednost:	< 0 - neuspešno >= 0 - uspešno
parametri:	nema
rpcWrite:	funkcija za slanje komandi i prijem odgovora
pov. vrednost:	=-1 - neuspešno slanje komande =0 - uspešno slanje, ali bez prijema odgovora >0 - uspešno slanje komande i prijem odgovora (predstavlja broj poslanih bajta)
parametri:	uint8_t myDevId - identifikator uređaja koji šalje komandu uint8_t myDevInst - instanca uređaja koji šalje komandu uint8_t callType - tip komande (RPC_REQ, RPC_RES) uint8_t* buff - bafer u kome je komanda/odgovor za slanje uint16_t len - dužina komande/odgovora uint16_t timeout - vreme za slanje komande i prijem odgovora
rpcRead:	funkcija za prijem komandi
pov. vrednost:	<=0 - neuspešan prijem komande >0 - uspešan prijem (broj primljenih bajta)
parametri:	uint8_t myDevId - identifikator uređaja koji prima komandu uint8_t myDevInst - instanca uređaja koji prima komandu uint8_t* callType - tip komande (RPC_REQ, RPC_RES) uint8_t* buff - bafer u koji se smešta komanda uint16_t timeout - vreme čekanja na prijem komande

IV. TESTIRANJE

Test aplikacija je razvijena za MHS_Box platformu sa MDE-B procesorom na sebi. U procesu testiranja su korištene dve pomenute platforme, koje su međusobno povezane ukrštenim serijskim kablom. Platforme su povezane i sa računarom putem serijskog kabla pa je u «starter» konzoli moguće pratiti i delimično kontrolisati izvršavanje aplikacija.

Za testiranje protokola je definisan i oblik RPC komande, kao i funkcije za pripremu, slanje i prijem komandi. Funkcija za pripremu se poziva iz uređaja koji šalje komandu i ona predstavlja paker komande. Poziv funkcije za slanje je posredan, kroz paker. Funkcija za prijem komandi se periodično poziva iz glavne programske niti. Ona je i eksterni parser RPC komandi i odgovora.

Pored ovih funkcija, definisano je i niz test funkcija koje predstavljaju lokalne funkcije uređaja. Podržane su različite vrste, one čiji je rezultat povratna vrednost (različitih tipova podataka), zatim funkcije koje rezultat vraćaju preko ulazno-izlaznih i/ili izlaznih argumenata, takođe, različitih tipova i veličina, ili na oba načina.

Za simulaciju različitih uređaja su definisane test niti, iz kojih se periodično šalju komande, pri čemu svaka od njih ima svoj jednoznačni identifikator (par *dev_id* i *dev_inst*).

ABSTRACT

This paper defines a protocol for remote procedure calling (RPC) between physically or logically separated modules or platforms. The text contains explanation of the RPC command look, communication dynamics and mechanisms for enabling it, special cases and error handling, system testing and its programming interface.

A SOLUTION FOR RPC OVER IPC INTERFACE

Tomislav Mitrović, Goran Miljković, Aleksandar Trkulja

ПРИМЕНА АПСОЛУТНОГ ЕНКОДЕРА У ЕЛЕКТРОМОТОРНОМ ПОГОНУ

Илија Токић, Стеван Грабић, Владимир Катић, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

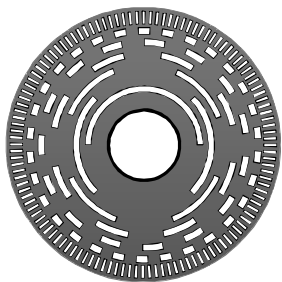
Садржај - Рад се бави применом апсолутног енкодера у електромоторном погону са тежиштем на превазилажењу проблема утицаја серијског преноса података на повећање транспортног кашњења у управљачком алгоритму. У том циљу, са једне стране, дат је предлог решења компензатора транспортног кашњења, а са друге остварена је оптимизација протокола серијске комуникације EnDat 2.2/01. Развијени прилагодни склоп прилагођава серијски пренос података управљачкој јединици заснованој на dSpace развојном систему.

1. УВОД

Управљање серво погоном захтева мерне уређаје који обезбеђују податке о позицији и брзини објекта управљања и прослеђују их ка струјним, брзинским и позиционим регулаторима, а у неким случајевима и склоповима за електронску комуникацију. Уређаји који се користе у ове сврхе су енкодери. Подела енкодера може се извршити на више начина, у зависности од тога да ли се има линеарно или обртно кретање, затим према начину и месту уградње, према примењеном физичком методу мерења, према начину читавања и сл.

Енкодери се према начину читавања сврставају у инкременталне и апсолутне. Иако се инкрементални енкодери далеко шире користе, постоје примене које захтевају употребу апсолутних. Њих повезује захтев за тачним познавањем позиције објекта управљања непосредно по укључењу погона. У групи оптичких енкодера, по својој поставци апсолутни енкодери су доста слични инкременталним.

Попут инкременталних и апсолутни енкодери по ободу диска имају прстен са најфинијом инкременталном решетком (слика 1). Стога је прецизност апсолутног енкодера једнака прецизности одговарајућег инкременталног. Међутим, у овом случају, овим прстеном се добијају сигнали два бита најниже вредности (*Least Significant Bit*). Битови већег значаја (до *Most Significant Bit*) добијају се читавањем прстенова смештених према оси диска, тако да сваком биту одговара један прстен, а бит највеће вредности се читава са прстена најближег оси.



Сл. 1. Изглед диска апсолутног енкодера

Ако су поменута два *LSB* сигнала доступна у *sin/cos* облику, прецизност мерења се може додатно повећати њиховим *A/D* претварањем. Сада резолуција *A/D* претварача одређује тачност мерења. На пример, ротациони апсолутни енкодер *EQN1325* произвођача *Heidenhain* даје 13 бита позиције (тј. разликује 8192 различите позиције), док енкодер исте врсте *EQN1337* на свом излазу даје 25 бита (или 33554432 позиције) од којих 12 потиче од *A/D* претварача.

Основни недостатак примене апсолутног енкодера јесте потреба да се пренесе податак о позицији у виду речи значајне дужине. Решења која се заснивају на паралелном преносу (по бинарном, *BCD*, Грјевом коду) захтевају број проводника за пренос једнак дужини речи што узрокује ограничења у растојању преноса и примени у срединама са израженим електромагнетним зрачењем. Овакви услови се управо јављају код већине електромоторних погона. Да би се број проводника свео на најмањи потребан и пренос учинио поузданим, произвођачи енкодера примењују један од видова синхроне серијске комуникације (*Synchronous Serial Interface – SSI, Encoder Data-EnDat*) у преносу података. Међутим, за разлику од паралелног преноса где се подаци добијају готово тренутно, серијски пренос захтева значајно време. У случају управљања погоном оно се додаје укупном времену потребном за извршавање алгоритма управљања и самим тим нарушава његове динамичке особине.

Рад се управо бави анализом примене апсолутног енкодера са серијским преносом података у електромоторном погону високих перформанси где је потребно утицај енкодера на повећање транспортног кашњења свести на најмању меру. У другом поглављу рада дата је анализа у комплексном домену транспортног кашњења и предложеног решења делимичне компензације датог кашњења. Оптимално решење у смислу брзине пријема података *EnDat* синхроним серијском комуникацијом и прилагођења примени у електромоторном погону представљено је у трећем поглављу, док је у четвртном поглављу приказан остварени прилагодни склоп који примењује дато решење. Следи закључак у петом поглављу.

2. УТИЦАЈ ТРАНСПОРТНОГ КАШЊЕЊА

Протекло време од тренутка захтева за податком о позицији од стране алгоритма управљања до тренутка када он буде доступан, представља удео који апсолутни енкодер има у укупном транспортном кашњењу алгоритма. У општем случају, уз примену енкодера са серијским преносом података, дато кашњење се састоји од времена потребног за слање наредбе ка енкодеру, времена у коме енкодер срачунава позицију, и коначно времена потребног за пријем података. Више детаља о

НАПОМЕНА:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Vladimir Katić.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji INDEL, Banja Luka, Novembar 2008.

самом комуникационом протоколу биће дато у наредном поглављу.

Дакле, генерисање управљачке променљиве на излазу алгоритма управљања биће закашњено за неко време пријема податка позиције t_d . На слици 2 произвољно су скициране промене величина угаоне брзине обртања ω и угао позиције θ и временски след очитавања.

Наредба за очитавање се шаље ка енкодеру периодично сваких T (... , $t-T-t_d$, $t-t_d$...). Пријем позиције се дешава са кашњењем од t_d тако да би се за послату наредбу у $t-t_d$ подаци добили у t . Стога преносна функција енкодера одговара преносној функцији кола кашњења и у комплексном домену $G_{enk}(s)$ гласи:

$$G_{enk}(s) = e^{-s \cdot t_d} \quad (1)$$

Аргумент функције $G_{enk}(j\omega)$ приказан је на доњем графику слике 3. Међутим ако познајемо вредност транспортног кашњења t_d тада је могуће извршити процену стварне вредности угла у тренутку t , $\theta'(t)$, и делимично компензовати утицај кашњења.

Како енкодер на самом почетку пријема наредбе за очитавање одабира угао θ , то се може сматрати да су примљене вредности управо ..., $\theta(t-T-t_d)$, $\theta(t-t_d)$, ... Једноставан начин за процену угла је да се на новоочитану вредност $\theta(t-t_d)$ дода прираштај угла током t_d узимајући средњу вредност угаоне брзине ω_{sr} из претходне периоде T :

$$\theta'(t) = \theta(t-t_d) + \frac{\theta(t-t_d) - \theta(t-T-t_d)}{T} \cdot t_d \quad (2)$$

Израз (2) у комплексном домену гласи:

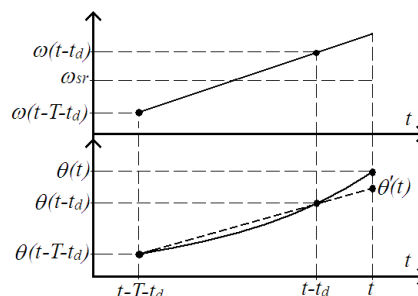
$$\begin{aligned} \theta'(s) &= \theta(s) \cdot e^{-s \cdot t_d} \cdot \left[1 + \frac{t_d}{T} \cdot (1 - e^{-s \cdot T}) \right] = \\ &= \theta(s) \cdot G_{enk}(s) \cdot G_{komp}(s) \end{aligned} \quad (3)$$

где $G_{komp}(s)$ представља утицај предложене компензације. Модуо и аргумент функције $G_{komp}(j\omega)$ дати су изразима (4) и (5) и приказани су на слици 3.

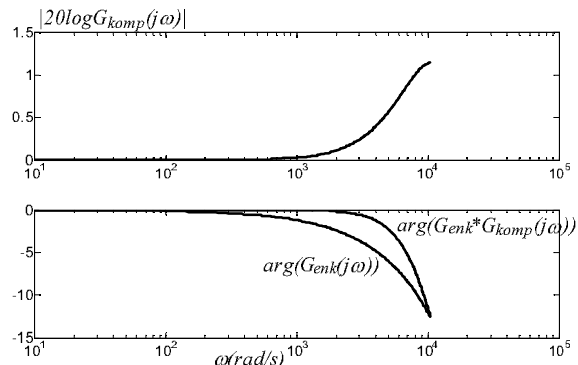
$$|G_{komp}(j\omega)| = \sqrt{1 + 2 \cdot \frac{t_d}{T} (1 - \cos(\omega T)) \cdot (1 + \frac{t_d}{T})} \quad (4)$$

$$\arg[G_{komp}(j\omega)] = \arctg\left(\frac{\frac{t_d}{T} \cdot \sin(\omega T)}{1 + \frac{t_d}{T} \cdot (1 - \cos(\omega T))}\right) \quad (5)$$

Временско кашњење очитавања угла t_d има већи утицај у регулационој петљи са мањом периодом одабирања T . Пошто у алгоритмима управљања електромоторним погонима струја регулационе петље има најмање T , а захтева и познавање угла за примену у трансформацијама ротације, утицај t_d је овде критичан. На слици 3 приказани су модуо функције преноса компензатора $|20 \log(G_{komp}(j\omega))|$, аргумент функције преноса кашњења без компензације кашњења $\arg[G_{enk}(j\omega)]$, и аргумент функције преноса са додатом компензацијом кашњења $\arg[G_{enk} \cdot G_{komp}(j\omega)]$, за пример када је период одабирања регулационе петље $T=0,3ms$ и кашњење при очитавању угла $t_d=21\mu s$. Никвистов критеријум одређује фреквенцијско подручје



Сл. 2. Угаона брзина ω и угао θ са временским следом очитавања



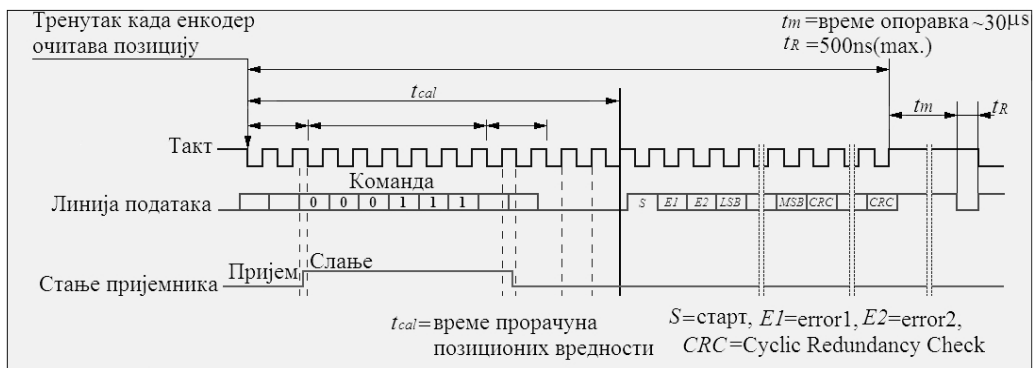
Сл. 3. Модуо и аргумент функције преноса компензатора кашњења, $|20 \log(G_{komp}(j\omega))|$ и $\arg[G_{enk} \cdot G_{komp}(j\omega)]$, и аргумент функције кашњења $\arg[G_{enk}(j\omega)]$

од интереса $2\pi / (T/2) = 10472 \text{ rad/s}$, али треба напоменути да је динамичко подручје промене угла за ред величине ниже од динамичког опсега промене струја. Види се да компензатор утиче на повећање укупног аргумента функције преноса што омогућује остваривање бољих динамичких особина целог погона.

3. КОМУНИКАЦИОНИ ПРОТОКОЛ

Као што је претходно поменуто у уводном делу, енкодери са серијским преносом података примењују неки од видова синхроне серијске комуникације. У раду је обрађена примена *EnDat 2.2/01* протокола развијеног од стране произвођача енкодера *Heidenhain*. Иако овај протокол пружа широке могућности у раду са енкодером (поред очитавања позиције и проверу исправности пренетих података, очитавање грешке у раду енкодера, постављање параметара енкодера, итд.), овде је нагласак дат на сам пријем података о углу, а у циљу оптимизације брзине преноса.

Пренос наредби за очитавање угла од пријемне јединице ка енкодеру, и очитаних вредности угла у супротном смеру, синхронизише такт сигнал генерисан од стране пријемне јединице (слика 4). Са првом опадајућом ивицом такт сигнала енкодер очитава вредност угла. Пре треће опадајуће ивице такта пријемна јединица прелази у режим предајника, а затим сеље низ од 6 бита команде за очитавање позиције. Пошто је потом прешла у режим пријемника спремна је за пријем података од енкодера, што ће уследити са одређеним кашњењем у зависности од времена t_{cal} потребног енкодеру да припреми податке



Сл. 4. Приказ EnDat 2.2/01 протокола

за слање. Подаци се читавају на опадајућу ивицу. Прима се најпре старт бит S, затим два бита за сигнализацију грешке (E1 и E2), низ бита речи позиције почевши од бита најниже вредности LSB и на крају пет бита за исправност пријема CRC. Овај комуникациони протокол је у раду остварен на микроконтролеру у оквиру посебног прилагодног склопа који врши улогу пријемне јединице и серијски примљене податке прослеђује паралелно у виду речи управљачком склопу.

Док је у претходном поглављу разматран проблем компензације кашњења преноса коју остварује управљачки алгоритам овде је описан начин оптимизације самог преноса како би се поменуто кашњење свело на најмању меру. У том циљу програмски код уписан у микроконтролер је остварен у асемблерском језику. Ово је омогућило да се у истој периоди такт сигнала бит података прими и проследи на паралелни излаз.

```
CLR Takt
MOV C, Podatak
SETB Takt
MOV bitLSB, C
```

Поред тога није вршена провера исправности пријема података. Тако је за машински циклус микроконтролера од $90,42ns$ остварен такт од $1,38MHz$ и укупно време пријема $t_d = 21\mu s$. Ако се захтева краће време пријема могуће је применити микроконтролер са краћим машинским циклусом па би тада време пријема t_d било сразмерно мање. Међутим ако је истовремено потребно податке пренети на већу удаљеност мора се водити рачуна о брзини простирања сигнала. Овај проблем је могуће решити у оквиру програмског кода, што би ипак захтевало додатне наредбе у коду. Са слике 5 може се очитати за које вредности дужине проводника и учестаности такта је потребно увести компензацију времена простирања сигнала.

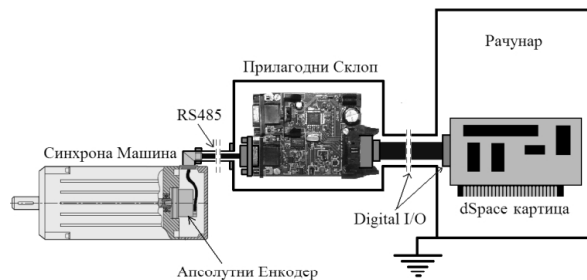
4. РЕШЕЊЕ ПРИЛАГОДНОГ СКЛОПА

Електромоторни погон управљан dSpace развојним системом са апсолутним енкодером као мерним уређајем скициран је на слици 6. Као спрега између енкодера са серијским преносом података и дигиталних улазних линија dSpace картице постављен је прилагодни склоп.

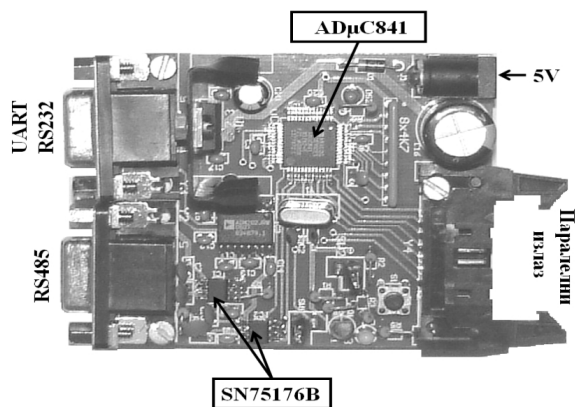
Прилагодни склоп, приказан на слици 7, заснован је на Analog Devices микроконтролеру ADuC841. Серијска комуникација са енкодером се остварује преко



Сл. 5. Утицај дужине проводника на учестаност такта са и без компензације времена простирања сигнала



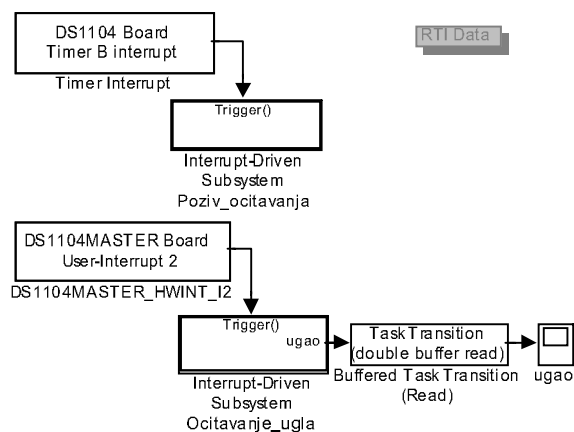
Сл. 6. Повезивање апсолутног енкодера у електромоторни погон



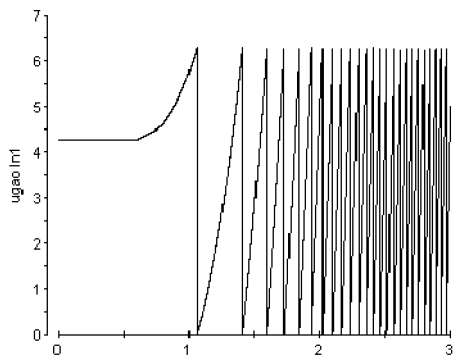
Сл. 7. Изглед плочице прилагодног склопа

RS485 диференцијалних сигнала такта и сигнала података, остварено посредством примопредајника SN75176B. На излазној страни прилагодни склоп шаље податке преко паралелног порта. Поред тога микроконтролер подржава програмирање унутар кола преко UART RS232 серијског порта.

Уобичајни захтев у електромоторним погонима је да се све мерење величине очитавају синхронно са ИШМ сигналом. Да би се овоме прилагодио рад апсолутног енкодера потребно је захтев за очитавање позиције, према слици 2, проследити енкодеру раније за t_d у односу на ИШМ сигнал. У раду је у сврху потврде рада прилагодног склопа, примењен нешто другачији начин очитавања. Део алгоритма управљања задужен за очитавање позиције, остварен у *Simulink* алату програмског пакета *Matlab* и уписан у *dSpace* развојни систем, приказан је на слици 8. Очитавање енкодера започиње прекидом тајмера (*Timer B*) у алгоритму управљања. Након пријема податка позиције у прилагодни склоп, прилагодни склоп шаље прекид управљачком алгоритму (*User-Interrupt*) након чега алгоритам преузима податак позиције у паралелном облику са дигиталних улазних линија. На слици 9 приказана је временска промена угла ротора синхроне машине, на коју је енкодер постављен, при залету машине од стања мировања до 1500 o/min .



Сл. 8. Део алгоритма управљања за очитавање позиције



Сл. 9. Очитана промена угла ротора машине при залету

5. ЗАКЉУЧАК

Основни недостатак примене апсолутног енкодера у управљаним електромоторним погонима потиче од транспортног кашњења услед серијског преноса података позиције. У раду у циљу превазилажења овог недостатка најпре је дат предлог решења компензатора транспортног кашњења. Са друге стране, остварена је оптимизација протокола серијске комуникације *EnDat 2.2/01* у смислу смањења времена потребног за пренос. Протокол је остварен на прилагодном склопу који серијски пренос података од стране енкодера прилагођава управљачкој јединици заснованој на *dSpace* развојном систему. Као смерница за наредна истраживања јесте развој потпуног управљачког алгоритма за погон синхроне машине заснованом на овде представљеним решењима прилагодног склопа за енкодер и компензатору транспортног кашњења.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Dr. Johannes Neidenhain GmbH, Encoders for servo drives, 2006, www.heidenhain.de.
- [2] Милић Стојић: Континуални системи аутоматског управљања, Научна књига, 1993.
- [3] Милић Стојић: Дигитални системи управљања, Научна књига, 1989.
- [4] Dr. Johannes Neidenhain GmbH, EnDat 2.2 - Bidirectional Interface for Position Encoders, 2006, www.heidenhain.de.
- [5] Analog Devices Inc., MicroConverter 12-Bit ADCs and DACs - ADuC841, 2003, www.analog.com.
- [6] dSpace, Hardware Installation and Configuration, Rel. 5.1.
- [7] dSpace, ControlDesk Experiment Guide, Rel. 5.1.

Abstract - The paper discusses application of the absolute encoder in an electromotor drive with the goal to overcome the influence of serial transmission of angle data on increasing time delay in the control algorithm. It proposes the solutions, firstly, for the delay compensation and secondly, for optimization of the serial communication protocol *EnDat 2.2/01*. The communication protocol is managed by the dedicated interface board which outputs the angle data to the *dSpace* prototyping system.

APPLICATION OF THE ABSOLUTE ENCODER IN AN ELECTROMOTOR DRIVE

Ilija Djokić, Stevan Grabić, Vladimir Katić

Jedna realizacija bežične senzorske mreže

Gavrilo Bjeković

Sadržaj — U ovom radu predstavljena je jedna moguća realizacija bežične senzorske mreže, kao i njena modifikacija u smislu da se podaci iz nje ne šalju direktno u bazu podataka nego posredstvom interneta na udaljenu proizvoljnu lokaciju. Ukazano je na probleme koji se mogu javiti pri ovakvoj realizaciji te mogući načini njihovog otklanjanja, kao i prednosti ovakve realizacije pri formiranju više bežičnih senzorskih mreža.

Ključne reči — baza podataka, bežična senzorska mreža, GPRS modem, mikrokontroler, UDP/IP protokol.

I. UVOD

Ovaj rad bavi se formiranjem bežičnih senzorskih mreža, odnosno problemima prikupljanja podataka iz više ovakvih mreža, slanja i preuzimanja podataka putem interneta (GPRS-General Packet Radio Service konekcijom) te njihovog skladištenja u bazu podataka i dalje obrade.

Bežična Senzorska Mreža (BSM, eng. Wireless Sensor Network-WSN) je distribuirani sistem koga čini polje senzora različitog tipa međusobno povezanih bežičnom komunikacionom mrežom. Podaci sa izlaza senzora su deljivi, a dovode se na ulaz distributivnog sistema radi njihove procene (estimacije). Zadatak distributivnog sistema je da na osnovu dostupnih podataka sa senzora izdvoji najverovatniju informaciju o fenomenu koji se nadgleda.

Osnovne karakteristike bežičnih senzorskih mreža su:

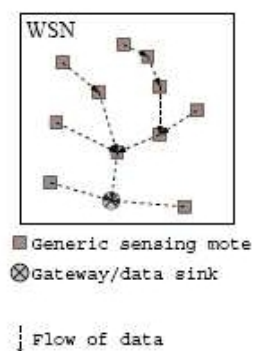
- visoka pouzdanost u radu
- relativno visoka tačnost
- fleksibilnost
- niska cena
- lako raspoređivanje senzora u prostoru

Bežična senzorska mreža se formira od individualnih multifunkcionalnih senzorskih čvorova (motova). Gradivni blokovi ovih motova su:

- senzor: generator podataka
- radio primo-predajnik: predaje svoje ili prosleđuje kroz mrežu podatke koje je primio od svojih suseda (rutira podatke)
- jedan ili više procesora: kontrolišu rad senzora i primo-predajnika, procesiraju podatke, i implementiraju mrežne i protokole za rutiranje

U najvećem broju slučajeva BSM se realizuju kao data-centric, a ne kao address-centric sistemi. To znači da se upiti (queries) upućuju regionu koga čini topološki

uredjena grupa (cluster) senzora, a ne specifičnoj adresi senzora. U okviru jednog cluster-a postoji jedan agregator čvor (bazna stanica), koji sakuplja podatke od motova pridruženih tom cluster-u, analizira ih, agregira, i nakon prozivke predaje.



Sl. 1. Primer Bežične Senzorske Mreže

U suštini, zbirna analiza lokalnih podataka se obavlja od strane agregator čvora u okviru cluster-a. Time se u značajnoj meri redukuju zahtevi koji se odnose na komunikacionu propusnost. Agregacijom podataka povećava se nivo tačnosti, a istovremeno inkorporira redundantnost podataka čime se kompenziraju kvarovi u čvorovima. Imajući u vidu da su senzorski moduli baterijsko napajani uređaji, i da je dostupna energija od baterije ograničena, energetska efikasnost modula ima direktni uticaj na vreme života senzora. Kada modul prestane sa radom, ne prestaje samo njegovo prikupljanje podataka, nego mreža gubi raspoloživost modula da dalje prosleđuje (rutira) podatke. Zbog prethodno pomenutog, energetska efikasnost ima direktni uticaj na to koliko dugo će ne samo individualni senzori nego i cela mreža uspešno funkcionisati.

Postoje dva tipa motova koji se uglavnom razlikuju po tome u koji se tip mreža ugrađuju:

- Proactive Networks: čvorovi u mreži periodično uključuju senzore, izmere veličinu od okruženja, i predaju podatke koji su od interesa
- Reactive Networks: su mreže kod kojih su čvorovi sve vreme budni i trenutno reaguju na nagle promene u mreži. Ovi tipovi čvorova su pogodni za aplikacije sistema koji rade u realnom vremenu.

II. OPIS KORIŠĆENOG SITEMA

U ovom projektu je korišćen MEP-SYS410 sistem. MEP-SYS410 sistem poseduje dva tipa senzorskih motova, a to su MEP410 i MEP510. Svaki od njih je programiran sa senzorskom aplikacijom koja komunicira i

G. Bjeković, Fakultet Tehničkih Nauka, Trg D. Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija; (telefon: 381-64-2203943; e-mail: gasho10@gmail.com).

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila prof.dr Dragana Bajić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, Novembar 2008.

prenosi podatke nazad do bazne stanice kroz multihop meš mrežu.

MICA mot tehnologija je ugrađena u module i pokreće XMesh-dostupnu senzorsku aplikaciju. XMesh je otvoren, fleksibilan, dokazan ad-hoc meš mrežni protokol stek koji je razvio Crossbow. Crossbow-ov XMesh softver algoritam nudi laku instalaciju na višestrukim sigurnosnim tačkama bez korišćenja žičanih ripiterskih nodova.

Prikaz podataka iz senzorske mreže se ostvaruje pomoću MOTE-VIEW aplikacije.

MEP-SYS410 sistem sadrži (Sl. 2.):

- Dva MEP410 senzor noda
- Četiri MEP510 senzor noda
- Jednu MBR410 baznu stanicu
- MOTE-VIEW 1.2a aplikaciju
- Jedan RS-232 (Recommended Standard 232) serijski kabel kojim se povezuje MBR410 bazna stanica sa serijskim portom na PC računaru



Sl. 2. MEP-SYS410 sistem

A. Motovi

MEP410 senzor nod je multisenzorska platforma. Ima dva senzorska porta. Osnovne hardverske karakteristike su mu:

- MICA mot tehnologija koja pokreće XMesh-dostupnu senzorsku aplikaciju
- Senzori za praćenje uslova u okruženju (npr. senzor za merenje osvetljenja, digitalni senzor za merenje spoljašnjeg i unutrašnjeg nivoa vlažnosti sa ugrađenim temperaturnim senzorom, digitalni senzor za merenje barometarskog pritiska)

MEP510CA je senzor nod sa integrisanim digitalnim senzorom za merenje relativne vlažnosti i temperature. Osnovne hardverske karakteristike su mu:

- MICA mot tehnologija koja pokreće XMesh-dostupnu senzorsku aplikaciju
- Digitalni spoljašnji senzor za merenje relativne vlažnosti sa integrisanim temperaturnim senzorom
- Analogni unutrašnji termistor

B. Bazna stanica

MBR410 bazna stanica (Sl.3.) obezbeđuje serijski interfejs do PC-a i radio komunikaciju sa MEP410 i

MEP510 motovima. Bazna stanica je programirana sa rezervisanim brojem noda 0 („nula“) tako da će podaci sa udaljenih motova biti rutirani do nje.

MBR410 šalje podatke iz senzorske mreže na PC kao i na druge kompjuterske platforme preko RS-232 interfejsa.

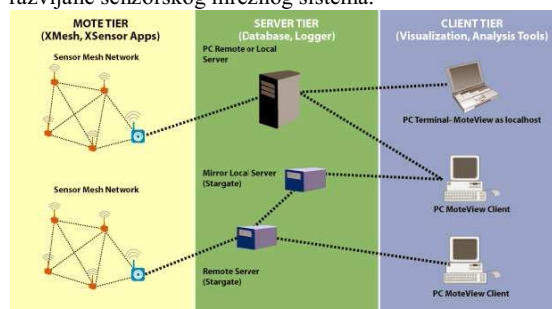


Sl. 3. Iglod bazne stanice

C. Mote view

MOTE-VIEW softver omogućava lako korišćenje MEP-SYS410 sistema. To je, zapravo, set alata koje korisniku omogućavaju lakši interfejs za već postavljenu meržu bežičnih senzora. Može da se koristi za jednostavniji razvoj i posmatranje, kao i konektovanje na bazu podataka, za analiziranje i grafičko predstavljanje senzorskih očitavanja.

Prvenstvena namena MoteView-a je da bude interfejs (“client tier”) između korisnika i postavljene bežične senzorske mreže. Na Sl. 4. su prikazani tri osnovna dela za razvijanje senzorskog mrežnog sistema.



Sl. 4. Tri osnovna dela za razvijanje senzorskog mrežnog sistema

Prvi sloj je Mote sloj ili senzorska meš mreža. Motovi su programirani sa XMesh/TinyOS aplikacijama da izvršavaju zahtevane operacije npr. praćenje mikroklimatskih promena, detekcija “napada”, itd. Drugi sloj ili niz servera obezbeđuje logovanje podataka i servise baze podataka. Na ovom sloju senzorska očitavanja pristižu u baznu stanicu (MIB510, MIB520, MIB600 ili Stargate) i smeštaju se na server ili Stargate. Treći deo je niz klijenata u kojem softverski paketi obezbeđuju vizualizaciju, praćenje, i alat za analizu i interpretiranje i prikaz podataka pristiglih sa senzora.

III. REALIZACIJA UDALJENE BEŽIČNE SENZORSKE MREŽE

A. Ideja i problemi

Osnovna ideja je bila da se formira bežična senzorska mreža, ali da se podaci koji pristižu iz nje ne prosleđuju preko RS-232 konekcije na lokalni PC, nego na neku udaljenu lokaciju. Podatke pristigle iz senzorske mreže (bazne stanice) trebalo je posredstvom interneta prosleđivati na određenu TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ili UDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol) adresu kako bi se oni mogli čitati i smeštati u bazu podataka sa bilo koje (udaljene) lokacije. Prvobitno je modifikovan kod kojim je programirana bazna stanica tako da svakom setu podataka koji šalje na RS-232 port bude dodata AT komanda upućena GPRS modemu koji će biti priključen na drugom kraju RS-232 kabla, umesto PC-a. Međutim, zbog kompleksnosti koda kojim je programirana bazna stanica, kao bolja solucija se nametnuo mikrokontroler koji je programiran da prihvata podatke sa bazne stanice, nezantno ih obradi i prosledi GPRS modemu koji je setovan određenim AT komandama da podatke šalje na UDP/IP adresu. Sa ove adrese podaci se dalje obrađuju da bi se dobile razumljive vrednosti koje će biti smeštene u bazu podataka i dalje po potrebi obrađivane.

B. Mikrokontroler

Mikrokontroler je programiran tako da podatke koje dobija od bazne stanice konvertuje u određen oblik i uz AT komandu prosledi GPRS modemu.

Oblik podataka koji pristižu na mikrokontroler je sledeći:

```
7E 42 7D 5E 00 tt 7D 5D ll bb bb nn nn 00 00 PODACI
cc cc 7E
```

Gde je:

7E - sinhro bajt

42 - PACKET NO ACK - paket na koga se ne očekuje potvrda

7D 5E 00 - se konvertuje u 00 7E - označava UART (serijski) port

tt - tip paketa, kod Mote View aplikacije može biti:

FD - heartbeat paket

0B - data paket

03 - health paket

7D 5D - se konvertuje u 7D - označava group-id, po default-u je 125, programira se u Mote Config aplikaciji u okviru Mote View-a

ll - length – dužina u bajtima, uključuje sva polja posle length polja do CRC polja (označenog sa cc cc), pri čemu se produženja usled eventualnih konverzija specijalnih bajtova ne broje

bb bb - oznaka baze preko koje je paket primljen – uvek je 00 00, što je broj baze u svakoj BSM

nn nn - node_id - broj (adresa) mota koji je poslao paket, programira se u Mote Config aplikaciji u okviru Mote View-a

cc cc - CRC polje

7E - sinhro bajt

Mikrokontroler je programiran da ove podatke prepakuje u sledeći oblik:

```
S,ll,tt,gg,gg,bb,bb,nn,nn,00,00,PODACI,S
```

Gde je:

S - znak za početak i kraj paketa

ll - broj bajtova do kraja paketa (do S)

tt - tip paketa

gg gg - ID (broj) kontrolera (može biti više kontrolera tj. BSM)

bb bb - ID (broj) baze (uvek je nula)

nn nn – ID (broj) noda koji je poslao paket

Kao što se vidi jedan mikrokontroler je priključen na jednu baznu stanicu tj. BSM, tako da uz pomoć više mikrokontrolera i njihovog ID broja (jer je ID baze uvek 0) možemo formirati više BSM sa kojih će se podaci slati na istu (ili različitu) UDP/IP adresu, što je i bio cilj.

Naravno u zavisnosti od vrste paketa podaci se razlikuju i nose informacije o izmerenim veličinama u zavisnosti sa kog mota su stigli. Ove vrednosti podataka treba još dodatno konvertovati.

C. GPRS modem

Za GPRS modem izabran je TC65. Ovo su neke od osnovnih osobina ovog modema.

- Quad-Band GSM 850/900/1800/1900 MHz
- GPRS multi-slot klase 12
 - GPRS klase 12: max. 86 kbps (DL & UL)
 - Mobilna stanica klase B
 - PBCCH podrška
 - Kodna šema CS 1-4
- GSM realizacija 99
- Izlazna snaga:
 - Klasa 4 (2 W) za EGSM850
 - Klasa 4 (2 W) za EGSM900
 - Klasa 1 (1 W) za GSM1800
 - Klasa 1 (1 W) za GSM1900
- Kontrola AT komandama
- TCP/IP stek pristup preko AT komandi
- Internet Servisi: TCP, UDP, HTTP, FTP,SMTP, POP3

Dakle modem prihvata podatke od strane mikrokontrolera i šalje ih na UDP/IP adresu. Pošto mikrokontroler prepakuje podatke on pošalje AT komande modemu koji na osnovu njih zna šta da radi sa podacima, što je realizovano na sledeći način:

```
at+cclk="yy/mm/dd,hh:mm:ss" //podesavanje
datuma i vremena
```

```
at^sics? //ocitava parametre
```

```
at^sics=0,conType,GPRS0 //connection type GPRS0
```

```
at^sics=0,inactTo,"0" //inactive timeout 0 (default)
```

```
at^sics=0,"user","vipmobile" //username
```

```
at^sics=0,"passwd","vipmobile" //password
```

```
at^sics=0,apn,"vipmobile" //apn
```

```
at^sics=0,authMode,"PAP" //authentication protocol
```

```
at^siss? //ocitava parametre
```

```
at^siss=0,svrType,socket
```

```
at^siss=0,address,"sockudp://147.91.175.166:7654"
```

at^sisi?

at^sico=0 //podesi parametre od sics:0

at&w //sacuvaj korisnicka podesavanja

Kada modem pošalje podatke na UDP/IP adresu potrebno je podatke "skinuti" sa adrese pravilno ih konvertovati i smestiti u bazu podataka.

D. Konvertovanje podataka

Pošto smo podatke „skinuli“ sa UDP/IP adrese potrebno ih je izdvojiti (mikrokontroler ih zapisuje u heksadecimalnom obliku broja) i konvertovati, jer vrednosti koji su motovi (tj. senzori na njima) snimili ne odgovaraju SI jedinicama. Ove konverzije su najčešće date u samoj aplikaciji (Xlisten ili nekoj drugoj). Konverzija za napon baterije na motu npr. je: $BV (volts) = 1252.352/data$, data je u stvari napon koji je izmeren na motu, BV napon u voltima

Pored konverzije u ovom delu projekta bilo je potrebno izdvajati vrednosti, pojedinih veličina iz formanta u koji ih je pakovao mikrokontroler (bazna stanica) konvertovati ih i slati (smeštati) u bazu podataka. Ovo je ostvareno pisanjem adekvatnog koda u C++ okruženju. Naveden je samo deo koda koji služi za prepoznavanje ispravnog paketa:

```
if ((temp[0]=='S') || (temp[0]=='s')) {
    pom=char2int(temp[2]);
    if (char2int(temp[3])!=-1) {
        poslednji=pom*2+pom+4;
        ind=1;
    }
    else {
        pom=pom*10+char2int(temp[3]);
        poslednji=pom*2+pom+5;
    }
    if ((temp[poslednji]=='S') ||
(temp[poslednji]=='s')) {
        if ((ind==1) &&
(char_hex2int_dec_2(3,temp)==0xFD)) {
            hb.Set_base_id
((char_hex2int_dec_4(6,temp)));
        }
        else if
((char_hex2int_dec_2(1,temp)==0x50) &&
(char_hex2int_dec_2(4,temp)==0x0B)) {
            m.Set_base_id
(char_hex2int_dec_4(7,temp));
            m.Set_node_id
(char_hex2int_dec_4(19,temp));
            m.Set_parent_node_id
(char_hex2int_dec_4(40,temp));
        }
    }
}
```

IV. ZAKLJUČAK

U ovom projektu su pokazane mogućnosti formiranja BSM i očitavanja iz mreže sa udaljene lokacije slanjem podataka perko GPRS-a, odnosno interneta. Takođe formiranje više BSM-a i mogućnost praćenja njihovog „stanja“ sa udaljene lokacije. Smatram da je mogućnost primene ovakvog funkcionisanja BSM višestruka, npr.

poljoprivrede, gde bi se omogućilo praćenje meteoroloških (i drugih relevantnih) podataka za više geografski odvojenih područja sa jednog mesta.

LITERATURA

- [1] *MEP-SYS410 User's Manual*, Doc. 7430-0411-01 Rev. A Available: <http://www.xbow.com>
- [2] *MoteView User's Manual*, Doc.# 7430-0008-04 Rev. C Available: <http://www.xbow.com>
- [3] B. Eckel "Thinking in C++", 2nd edition, copy right 2000.

ABSTRACT

This work presents one possible realisation of the wireless sensor network, as well as its modification, meaning that the data from the network are not sent directly to the data base, but they are sent to some of the distant locations over the internet. The work shows the problems which can occur during this realisation and the possible ways of removing these problems, just as the advances of such realisation when forming more than one wireless sensor network.

ONE REALISATION OF THE WIRELESS SENSOR NETWORK

Gavrilo Bjeković, Vladan Minić

**ISTRAŽIVANJE VREMENA TRAJANJA OTKAZA U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA
PRIMENOM FAZI BROJEVA****INVESTIGATION OF DISTRIBUTION NETWORKS OUTAGE TIMES
BY FUZZY NUMBERS APPLICATION**

Svetlana Vajdić, Budimir Pavlović, Miroslav Nimrihter, *Fakultet tehničkih nauka*, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Sadržaj- U ovom radu predložen je postupak, a zatim su prikazani rezultati postupka ocene niza komponenti trajanja otkaza u SN distributivnoj mreži. Ovi rezultati imaju poseban značaj pri planiranju primene distributivne automatike i drugih mera za poboljšanje pouzdanosti.

Abstrakt- In this paper the method for estimation of a set outage times components in MV distribution networks, based on fuzzy numbers is proposed. Also, the results of this approach are presented. These results have special importance for distribution automation application planning and other activities for reliability improving.

Ključne reči: Vreme trajanja otkaza, distributivne mreže,

1. UVOD

U sistemu „Generacija-Prenos-Distribucija“ Elektro-distributivni sistemi (EDS) imaju dominantni uticaj na pouzdanost napajanja potrošača. Istraživanje numeričkih vrednosti trajanja otkaza u sadašnjem trenutku na osnovu istorije događaja je važan zadatak za svako elektrodistributivno preduzeće. Međutim, prognoza trajanja otkaza za neko buduće vreme, nakon planiranih promena konfiguracije, kada nema statističkih podataka, od posebnog je značaja pri donošenju odluka za ocenu koristi od uvođenja nekih novih tehničkih rešenja. Predloženim pristupom se smanjuje nesigurnost u polaznim podacima neophodnim za proračun pouzdanosti distributivnih mreža.

U praksi su distributivni vodovi u različitim stadijumima razvoja, pa tako imaju različite konfiguracije i time se međusobno, često u velikoj meri, razlikuju u pogledu:

1. dužine
2. broja sklopnih naprava
3. načina upravljanja tim napravama
4. broja potrošača i njihovih snaga i tipova, odnosno troškova usled otkaza.
 - sem toga trajanja otkaza zavise od organizacije rada ekipe na terenu, odnosno
 - nivoa primenjene automatizacije.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Miroslav Nimrihter.

Tako su posledice pojedinih otkaza u velikoj meri uplvisane trajanjem otkaza koji trpi određeni čvor. Ova trajanja su određena kako topologijom i tipom voda (kabl ili nadzemni) tako i odgovarajućim rasporedom sklopnih naprava koji su karakteristični za ove tipove mreža. Zato se trajanje otkaza, za svako pojedino mesto kvara, razlikuje od čvora do čvora.

Teoretski je moguće da se statistički odrede vremena trajanja otkaza za svaki čvor, usled svakog kvara na jednomvodu. Ipak, distributivni vodovi su visokopouzdanostni elementi i imaju relativno mali godišnji broj otkaza. Tako mali broj otkaza neće dati zadovoljavajući veliki statistički uzorak. Pogotovo je teško, praktično nemoguće, prognozirati trajanje otkaza za čvorove svakog voda ponaosob. Ali, želja da se postigne što veća tačnost, pogotovo u cost/benefit analizama opravdava da se učine dodatni napor kako bi se i ovaj, veoma važan ulazni podatak za ocenu pouzdanosti, modelovao na što bolji način.

Pouzdanost se opisuje sistemskim indeksima pouzdanosti, pri tome:

a. Sistemski indeksi rizika vrednuju značaj svakog potrošačkog čvora preko godišnjeg trajanja otkaza, relativnog broja potrošača i prosečne snage (godišnje utrošene energije). Poznavanje trajanja otkaza za svaki pojedinačni kvar je od suštinskog značaja za ocenu sistemskih indeks rizika.

b. Kada se ocenjuju ekonomski pokazatelji rizika treba se setiti da jedinični troškovi usled iznenadnih otkaza koje trpe pojedini potrošači [n.j./kW] su funkcija trajanja otkaza.

Indeksi pomenuti u a. i b. su osnova za donošenje optimalnih odluka pri rešavanju niza zadataka u fazi planiranja gradnje distributivnog sistema.

c. Kada se sprovede rekonfiguracije vodova sa ciljem da se smanje gubici ili padovi napona u mreži, menja se topologija vodova, a time i trajanje otkaza svakog pojedinog potrošačkog čvora koji pripada delu mreže koja se rekonfiguriše.

d. Gradnja novih sklopnih naprava, rastavljača i reklozera ima za cilj da smanji trajanje otkaza svih potrošačkih čvorova. Različitim alokacijama (raspodelama) ovih naprava utiče se na trajanje otkaza.

Statističko vrednovanje trajanja otkaza za određeni vod, a pogotovo određeni čvor, nije moguće zato što su DES sastavljeni od komponenti koje se relativno retko kvare. Zato je praktično nemoguće sastaviti zadovolja-

vajući veliki statistički uzorak, koji sadrži dovoljan broj kvarova za dovoljno tačnu statističku analizu.

Ovaj rad je organizovan u šest poglavlja. Pored uvoda u drugom poglavlju je opisan značaj poznavanja informacija o trajanju otkaza. U trećem poglavlju je opisan postupak istraživanja podataka o komponentama postupka za detekciju, izolaciju i restauraciju u posleotkaznom stanju distributivnog voda. Analiza rezultata je prikazana u četvrtom poglavlju. Zaključci i bibliografija su u petom i šestom poglavlju ovog rada.

2. TRAJANJE OTKAZA, BAZA ZA OCENU POUZDANOSTI

Indeksi pouzdanosti mogu se klasifikovati kao:

1. Osnovni λ , r i U .

Pri tome se λ (model otkaza), r (model posledica pojedinog otkaza) jednom odnose na elemente koji se kvare i izazivaju štetne posledice, a drugi put na čvorove. Ovde su čvorovi SN strane transformatorskih stanica TS SN/NN. Godišnje trajanje otkaza U , usled svih uzroka, koji su izazvali prekid napajanja u toku godine, sadrži uticaje godišnjeg prosečnog broja otkaza i trajanja otkaza. Godišnja stopa otkaza elementa λ i trajanje otkaza r su suštinski važni za ocenu rizika od otkaza, odnosno niza sistemskih pokazatelja pouzdanosti.

2.1. Sistemski pokazatelji (indeksi) pouzdanosti SPP

Potrebno je da se ogroman broj podataka o pouzdanosti čvorova u jednom sistemu, sintetizuje u mali broj sistemskih indeksa (SAIDI, ENS, AENS, ASAI, ASUI, ...). Sistemski pokazatelji pouzdanosti su u jakoj zavisnosti od trajanja otkaza r , što ukazuje na potrebu za što tačnijim modelovanjem r .

Za ocenu λ se, kao po pravilu, raspolaže sa velikim - dovoljno obimnim statističkim uzorkom. λ je u dužem vremenskom periodu (više desetina godina) u proseku nepromenljivo, sve dok ne počne proces starenja.

Sa r je sasvim drugačija situacija. Treba podvući da je puno pažnje bilo posvećeno i trajanju otkaza, pre svega funkciji raspodele (ekspencijalna ili normalna, lognormalna ili weibulova, i slično) i njenim parametrima. Ti pokazatelji se odnose na prosečnu vrednost trajanja otkaza u mreži i rezultat su statističke analize u posmatranoj mreži. Međutim, outage time je karakteristika svakog elementa i mesta otkaza i može da se menja tokom vremena.

Treba jasno razlikovati trajanje sekcionalizacije (drugim rečima trajanje postupka detekcije, izolacije i restauracije napajanja).

3. ISTRAŽIVANJE KOMPONENTI TRAJANJA OTKAZA TA I TB

Komponente nisu determinističke veličine, pa se ovi podaci imaju sa izvesnom dozom nesigurnosti. To znači da se praktično svaki od podataka javlja u vidu skupa mogućih realizacija. Ti podaci uglavnom imaju stohastičku prirodu, mada postoje slučajevi kada je opravdano da se tretiraju kao fazi brojevi. Pogotovo u slučajevima kada u istoriji događaja postoji relativno mali broj realizacija događaja. Isto tako, kada se za hitne

zadatke traže procene pouzdanosti a, iz bilo kog razloga, ne raspolaže se sa rezultatima statističkih analiza.

Proces fazifikacije, tj. formiranje fazi brojeva, zasniva se na oceni eksperata iz elektrodistributivnog preduzeća. Eksperti imaju višedecenijsko iskustvo u upravljanju elektrodistributivnim mrežama. Ovi eksperti, na osnovu unapred pripremljenog upitnika, daju ocene pojedinih komponenti trajanja otkaza u vidu skupova brojeva.

3.1. Upitnik za ocenu komponenti trajanja otkaza u SN vodovima

Cilj upitnika jeste:

1. Dekomponovanje procedure za traženje kvara na niz koraka
2. Dekomponovanje vremena trajanja otkaza na niz komponenti
3. Procena trajanja svakog od koraka procedure za detekciju, izolovanje deonice u kvaru i obnavljanje napajanja delovima voda koji nisu u kvaru.

Objašnjenje pojmova:

A. Dekomponovanje procedure za traženje kvara na niz koraka

Procedura traženja kvara, koju sprovode dispečer i ekipa na terenu, sastoji se iz niza koraka. Oceniti trajanja pojedinih koraka procedure kao što su:

1. dojava nastanka kvara,
2. okupljanje ekipe,
3. putovanje tokom procedure detekcije,
4. prosečnog trajanja jedne manipulacije rastavljačima u jednoj TS SN/NN ili na stubu tokom procedure detekcije,
5. izvršavanje dodatnih manipulacija u onim TS SN/NN koje imaju ogranak,
- 6.1. za kvar na kablu trajanja postupaka za:
 - makrolokaciju kvara,
 - mikrolokaciju kvara,
 - popravka na kablu, s tim da u popravku spada i pristup kablu,
- 6.2. za kvar na nadzemnom vodu:
 - makrolokacija kvara,
 - traženje mesta kvara na vodu vizuelno (mikrolokacija),
 - popravka na nadzemnom vodu,

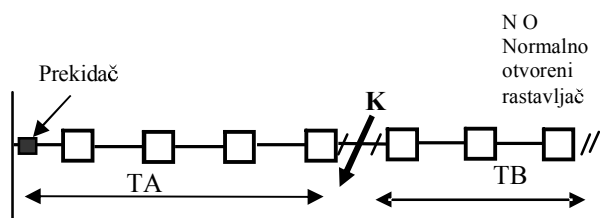
B. Dekomponovanje vremena trajanja otkaza na niz komponenti

Definicije potrebnih podataka date su na slici 1.

Ovde je TA trajanje otkaza potrošačkih čvorova između prekidača i deonice voda u kvaru. TB je trajanje otkaza ostalih čvorova. Trajanja otkaza za pojedine čvorove, pri istom kvaru, mogu međusobno da se veoma razlikuju.

4. ANALIZA REZULTATA

U tabeli T1. dat je prikaz dela rezultata istraživanja. Fazi skupovi brojeva prostiru se u zoni a-d. U zoni b-c su elementi skupa čije su funkcije pripadnosti « μ » jednaki jedinici $\mu=1$.



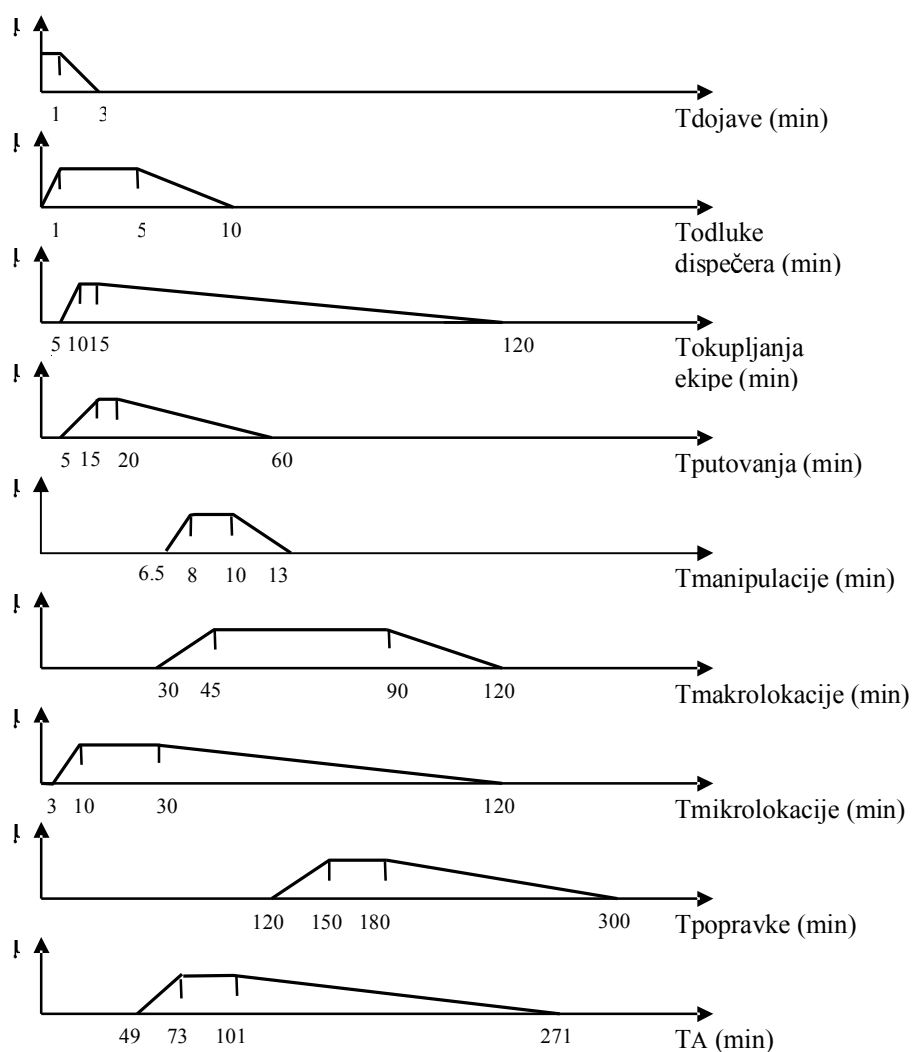
Legenda:

□ - transformatorska stanica SN/NN. SN sabirnice tretiraju se kao potrošački čvor.

Sl. 1. Izgled mreže sa 7 čvorova i sa rezervnim napajanjem, i prikaz trajanja otkaza za pojedine TS u zavisnosti od njihove pozicije u odnosu na deonicu u kvaru (K)

Tabela T1: Gradska mreža/leto (vremena su izražena u minutima)

	a	b	c	d
1. T-dojave SCADA	0	0	1	3
2. T-dojave zbirni signal	1	3	5	15
3. T-dojave telefonom	1	2	3	5
4. T-odluke dispečera	0	1	5	10
5. T-okupljanja ekipe	5	10	15	120
6. T-putovanja do prve TS	5	15	20	60
7. T-manipulacije u TS	6.5	8	10	13
8. T-dodatne manipulacije	1.5	1.5	2	3
9. T-makrolok. na kablu	30	45	90	120
10. T-mikrolokacije kvara	3	10	30	120
11. T-popravke	120	150	180	300



Sl. 2. Komponente trajanja otkaza TA prikazane trapeznim fazi brojevima

Oznaka grad-letno odnosi se na kvarove u gradskim sredinama za vreme letnjeg perioda.

Fazi ocene komponenti trajanja otkaza za potrošače u zoni A (sa slike 1) predstavljene su na donjoj slici. (grafički prikaz odnosi se na tabelu T1). Radi ograničenosti prostora nisu, u celosti, prikazani rezultati za zonu B, ali je pristup veoma sličan prethodnom.

Sumiranjem komponenti, uz uvažavanje dužine pređenog puta i ocenjenog broja manipulacija, izračunata su trajanja otkaza za potrošače u zonama A i B. Tako je trajanje otkaza u zoni A, $TA = [49, 73, 101, 271]$ minuta, a vreme $TB = [57.5, 83, 113, 286]$ minuta.

Defazifikacija rezultata sprovodi se nalaženjem apscise težišta trapeza, grafičkog predstavnika fazi brojeva TA i TB. Tako je $TA=133.025$ minuta, a $TB=144.62$ minuta

Grafički prikaz dela rezultata istraživanja dat je na slici 2.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predložen je postupak, a zatim su prikazani rezultati postupka ocene niza komponenti trajanja otkaza u SN distributivnoj mreži.

Ocenjivanje je sprovedeno u skladu sa u napred pripremljenim upitnikom, kojim su definisani svrha istraživanja i definicije pojmova koji se ocenjuju. Kao rezultat su dobijeni fazi brojevi kojima se opisuju ocenjene vrednosti komponenti trajanja otkaza. Dat je primer dela mreže za koji je prikazan primer primene fazi brojeva za ocenu ukupnih trajanja otkaza u pojedinim zonama voda u otkazu. Rezultati istraživanja imaju poseban značaj pri planiranju primene distributivne automatike i drugih mera za poboljšanje pouzdanosti.

6. IZRAZI ZAHVALNOSTI

Zahvaljujemo se kolegama: Draganu Manojloviću, dipl. ing., i Slobodanu Milivojevu, dipl. ing. iz "JP Elektrovojvodina" na ukazanoj pažnji tokom izrade master rada i ekspertskim ocenama trajanja otkaza u distributivnim mrežama.

7. LITERATURA

- [1] Mohamed E. El-Hawary, Electric Power Applications of Fuzzy Systems, New York, 1998.
- [2] M. Nimrihter, Beleške sa predavanja iz predmeta "Distributivni sistemi", Novi Sad, 2006.

WiMAX – TEHNOLOGIJA ŠIROKOPOJASNOG, BEŽIČNOG PRISTUPA

WiMAX – WIRELESS BROADBAND ACCESS TECHNOLOGY

Miroslav Đorđević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazane su najbitnije osobine WiMAX (Worldwide for Microwave Interoperability Access) tehnologije. Posebno su opisani fizički i MAC sloj, a takođe je izvršeno i poređenje sa sličnim tehnologijama kao što su Wi-Fi (Wireless Fidelity) i 3G. Na kraju su date neke procene razvoja WiMAX-a i njegovih primena u skorijoj budućnosti.

Abstract – This paper presents the features of the Worldwide for Microwave Interoperability Access (WiMAX) technology. Both layers, PHY and MAC, were described and other technologies such Wi-Fi and 3G were compared with WiMAX. Finally, there are some forecasts about this technology and its future applications.

1. UVOD

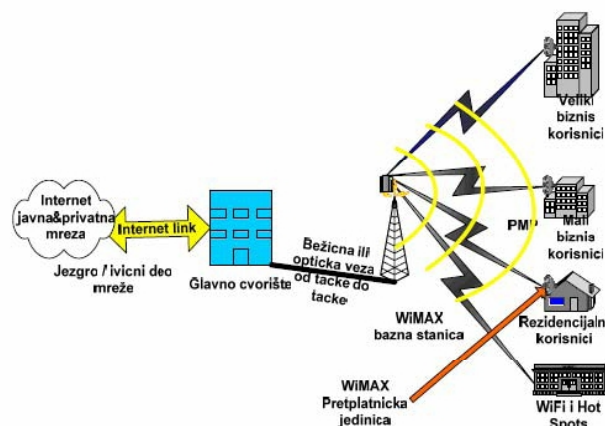
Širokopojasna tehnologija je odjednom postala jedna od glavnih potreba celokupne populacije. Veliki broj provajdera Internet servisa je ušao u trku za pridobijanje što većeg broja korisnika. Kao prvo rešenje za širokopojasni pristup pojavio se DSL (*Digital Subscriber Line*). Međutim, dostupnost i kvalitet servisa su bili ograničeni. Bežični sistemi su jedno staro rešenje koje je istisnuto iz upotrebe zbog svojih ograničenja u propusnom opsegu i mogućnosti rada samo u LOS (*Line Of Sight*) režimu.

Od pre nekoliko desetina godina, kada je Wi-Fi Forum zvanično standardizovao i potvrdio Wi-Fi standard, na tržištu se pojavio veliki broj različitih sličnih rešenja. Bez obzira na to što je prvobitno Wi-Fi bio namenjen za LAN (*Local Area Network*) umrežavanje, takođe se koristio i kao MAN (*Metropolitan Area Network*) rešenje koje je posedovalo veliki broj nedostataka u performansama i sa ograničenjima po pitanju propusnog opsega, pokrivenosti signalom, i potrošnje energije. Tu je dosao WiMAX kao tehnologija koja veoma efikasno rešava probleme prisutne kod Wi-Fi-a.

WiMAX je aktuelni standard za širokopojasno, bežično MAN umrežavanje koji predstavlja alternativu kablu i DSL-u za "last mile" pristup između lokalne centrale i krajnjeg korisnika. Takođe se koristi i za povezivanje hot-spot mesta sa Internetom jer se Wi-Fi ne može efikasno koristiti za prenos na većim udaljenostima. IEEE 802.16, odnosno WiMAX je razvijen kako bi omogućio vezu između bazne stanice i korisnika između kojih ne postoji direktna optička vidljivost, sa dometom od tri do deset km.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz istoimenog diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Željko Trpovski, vanr.prof.



Sl.1. WiMAX arhitektura i aplikacije

2. OPŠTI PREGLED IEEE 802.16 STANDARDA

Prva verzija standarda odobrena je 2002. godine kao IEEE 802.16-2001 standard. Funkcionisao je samo u LOS uslovima rada i u opsegu frekvencija od 10 do 66GHz. Najveći domet (sa umanjnim kapacitetom) bio je oko 5km. Sledeća važnija verzija je 802.16a, odobrena u aprilu 2003. Opseg frekvencija bio je od 2 do 11GHz, domet oko 50km, maksimalni bitski protok do 75Mbit/s i podrška NLOS režimu rada.

Tabela 1. Poređenje 802.16 i 802.16a verzija standarda

Opis	802.16	802.16a
Završena	Decembar 2001.	Januar 2003.
Opseg učestanosti	10-66 GHz	2-11 GHz
Žežim rada	LOS	LOS, NLOS
Osnovni protok	32-124Mbps	1-75Mbps
Mobilnost	Fiksni	Fiksni, prenosni
Propusnost kanala	20, 25, 28MHz	Fleksibilna. 1.75-20MHz

Trenutna verzija standarda IEEE 802.16-2004 odobrena je u septembru 2004. godine i konsolidovala je sve prethodne verzije. Opseg je takođe od 2-11GHz i podržava maksimalni bitski protok do 75Mbit/s. Ova

verzija koristi OFDM multipleks za opsluživanje velikog broja korisnika istovremeno, metodom vremenske raspodele. To je tehnologija fiksnog bežičnog pristupa koja služi kao neka vrsta bežičnog DSL-a, koja može da obezbedi osnovne telefonske usluge i širokopojasni pristup u nepristupačnim područjima gde ne postoji druga tehnologija pristupa.

Verzija standarda poznatija kao IEEE 802.16e-2005 uključuje poboljšanja na fizičkom i MAC sloju. Takođe omogućava kombinovanje fiksnih i mobilnih primena u licenciranom opsegu od 2 do 11GHz. Koristi OFDMA pristup tako da istovremeno može opslužiti veći broj korisnika dodeljujući svakom od njih setove podnosilaca. Verzija je optimizovana za dinamičke mobilne radio kanale i omogućava podršku za handoff i roaming. Mobilnost je još uvek u razvoju. Za sada su podržane maksimalne brzine kretanja korisničkih uređaja do 100km/h.

Neke od mogućnosti mobilnog WiMAX-a su:

- Velike brzine prenosa podataka,
- Kvalitet servisa,
- Skalabilnost,
- Sigurnost i
- Mobilnost.

2.1. Fizički sloj

WiMAX fizički sloj je baziran na OFDM multipleksu kako bi se omogućila relativno velika brzina prenosa podataka, video i multimedijalni sadržaji. OFDM se već koristi kod sistema kao što su DSL, Wi-Fi, DVB-H, itd.

OFDM pripada familiji šema koja se zove modulacija sa više nosilaca. Zasnovana je na ideji o podeli toka podataka na nekoliko paralelnih tokova. Modulacija sa više nosilaca minimizuje ili eliminiše intersimbolsku interferenciju. Kašnjenje je prisutno u bežičnim kanalima ali ono čini skoro beznačajni deo vremena trajanja simbola.

Fiksna i mobilna verzija standarda imaju neznatno različite implementacije OFDM fizičkog sloja. Fiksni WiMAX, zasnovan na IEEE 802.16-2004 verziji koristi 256 FFT OFDM fizički sloj, dok mobilni WiMAX zasnovan na IEEE 802.16-2005 verziji koristi promenljivi OFDMA fizički sloj.

Kod mobilnog WiMAX-a veličina FFT može varirati od 128 do 2.048 bita dok je kod fizičkog konstantna i uvek je jednaka 256 bita. Iako je OFDMA pripisan mobilnom WiMAX-u, takođe se može koristiti i u fiksnim primenama.

2.2. MAC sloj

Primarni zadatak MAC sloja jeste da obezbedi interfejs između viših transportnih slojeva i fizičkog sloja. Od samog početka, MAC sloj bio je dizajniran tako da pruži podršku veoma velikim bitskim protocima a da u isto vreme omogući kvalitet servisa kao kod ATM sistema.

Svaki MAC frejm počinje opštim MAC zaglavljem koje sadrži identifikaciju konekcije (*CID*), dužinu frejma, bite koji bliže određuju prisustvo CRC provere i oznaku da li je prisutno kodiranje korisnog materijala i ako jeste, kojim ključem. MAC korisni materijal je bilo koja transportna ili upravljačka poruka.

Kod WiMAX-a, MAC sloj u baznoj stanici u potpunosti je odgovoran za dodeljivanje propusnog opsega svim korisnicima u oba smera, i za prijem i za slanje. Postoji nekoliko mehanizama kojima mobilna stanica može zahtevati i dobiti propusni opseg za slanje podataka. U zavisnosti od pojedinačnog kvaliteta servisa i parametara saobraćaja povezanih sa servisom, mobilna stanica može upotrebiti jedan ili više mehanizama.

Podrška kvalitetu servisa je fundamentalni deo dizajna MAC sloja. WiMAX pozajmljuje neke osnovne ideje o konstrukciji QoS-a od standarda za kablovske modeme (*DOCSIS*). Jaka kontrola kvaliteta servisa postiže se korišćenjem konekcijski orjentisane MAC arhitekture, gde su sve veze u oba smera kontrolisane opsluživanjem bazne stanice.

Da bi se podržala upotreba prenosnih uređaja koji se napajaju baterijski, WiMAX poseduje odlike uštede energije koje dozvoljavaju prenosnim korisničkim uređajima da rade duži vremenski period bez potrebe za ponovnim punjenjem. Ušteda energije postiže se kontrolisanim isključivanjem delova mobilne stanice u trenucima kada niti šalju niti primaju podatke.

Za razliku od Wi-Fi-a, WiMAX sistemi su ispočetka dizajnirani kako bi obezbedili snažnu sigurnost. Standard obuhvata metode koje obezbeđuju tajnost korisničkih podataka i sprečavaju neovlašćeni pristup. MAC sloj takođe pruža podršku multicast i broadcast servisima.

2.3. Karakteristike za povećanje performansi sistema

WiMAX definiše jedan broj opcionih karakteristika za poboljšanje performansi sistema. Među bitnim karakteristikama možemo spomenuti podršku za tehnike korišćenja više antena, hibridni ARQ, i ponovno korišćenje učestanosti. Najznačajniji dobitak u kapacitetu i spektralnoj efikasnosti može se postići razvijanjem sistema naprednih antena.

Hibridni ARQ je jedan sistem koji je implementiran na fizičkom sloju zajedno sa FEC korekcijom grešaka.

WiMAX NWG je razvijeni referentni mrežni model koji služi kao osnova za razvoj WiMAX-a i koji treba da osigura kompatibilnost između različitih operatera i njihovih oprema. Referentni mrežni model predstavlja mrežnu arhitekturu za podršku fiksnim, prenosnim i mobilnim rešenjima i zasniva se na IP servisnom modelu.

Celokupna mreža može biti logički podeljena na tri dela: (1) mobilni uređaji, (2) pristupna mreža i (3) mreža povezivanja. Referentni model definiše jedan broj funkcionalnih entiteta i interfejsa između tih entiteta.

- Bazna stanica-odgovorna za vazdušno povezivanje sa mobilnom stanicom.

- Mrežni gateway za pristup servisima-deluje kao tačka gomilanja saobraćaja na drugom sloju.
- Mreža konektivnosti omogućava povezivanje sa Internetom, ASP-om i drugim javnim mrežama i korporativnim mrežama.

Osnova WiMAX arhitekture omogućava fleksibilno razlaganje i/ili spajanje funkcionalnih entiteta pri izradi fizičkih entiteta.

3. WiMAX I DRUGE BEŽIČNE TEHNOLOGIJE

WiMAX nije jedino rešenje za pružanje usluga širokopojsnog bežičnog pristupa Internetu. Tu ubrajamo i ona rešenja koja su zasnovana na standardima koji se delimično preklapaju sa WiMAX-om. Najznačajniji od njih su treća generacija mobilnih sistema (3G) i Wi-Fi sistemi zasnovani na IEEE 802.11 standardu.

Širom sveta, mobilni operateri nadograđuju svoje mreže na 3G tehnologiju kako bi bili u mogućnosti da pruže što kvalitetnije širokopojsne usluge svojim korisnicima. Sva 3G rešenja imaju mogućnost slanja podataka brzinama od nekoliko stotina kbps do nekoliko Mbps. Cilj koji treba ostvariti je omogućavanje brzina od 70Mbps do 200Mbps za prijem i od 30Mbps do 45Mbps za slanje podataka.

Wi-Fi sistemi se takođe mogu koristiti za pružanje usluge širokopojsnog bežičnog pristupa Internetu. Današnji sistemi, bazirani na IEEE 802.11a/g standardu, podržavaju maksimalne bitske protoke na fizičkom sloju od 54Mbps i pokrivaju zatvoreni prostor u prečniku od 30-ak metara. Wi-Fi se podrazumeva za širokopojsno povezivanje u domovima, kancelarijama, i javnim hot-spot lokacijama.

Razvoj Wi-Fi standarda u gradskim područjima zahteva predajnike sa jačom snagom koji su postavljeni na vrhovima zgrada i zrače sa maksimalnom snagom u licencnom dozvoljenom opsegu. Čak i sa ovim predajnicima, Wi-Fi sistemi mogu da obezbede prostorno pokrivanje od oko 300 metara u prečniku. Prema tome, ovaj servis nije praktičan za opštu primenu. Ipak se može koristiti na nekim mestima kao što su restorani, hoteli, tržni centri, itd. Wi-Fi nudi veći protok u odnosu na 3G sisteme. Značajna prednost Wi-Fi sistema jeste velika raspoloživost krajnjih uređaja. Većina današnjih laptop računara ima ugrađeni Wi-Fi interfejs.

Ono što postavlja WiMAX na korak ispred drugih tehnologija jeste definisanje promenljivog propusnog opsega, što dozvoljava veoma fleksibilan razvoj. Takođe, zasnivanje na OFDM modulaciji omogućava veoma velike bitske protoke u odnosu na CDMA kod 3G sistema. Verovatno najznačajnija prednost WiMAX-a može biti znatno niža cena zahvaljujući njegovoj IP arhitekturi. Mogućnosti WiMAX-a sa aspekta roaminga i mobilnosti u saobraćaju nisu u potpunosti dokazane kada se upoređuju sa 3G sistemima. Može se reći da je WiMAX tehnologiji mesto negde između Wi-Fi i 3G tehnologija i da one u budućnosti treba da međusobno konvergiraju što više kako bi dobili neki novi standard koji uzima ono najbolje od svih.

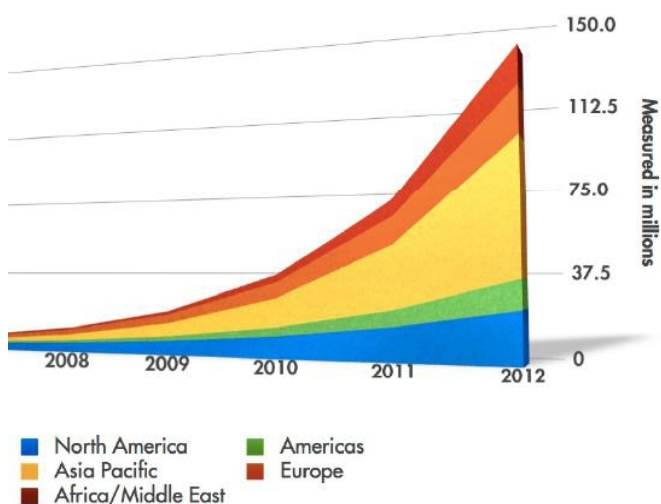
Postoje još dva standarda zasnovana na sličnoj tehnologiji kao WiMAX i koji se mogu pojaviti u budućnosti. To su IEEE 802.20 i IEEE 802.22 standardi koji su još u razvoju.

4. RAZVOJ WiMAX-a U NAREDNIM GODINAMA

U poslednje vreme za ekonomski rast i razvoj svake zemlje veoma je bitan pristup širokopojsnom Internetu, tako da se globalno pristupa izgradnji što kvalitetnije komunikacione infrastrukture.

Žičane tehnologije su ili spore ili skupe čak i u nekim delovima razvijenih zemalja. Čelijska tehnologija je obično skupa i ne garantuje dovoljnu širokopojsnu brzinu. Sve je izvesnije da će zbog toga WiMAX zauzeti značajno mesto u ovoj oblasti.

Urađena su mnoga istraživanja i na kraju se došlo do neke ukupne procene broja korisnika WiMAX tehnologije u periodu od 2008.-2012. godine. Na slici broj 2 je to detaljno prikazano.



Sl.2. Procena broja korisnika WiMAX-a

Možemo zaključiti da se radi približno o eksponencijalnom porastu broja korisnika u narednim godinama. Evropa je prošle godine bila na drugom mestu po broju korisnika. Njihov porast je naročito brz u Istočnoj Evropi gde fiksni i kablovski širokopojsni Internet nisu dovoljno rasprostranjeni. To je naročito izraženo u ruralnim područjima gde je teže izvesti povezivanje kablom.

Trenutno se kod nas veoma sporo radi na uvođenju WiMAX tehnologije. Ministarstvo telekomunikacija i informatičkog društva je obećalo raspisivanje konkursa za licence do kraja 2008. godine, ali kako stvari stoje to će se najranije desiti tokom sledeće godine. Uvođenje WiMAX-a je od izuzetne važnosti jer je veći deo naše zemlje nedovoljno razvijen i takav da fiksni i kablovski širokopojsni pristup nisu mogući ili su otežani.

5. ZAKLJUČAK

Bežična tehnologija, iako je mnogi smatraju nužnim rešenjem, jeste oblast koja danas ima najveću stopu razvoja na polju telekomunikacija.

Veruje se da će za koju godinu WiMAX predstavljati jedno od najboljih rešenja koje će moći da podrži veliki broj korisnika opslužujući ih različitim servisima. Za oblasti koje su do sada bile slabo pokrivene žičnom infrastrukturom,

Standard 802.16 predvođen WiMAX forumom, koji mu bez sumnje nudi uspeh na tržištu, obezbediće dalji porast bežičnih mreža, dajući beneficije svima od proizvođača do krajnjeg korisnika. Sigurno je da će neko vreme ova tehnologija raditi uporedo sa postojećim x.DSL i KDS-om iako niže cene uvođenja u odnosu na klasične žičane tehnologije daju prednost WiMAX tehnologiji. U svakom slučaju možemo očekivati da će ona biti jedna od najzastupljenijih tehnologija u narednim godinama.

Proizvođači telefona kao što je Nokia će u svoje buduće uređaje implementirati podršku i za WiMAX, dok će Intel kao najjači član foruma profitirati od prodaje čipsetova. Razlog za takav ubrzani rast je taj što mobilni operatori teže prelasku na mreže u kojima se prenos vrši pomoću IP protokola, što je podržano u WiMAX standardu.

Dakle, WiMAX ima sve uslove da postane najznačajnija tehnologija širokopojasnog bežičnog prenosa podataka do danas i izmeni tradicionalni oblik poslovanja u sektoru bežičnih telekomunikacija.

6. LITERATURA

- [1] IEEE Standard 802.16-2004. Part16, "Air interface for fixed broadband wireless access systems", October 2004.
- [2] IEEE Standard 802.16-2005. Part 16: "Air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems-Amendment for physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licenced band." December 2005.
- [3] WiMAX Forum. Mobile WiMAX part I: "A technical overview and performance evaluation". White paper, March 2006.
- [4] WiMAX Forum. Mobile WiMAX part II: "A comparative analysis". White paper. April 2006.
- [5] Jeffrey G Andrews, Arunabha Ghosh, Rias Muhamed, "Fundamentals of WiMAX: Understanding broadband wireless networking". Prentice hall. February 2007.
- [6] Yankee Group Report. "The evolution of WiMAX service providers and applications". Schroth. September 2005.

Kratka biografija:



Miroslav Đorđević rođen je u Vranju 1984. god. Završio je gimnaziju u Vladičinom Hanu 2003. godine. Iste godine upisuje prvu godinu na Fakultetu tehničkih nauka, smer telekomunikacije i u roku polaže sve ispite sa prosečnom ocenom 8.06. Diplomski-master rad iz oblasti telekomunikacija pod nazivom "WiMAX - tehnologija širokopojasnog bežičnog pristupa" odbranio je 2008.god.

Digitalno rešenje pretvarača linijskog protokola

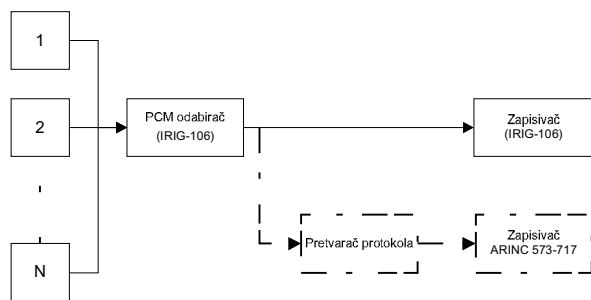
Pavle Savković, Nikola Vranić, Vladimir Marinković, Majda Kukolj, Branislav Atlagić

Sadržaj — U radu je predstavljeno digitalno rešenje pretvarača protokola standarda IRIG-106 u protokol standarda ARINC 573/717. Pretvarač je realizovan pomoću FPGA kola.

Ključne reči — pretvaranje protokola, FPGA.

I. UVOD

Već više decenija impulsno – kodna modulacija (PCM) koristi se u telemetriji za prikupljanje podataka. Praksa je pokazala da je ona dovoljno robustna za primenu u skoro svim poljima u kojima je prikupljanje podataka neizostavan deo. Jedna od korisćenijih familija PCM standarda je IRIG-106 (Inter-range instrumentation group time codes). Sa razvojem tehnologije javila se potreba za snimanjem veće količine podataka, što je značilo i upotrebu novih medija. Jedan od prisutnijih standarda novije generacije koji ispunjavaju navedene zahteve je ARINC (Aeronautical Radio, Incorporated), koji je potisnuo iz proizvodnje uređaje zasnovane na starijim standardima. To je uticalo na brojne firme koje nisu u mogućnosti da u potpunosti pređu na novu tehnologiju. U tu svrhu, razvijaju se pouzdana i jeftina rešenja u vidu pretvarača protokola, iz IRIG-106 u ARINC 573/717. Pretvarač prima podatke po jednom standardu (IRIG), a izlaz daje po drugom standardu (ARINC). Sl. 1. prikazuje mesto pretvarača u sistemu.



Sl. 1. Mesto pretvarača u sistemu

Pavle Savković, Pavle.Savkovic@KRT.neobee.net
Nikola Vranić, Nikola.Vranic@KRT.neobee.net
Vladimir Marinković, Vladimir.Marinkovic@KRT.neobee.net
Majda Kukolj, Majda.Kukolj@KRT.neobee.net
Branislav Atlagić, Branislav.Atlagic@KRT.neobee.net

Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Fruškogorska 11, Srbija
(telefon: 381-21-4801100)

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Branislav Atlagić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, Novembar 2008.

Ranije razvijeno rešenje, opisano u radu „A Simple FPGA/PLL Based Protocol Converter for Serial Data Transmission” [1] sadržalo je analogne komponente koje su po svojoj prirodi osetljive na promenu temperature. Pošto se od pretvarača očekuje da radi na širokom temperaturnom opsegu (od -25° C do +85° C) i sa brzim promenama temperature, ovo se u realnim uslovima ispitivanja pokazalo nepouzdanim za razliku od ispitivanja u laboratorijskim uslovima gde je zabeležena željena tačnost i stabilnost. Zato je razvijeno potpuno digitalno rešenje, koje nema ovih tehnoloških nedostataka.

II. OPIS UREĐAJA

Za slanje podataka u pretvarač, PCM odabirač koristi 3 digitalna signala: signal takta, signal podataka i indikator početka reči (u daljem tekstu IPR). Podaci se primaju i šalju serijski, bit po bit. Sa strane izvora, po IRIG standardu, jedna reč se sastoji od 12 bita podataka i jednog bita parnosti (13 bita). Sa strane zapisivača, po ARINC standardu, reč sadrži 12 bita podataka, ali ne sadrži bit parnosti. Pretvarač mora da odstrani bit parnosti i obezbedi jednaku ulaznu i izlaznu brzinu na nivou reči. Odnos ulazne i izlazne bitske brzine je 13/12 [2]. Podaci koji izlaze iz pretvarača su kodovani po Harvard Bi-Phase (HBP) šemi.

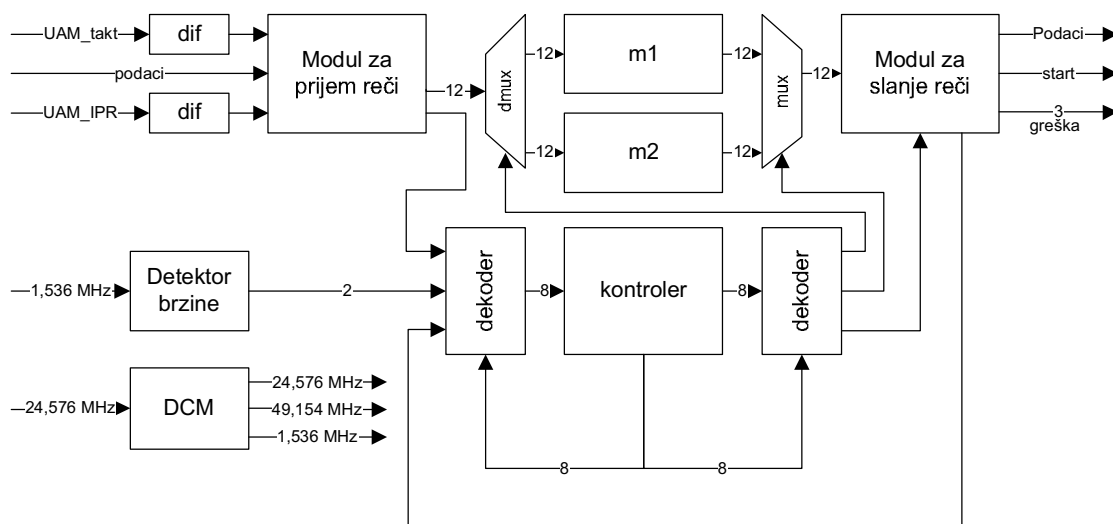
Na izlazu, pored kodovanih podataka, pretvarač daje i signale greške kao i signal početka rada. Brzine prenosa mogu biti 1k, 2k ili 4k reči u sekundi, u zavisnosti od količine podataka potrebnih za snimanje. Pored signala od PCM-a odabirača, u pretvarač ulaze signal takta i signal reseta.

Pretvarač se sastoji iz sledećih modula: detektora brzine, modula za prijem reči, modula za slanje reči, kontrolera, DCM (eng. Digital Clock Managment) modula i memorije. Blok šema sistema je data na slici 2.

Pretvarač realizuje sledeće funkcije:

- detektuje brzinu prenosa podataka
- ispravno preuzima podatke koje šalje PCM odabirač
- generiše kontinualan tok podataka ka zapisivaču
- registruje i signalizira greške u radu

Zadatak modula za detekciju brzine je da odredi kojom brzinom reči dolaze iz PCM odabirača.



Sl. 2. Blok šema pretvarača

Zadatak modula za prijem reči je serijski prijem 12 bita podataka i bita parnosti, proveru parnosti i, u zavisnosti od rezultata provere postavljanje reči na izlaz[3].

Zadatak modula za slanje reči je slanje podataka bit po bit brzinom slanja 1k, 2k ili 4k 12-bitnih reči u sekundi koristeći HBP šemu.

Kontroler upravlja radom celog sistema. Povezan je sa ostatkom sistema preko ulaznog dekodera i signala zahteva prekida. Na sistem deluje preko izlaznog dekodera i signala dozvole prekida.

Modul DCM generiše sve taktove koji se koriste u sistemu. Svi izvedeni taktovi su sinhroni sa taktom od 24.576 MHz koji izlazi iz DCM modula. Svi moduli rade na sistemskom taktu od 24,576 MHz osim kontrolera koji radi na 49,154 MHz i detektora brzine koji radi na taktu od 1,536 MHz (24.576/16 MHz).

Signal ulaznog takta, IPR i deljeni takt se pre svake upotrebe diferenciraju. Signal koji izlazi iz diferencijatora je poravnat sa sistemskim signalom takta od 24,576 MHz.

Po startovanju sistema prvo se čeka period od 1024 reči da bi se ulazni signali stabilisali, nakon čega je moguće krenuti sa detekcijom brzine. Jedna detekcija se sastoji od brojanja sistemskih taktova između dva uzastopna IPR signala. U zavisnosti od broja izbrojanih taktova utvrđuju se sledeće brzine:

- za 1k 13 - bitnih reč u sekundi: 1500 taktova $\pm$ 5% (1425 – 1575 taktova)
- za 2k 13 - bitnih reč u sekundi: 750 taktova $\pm$ 5% (712 – 788 taktova)
- za 4k 13 - bitnih reč u sekundi: 375 taktova $\pm$ 5% (356 – 394 takova)

Ovo brojanje se ponavlja pet puta. Između detekcija se pravi pauza u trajanju od 256 reči. Detekcija je uspešna ukoliko se ista brzina konstatuje svih pet puta. U slučaju nepoklapanja, signalizira se greška. Ova greška se smatra fatalnom i, kada se desi, prekida se rad.

Posle uspešno detektovane brzine, pokreće se modul za prijem reči. On obuhvata dva modula – modul toka podataka i modul kontrole prijema.

Modul toka podataka se sastoji iz 13-bitnog prijemnog registra sa serijskim prijemom podataka i paralelnim izlazom, kola za proveru parnosti i multipleksa. U slučaju ispravno primljene reči, izlaz iz modula je ta reč bez bita parnosti, u suprotnom se postavlja unapred definisana reč koja označava grešku.

Modul za kontrolu prijema nadzire tok podataka, tako što generiše kontrolne signale za prosledjivanje podataka na izlaz. Ovaj modul je zadužen i za rukovanja (eng. handshake) sa kontrolerom.

Memorija je realizovana u dva FIFO bloka. Oni su široki 12 bita i duboki 64 reči. Tehnika upisa je ping-pong. Prvo se upisuje u memoriju 1 (m1). Nakon potpunog punjenja ove memorije prelazi se na upis u memoriju 2 (m2). U isto vreme započinje se čitanje memorije 1. Tako se uvek u jednu memoriju piše, a iz druge čita. Ispred i iza memorije se nalazi logika koja obezbeđuje upis i čitanje.

Sl. 3. šematski prikazuje predhodno objašnjen proces.



Sl. 3. Ping-pong tehnika upisa u memoriju

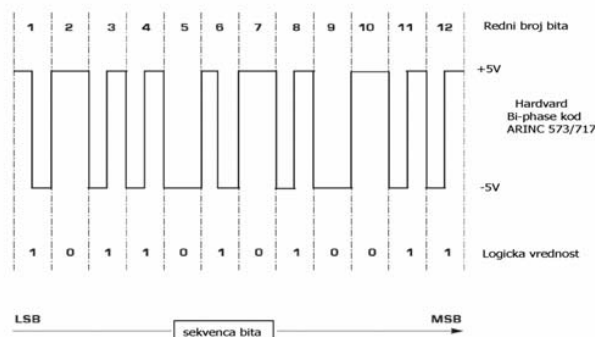
Nakon prvog potpunog punjenja memorija 1 pokreće se modul za slanje reči. On obuhvata dva modula – modul toka podataka i modul kontrole slanja.

Modul toka podataka se sastoji iz jednog 12-bitnog registra, generatora izlaznog takta i modula za kodiranje signala po HBP šemi. Ulaz u registar je paralelan uz mogućnost punjenja podacima ili unapred definisanom konstantom, u zavisnosti od stanja sistema. Izlaz iz ovog registra je serijski. Podaci se serijski šalju iz ovog registra kada je aktivan signal diferenciranog izlaznog takta.

Generator izlaznog takta u zavisnosti od brzine date na ulazu (1k, 2k ili 4k 13-bitnih reči), broji određen broj sistemskih taktova koji odgovaraju poluperiodi izlaznog takta, i na taj način generiše izlazni takt. Osim toga omogućeno je i povećanje/smanjenje periode izlaznog takta, preko signala iInc/iDec.

Modul Harvard je pretvarač iz NRZ koda u HBP kod.

Sl 4. prikazuje izlaznu reč u HBP kodu.



Sl. 4. Niz bita kodovana po HBP šemi

Modul za kontrolu slanja nadzire tok podataka tako što generiše potrebne signale za punjenje nove reči ili konstante u registar, određuje kada je izlaz iz sistema aktivan, a omogućava i rukovanje kontrolerom tako što generiše signale koji označavaju kad su podaci potrebni i kada su podaci preuzeti.

Svim nabrojanim modulima upravlja kontroler koji se može naći u jednom od tri režima rada.

1. inicijalni režim
2. aktivan režim
3. režim obrade grešaka

U inicijalnom režimu kontroler čeka od modula za detekciju brzine detektovanu brzinu. Nakon uspešne detekcije brzine, kontroler prelazi u aktivan režim.

Režim u kome pretvarač pretvara podatke iz jednog standarda u drugi je aktivan režim. On se sastoji od ulazne i izlazne petlje.

Ulazna petlja se sastoji od algoritma odlučivanja i rukovanja (od dva signala) između modula za prijem reči i kontrolera. Algoritam odlučivanja određuje u koju memoriju će nova reč biti zapisana.

Izlazna petlja je nešto složenija, jer koristi tri signala, i naravno algoritmom za odlučivanje. Algoritam odlučuje iz kojeg FIFO bloka će reč biti pročitana.

Pretvarač poseduje svojstvo detekcije greške. Ako se greška detektuje, kontroler prelazi u režim obrade grešaka. Tada se proverava da li još ima reči u memoriji, i ako ima

šalju se modulu za slanje. Posle pražnjenja memorije kontroler ulazi u beskonačnu petlju, a modul za slanje počinje da šalje unapred definisanu konstantu. Greške mogu biti eksterne i interne.

Eksterne greške su pogrešno detektovana brzina i nedostatak nekog od signala sa PCM odabirača. Ovaj tip grešaka se kontroleru javlja preko sistema prekida.

U interne greške spadaju greške modula za prijem reči i greške memorije. Ukoliko kontroler ne uspe da zapiše reč u memoriju, a nova reč se pojavi na ulazu, tada se konstatuje greška. Kao i kod eksternih grešaka i ova greška se javlja kontroleru preko sistema prekida.

Sistem detektuje 4 tipa grešaka memorije:

- Prepunjenost memorije – obe FIFO memorije su pune i nova reč ne može da se zapiše
- Nedostatak reči – obe FIFO memorije su prazne, a modul za slanje potražuje reč
- Potencijalna prepunjenost memorije – u kontroleru postoje brojači reči obe FIFO memorije. Prilikom upisa nove reči povećava se vrednost jednog od brojača, a prilikom čitanja ona se smanjuje. Ukoliko je zbir brojača veći od 64, signalizira se potencijalna prepunjenost
- Potencijalni nedostatak reči – zbir brojača je manji od 64.

U dokumentaciji zapisivača naznačeno je da ulazni takt (izlazni takt) može da odstupa $\pm 5\%$. Da bi se ovo proverilo, razvijeno je posebno rešenje kojim je ovaj podatak potvrđen i u praksi. Izlaznim taktom podataka upravlja kontroler i to sa signalima iInc i iDec. Signal iInc povećava periodu izlaznog takta, i samim tim smanjuje brzinu slanja reči. Signal iDec smanjuje periodu izlaznog takta, tj. povećava brzinu slanja reči. Ovi signali se aktiviraju na greške: potencijalna popunjenost memorije i potencijalni nedostatak reči.

Kada se desi potencijalna prepunjenost memorije, povećava se vrednost signala iInc za jedan i šalje se modulu za slanje reči. Maksimalna vrednost signala iInc i iDec je 8. Kada se desi potencijalni nedostatak reči, povećava se vrednost signala iDec za jedan i šalje se modulu za slanje reči. Ovim mehanizmom omogućava se digitalno “disanje” izlaznog takta.

III. METODOLOGIJA PROJEKTOVANJA

U fazi laboratorijskog ispitivanja, korišćene su već razvijene ploče. Za simuliranje PCM odabirača korišćen je isti digitalni sistem koji je korišćen pri ispitivanju predhodne verzije pretvarača. Sistem je razvijen oko FPGA integrisanog kola EPF10K70RC240-4 proizvođača Altera. Simulator je povezan preko prilagodne ploče sa glavnom pločom na kojoj je realizovan potpuno digitalno rešenje pretvarača. Prilagodna pločica sadrži skup integrisanih kola za prilagođavanje naponskih nivoa signala sa 5V na 3.3V. Glavna ploča je zasnovana na FPGA integrisanom kolu Spartan3 proizvođača Xilinx.

Dugotrajna ispitivanja u laboratorijskim uslovima su bila ograničena kapacitetom zapisivača. Po završetku svakog upisa sadržaj se poredio sa referentnim sadržajem. Dopusćen broj grešaka je nula. Ispitivanja su urađena za

sve 3 brzine. Opsežnim ispitivanjima pokazalo se da sistem u laboratorijskim uslovima zadovoljava pomenute uslove.

Prvi rezultati ispitivanja u realnim uslovima su povoljni. Uredjaj radi stabilno i pored brzih temperaturnih promena. Sledeći korak je ispitivanje uredjaja u jednom od opitnih zavoda.

IV. ZAKLJUČAK

Realizovan je pretvarač protokola bez analognih komponenti. Uredjaj je sposoban da podnese nagle promene temperature bez ikakvog uticaja na njegovu funkcionalnost. Upotrebom kontrolera ostavljen je prostor za dalje usavršavanje algoritma balansiranja bafera sistema, koji mu i daje veliku robusnost u radu, bez uticaja na ostatak sistema.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 12004, od 2008. god.

LITERATURA

- [1] Boris Radin, Pavle Savkovic, Dušan Majstorovic, Branislav Atlagic, Saša Vukosavljev, „A Simple FPGA/PLL Based Protocol Converter for Serial Data Transmission”, ICEST 2008.
- [2] L.F.G. Sarmenta, G.A. Pratt, S.A. Ward, "Rational clocking [digital systems design]," iccd,pp.271, 1995 IEEE International Conference on Computer Design (ICCD'95), 1995
- [3] Cadence, „Clock domain crossing - closing the loop on clock domain functional implementation problems”, white paper 2004

ABSTRACT

The paper describes a digital design of protocol converter from protocol IRIG-106 to protocol ARINC 573/717. Converter is designed on FPGA circuit.

A DIGITAL DESIGN OF LINE PROTOCOL CONVERTER

Pavle Savković, Pavle.Savkovic@KRT.neobee.net
Nikola Vranić, Nikola.Vranic@KRT.neobee.net
Vladimir Marinković, Vladimir.Marinkovic@KRT.neobee.net
Majda Kukulj, Majda.Kukulj@KRT.neobee.net
Branislav Atlagić, Branislav.Atlagic@KRT.neobee.net

IMPLEMENTATION OF TELECONTROL APPLICATION SERVICE ELEMENT 2 PROTOCOL

Miroslav Popović, Novak Savić, *University of Novi Sad*

Contents – This paper describes the implementation of the Telecontrol Application Service Element 2 protocol as well as the protocol itself. Telecontrol Application Service Element 2 protocols is also known as Inter-Control Center Protocol. Besides implementation of this protocol, the paper presents an approach used for testing and verification. Telecontrol Application Service Element 2 protocol is unitized in 9 (nine) conformance building blocks. This implementation includes building blocks: 1, 2, 5, 7 and 9.

1. INTRODUCTION

TASE.2 is the application layer standard that represents extension to MMS (Manufacturing Message Specification) protocol. The purpose of TASE.2 protocol is to regulate communication between Inter Control Centers.

TASE.2 is able to operate over either an ISO-compliant transport layer or a TCP/IP transport service, as long as ISO layers 5-7 are maintained. TASE.2 uses ACSE (Association Control Service Element [5] [6]) to establish logical connection. This International Standard makes use of the object modeling facilities of ASN.1 [8]. ASN.1 [7] is used for describing the abstract structure of a protocol, that is, the data present in messages. There is standard C Unix specification for ACSE/Presentation Layer Interface (APLI), which goes on top of the ISO stack. We have taken advantage of another approach by developing APLI over Windows and Berkeley sockets (TCP). Two possible solutions are shown on figure 1.

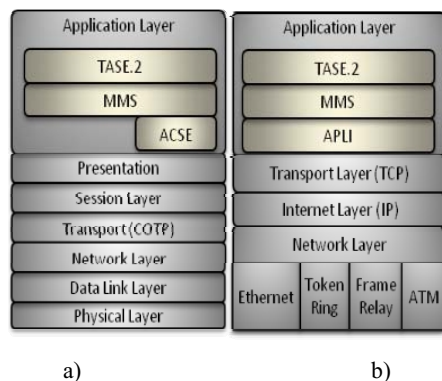


Figure 1. APLI over a) ISO OSI, b) TCP protocol stack

Figure 1 a) shows TASE.2 and MMS protocol over the ISO layer. Figure 1 b) shows TASE.2, MMS and APLI over Windows and Berkeley sockets.

Section 2 contains an overview of those parts of TASE.2 protocol which are implemented so far. Implementation and testing are presented in sections 3 and 4, respectively.

2. TASE.2

TASE.2 is based on the client/server concept. All data transfers originate with a request from one control center (the client) to another control center, which owns and manages

the data (the server). TASE.2 uses the ISO Association Control Service element (ACSE) to establish logical associations. Multiple associations may be established from a client to multiple control center servers. Multiple associations may also be established to the same control center for the purpose of providing associations with different Quality of Service (QoS). A TASE.2 client then uses the association with the appropriate QoS for the operation to be performed. For example, to ensure that real-time data messages are not delayed by non-real-time data transfers, both a High and Low priority association may be established, with a separate message queue for each. TASE.2 will check the High priority message queue and service any messages queued before servicing the Low priority message queue.

TASE.2 permits either a client or a server to initially establish an association. It further permits an established association to be used by either a client or server application at a site, independent of how the association was established.

To provide access control, the server checks each client request to ensure that the particular client has access rights to the data or capability requested. Access control is provided through the use of Bilateral Tables (BLTs) defined for each client/server association. BLTs provide execute, read/write, read only, or no access for each item that can be requested by a client.

First, all TASE.2 services are provided via TASE.2 server objects which may be thought of as classical objects with data attributes and methods as defined in object-oriented design methodologies. There are two basic types of methods in TASE.2, called operations and actions. An operation is client-initiated via a request to a server, typically followed by a response from the server. An action, on the other hand, is a server-initiated function.

Second, all other data and control elements typically exchanged between control centers are defined as "data objects". These range from simple to complex data structures. TASE.2 Server includes the following types of objects: Association, Data Value, Data Set, Transfer Set, Account, Device, Program and Event.

Association objects are used to establish an association, or logical connection, between two TASE.2 instances. Such an association is typically long-running, staying in place as long as both TASE.2 instances are running and the underlying communications links are maintained.

Data Value objects represent values of control center data elements, including SCADA points, such as analog measurements, digital status, and control points, or data structures. Any data element or object that is uniquely identified by a single MMS Named Variable (with persistence) can be represented via the Data Value object.

Data Set objects are ordered lists of Data Value objects maintained by a TASE.2 server. This object enables a client

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Branislav Atlagić.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Palić, Juni 2008.

to remotely define Data Sets via TASE.2. The Data Set object can be used by a client, for example, to remotely define a list of SCADA points to be reported as a group. The establishment of the reporting criteria and the actual transfer of data values are accomplished using the Transfer Set object.

A *Transfer Set object* resides at a TASE.2 server and it is used by a TASE.2 client to establish the actual transfer of data values. While Data Value objects can be individually requested via a one-shot request, receiving the requested value in response, more complex data transfers require the use of a Transfer Set. The Transfer Set object permits information to be exchanged on a periodic basis, on a change of state or value, in a response to a particular server event, or on an operator request. Because of the unique requirements for transferring different types of data between control centers, TASE.2 provides four types of Transfer Set objects:

- *Data Set Transfer Set* - used for establishing the transfer of Data Sets defined and created using the Data Set object.
- *Time Series Transfer Set* - used for transferring the data values of a single Data Value object at different incremental times as specified by a delta time interval
- *Transfer Account Transfer Set* - used for transferring many different types of data objects.
- *Information Message Transfer Set* - used for transferring the Information Buffer data object.

Device objects represent actual physical devices in the field for the purpose of providing services for a client to control them remotely. Both interlocked (i.e., select-before-operate) and non-interlocked devices are represented.

A *Program object* provides a client with remote operation of a program at a server site. The actual program being controlled can be any application program at the server site.

An *Event object* represents a system event at a server site, such as when a device changing state or the occurrence of a certain data error. Event objects provide a way for a client to be notified of system events at a server. There are actually two objects associated with events: Event Enrollment object and Event Condition object. Event Enrollment permits a client to express interest in being notified of particular event when it occurs at a server site. Event Condition objects are predefined at a server for all system events that are to be available to clients for enrollment.

As mentioned earlier all TASE.2 object and appropriate services are unitized in 9 (nine) conformance building blocks (CBB). Representation of CBBs which are implemented is shown below. The appropriate services are enumerated inside the brackets. Their names are enough descriptive for themselves. More information about those services can be found in [3].

Block 1 (Basic Services) is minimum that developer can develop or client can request, and it contains: Association objects and appropriate services (Initiate, Conclude, Abort), Data Value objects and appropriate services (Get Data Value, Set Data Value, Get Data Value Names, Get Data Value

Type), Data Set Objects and appropriate services (Create Data Set, Delete Data Set, Get Data Set Element Values, Set Data Set Element Values, Get Data Set Names, Get Data Set Element Names), Transfer Set Objects and appropriate services (Start Transfer, Stop Transfer, Data Set Transfer Set Condition Monitoring), Next Transfer Set Objects, and appropriate services (Get Next Transfer Set Value).

Block 2 (Extended Data Set Condition Monitoring): Block 2 is used to provide the capability to transfer power system data in more ways than periodic reports. TASE.2 can monitor next conditions, which trigger data transfers: normal reporting period (IntervalTimeout), change of object (ObjectChange), operator request (OperatorRequest), periodic report (IntegrityTimeout), and other unspecified conditions (OtherExternalEvents).

Block 4 provides a general message transfer mechanism that also includes the ability (by agreement of the two parties) to transfer simple text or binary files. Block 4 is composed of Message objects (IMTransferSet).

Block 5 provides a mechanism for transferring a 'request to operate a device' from one TASE.2 implementation to another. TASE.2 does not directly control the device; rather it communicates a client's request to operate a device to the server. It is composed of Device objects (GetTag, SetTag, Timeout, Local Reset, Success, and Failure).

Block 7 adds the Event Enrollment and Event Condition objects. It is composed of Device objects and appropriate services (Success and Failure), Event Conditions objects and appropriate services (EventNotification) as well as Event Enrollment objects and appropriate services (CreateEventEnrollment, DeleteEventEnrollment and GetEventEnrollment Attributes).

Block 9 provides a TASE.2 client with the ability to receive time series data and it is composed of TSConditions objects. Time series data might be data that has a required sampling frequency, which is too high to conveniently transfer it continuously between two TASE.2 implementations, and it is not needed at the client site in real time.

A control center is modeled with one or more Virtual Control Centers (VCC). A VCC is mapped onto an MMS Virtual Manufacturing Device (VMD). It therefore has the same definition and behavior as an MMS VMD. By mapping a TASE.2 VCC to an MMS VMD, the TASE.2 VCC performs the same function for a control center that a MMS VMD does for a real device.

All other TASE.2 objects and services are completely mapped to corresponding MMS objects and services. More information can be found in [3].

3. IMPLEMENTATION OF TASE.2 PROTOCOL

This implementation of TASE.2 protocol uses services of previously developed MMS protocol [9] and represents object oriented C++ implementation currently tested for Windows platform. Supported Conformance building blocks are 1, 2, 4, 5, 7 and 9.

Establishment and maintaining of associations, as well as service requests and responds are supported by component TASE.2 Provider, which represents extension to MMS

Provider and includes ASN.1 BER (Abstract Syntax Notation One-Basic Encoding Rules) Encoder and Decoder for encoding and decoding messages. TASE.2 provider and association (association is used for holding information about particular application association) components are essential for both client and server application to be able to communicate with each other. For the server application there are some extra components which are required. Those components are: VirtualControlCenter, Association, Domain, BilateralTable, DataValue, DataSet, InformationMessage, DSTransferSet, TSTransferSet, IMTransferSet, Device, EventEnrollment, EventCondition, and some additional classes. All those objects are encapsulated with Virtual Control Center. For holding those objects standard template library has been chosen because of very high performance.

Integrated development environment used for this project is Visual Studio 2005. Just like standard template library all other libraries used are standard so this implementation can be platform independent.

A TASE.2 domains are implemented in such way that for every client is associated one and only one Domain and one bilateral Table. A bilateral table governs security issues for TASE.2 clients and they are read only. Initialization of bilateral tables are done through component *BLT Loader*, which simply loads bilateral tables from XML (Extensible Markup Language) configuration file.

Solution has been tested in real the environment through the integration with a Telvent OASyS SCADA [10] and DMS [11] DMD Application (distribution management system). Telvent SCADA holds data in the real time CMX database. For the purpose of testing, Telvent OASyS SCADA has been loaded with SCADA points that belong to Madrid, Seville and Valencia cities. Further more, some SCADA points for city Madrid are time critical, others are not. This means that Telvent OASyS SCADA have three areas of responsibilities (AOR) without any interleaving, those areas are Madrid AOR, Seville AOR and Valencia AOR. A TASE.2 server will have one Virtual Control Center with three domains, every with one bilateral table for security issues. Every of those three domains are dedicated to one city, that is to SCADA points which belongs to appropriate city. As TASE.2 supports QoS packet prioritization has been used. There is one association with normal packet priority for both Seville and Valencia domains. TASE.2 QoS are simply mapped on the TCP QoS.

Every of those three domains are dedicated to one TASE.2 client. This means that we have three TASE.2 clients which are connected with TASE.2 server via TASE.2 protocol on the one side, and with DMS DMD software through CORBA (Common Object Request Broker Architecture) mechanism on the other side. This is shown in figure 2.

Data access to a CMX database from the TASE.2 client are done by usage of ADO (ActiveX Data Object). This implementation is memory optimized in such way that none of CMX data are kept in memory on TASE.2 server. Only when client request some data, server will first allocate enough memory to hold those data, load data into memory, send data to client and after that release previously allocated memory. There is not even sense to hold the data in memory because those data will become invalid very fast by the reason of dynamic data nature.

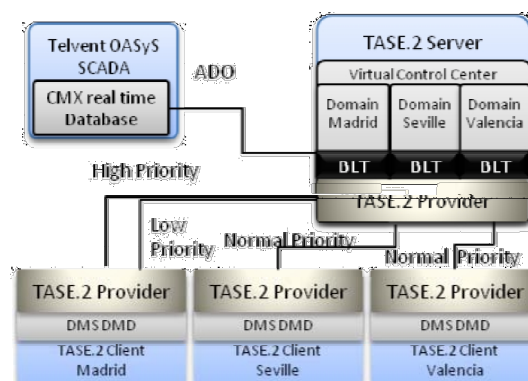


Figure 2. Integration with Telvent OASyS SCADA and DMS DMD software

From all standardized TASE.2 objects available this implementation includes Control Point and Indication Point.

4. PERFORMANCE

Performance issue can be viewed from three angles. First, there is network bandwidth used by protocol, that is the size of messages. Second important thing is memory footprint and the third execution time. For now only network performance has been accomplished.

Standard solution to enable connection between SCADA and DMS software is usage of RPC (Remote Procedure Call). The idea is to compare size of messages exchanged between SCADA and DMS software in situation when RPC and in situation when TASE.2 protocol is used. Further more, there is four possible situation to measure size of message when TASE.2 protocol is used: same type of solution like in RPC, usage of Information Report TASE.2 feature, usage of RBE (Report By Exception) TASE.2 feature and usage of CBB3 TASE.2 feature when messages are not packed by using ASN.1 BER encoding rules, but instead of that ASN.1 PER (Packed Encoding Rules). This is shown in figure 3.

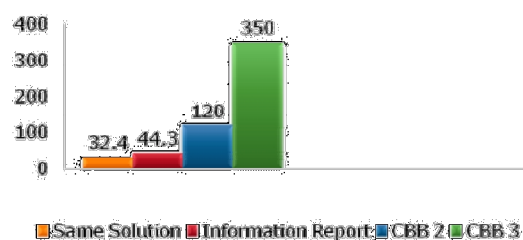


Figure 3. Performance improvement expressed in percentage when compared with RCP solution.

There is no sense to compare network performance with a TASE.2 solution from the other vendors, because size of messages must be the same. But, it would be very useful to compare other performance issues with implementation from other vendors.

There is no trace of any Open Source or any kind of non commercial project that involves development of TASE.2 protocol. Of course there are commercial solutions available and only two companies have been developed TASE.2 protocol. Those companies are SISCO INC. [12] and Live Data [13]. Solution from the SISCO INC is platform

independent as it can be compiled on every platform which have standard ANSI C compiler. Their solution is not complete and includes conformance building blocks 1, 2, 4, 5, and 8. This implementation covers for about 85% of market. Solution from Live Data includes CBBS 1-8 but is not platform independent. To be more specific it can run only under Windows NT on a separate machine. So if we want to connect TASE.2 server and/or client with SCADA and/or DMS software which run on the UNIX platform, we need separate machine with Windows NT and connection to UNIX platform through TCP or RTP protocol. There is no available free software from those companies so at this moment we are unable to compare performance from our solution with performance of theirs solution.

4. TESTING

Testing and verification has been performed through C++ unit testing framework (CppUnit) and, as earlier described, in real integration with Telvent (Spanish Company) OASYS SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).

As shown in Figure 5. Class TestSuiteVCC includes the appropriate test cases.

```

Class TestSuiteVCC: public CPPUNIT_NS::TestFixture
{
    CPPUNIT_TEST_SUITE(TestSuiteVCC);
    CPPUNIT_TEST(VCC_TC1);
    CPPUNIT_TEST(VCC_TC2);
    CPPUNIT_TEST(VCC_TC3);
    ...
    CPPUNIT_TEST_SUITE_END();
    void VCC_TC1();
    void VCC_TC2();
    void VCC_TC3();
    ...
}

```

Figure 5. Example of test suite

In both cases testing was considered successful.

5. CONCLUSION

When compared with other standard solution, for example RPC, TASE.2 has shown excellent performance. TASE.2 protocol has very good security with possibility of adding data encryption with Public Key Cryptography. Testing and verification has been presented too. The main purpose of developing TASE.2 protocol is research in this area. This implementation can be used in real systems which has been approved through integration with Telvent OASYS SCADA. Further plans are to go on with developing TASE.2 protocol, and develop conformance building blocks 3, 4, 6, and 8. Beside this memory and execution performance will be explored and if necessary optimized. Development is directed in that way so implementation can be platform independent.

LITERATURE

- [1] International Electro technical Commission, *IEC 60870-6-503 – TASE.2 Services and Protocol*, Geneva Switzerland 2002.
- [2] International Electro technical Commission, *IEC 60870-6-702 – TASE.2 Functional profile for providing the TASE.2 application service in end systems*, Geneva Switzerland 1998.
- [3] International Electro technical Commission, *IEC 60870-6-802 – TASE.2 Object models*, Geneva Switzerland 2005.
- [4] International Electro technical Commission, *IEC 60870-6-505 – TASE.2 User Guide*, Geneva Switzerland 2006.
- [5] International Telecommunication Union, ITU-T X.227 (ISO/IEC 8650) – Open System Interconnection – Connection Oriented Protocol for Association Control Service Element: Protocol Specification, ITU 1996.
- [6] International Telecommunication Union, ITU-T X.225 (ISO/IEC 8327-1) – Open System Interconnection – Connection Oriented Session Protocol: Protocol Specification, ITU 1996.
- [7] International Telecommunication Union, ITU-T X.680 (ISO/IEC 8422-1) – Information technology – Abstract Syntax Notation One (ASN.1): Specification of basic notation, ITU 1998.
- [8] International Telecommunication Union, ITU-T X.681 (ISO/IEC 8422-2) – Information technology – Abstract Syntax Notation One (ASN.1): Information Object Specification, ITU 1998.
- [9] Implementation of Manufacturing Message Specification and Association Control Service Element/Presentation Protocols - Novak Savić, Branislav Atlagić, Dragan Kukolj, Slavko Svircević – ETRAN 2008
- [10] www.telvent.com
- [11] www.dmsgroup.co.yu
- [12] www.sisconet.com
- [13] www.livedata.com

Abstract – Ovaj rad opisuje implementaciju Telecontrol Application Service Element 2 protokola kao i sam protokol. Telecontrol Application Service Element 2 je takodje poznat kao Inter-Control Center Protocol. Implementacija ovog protokola je takodje prikazana kao i testiranje i verifikacija. Telecontrol Application Service Element 2 je sačinjen od 9 (devet) gradivnih blokova. Ova implementacija uključuje gradivne blokove: 1, 2, 5, 7 and 9.

IMPLEMENTATION OF TELECONTROL APPLICATION SERVICE ELEMENT 2 PROTOCOL

Miroslav Popović, Novak Savić

JEDNO REŠENJE UPRAVLJANJA TV UREĐAJEM POMOĆU MOBILNOG TELEFONA

Duro Hornjak, Ivan Popović, Velibor Mihić, *Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, hornjak_djuro@yahoo.com*

Sadržaj – U radu je izložena realizacija upotrebe mobilnog telefona kao daljinskog upravljača za TV uređaj pomoću Bluetooth (BT) veze. Uspostavljena je bežična veza između TV uređaja sa jedne strane i GSM mobilnog telefona sa druge strane. Prikazani su fizička arhitektura sistema i kratak opis programske podrške.

1. UVOD

Današnji razvoj i usavršavanje informacionih tehnologija dovodi do poboljšanja i proširivanja uređaja novim funkcijama. Proširenje namenskih sistema dodatnim funkcijama postalo je prisutno i u TV industriji. U modernim uređajima sve više je prisutna daljinska komunikacija [1].

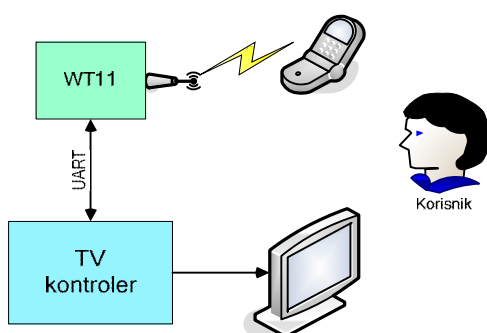
Zadatak ovog rada je ostvarivanje upravljanja TV uređajem putem Bluetooth veze korišćenjem mobilnog telefona. Realizacijom zadatka uspostavljena je bežična veza između TV uređaja sa jedne strane i GSM mobilnog telefona (koji ima podršku za Bluetooth komunikaciju) sa druge strane. Televizijski aparati ne poseduju podršku za bežični prenos podataka pomoću Bluetooth tehnologije, tako da je potrebna dodatna fizička arhitektura (*add on*).

2. FIZIČKA ARHITEKTURA SISTEMA

Fizičku arhitekturu sistema čine:

- TV uređaj,
- Dodatna fizička arhitektura koja obezbeđuje Bluetooth funkcionalnost (*add on board*),
- GSM mobilni telefon sa podrškom za Bluetooth komunikaciju kao i za pokretanje java aplikacija.

Na sl. 1. su prikazani blok dijagrami osnovnih delova sistema i sprege između navedenih delova.



Sl. 1. Fizička arhitektura sistema

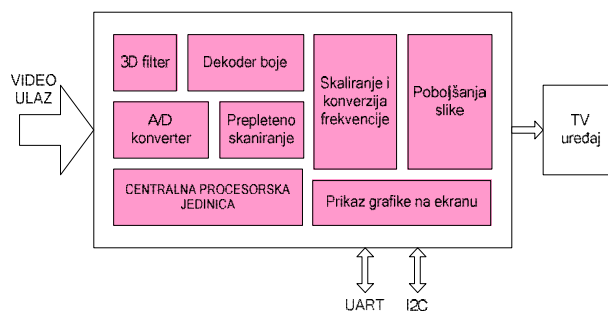
3. RAZVOJNO OKRUŽENJE

Kao razvojno okruženje u okviru ove realizacije, korišćena je Micronas razvojna platforma „VGCA Evaluation Board“.

NAPOMENA:

- Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Veran Vasić.
- Rad je prethodno publikovan na konferenciji ETRAN, Palić, Juni 2008.

Pored TV mikrokontrolera razvojna platforma sadrži: dva DDR333 modula, fleš memoriju, FRC (*Frame Rate Converter*) integrisano kolo za poboljšanje slike, reset generator za resetovanje fizičke arhitekture, analogne ulaze (skart, CINCH/AV konektor, hosiden, D-terminal i VGA konektori), analogne izlaze, I²C magistralu, UART-RS232 magistralu, infracrveni prijemnik, GPIO (*General Purpose Input Output*) konektore, napajanja od 5.0V, 3.3V, 2.5V i 1.8V [3].



Sl. 2. Blok dijagram TV razvojne platforme

TV razvojna platforma sadrži integrisano kolo namenjeno za najmodernije LCD i plazma ekrane rezolucije do 1920x1080 piksela. Omogućava aplikacije kao što su slika u slici (*PIP – picture in picture*), podeljeni ekran (*PAP – picture and picture*), slika i tekst (*PAT – picture and text*) čuvajući punu rezoluciju slike i poboljšavajući njen kvalitet. Sadrži 32-bitni centralni procesor (MIPS32TM) [2].

Sprega između TV razvojne platforme i dodatne fizičke arhitekture ostvarena je pomoću UART-a (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) koji obezbeđuje komunikaciju između VGC (*Video Graphics Controller*) mikrokontrolera i WT11 komunikacijskog modula.

4. WT11 KOMUNIKACIJSKI MODUL

WT11 je Bluetooth 2.0 razvojno okruženje koje podržava EDR (*Enhanced Data Rate*) tehnologiju, odnosno brzinu prenosa podataka do 3.0 Mb/s. Domet ovog modula je do 100 metara. Sadrži sve neophodne elemente (radio, antenu) kao i realizovan Bluetooth protokol stek sa najosnovnijim Bluetooth profilima.



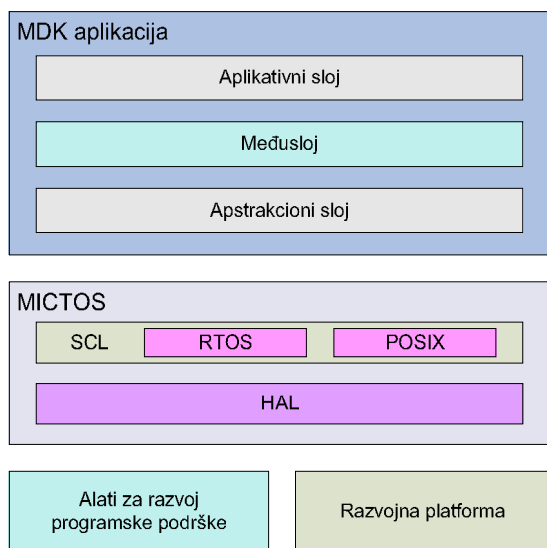
Sl. 3. Izgled WT11 komunikacijskog modula

WT11 je opremljen jednostavnom za korišćenje iWRAP (*interface Wireless Remote Access Platform*) upravljačkom

spregom koja omogućuje korisnicima da pristupe Bluetooth funkcijama pomoću ASCII komandi koje se šalju preko serijske sprege – kao kod Bluetooth modema. iWRAP radi na internom RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) mikrokontroleru koji se nalazi na BlueCore04 integrisanom kolu.

5. RAZVOJ PROGRAMSKE PODRŠKE

MDK (*Micronas Development tool Kit*) je kompletna TV aplikacija razvijena u cilju ispitivanja programske podrške za VGC familiju integrisanih kola. MDK aplikacija pokazuje mogućnosti mikrokontrolera i može da se modifikuje i menja u zavisnosti od potreba naručilaca (proizvođača televizora).



Sl. 4. Razvojno okruženje

Programska podrška urađena je u programskom jeziku C. Korišćen je GNU prevodilac i GCC uvezivač (*GNU Compiler Collection*). Alati su razvijeni za korišćenje pod Linux operativnim sistemom. U Windows okruženju ovi alati se koriste pod emulacijom Linux operativnog sistema (Cygwin).

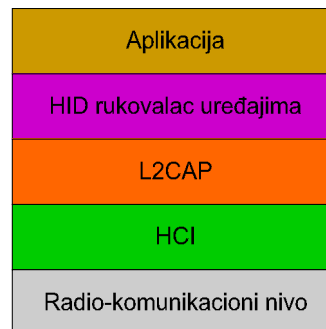
MICTOS je namenski operativni sistem koji predstavlja osnovnu programsku podršku za sve televizijske mikrokontrolere zasnovane na 32-bitnim procesorima proizvođača Micronas. MICTOS je osmišljen tako da bude nezavisan od fizičke platforme (šasije) [5].

6. REALIZACIJA REŠENJA

U Bluetooth komunikaciji postoji i koristi se određeni broj profila. Deo njih je realizovan u okviru integrisanog kola WT11. WT11 unutar svog integrisanog kola podržava sledeće protokole: SPP, HFP, OPP, HUN (+HCI). Ukoliko WT11 podržava određeni Bluetooth profil, on će omogućiti jednostavno korišćenje njegovih usluga tako što će apstrahovati mehanizme korišćenja profila uvođenjem skupa *iWrap* komandi.

Unutar samog integrisanog kola WT11 obezbeđena je programska podrška za HCI i L2CAP nivoe. HCI (*Host Command Interface*) predstavlja sam Bluetooth radio prenos podataka. L2CAP (*Logical Link Control and Adaptation Protocol*) predstavlja adaptivni sloj na koji se oslanja HID profil. Napisana je aplikativna programska sprema i omogućeno rukovanje je HID profilom.

Na sl. 5. je prikazan protokol stek kao i profili koje Bluetooth obezbeđuje.



Sl. 5. Bluetooth protokol stek i WT11 iWrap podrška

Poznato je da postoje aplikacije za daljinsko upravljanje računarom pomoću GSM mobilnog uređaja koristeći Bluetooth vezu. Veliki broj korisnika mobilnih telefona i računara uspešno koristi ovu mogućnost. I na računaru i na mobilnom telefonu je prvenstveno potrebno ugraditi odgovarajuću aplikaciju. Aplikacija se može preuzeti sa interneta. U izradi ovog rešenja korišćena je jedna od standardnih aplikacija. Potrebno je prvo na računaru generisati konfiguracionu datoteku. Zatim je potrebno konfiguracionu datoteku proslediti GSM mobilnom uređaju preko Bluetooth veze.

Bluetooth veza između računara i GSM mobilnog telefona ostvaruje se korišćenjem HID (*Human Interface Device*) Bluetooth profila. Pošto i sama aplikacija koristi usluge HID profila, u okviru MDK aplikacije realizovana je HID profil programska podrška.

Generalno, *Human Interface Device* definiše dve uloge, *Human Interface Device* (HID) prateći uređaj i krajnji (*Host*) uređaj. HID prateći uređaj obezbeđuje međusobno delovanje između krajnjeg uređaja sa jedne i korisnika sa druge strane. Krajnji uređaj je uređaj koji koristi ili zahteva usluge od HID pratećeg uređaja [6]. U ovom radu krajnji uređaj predstavlja TV platforma zajedno sa WT11, dok je prateći uređaj GSM mobilni telefon. HID profil opisuje protokole, funkcije i uputstva za rukovanje *Bluetooth* HID uređajima kao što su tastatura, miš i sl. Takoreći, on predstavlja univerzalni rukovalac HID pratećih uređaja.

Veza između TV uređaja i GSM mobilnog telefona se može inicirati na dva načina. Vezu može da inicira TV uređaj koristeći određene parametre pri uspostavljanju Bluetooth bežične veze. Potrebno je da se pretraže Bluetooth uređaji u okolini i da se uspostavi veza sa određenim. Takođe, veza može biti uspostavljena i sa strane GSM mobilnog telefona. Na GSM mobilnom telefonu se pokrene aplikacija za daljinsko upravljanje. Ova aplikacija automatski pretražuje dostupne Host uređaje (one koji imaju podršku za HID prateće uređaje) u okolini i uspostavlja vezu. U oba slučaja potrebno je pomoću tastature GSM mobilnog telefona uneti odgovarajući kod.

U okviru upravljačkog dela podržano je menjanje kanala na odgovarajuću cifru ili cifre, povećavanje i smanjivanje jačine zvuka i menjanje kanala za jedan više ili niže. Prekid Bluetooth veze između HID pratećeg uređaja i Host uređaja može da inicira bilo koja strana.

7. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan primer proširenja funkcionalnosti TV uređaja sa mogućnošću upravljanja istim pomoću GSM mobilnog telefona. Aplikacija predstavlja dobru polaznu osnovu za dalji razvoj i nadogradnju same TV platforme. Kao što je i GSM mobilni telefon postao veoma složen poslednjih par godina, podržavajući sve veći broj mogućnosti, logično je očekivati slični razvoj i u TV industriji.

LITERATURA

- [1] N. Teslić, "Programska podrška u televiziji i obradi slike", materijali sa predavanja, FTN Novi Sad 2005.
- [2] Micronas GmbH, VGC596yB_1ai_LSI_logic.pdf, Freiburg, August 2005.
- [3] Micronas GmbH, vgc59xxa_eval_board_draft_rev30.pdf, Freiburg, to be published.

- [4] Bluegiga Technologies, WT11_Data_Sheet.pdf, February 2007.
- [5] Micronas, MICTOSUserGuide_VGCB_V1.01.pdf, unpublished.
- [6] S. McGowan and C. Ranta, "Human Interface Device (HID) Profile", 2003, Available www.bluetooth.org

Abstract – In modern telecommunication applications remote communication is more and more present. This paper presents one realization of GSM cell phone used as remote controller for TV set.

ONE IMPLEMENTATION OF CONTROLLING OF TV DEVICE USING CELL PHONE

Đuro Hornjak, Ivan Popović, Velibor Mihić

Digitalna biblioteka

Jelena M. Georgijević

Sadržaj — Digitalna biblioteka, elektronska biblioteka, virtuelna biblioteka, hibridna biblioteka, biblioteka bez zidova, univerzalna biblioteka – niz je novih termina koji su se pojavili u poslednjoj deceniji. U ovom radu dato je rešenje fakultetske digitalne biblioteke. Ova biblioteka pruža korisnicima (studentima, nastavnom osoblju) brži, jednostavniji i kvalitetniji pristup novim publikacijama. Korisnik koristi svoj browser da bi postavio upit i dobio podatke preko Web-a.

Ključne reči — baza podataka, digitalna biblioteka, pretraživanje, WEB programiranje

I. UVOD

Digitalne biblioteke su biblioteke u kojima se naglasak stavlja na pristup dokumentima i na pružanje informacionih usluga – za razliku od tradicionalnih biblioteka, u kojima su najvažnije bibliotečka zgrada i tomovi publikacija [1]. Svrha im je, međutim ista: i digitalne i tradicionalne biblioteke treba da pruže podršku korisnicima u pretraživanju, nalaženju i pribavljanju dokumenata, ali organizacija prvih treba da bude usmerena više na usluge nego na fizički prostor. Najznačajniji element o kojem treba voditi računa pri kreiranju, implementaciji i menadžmentu digitalne biblioteke jeste njena otvorenost za saradnju i povezivanje sa drugim bibliotekama u virtuelnom prostoru. Samo kroz zajedničku raspodelu svih resursa više različitih biblioteka, moguće je adekvatno zadovoljenje korisničkih potreba. Tradicionalne biblioteke biraju, čuvaju i isporučuju informacije. Sve te funkcije zadržavaju i nove digitalne biblioteke, s tim što je selekcija sve više zasnovana na principu „na zahtev korisnika“, što čuvanje informacija može da bude i izvan određenog ograničenog prostora, a isporuka elektronska. Svi ti novi elementi zahtevaju i veštije korisnike, tako da sve više pažnje treba usmeravati upravo na obuku korisnika. Kvalitet biblioteka više se neće meriti „metrima polica ili knjiga“, već pre svega kvalitetom pruženih usluga. Digitalne biblioteke sve svoje resurse treba da usmere na zadovoljavanje potreba korisnika, a ne na nabavku dokumenata. Njihov kvalitet meriće se prema nivou usluga i pomoći koju pružaju korisnicima u pogledu pronalaženja odgovarajućih informacija, a ne prema broju nabavljenih knjiga.

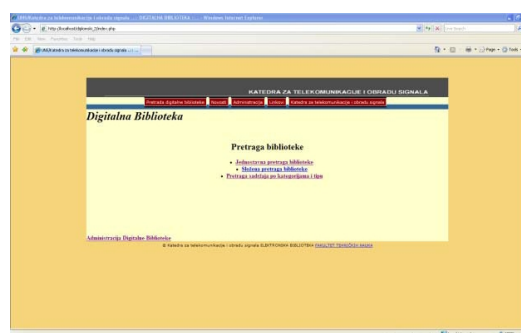
Metadata podaci od ključnog su značaja u digitalnom svetu. Svako ko ima nameru da kreira, implementira i upravlja digitalnom bibliotekom, mora da ima u vidu te podatke. O problemima usklađivanja metadata podataka

raspravlja se u okvirima mnogih međunarodnih organizacija i bibliotečkih asocijacija, a cilj svih tih debata jeste izrada vodiča i harmonizacija standarda na međunarodnom nivou, kako bi bila moguća što bolja, brža i kvalitetnija razmena podataka. Potrebno je takođe naglasiti da Web svakako sam po sebi ne predstavlja digitalnu biblioteku. Iako Web ima mnoge karakteristike digitalne biblioteke, i iako je činjenica da bez Web-a ni digitalna biblioteka ne bi mogla da postoji, ipak je činjenica da on ne predstavlja sam po sebi digitalnu biblioteku, najpre zbog toga što ne nudi organizovane informacione izvore, odnosno celovit sistem znanja, već pre „okean informacija“ ispunjen mnogim šumovima i redundansama.

Ovaj rad je posvećen opisu realizacije digitalne biblioteke Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Naredno poglavlje je najobimnije i posvećeno je opisu korisničkog i administratorskog interfejsa realizovane biblioteke. Poglavlje tri predstavlja skraćeni (usled ograničenog prostora) opis korišćenog softverskog alata; za detaljnija obaveštenja može se kontaktirati direktno autor [2]. U poslednjem poglavlju data su zaključna razmatranja.

II. OPIS DIGITALNE BIBLIOTEKE

Dolaskom na stranicu digitalne biblioteke (Sl. 1) korisnik ima mogućnost da izabere želi li da pretražuje biblioteku, da se informiše o dodatom materijalu na stranici novosti, da ode na sajt katedre ili da ode na sajt neke druge digitalne svetske biblioteke.



Sl. 1. Glavna stranica digitalne biblioteke

Za administratora postoji posebna stranica – administracija digitalne biblioteke (Sl. 2). Korisnici sistema digitalne biblioteke pristupaju biblioteci preko stranice za pretraživanje. Putem ove stranice korisnik je u mogućnosti da pretražuje biblioteku po različitim kriterijumima. Korisniku na raspolaganju stoje stranice sa formama za:

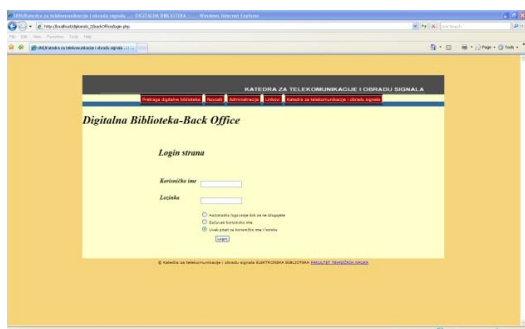
- jednostavno pretraživanje (Sl. 3),

J. M. Georgijević, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-64-2213283; e-mail: j.georgijevic@gmail.com).

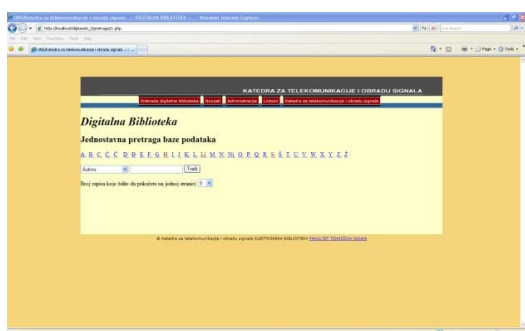
NAPOMENA:

- a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila prof.dr Dragana Bajić.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, Novembar 2007.

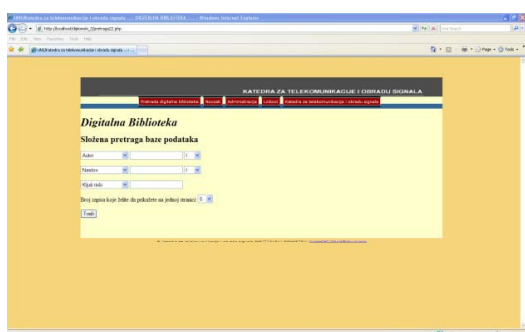
- napredno pretraživanje (Sl. 4) i
- pretraživanje po kategorijama i tipu (Sl. 5).



Sl. 2. Stranica za administratora



Sl. 3. Jednostavno pretraživanje



Sl. 4. Napredno pretraživanje



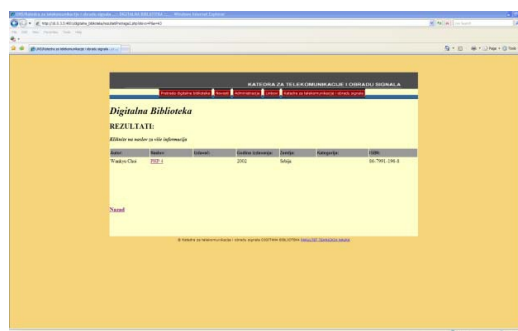
Sl. 5. Pretraživanje po kategorijama i tipu

Na svim stranicama za pretraživanje nalaze se jednostavne forme u koje korisnik unosi željeni kriterijum pretraživanja. Na stranici jednostavnog pretraživanja nalazi se mogućnost pretraživanja po:

- početnom slovu naslova,

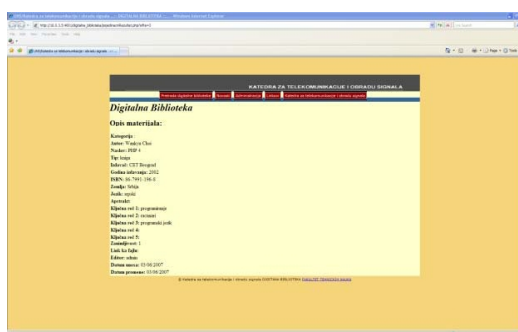
- autoru,
- naslovu,
- ključnoj reči,
- apstraktu,
- ISBN/ISSN-u,
- jeziku,
- izdavaču i
- godini izdavanja.

Napredno pretraživanje omogućava korisniku da obavi složeniji upit koji se sastoji od kombinacije pretraživanja po više (do tri) različitih kriterijuma, sa mogućnošću njihovog kombinovanja na različite načine. Nakon postavljenog upita korisniku se prikazuje strana sa izveštajem o rezultatima pretraživanja. Nakon toga korisnik je u mogućnosti da pregleda sažeti prikaz rezultata pretraživanja. U ovom sažetom prikazu (Sl. 6) dati su osnovni podaci (autor, naslov, izdavač, zemlja, kategorija, ISBN/ISSN) o zapisima koji zadovoljavaju kriterijum pretraživanja. Pogledom ove liste korisnik je u mogućnosti da izabere koji će zapis da pogleda detaljno.



Sl. 6. Rezultat pretraživanja

Ako korisnik želi da vidi detaljan prikaz informacija o traženom materijalu, dovoljno je da klikne na naslov materijala i novi prozor će mu se otvoriti sa kompletnim podacima (Sl. 7).



Sl. 7. Detaljan pikaz pretraživanja

Pretraživanje po kategorijama i tipu (Sl. 5) nudi mogućnost da korisnik izabere kategoriju (oblast) iz koje traži materijal, može da izabere da pogleda sadržaj jedne ili svih kategorija. Pretraživanje po tipu nudi korisniku mogućnost da bira koji tip materija želi da pogleda. Na raspolaganju ima sledeće opcije: knjiga, poglavlje knjige, uputstvo, skripta, predavanja, CD, DVD, časopis, rad i

ostalo.

A. Administracija digitalne biblioteke

Prijavom na stranici administracija (Sl. 2) administrator ulazi u poseban deo, gde izborom tabele u bazi podataka (kolekcija-kategorija, materijal, unutrašnji korisnik – administrator) dobija mogućnost da vrši izmene u izabranoj tabeli. Može da pregleda celokupan sadržaj tabele, da pretražuje tabelu, izborom opcije DODAJ unosi novi podatak, izborom opcije IZMENI menja već postojeći sadržaj, izborom opcije IZBRIŠI briše postojeći podatak iz baze podataka, izborom opcije POGLEDAJ može da pogleda detaljne podatke o izabranom podatku i izborom opcije KORIRAJ podatak se koristi. Tabela-Materijal (Sl. 8) se sastoji od sledećih polja: materijal_id, kolekcija, naslov, autor, apstrakt, tip, ključne reči 1-5, editor, datum unosa, zanimljivosti, filename, izdavač, ISBN/ISSN, zemlja, godina izdavanja i jezik.



Sl. 8. Detaljan prikaz izmene pojedinačnog elementa tabele - Materijal

Tabela Kolekcija (Sl. 9) se sastoji: id, naziv, bib_id.



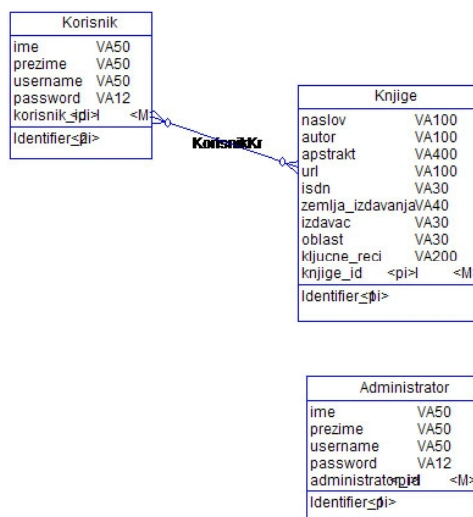
Sl. 9. Prikaz kompletnog sadržaja tabele - Kolekcija

III. IMPLEMENTACIJA

Danas je u trendu razvoj aplikacija u troslojnoj arhitekturi. Trenutno, najpopulariji izbor u tom pogledu čini programski jezik PHP [3] i Apache web server. Uz njih, postoji širok izbor sistema za upravljanje bazama podataka prema kojima postoji direktan interfejs iz PHP-a. U današnje vreme, najčešći slučaj je odabir MySQL [4] baze podataka. Ove tehnologije su podržane od većine Internet provajdera u svetu i zajedno čine jedan trougao koji pruža sve što je potrebno za razvoj kompletnih web aplikacija. Uz veliku ekspanziju upotrebe Linux

operativnog sistema u poslednje vreme se sve češće javlja skraćenica LAMP, koja označava OpenSource četvorku (Linux + Apache + MySQL + PHP) koja zauzima značajan deo svetskog softverskog tržišta.

Za potrebe ovog rada, baza podataka je realizovana u MySQL-u [5] preko UML-a [6]. Na Sl. 10 prikazan je konceptualni model baze podataka digitalne biblioteke. Sama aplikacija nema posebne hardverske zahteve.



Sl. 10. Konceptualni model baze podataka

Korisnik koristi svoj browser da bi postavio upit i dobio podatke preko Web-a. PHP skript standardno podržava kreiranje formi za popunjavanje određenih podataka i prosleđivanje serveru. Forme u ovoj aplikaciji su kreirane pomoću programa Macromedia Dreamweaver 8. Forme koriste POST metodu da bi serveru poslale povratnu informaciju.

IV. ZAKLJUČAK

Na osnovu dosadašnjih iskustava u svetu s pravom se može reći da su istraživanja u oblasti digitalnih biblioteka, pre svega, istraživanja u danas najaktuelnijim informatičkim oblastima. Iskustva ipak pokazuju da je za njihov puni uspeh i uključivanje u razne forme ljudske delatnosti, pre svega obrazovanje i istraživanje, u njihovu izgradnju potrebno uključiti i stručnjake raznih društvenih profila, uključujući i bibliotekare. Dosadašnja iskustva, takođe, pokazuju da najveći broj digitalnih biblioteka nastaje integracijom i nadgradnjom nad postojećim resursima, to jest nad resursima koji su već u digitalnom zapisu ili su na odgovarajući način opisani zapisima u mašinski čitljivom obliku. Činjenica da se u tom slučaju digitalne biblioteke ne moraju graditi iz osnova svakako olakšava i ubrzava njihovu izgradnju, a konačan rezultat čini kvalitetnijim. U protivnom, prvi korak u izgradnji digitalne biblioteke je prikupljanje digitalnih objekata za šta je potrebno, pre svega znanje, a zatim vreme i znatna finansijska sredstva.

LITERATURA

- [1] Cvetana, Krstev, Digitalne biblioteke – razgraničenje pojmova, INFOTEKA br.1-2/2002.
- [2] Jelena Georgijević, Digitalna biblioteka, e-mail: j.georgijevic@gmail.com
- [3] PHP Online Documentation. (2007. Avgust). Web adresa: <http://www.php.net/>
- [4] David Taniar and Johanna Wenny Rahayu: Web-Powered Databases, Idea Group Publishing, 2004.
- [5] MySQL 5.0 Reference Manual. (2007. Avgust). Web adresa: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/>
- [6] Veljović Alempije: Osnove objektnog modeliranja – UML, Kompjuter biblioteka, Čačak, 2002.

ABSTRACT

A digital library is a library in which collections are stored in digital formats (as opposed to print, microfilm or other media) and accessible by computers. The digital content may be stored locally, or accessed remotely via computer networks. In this paper is presented digital library system for a faculty. This system brings an easier, faster and more effective way of informing students and professors that ordinary library.

DIGITAL LIBRARY

Jelena M. Georgijević

Modelovanje i simulacija RF višeslojnih induktora u LTCC tehnologiji

Amer Čelić, Ljiljana Živanov, Goran Radosavljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Sadržaj — Cilj ovog rada je da se predstavljaju modeli i karakteristike dva tipa induktora projektovanih u LTCC tehnologiji (*Low Temperature Co-fired Ceramic*). U ovom radu je prikazan fizički model 3D induktora tipa solenoid u ravni i rednog induktora tipa solenoid u ravni za rad u radiofrekventnom opsegu (RF). Radi verifikovanja rezultata dobijenih pomoću modela, oni su upoređeni sa rezultatima dobijenim pomoću *Ansoft HFSS* elektromagnetskog simulatora. Dobijeno je veoma dobro slaganje rezultata za efektivnu vrednost induktivnosti, dok efektivna vrednost Q -faktora ima nešto veće odstupanje nego induktivnost.

Ključne reči — Faktor dobrote, Fizički model induktora, Induktivnost, Planarni solenoidni induktor.

I. UVOD

Integrirani induktor je komponenta koja sve više nalazi primenu u niskošumnim pojačavačima, aktivnim mikserima, naponski kontrolisanim oscilatorima, konvertorima snage, minijaturnim senzorima, filtrima, itd [1]. Glavne osobine koje karakterišu svaki induktor su njegova induktivnost i faktor dobrote (Q -faktor).

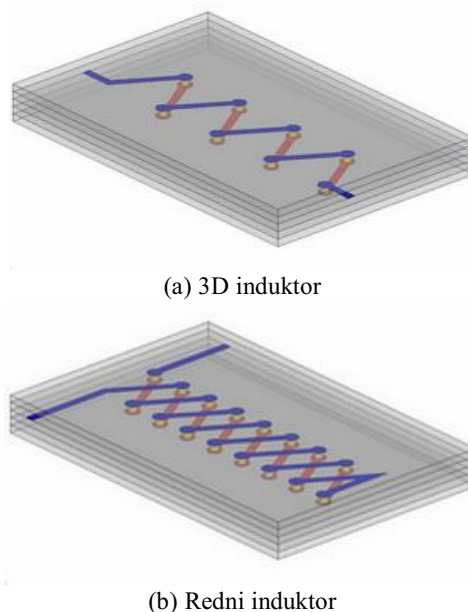
U zavisnosti od karakteristika i dimenzija koje je potrebno ostvariti kao i mesta primene komponente ili kola, koriste se različite tehnologije za njihovu izradu. Tehnologije koje se najčešće koriste za izradu mikro struktura su monolitna tehnologija [2], tehnologija debelog filma [3], LTCC (*Low Temperature Co-fired Ceramic*) tehnologija [4], [5]. Projektant mikroelektronskih struktura bi trebalo da poznaje što veći broj tehnologija kako bi mogao da odluči koja tehnologija daje optimalne karakteristike projektovane komponente. Pored poznavanja različitih tehnologija, radi uspešnog projektovanja induktorskih struktura potrebno je poznavati i električne karakteristike koje opisuju induktor.

Cilj ovog rada je da se napravi fizički model dva tipa solenoidnih induktora u ravni za rad u radiofrekventnom opsegu. Simulacijom induktorskih struktura pomoću elektromagnetskih simulatora mogu se dobiti podaci o efektivnoj vrednosti induktivnosti i Q -faktora kao i o rezonantnoj frekvenciji, ali se ne mogu dobiti informacije o pojedinim parametrima kao što su serijska otpornost,

serijska kapacitivnost, parazitna kapacitivnost prema podlozi itd. Zbog toga, pravljjenjem fizičkog modela za induktor može se tačno videti kako te vrednosti utiču na njegovu efektivnu vrednost induktivnosti i efektivnu vrednost Q -faktora. Provera rezultata dobijenih na osnovu fizičkog modela vršena je pomoću elektromagnetskog simulatora *Ansoft HFSS* [6].

II. IZVOĐENJE FIZIČKOG MODELA INDUKTORA PROJEKTOVANOG ZA LTCC TEHNOLOGIJU

Na slici 1 prikazan je izgled induktorskih struktura koje su projektovane za LTCC tehnologiju.



Sl. 1. 3D izgled induktorskih struktura.

Kao što može da se vidi sa slike 1 za projektovanje induktorskih struktura korišćeno je pet dielektričnih traka. Korišćene trake su proizvedene od kompanije DuPont – DuPont 951PT [7]. Za provodne linije su korišćene srebrne paste takođe firme DuPont – DuPont 6142D [7]. Induktori su projektovani tako da imaju istu širinu provodne linije (100 μ m), istu debljinu provodne linije (9 μ m) i da zauzimaju istu površinu na čipu. Prečnik vie iznosi 100 μ m. Dimenzije za oba tipa indiktora su iste (5.4 x 2.2 x 0.5)mm.

Poznavanje fizičkog modela induktora je veoma značajno za njegovu primenu, jer se na taj način mogu sagledati svi karakteristični parametri koji na njega utiču. Precizno modelovanje induktora je prilično zahtevno zbog

Amer Čelić, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija (e-mail: celicamer@yahoo.com).

Ljiljana Živanov, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija (e-mail: lilaziv@uns.ns.ac.yu).

Goran Radosavljević, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija (e-mail: rgoran@uns.ns.ac.yu).

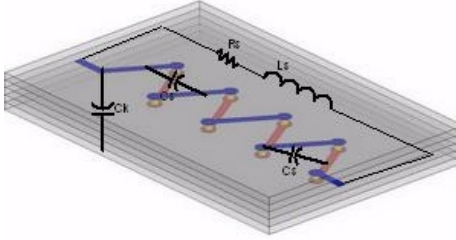
NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila prof.dr Ljiljana Živanov.

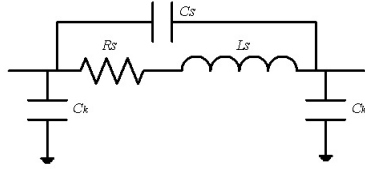
b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, Novembar 2008.

pojave mnogih parazitnih efekata koji se javljaju na visokim frekvencijama [8].

Na slici 2 prikazana je fizička struktura 3D induktora sa karakterističnim parametrima koji opisuju induktor na visokim frekvencijama (serijska induktivnost L_S , serijska otpornost R_S , serijska kapacitivnost C_S , parazitna kapacitivnost prema podlozi C_K), a na slici 3 njegova ekvivalentna π -šema. Fizička struktura i ekvivalentna π -šema rednog induktora su identične kao za 3D induktor.



Sl. 2. Fizička struktura 3D induktora.



Sl. 3. Ekvivalentna π -šema 3D induktora.

Serijska induktivnost L_S predstavlja zbir samoinduktivnosti pojedinačnih segmenata induktora (L_O) i međusobnih induktivnosti između paralelnih i kosih linijskih segmenata induktora ($L_{M1} + L_{M2}$),

$$L_S = L_{OU} + L_{M1U} + L_{M2U}. \quad (1)$$

Samoinduktivnost jednog linijskog segmenta dobija se korišćenjem jednačine (2) dok se ukupna samoinduktivnost (L_{OU}) dobija sumiranjem samoinduktivnosti svakog pojedinačnog segmenta i samoinduktivnosti koju unose vie (L_{via}), jednačina (3),

$$L_O = \frac{\mu_0 l_f}{2\pi} \left[\ln \frac{2l_f}{w_f + t_f} + 0,50049 + \frac{w_f + t_f}{3l_f} \right], \quad (2)$$

$$L_{via} = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \left[t_{via} \sinh^{-1} \left(\frac{t_{via}}{w_{via}} \right) - \sqrt{t_{via}^2 + w_{via}^2} + w_{via} \right], \quad (3)$$

gde su l_f , w_f , t_f , dužina, širina i debljina pojedinačnog linijskog segmenta, respektivno, w_{via} i t_{via} prečnik i dužina vie, $\mu_r = 0.99998$ relativna permeabilnost provodne linije.

Međuinduktivnost između dva paralelna segmenta induktora se dobija korišćenjem jednačine (4), dok se ukupna međuinduktivnost (L_{M1U}) dobija sabiranjem pojedinačnih međuinduktivnosti između paralelnih segmenata [9],

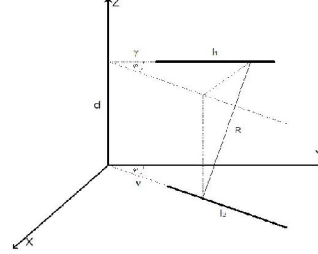
$$L_{M1} = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} l_f \left[\ln \left(\frac{l_f}{G} + \sqrt{1 + \frac{l_f^2}{G^2}} \right) - \sqrt{1 + \frac{G^2}{l_f^2}} + \frac{G}{l_f} \right], \quad (4)$$

gde je parametar G dat jednačinom (5),

$$\ln G = \ln d - \left[\left(\frac{1}{12(d/w_f)^2} \right) + \left(\frac{1}{60(d/w_f)^4} \right) + \left(\frac{1}{164(d/w_f)^6} \right) \right], \quad (5)$$

a d je rastojanje između paralelnih segmenata.

Međuinduktivnost između dva segmenta induktora koji su postavljeni pod uglom φ , slika 4, se dobija korišćenjem jednačine (6), dok se ukupna međuinduktivnost (L_{M2U}), dobija sabiranjem pojedinačnih međuinduktivnosti između ovih segmenata [9],



Sl. 4. Mimoilazni segmenti pod uglom φ .

$$L_{M2} = \frac{\mu_0 \cos \varphi}{4\pi} \left[2 \left[(\gamma + l_1) \operatorname{arth} \left(\frac{l_2}{R_1 + R_2} \right) + (v + l_2) \operatorname{arth} \left(\frac{l_1}{R_1 + R_4} \right) - \mu \operatorname{arth} \left(\frac{l_2}{R_3 + R_4} \right) - v \operatorname{arth} \left(\frac{l_1}{R_2 + R_3} \right) \right] - \frac{\Omega d}{\sin \varphi} \right], \quad (6)$$

gde je parametar Ω dat jednačinom (7)

$$\Omega = \operatorname{arctg} \left(\frac{d^2 \cos \varphi + (\gamma + l_1)(v + l_2) \sin^2 \varphi}{dR_1 \sin \varphi} \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{d^2 \cos \varphi + (\gamma + l_1)v \sin^2 \varphi}{dR_2 \sin \varphi} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{d^2 \cos \varphi + \gamma v \sin^2 \varphi}{dR_3 \sin \varphi} \right) - \operatorname{arctg} \left(\frac{d^2 \cos \varphi + \gamma(v + l_2) \sin^2 \varphi}{dR_4 \sin \varphi} \right), \quad (7)$$

a pomoćni parametri R_1, R_2, R_3, R_4 jednačinom (8),

$$\begin{aligned} R_1^2 &= d^2 + (\gamma + l_1)^2 + (v + l_2)^2 - 2(\gamma + l_1)(v + l_2) \cos \varphi, \\ R_2^2 &= d^2 + (\gamma + l_1)^2 + v^2 - 2(\gamma + l_1)v \cos \varphi, \\ R_3^2 &= d^2 + \gamma^2 + v^2 - 2\gamma v \cos \varphi, \\ R_4^2 &= d^2 + \gamma^2 + (v + l_2)^2 - 2\gamma(v + l_2) \cos \varphi. \end{aligned} \quad (8)$$

Serijska otpornost 3D induktora data je jednačinom (9)

$$R_S = \frac{N \rho_l l_f}{2\delta(w_f + t_f)} + \frac{2\rho_l l_K}{2\delta(w_f + t_f)} + \frac{N \rho_l t_{via}}{\delta 2\pi w_{via}/2} + \frac{2N \rho_l t_f}{\pi(w_{pad})^2}, \quad (9)$$

gde je $N=8$, ukupan broj kosih segmenata 3D induktora, $\rho_l = 2.97 \cdot 10^{-8} \Omega m$ specifična otpornost provodne linije, l_K dužina priključnih segmenata, w_{pad} prečnik proširenja na kraju linije (ped). Parametar koji opisuje zavisnost otpornosti od frekvencije naziva se dubina prodiranja struje kroz provodnu liniju δ i dat je jednačinom (10)

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho_l}{\pi \mu_0 \mu_r f}}. \quad (10)$$

Serijska kapacitivnost 3D induktora data je jednačinom (11) i obuhvata kapacitivnost između paralelnih segmenata, kosih segmenata, i kapacitivnost između proširenja na kraju provodne linije (via pedova)

$$C_S = \varepsilon_0 \varepsilon_{rk} \frac{(N-2)(l_f - t_{kor} \sin(\varphi/2))l_f}{t_{kor} \cos(\varphi/2) - w_f} + \varepsilon_0 \varepsilon_{rk} \frac{(N-1)t_f}{\sqrt{t_{via}^2 + (p/2)^2}} + \varepsilon_0 \varepsilon_{rk} \frac{N\pi[(w_{pad}/2)^2 - (w_{via}/2)^2]}{T_{ker}}, \quad (11)$$

gde je $\epsilon_{rk} = 7.8$ relativna permitivnost keramičke podloge, $T_{ker} = 100\mu m$ debljina keramičke trake. Parazitna kapacitivnost prema podlozi se izračunava pomoću jednačine (12) i postoji između samog induktora i metalnog sloja koji se nanosi sa donje strane komponente

$$C_K = \frac{1}{2} \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{\frac{N}{2} w_l l}{2T_{ker}} + \frac{1}{2} \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{\frac{N}{2} w_l l}{3T_{ker}} + \frac{1}{2} \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{2w_l l_K}{3T_{ker}} + \frac{1}{2} \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{N\pi(w_{pad}/2)^2}{2T_{ker}}. \quad (12)$$

Ove jednačine odgovaraju fizičkom modelu 3D induktora. Za izračunavanje vrednosti elemenata ekvivalentne π -šeme rednog induktora koriste se sledeće jednačine. Serijska otpornost rednog induktora se izračunava na osnovu jednačine (13),

$$R_s = (N_g + N_d) \frac{\rho l_l}{2\delta(w_l + t_l)} + \frac{\rho l_K}{2\delta(w_l + t_l)} + \frac{2\rho l_p}{2\delta(w_l + t_l)} + \frac{(N_g + N_d)\rho t_{via}}{2\pi\delta(w_{via}/2)} + \frac{\rho t_l 2(N_g + N_d)}{\pi(w_{pad}/2)^2}, \quad (13)$$

gde je $N_g = 8$, ukupan broj kosih segmenata na gornjem provodnom sloju, $N_d = 8$ ukupan broj kosih segmenata na donjem provodnom sloju, l_p je krajnji segment koji spaja segmente gornjeg provodnog i donjeg provodnog sloja.

Serijska kapacitivnost rednog induktora se dobija na osnovu jednačine (14) i obuhvata kapacitivnost između paralelnih segmenata, kosih segmenata, kapacitivnost između proširenja na kraju provodne linije (via pedova) i kapacitivnost između delova segmenata gornjeg i donjeg provodnog sloja koji se preklapaju,

$$C_s = \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{((N_g + N_d) - 2)t_l - t_{kor} \sin(\varphi/2)}{t_{kor} \cos(\varphi/2)} + \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{((N_g + N_d) - 2)t_l}{\sqrt{t_{via}^2 + t_{kor}^2}} + \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{N_g w_l^2}{T_{ker}} + \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{(N_g + N_d)\pi((w_{pad}/2)^2 - (w_{via}/2)^2)}{T_{ker}}, \quad (14)$$

gde je t_{kor} rastojanje između dva paralelna segmenta rednog induktora.

Parazitna kapacitivnost prema podlozi rednog induktora se izračunava na osnovu jednačine (15)

$$C_K = \frac{1}{2} \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{N_d w_l l}{2T_{ker}} + \frac{1}{2} \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{N_g w_l l}{3T_{ker}} + \frac{1}{2} \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{2w_l l_K}{3T_{ker}} + \frac{1}{2} \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{w_l l_p}{3T_{ker}} + \frac{1}{2} \epsilon_o \epsilon_{rk} \frac{(N_g + N_d)\pi(w_{pad}/2)^2}{2T_{ker}}. \quad (15)$$

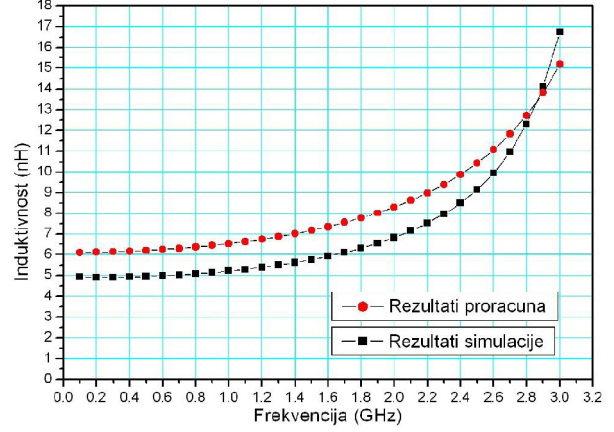
Efektivne vrednosti induktivnosti i Q -faktora 3D i rednog induktora se računaju na osnovu jednačina (16) i (17),

$$L = \frac{\left(L_s - R_s^2 \left(1 + \frac{w^2 L_s^2}{R_s^2} \right) (C_s + C_K) \right) \left(1 + \frac{w^2 L_s^2}{R_s^2} \right)}{\left(\frac{w}{R_s} \right)^2 \left[L_s - R_s^2 \left(1 + \frac{w^2 L_s^2}{R_s^2} \right) (C_s + C_K) \right]}, \quad (16)$$

$$Q = \frac{w L_s}{R_s} \left[1 - \frac{R_s^2 (C_s + C_K)}{L_s} - w^2 L_s (C_s + C_K) \right]. \quad (17)$$

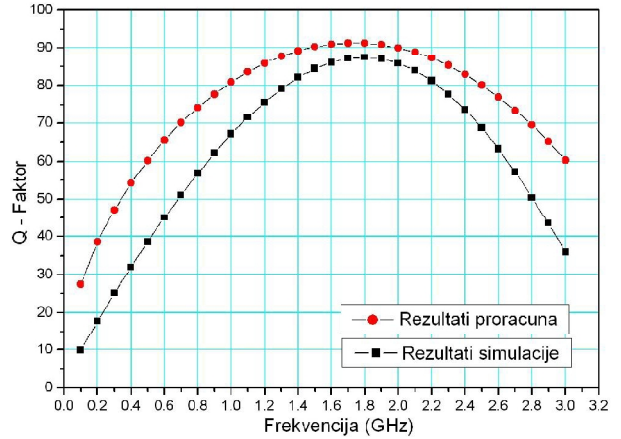
III. POREĐENJE REZULTATA PRORACUNA DOBIJENIH POMOĆU MODELA INDUKTORA SA REZULTATIMA SIMULACIJE

Na slikama 5 i 6 predstavljeni su rezultati efektivne vrednosti induktivnosti i Q -faktora 3D induktora dobijeni na osnovu proračuna parametara fizičkog modela induktora upoređeni sa rezultatima simulacije. Prilikom simulacije korišćen je isti mešing za oba tipa induktora.



Sl. 5. Induktivnost 3D induktora.

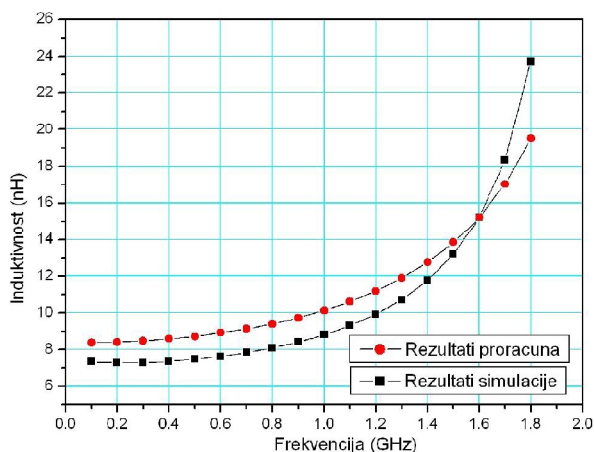
Kao što se može primetiti sa grafika, u slučaju 3D induktora dobijena je neznatno veća vrednost induktivnosti prilikom proračuna u odnosu na simuliranu vrednost. Proračunata vrednost induktivnosti 3D induktora na frekvenciji 1GHz iznosi 6.53nH. Simulirana vrednost induktivnosti 3D induktora na frekvenciji 1GHz iznosi 5.21nH. Sa porastom frekvencije raste i induktivnost.



Sl. 6. Q-faktor 3D induktora.

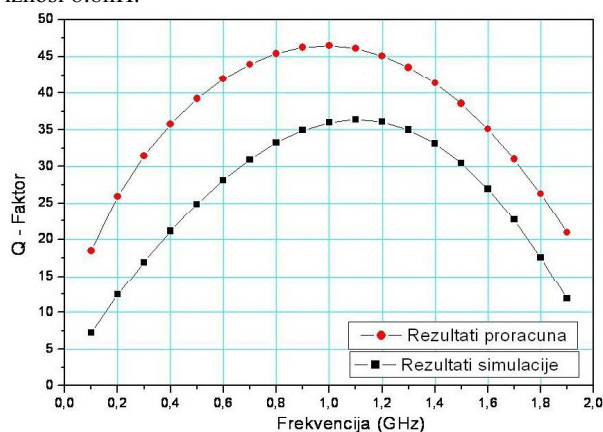
Maksimalna proračunata vrednost Q -faktora 3D induktora dobijena je na frekvenciji 1.7GHz i iznosi 91.33. Maksimalna vrednost Q -faktora 3D induktora dobijena simulacijom je na frekvenciji 1.8GHz i iznosi 87.42. Može se primetiti da postoji jako malo odstupanje. To je zbog toga što se kod proračuna uzimaju u obzir mnogi paraziti efekti.

Na slikama 7 i 8 predstavljeni su rezultati efektivne vrednosti induktivnosti i Q -faktora rednog induktora dobijeni na osnovu proračuna parametara fizičkog modela induktora upoređeni sa rezultatima simulacije.



Sl. 7. Induktivnost rednog induktora.

I u slučaju rednog induktora dobijeno je dobro slaganje proračunate i simulirane vrednosti induktivnosti. Dobijena je neznatno veća proračunata vrednost induktivnosti u odnosu na simuliranu vrednost. Proračunata vrednost induktivnosti na frekvenciji 1GHz iznosi 10.13nH. Simulirana vrednost induktivnosti na frekvenciji 1GHz iznosi 8.8nH.



Sl. 8. Q-faktor rednog induktora.

Maksimalna vrednost Q-faktora dobijena na osnovu proračuna parametara ekvivalentne π -šeme rednog induktora je na frekvenciji 1GHz i iznosi 46.47. Maksimalna vrednost Q-faktora dobijena na osnovu simulacije je na frekvenciji 1.1GHz i iznosi 36.43. Može se primetiti da kod rednog induktora postoji veće odstupanje proračunate i simulirane vrednosti Q-faktora u odnosu na 3D induktor. To je zato što postoji veći broj segmenata pa su samim tim i veće parazitne kapacitivnosti i serijska otpornost.

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu su predstavljeni fizički modeli i karakteristike dva tipa induktora. Upoređene su vrednosti proračuna i simulacije za efektivnu vrednost induktivnosti i Q-faktora.

Induktivnost rednog induktora je veća nego induktivnost 3D induktora. Ovu razliku unosi veći broj segmenata rednog induktora, veći broj via kao i veći broj

proširenja na kraju provodne linije (pedovi). Q-faktor rednog induktora je manji od Q-faktora 3D induktora. To je zbog toga što se kod rednog induktora dobijaju veće vrednosti elemenata ekvivalentne π -šeme nego kod 3D induktora.

Dakle, ako je za primenu induktora odlučujući kriterijum vrednost induktivnosti onda je potrebno realizovati ga kao redni, ali ako je odlučujući kriterijum vrednost Q-faktora onda ga treba realizovati kao 3D induktor [9].

ZAHVALNOST

Istraživanja i rezultati predstavljeni u ovom radu su delom finansirani od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru projekta pod evidencionim brojem 11023.

LITERATURA

- [1] Ch. M. Tai, Ch. N. Liao, "A Physical Model of Solenoid Inductors on Silicon Substrates," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 55, no. 12, December 2007.
- [2] A. M. Niknejad, R. G. Mayer, "Analysis, design, and optimization of spiral inductors and transformers for Si RF IC's," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 33, no. 10, pp. 1470-1481, October 1998.
- [3] V. Desnica, Lj. Živanov, O. Aleksić, S. Jenei, "Modeling and optimization of thick film solenoid-bar type inductors and transformers," *COMPEL (Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering)*, vol. 19, no. 2, pp. 615-622, 2000.
- [4] L. J. Golonka, "New application of LTCC technology," *28th Int. Spring Seminar on Electronics Technology*, pp. 148-152, 2005.
- [5] L. J. Golonka, "Technology and application of Low Temperature Cofired Ceramic (LTCC) based sensors and mycrosystems," *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences*, vol. 54, no. 2, pp. 221-331, 2006.
- [6] Ansoft Inc. HFSS (High Frequency Structure Simulator). Pittsburg: Ansoft Corporation, 2002.
- [7] <http://www.dupont.com/mcm>
- [8] Đ. Vladislavljević, G. Radosavljević, A. Marić, G. Stojanović, Lj. Živanov, "Fizički model planarnog i 3D induktora projektovanih za LTCC tehnologiju," *ETRA, Subotica, Jun 2008*.
- [9] V. Desnica, "Modelovanje i optimizacija planarnih debeloslojnih induktora solenoidnog tipa," Magistarski rad, Novi Sad, Novembar 1999.

ABSTRACT

The main goal of this paper is to introduces a physical model for two inductor designed for the LTCC technology. In this paper are presented a physical model for 3D and serial inductor solenoid type for RF frequency range. In order to verify the accuracy of the presented model, obtained results are compaired with simulation results.

MODELING AND SIMULATION RF MULTILAYER INDUCTORS IN LTCC TECHNOLOGY

Amer Čelić, Ljiljana Živanov, Goran Radosavljević

ISPITIVANJE VISOKONAPONSKOG LINEARNOG VOLTMETRA

Milorad Azlen, Slobodan Milovančev, Vladimir Vujičić, *Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu*

Sadržaj – U radu je opisan linearni voltmetar za direktno merenje na 20kV naponskom nivou. Njegova glavna osobina je visoka linearnost, što je dokazano teorijski i eksperimentalno.

1. UVOD

Merenje visokog napona, danas, se obavlja uglavnom pomoću visokonaponskih mernih transformatora koji dovode merni napon u opseg mernog instrumenta i, zatim, samim instrumentom - voltmetrom. Na vrlo visokim naponima (preko 110kV) se koriste kapacitivni razdelnici. Ključni element je, dakle, naponski merni transformator. U najnovije vreme se pojavio visokonaponski otporni razdelnik.

Na niskom naponu (0,4kV) se, posebno u brojilima električne energije, standardno koriste otporni razdelnici za merenje napona. Oba ova rešenja, i otporni razdelnici i merni transformatori imaju pored korisnih osobina, zbog kojih se primenjuju, i određene nedostatke.

- Merni trafo je nelinearan
- Otporni razdelnik galvanski ne razdvaja instrumente od mernog napona.

U radu [1] je predložena kao metoda merenja mrežnog napona koja prevazilazi oba navedena nedostatka: stohastička merna metoda. Ona na ulazu koristi predotpor i trafo bez jezgra (međusobna induktivnost) tako da je merenje u celini linearno i realizuje galvansko odvajanje ulaza od mernog instrumenta.

Trafo bez jezgra ima osobinu da mu je izlazni signal vrlo slab, odnosno da ima loš odnos signal/šum, međutim, u literaturi [2] je pokazano da stohastička merna metoda uspešno prevazilazi ovaj problem i snažno potiskuje šum bez obzira na njegovu funkciju gustine raspodele verovatnoće. Šta više, predložene merna metoda eliminiše jedan važan problem koji se javlja kod otpornog razdeljivanja visokog napona – zavisnost faktora razdeljivanja od ulaznog napona. Ovde je otpornik jednostavno u funkciji predotpora i nikakvog razdeljivanja napona nema.

U drugom poglavlju se opisuje realizovani linearni voltmetar i to: u 2.1 se opisuje princip rada Linearnog voltmetra, a u 2.2 princip rada HMI (Harmonic Measuring Instrument) detaljno opisanog u [3] – instrumenta za merenje harmonika.

U poglavlju 3. je postavljen problem eksperimentalnog ispitivanja metroloških osobina realizovanog linearnog visokonaponskog voltmetra, kao i samo ispitivanje.

U poglavlju 4. se ukratko diskutuje procedura ispitivanja, a u 5. se daje kratak zaključak.

2. LINEARNI VOLTMETAR

2.1. Predlog novog linearnog voltmetra

Spisak oznaka:

U - ulazni mereni napon,
 R_u - predotpor,

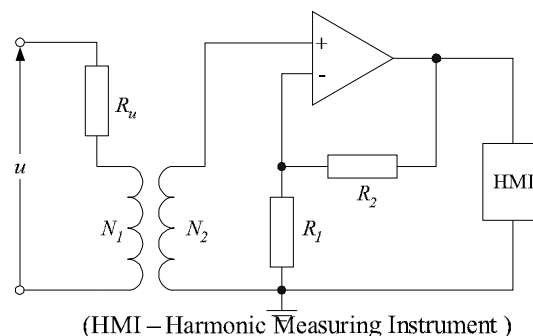
NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Vladimir Vujičić.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji INDEL, Banja Luka, Novembar 2008.

U_2 - napon na sekundarnom namotaju,
 E_2 - indukovana elektromotorna sila na sekundarnom namotaju,
 U_2 - efektivna vrednost sekundarnog napona,
 L_1, L_2, L_{12} - inuktivnost primara, induktivnost sekundara, međuinduktivnost,
 I - efektivna vrednost primarne struje,
 ω - kružna učestanost osnovnog harmonika,
 E_1 - efektivna vrednost elektromotorne sile na primarnom namotaju,
 E_2 - efektivna vrednost elektromotorne sile na sekundarnom namotaju,
 M - bezdimenziona konstanta,
 U_{2i} - amplitude i -tog harmonika na sekundaru,
 U_i - amplitude i -tog harmonika ulaznog napona u ,
 ϕ_{2i} - faza i -tog harmonika na sekundaru,
 ϕ_i - faza i -tog harmonika ulaznog napona u ,
 Γ_{NA} - relativna greška (nelinearnost) amplitude,
 Γ_{NF} - relativna greška (nelinearnost) faze

Predloženi Linearni voltmetar je prikazan na slici 1.



Sl. 1. Šema novog Linearnog voltmetra

Kako transformator predstavljen na ovoj slici nema jezgro, ovaj instrument je linearan i takođe galvanski odvojen od mernog kola.

$\tilde{U}_{2i}$ je i -ti harmonik ulaznog napona na pojačivaču u kompleksnoj formi i dat je izrazom

$$\tilde{U}_{2i} = \frac{j\omega L_{12}}{R_u + j\omega L_1} \cdot \tilde{U}_i \quad (1)$$

gde $\tilde{U}_i$ predstavlja i -ti harmonik linijskog napona u kompleksnom obliku.

Predpostavljamo da je uzeta vrednost napona $U=600$ V i primarna struja (struja na primaru) $I=1$ mA.

Kako je transformator bez jezgra, indukcije L_1 i L_2 su prilično male, pa je $I=U/R_u \rightarrow R_u=600$ k Ω . Struja na sekundaru, s obzirom na pojačavačku spregu, teži nuli, pa je $I_2=0$.

Predpostavimo da je $N_1 = N_2 = 2000$ namotaja i da je prečnik svakog namotaja $r = 1\text{cm}$.

U nameri da dobijemo $U_2 = E_2$ predpostavimo da je $L_1 \approx L_2$, $L_{12} \approx \sqrt{L_1 L_2} \approx L_1$, gde su L_1 , L_2 i L_{12} induktivnosti na primaru, sekundaru i međuinduktivnost.

U slučaju sinusne struje elektromotorna sila je :

$$E_2 = \frac{\mu_0}{2} \cdot N_1 N_2 r \pi \omega I \quad (2)$$

Ako je frekvencija $f = 50\text{Hz}$, onda je elektromotorna sila E_2 :

$$E_2 \approx 25 \cdot 10^{-3} \text{ V}.$$

Kao što je pomenuto $L_1 \approx L_2 \approx L_{12}$, sledi da je :

$$\frac{E_2}{U} \approx \frac{E_1}{U} = \frac{\omega L_1}{\sqrt{R_u^2 + \omega^2 L_1^2}}, i \quad (3)$$

$$E_1 = \frac{\omega L_1}{\sqrt{R_u^2 + \omega^2 L_1^2}} \cdot U \approx E_2 \quad (4)$$

Uopšteno, u slučaju i-tog harmonika :

$$\bar{U}_{2i} = \frac{j\omega L_{12}}{R_u + j\omega L_1} \cdot \bar{U}_i \approx \frac{j\omega L_1}{R_u + j\omega L_1} \cdot \bar{U}_i \quad (5)$$

Gde su $\bar{U}_i$ i $\bar{U}_{2i}$ i-ti harmonici ulaznog napona i njemu odgovarajućeg sekundarnog napona.

Iz izraza (5) dobijamo:

$$\frac{U}{E_2} \approx \frac{U}{E_1} \approx \frac{R_u}{\omega L_1} \approx M \approx 24000 \frac{\pi}{4} \quad (6)$$

u slučaju sinusoidalnog napona i osnovne frekvencije $f = 50\text{Hz}$.

Elektromotorna sila e_2 je prilično mala i treba je povećati, u naponskom rangu $\pm 2.5\text{V}$ pojačavajući je k puta. Bazirano na izrazu (6) :

$$\bar{U}_{2i} = \frac{j\omega L_1}{R_u + j\omega L_1} \cdot \bar{U}_i = \frac{j\omega L_1}{M + j\omega L_1} \bar{U}_i \quad (7)$$

Amplituda i-tog harmonika na sekundaru je data sa :

$$U_{2i} = \frac{i}{\sqrt{M^2 + i^2}} \cdot U_i \quad (8)$$

i njegova faza je

$$\varphi_{2i} = i \cdot \frac{\pi}{2} - \arctan \frac{i}{M} + \arg(\bar{U}_i) \quad (9)$$

Kada je $M \gg i_{\max}$, uključujući $i_{\max} = 50$, sledeći izraz je dat sa:

$$U_{2i} \approx \frac{i}{M} \cdot U_i, i \quad (10)$$

$$\varphi_{2i} \approx i \frac{\pi}{2} - \frac{i}{M} + \varphi_i \quad (11)$$

Izrazi (10) i (11) pokazuju osnovnu linearnu relaciju između amplitude i faze i-tog harmonika napona na sekundarnom namotaju i i-tog harmonika napona u prikazanog na slici 1.

Izraz (10) i (11) su vrlo pogodni za kalibraciju jer su linearni, ali pitanje je – do koje granice ?

Odgovor daje kvadratni član u razvoju izraza (8) i (9). U distributivnim sistemima 50 harmonika je značajno, pa je $i_{\max} = 50$.

Kao što je pomenuto, predpostavka je

$$\frac{1}{\sqrt{M^2 + i^2}} \approx \frac{1}{M} \quad (12)$$

za amplitudu i

$$\tan \frac{i}{M} \approx \frac{i}{M} \quad (13)$$

za fazu ugla.

Izraz (12) može biti prikazan kao:

$$\frac{1}{M} \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{i^2}{M^2} \right) \approx \frac{1}{M} \quad (14)$$

Relativna greška zbog prethodne predpostavke daje nelinearnost :

$$\Gamma_{NA} = \frac{i^2}{2M^2} \leq \frac{i_{\max}^2}{2M^2} = 0.0000022 \quad (15)$$

Pa nije veća od 2,2ppm.

Izraz (13) možemo predstaviti kao

$$\frac{i}{M} \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{i^2}{M^2} \right) \approx \frac{i}{M} \quad (16)$$

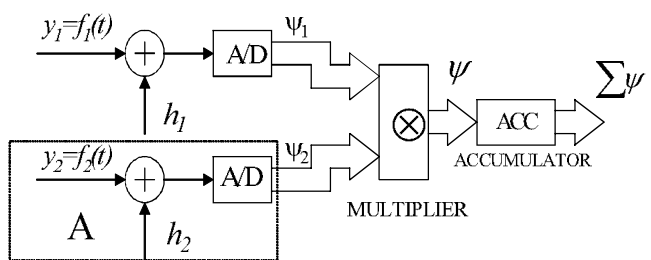
Relativna greška zbog prethodne predpostavke daje nelinearnost :

$$\Gamma_{NF} = \frac{i^2}{3M^2} \leq \frac{i_{\max}^2}{3M^2} = 0.0000015 \quad (17)$$

pa nije veća od 1,5 ppm.

2.2. Integrisani instrument za merenje harmonika

Integrisani instrument za merenje harmonika (HMI – harmonic measuring instrument) je naveden u delu 2.1. Ovaj rad daje njegove najvažnije karakteristike. Njegova šema je prikazana na slici 2.



Sl. 2. Integrisani instrument za merenje harmonika

U projektovanom instrumentu, blok A je zamenjen memorijskom jedinicom koja sadrži uzorke bazisne funkcije, na primer $y_2 = f_2(t) = R \cos i\omega t$, i ima vrednost izlaznog

Ψ . Posle jednog perioda osnovne frekvencije je $\bar{\Psi} = \frac{R}{2} a_i$,

gde je $a_i = \frac{2}{T} \int_0^T f_1(t) \cos i\omega t dt$, ($i = 0, 1, 2, \dots, m$).

Ako memorijska jedinica sadrži $y_2 = f_2(t) = R \sin i\omega t$, tada

$$\text{je izlaz } \bar{\Psi} = \frac{R}{2} b_i \text{ i } b_i = \frac{2}{T} \int_0^T f_1(t) \sin i\omega t dt.$$

U našem HMI, rezolucija A/D konvertora je 6 bit-a. Rezolucija bazisnih funkcija je 8 bit-a, opseg R (opseg konvertora) je $\pm 2,5V$, frekvencija je 250kHz i frekvencija merenog signala je $f=50Hz$.

Treba primetiti da :

$$U_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}, i \quad (18)$$

$$\varphi_i = \arctan \frac{b_i}{a_i} \quad (19)$$

HMI meri a_{im} i b_{im} . Napon u_2 (napon sekundara) je k puta pojačan, pa :

$$U_{2i} = \frac{\sqrt{a_{im}^2 + b_{im}^2}}{k} = \frac{i}{M} \cdot U_i \quad (20)$$

$$U_i = \frac{M}{i \cdot k} \sqrt{a_{im}^2 + b_{im}^2} = \frac{M}{i \cdot k} \cdot U_{2i} \quad (21)$$

I faza je :

$$\varphi_i = \arctan \frac{b_{im}}{a_{im}} - i \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \frac{1}{M} \right) \quad (22)$$

Sa druge strane RMS vrednost izmerenog napona je data sa :

$$U = k_p \cdot \sqrt{\frac{U_{1m}^2}{1^2} + \frac{U_{2m}^2}{2^2} + \dots + \frac{U_{nm}^2}{n^2}} \quad (23)$$

HMI instrument meri naponski izvod i pokazuje da je, i-ti harmonik i puta uvećan, kao što izraz (21) pokazuje, svaki harmonik mora biti izvod od i. To znači da je, uzimajući rezultat u obzir, da je gornja granica apsolutne greške svakog izmerenog harmonika konstantna i nezavisna od reda harmonijskog talasnog oblika [3] (merna greška i-tog harmonika je i puta manja), da viši harmonici mogu biti mereni mnogo preciznije.

3. PROBLEM ISPITIVANJA

Kako Fakultet tehničkih nauka nema visokonaponsku laboratoriju, postavio se ozbiljan problem ispitivanja visokonaponskog linearnog voltmetra. Prvi problem je bio – izvor visokog napona. On je rešen tako što je visoki napon dobijen iz uređaja za ispitivanje trafo ulja "RR Zavodi Niš - Munja".

Drugi problem je bio tačno merenje visokog napona. Za tu svrhu je iskorišćen visokonaponski, elektrostatički voltmetar "S 196". On je klase 1, meri efektivnu vrednost i ima kvadratnu skalu. Merni domet mu je 30kV i ima tri opsega 7,5kV; 15kV; 30kV. Autori su se opredelili za opseg od 15kV, odnosno 11,5kV prema zemlji.

Predotpor je napravljen od ugljenoslojnih otpornika otpornosti 470kΩ, tako da je struja, koja teče kroz primarni namotaj, za pun opseg od 11,5kV iznosi oko 1mA.

Na izlaz sa sekundara je postavljen naponski pojačivač pojačanja 51, tako da je na tom instrumentu, za pun opseg, bio napon od 1,085V efektivno, odnosno $1,085 \cdot 1,14 \approx 1,23V$ je iznosila vrednost amplitude napona na ulazu u instrument.

Primećeno je da se otpornici bliži "većem" kraju više greju, što povlači zaključak da im je veća otpornost. Jasno je da je to razlog što ugljenoslojni otpornici ne mogu da se koriste kao razdelnici na visokom naponu. Kada je merenje potrajalo duže pokazalo se, posebno pri visokim vrednostima

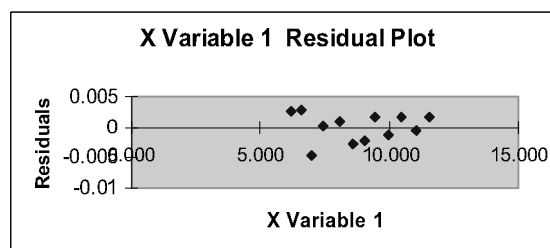
(oko 10kV), da je očitavanje nestabilno i da raste, što je razlog da ugljenoslojni otpornici ne mogu da se koriste ni kao predotpori. Jedino rešenje u ovom trenutku je stavljanje novih, stabilnih, visokonaponskih mernih otpornika kakvi se reklamiraju na internetu, koje međutim i pored višestrukih pokušaja nismo uspeli da nabavimo.

Svrha ovog rada je da potvrdi upotrebljivost merne metode na visokom naponu i u vremenu od 30min se pokazalo da važe rezultati koji su navedeni u ovom radu.

Tabela 1. Rezultati merenja

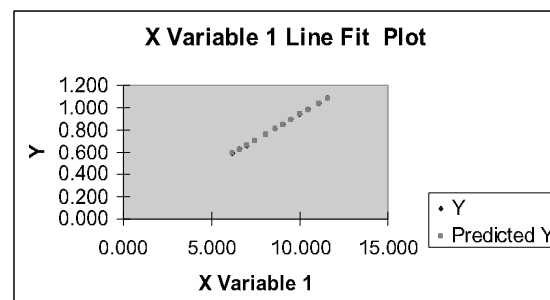
RESIDUAL OUTPUT		
Observation	Predicted Y	Residuals
1	0.587398	0.002602
2	0.625066	0.002934
3	0.662733	-0.00473
4	0.705913	8.66E-05
5	0.761037	0.000963
6	0.810648	-0.00265
7	0.850153	-0.00215
8	0.891496	0.001504
9	0.939269	-0.00127
10	0.982449	0.001551
11	1.038491	-0.00049
12	1.085346	0.001654

(Observation - ulazni napon u u kV; Predicted Y – izlazni napon U u V; Residuals – greška merenja u V)



(Residuals – greška merenja u V; x – ulazni napon u u kV)

Sl. 3. Grafički prikaz rezultata kalibracije



(Y – izlazni napon U u voltima; x – ulazni napon u u kV)

Sl. 4. Rezultati merenja – baždarena kriva

4. DISKUSIJA

Kako je etalonski instrument klase 1, pa je 0,1% dozvoljena greška očitavanja, a standardna devijacija je (pošto je uređaj napajan iz mreže – bez stabilizatora) oko 0,5 % u vremenu merenja, odakle proizilazi da je merna nesigurnost oko 0,6 %, što se u velikoj meri poklapa sa dobijenom

nelinearnošću. Moguće je, dakle da je linearnost još i veća. Napominjemo da je skala instrumenta „S 196“ kvadratna, pa 0,1% greške očitavanja važi na kraju skale dok je na polovini skale 0,4%, tako da i to govori u prilog zaključku da je linearnost realizovanog instrumenta još bolja od postignutih 0,5%.

5. ZAKLJUČAK

U radu je opisan Linearni voltmetar za direktno merenje napona na 20kV mreži (11,5kV prema zemlji). n, kako potvrđuje teorija i eksperiment pokazuje visoku linearnost. eorija predviđa linearnost od par ppm, dok je eksperiment pokazao linearnost od 0,5 %, što je na nivou redne veličine ocenjene merne nesigurnosti primenjene merne opreme. Rezultat je ohrabrujući i istraživanje će biti nastavljeno.

6. LITERATURA

[1] B. Santrač, M. Sokola, Z. Mitrović, I. Župunski, V. Vujičić, A Novel Method for Stochastic Measurement of

Harmonics at Low Signal – to – Noise Ratio", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2008. (prihvaćen za objavljivanje)

[2] D. Čomić, S. Milovančev, V. Vujičić, "A New Approach to Voltage Measurements in Power System", 9 th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, Barcelona, October 2007.

[3] N. Pjevalica "Merenje na elektrodistributivnoj mreži u frekvencijskom domenu", Doktorska teza, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2007.

Abstract – In the paper a Linear voltmeter for direct measurements at 20kV voltage level is presented. Its main characteristic is high linearity that is proved theoretically and experimentally.

CALIBRATION OF LINEAR VOLTMETER FOR HIGH VOLTAGE

M. Azlen, S. Milovančev, V. Vujičić

RELEJNA ZAŠTITA U NEBALANSIRANIM MREŽAMA

RELAY PROTECTION IN UNBALANCED NETWORKS

Sanja Knežević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Cilj rada je da se razvije i testira jedan rad DMS paketa – modula za relejnu zaštitu koji je razvijen na Fakultetu tehničkih nauka. Paket je originalno namijenjen koordinaciji različitih tipova zaštita u uravnoteženim distributivnim mrežama. Autor je učestvovao u proširenju funkcionalnosti ovog paketa i za nebalansirane mreže. Posebna pažnja je posvećena koordinaciji prekostrujnih releja, osigurača i reklosera. Rezultati testiranja su dati na podlozi realne mreže San Hoze-a (Panama).

Abstract – The aim of this paper is to develop and test one work of the DMS package – module for relay protection which was developed on Faculty of technical sciences. Package is originally aimed for coordination of different types of protections in balanced distribution networks. The author participated in broaden of the functionalities for unbalanced networks to. It is specially considered coordination of overcurrent relays, fuses and reclosers. The results of testing are given on real network of San Jose (Panama).

Ključne reči: Relejna zaštita, Nebalansirane mreže

1. UVOD

Danas se velika pažnja posvećuje izboru podešenja i koordinaciji prekostrujnih zaštita u distributivnim mrežama. Dobijeni rezultati zavise prije svega od strukture distributivne mreže (radialna ili slaboupetljana), kao i kvantiteta i kvaliteta zaštite koja se primjenjuje.

Najčešće korišćeni uređaji za zaštitu distributivnih mreža su osigurači, rekloseri i prekostrujni releji. Koordinacija zaštita je objašnjena na početku glave 2 ovog rada. U nastavku je objašnjena koordinacija osigurača, da bi potom bila objašnjena koordinacija reklosera i osigurača. Nakon toga je izložena i koordinacija releja prema rekloseru i osiguračima. Na taj način je izložena osnova za koordinaciju svih ovih zaštita u realnim distributivnim mrežama.

Glavni naglasak ovog rada je stavljen na obezbeđenje funkcionalnosti (koordinacije) rada pomenutih zaštita u nebalansiranim distributivnim mrežama. Taj deo rada je rezultat unapređenja postojećih rešenja modula za relejnu zaštitu koji je razvijen na Fakultetu tehničkih nauka. U ovom delu su prikazani primeri koordinacije na realnoj mreži grada San Hoze-a.

Na kraju, dati su zaključak i literatura za pisanje ovog rada.

NAPOMENA:

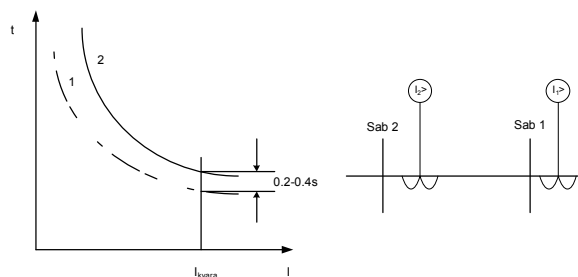
Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio prof.dr Miroslav Nimrihter.

2. KOORDINACIJA ZAŠTITNIH UREĐAJA

U narednom dijelu pažnja se posvećuje koordinaciji zaštitnih uređaja koji se najčešće koriste za zaštitu distributivnih mreža, a to su: prekostrujni releji, rekloseri i osigurači [1,2,3].

2.1. Koordinacija prekostrujnih releja

Najčešće se upotrebljavaju releji sa inverznom karakteristikom koji reaguju u zavisnosti od intenziteta struje. Kod ovih releja umjesto vremena djelovanja bira se koeficijent finog podešenja DIAL, koji se izračunava tako da bude zadovoljena selektivnost između osnovnog i rezervnog releja za maksimalnu struju kvara ili za struju podešenja trenutnih releja, a kasnije se provjerava da li je selektivnost zadovoljena i za manje vrijednosti struje kvara. Na slici 1. prikazane su karakteristike strujno zavisnih releja izabrane tako da bude zadovoljena selektivnost za maksimalnu struju kvara I_{kvara} na sabirnicama Sab1.



Slika 1. Koordinacija strujno zavisnih releja

Vrijeme djelovanja releja I_2 je za stepen selektivnosti veće od vremena djelovanja releja I_1 za struju kvara na sabirnicama Sab1. Vrijeme djelovanja strujno zavisnim relejima je definisano sledećim izrazom:

$$t = \frac{DIAL \cdot \beta}{(I / I_{TAP})^\alpha - 1} \quad (2.1.1)$$

gdje je:

t – vrijeme djelovanja relejom pri struji I ,

I_{TAP} – podešena vrijednost struje,

α, β – koeficijenti osnovnog podešenja i

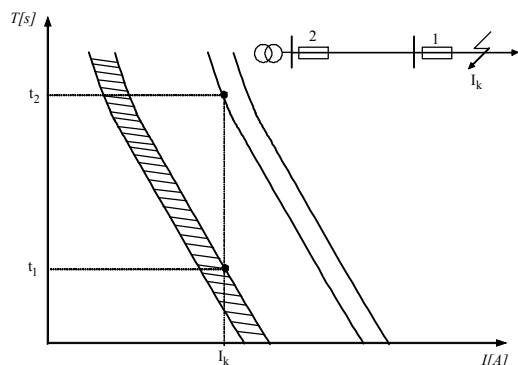
DIAL – koeficijent finog podešenja.

2.2. Koordinacija dva osigurača

Neka se za zaštitu izvoda koriste dva na red vezana osigurača kao na slici 2.

Da bi se obezbjedila pravilna koordinacija između ova dva osigurača, potrebno je da osigurač 1 pregori i tako eliminiše kvar prije nego što bi osigurač 2 pregoreo, u slučaju da se kvar desio iza osigurača 1, kako je to naznačeno na slici 2. Dakle, maksimalno vrijeme pregorjevanja osnov-

nog osigurača 1 treba da je manje od minimalnog vremena topljenja rezervnog osigurača 2, odnosno, karakteristika osigurača 1 treba da leži ispod karakteristike minimalnog vremena topljenja osigurača 2.



Slika 2. Koordinacija dva na red vezana osigurača

Osnovni kriterijum prilikom koordinacije dva osigurača se sastoji u tome da maksimalno vreme pregorevanja osnovnog osigurača ne pređe 75% minimalnog vremena potrebnog za topljenje rezervnog osigurača, tj. osigurava se da glavni osigurač prekine kvar prije djelovanja rezervnog osigurača. Na slici 2. sa t_1 i t_2 označena su vremena koja odgovaraju krivama maksimalnog vremena pregorevanja osigurača sa manjom nominalnom strujom i minimalnog vremena pregorevanja osigurača sa većom nominalnom strujom, respektivno. Uslov koordinacije dva na red vezana osigurača je:

$$t_1 \leq 0.75 \times t_2, \quad (2.2.1)$$

gdje se u slučaju da je uslov dat izrazom (2.2.1) ispunjen, smatra da do pregorevanja osigurača sa većom nominalnom strujom neće doći.

Osigurači koji se nalaze na primaru distributivnog transformatora moraju da zadovolje koordinaciju sa zaštitnim uređajima koji se nalaze na izvodu preko koga se napaja razmatrani distributivni transformator. Osigurač koji se nalazi na distributivnom transformatoru mora da se istopi prije nego što djeluju zaštitni uređaji na izvodu, za kvarove koji se javljaju iza distributivnog transformatora. Istovremeno mora da bude zadovoljena koordinacija i sa prvim zaštitnim uređajem koji se nalazi sa sekundne strane transformatora, obično je to osigurač.

2.3. Koordinacija reklosera sa osiguračem

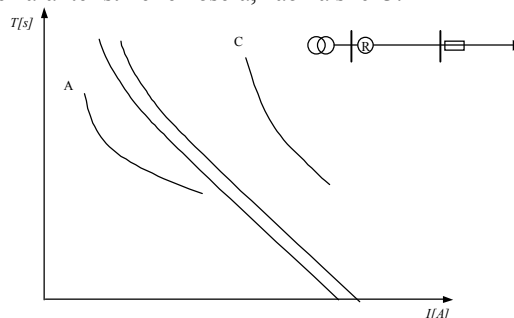
Upotreba reklosera ima prednost nad upotrebom osigurača (bez reklosera) zato što eliminiše nepotrebne prekide u mreži koji nastaju usled reagovanja osigurača. U slučaju prolaznih kvarova rekloseri su podešeni da reaguju prije topljivog elementa osigurača, dok u slučaju trajnih kvarova rekloser tokom sporih close operacija omogućava reagovanje osigurača čime se izoluje dionica u kvaru.

Pravilna koordinacija reklosera u seriji sa osiguračima podrazumjeva da rekloseri mogu prepoznati sve kvarove u mreži i spriječiti osigurače da djeluju u slučaju prolaznih kvarova.

Koordinacija zavisi od mjesta ugradnje zaštitnog elementa unutar mreže, tako da postoje dvije mogućnosti. Prva, da je osigurač rezervna zaštita rekloseru (smješten je bliže izvoru) i druga, da je rekloser rezervna zaštita osiguraču

(smješten je bliže izvoru). U daljem tekstu ova dva slučaja su obrađena posebno.

U slučaju kada se rekloser nalazi bliže izvoru napajanja u odnosu na osigurač, u cilju pravilne koordinacije ova dva uređaja, rekloser treba da bude osjetljiv za sve kvarove koji se javljaju iza osigurača. Ako su kvarovi prolazni, tokom brzih open – close operacija reklosera oni će biti spontano eliminisani i na taj način će se spriječiti nepotrebno pregorevanje osigurača u slučaju prolaznih kvarova. Ako se kvar održi i posle brzih operacija reklosera, tada se kvar eliminiše pregorevanjem osigurača tokom sporih close operacija reklosera (kontakti reklosera su zatvoreni), prije nego što rekloser trajno otvori svoje kontakte. Drugim riječima, karakteristika osigurača treba da leži između brze i spore karakteristike reklosera, kao na slici 3.

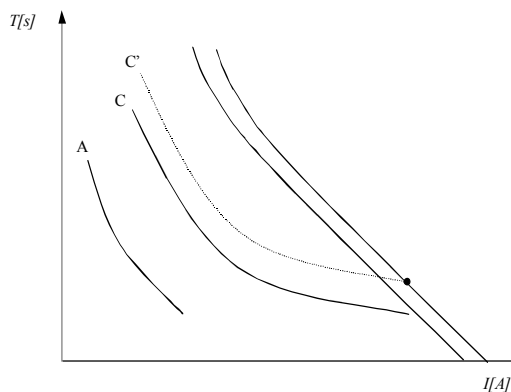


Slika 3. Karakteristike reklosera i osigurača kada je rekloser bliži izvoru

Tokom open–close operacija reklosera, topljivi umetak osigurača se naizmjenično grije i hladi, tako da se ovaj efekat mora uzeti u obzir prilikom koordinacije ova dva uređaja tako što se pomjera brza kriva reklosera bliže karakteristici osigurača. Pomenuto pomjeranje se vrši množenjem krive odgovarajućim koeficijentom koji zavisi od tipa reklosera. Uslov za koordinaciju se određuje iz:

$$t_{rekloser} \times k \leq t_{min.vremena.topljenja} \times 0.75 \quad (2.3.1)$$

Kada je osigurač bliži izvoru, sve operacije reklosera treba da su brže od minimalnog vremena topljenja osigurača. I ovdje treba uključiti efekat zamora topljivog elementa osigurača prouzrokovan akumulisanim zagrijavanjem tokom uzastopnih djelovanja reklosera što je prikazano na slici 4. To se ostvaruje pomjeranjem spore vremensko/strujne karakteristike reklosera, množenjem multiplikativnim faktorom K.



Slika 4. Koordinacija reklosera i osigurača kada je osigurač bliži izvoru

Sa A je označena brza kriva reklosera, a sa C spora, a sa C' spora kriva reklosera pomnožena sa faktorom K. Uslov koordinacije je:

$$t_{\text{spora.kriva.reklosera}} \times k \leq t_{\text{max.vremena.topljenja}} \quad (2.3.2)$$

2.4. Koordinacija releja prema osiguraču i rekloseru

Koordinacija prema osiguraču se svodi na određivanje vremena prorade releja t ako je osigurač podešen na vrijeme t_1 :

$$t = t_1 + \Delta t \quad (2.4.1)$$

Da bi se shvatilo kako relej reaguje na uzastopne operacije reklosera, mora se početi od trenutka kada kvar nastane pa do njegovog otklanjanja od strane reklosera ili releja. Po nastanku kvara rekloser počinje operativni ciklus, takođe i relej registruje kvar i počinje da se pobuđuje. Tokom prve beznaponske pauze, relej ne stigne da se resetuje (u slučaju prolaznih kvarova, relej se resetuje jer je kvar otklonjen), tako kada rekloser ponovo uspostavi stanje sa kvarom, relej se opet pobuđuje ali sada od pozicije koja je veća od reset pozicije.

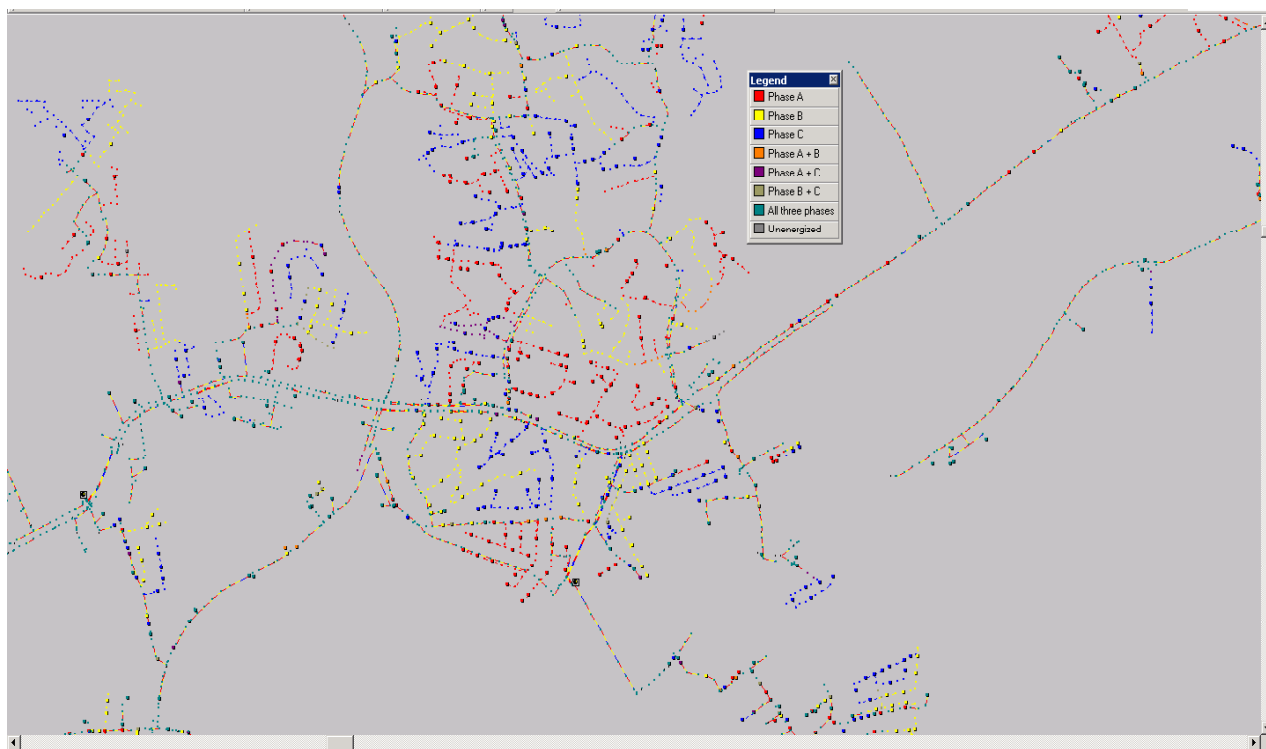
Tokom druge beznaponske pauze, ponavlja se prethodna situacija s tim što pobuđivanje i resetovanje zavise od zatečene pozicije, tako da se zaključuje sledeće: vrijeme

koje se registruje na brojaču releja posle isteka vremena operativnog ciklusa reklosera mora biti manje od podešenog vremena reagovanja releja zbog toga što relej mora da sačeka sve (uglavnom četiri) operacije reklosera, pa tek onda da otkloni kvar koji je sigurno trajan.

2.5. Testiranje relejne zaštite na nebalansiranoj mreži

U narednom tekstu su prikazani primjeri testiranja koordinacije zaštitnih uređaja na primjeru nebalansirane mreže. Nebalansirana mreža je ona koja sadrži monofazne i dvofazne elemente zbog čega dolazi do pojave različitog opterećenja po fazama i potrebe za postavljanjem releja u sve tri faze. Testiranje je realizovano u DMS softveru, u modu Relejna zaštita/Koordinacija.

Za verifikaciju rezultata unapređenja modula koordinacije relejne zaštite izabrana je mreža San Hoze-a (Panama). Razmatrana mreža ima 10 transformatorskih stanica visoki/srednji napon i 5384 transformatorske stanice srednji/niski napon. Razmatrana mreža je prikazana na slici 5. gdje je prikazano bojenje po faznosti mreže (pogledati legendu uz sliku). Dijelovi mreže koji su obojeni sa tri boje su trofazni dok su dijelovi obojeni jednom od tri boje (crvena, plava ili žuta) monofazni



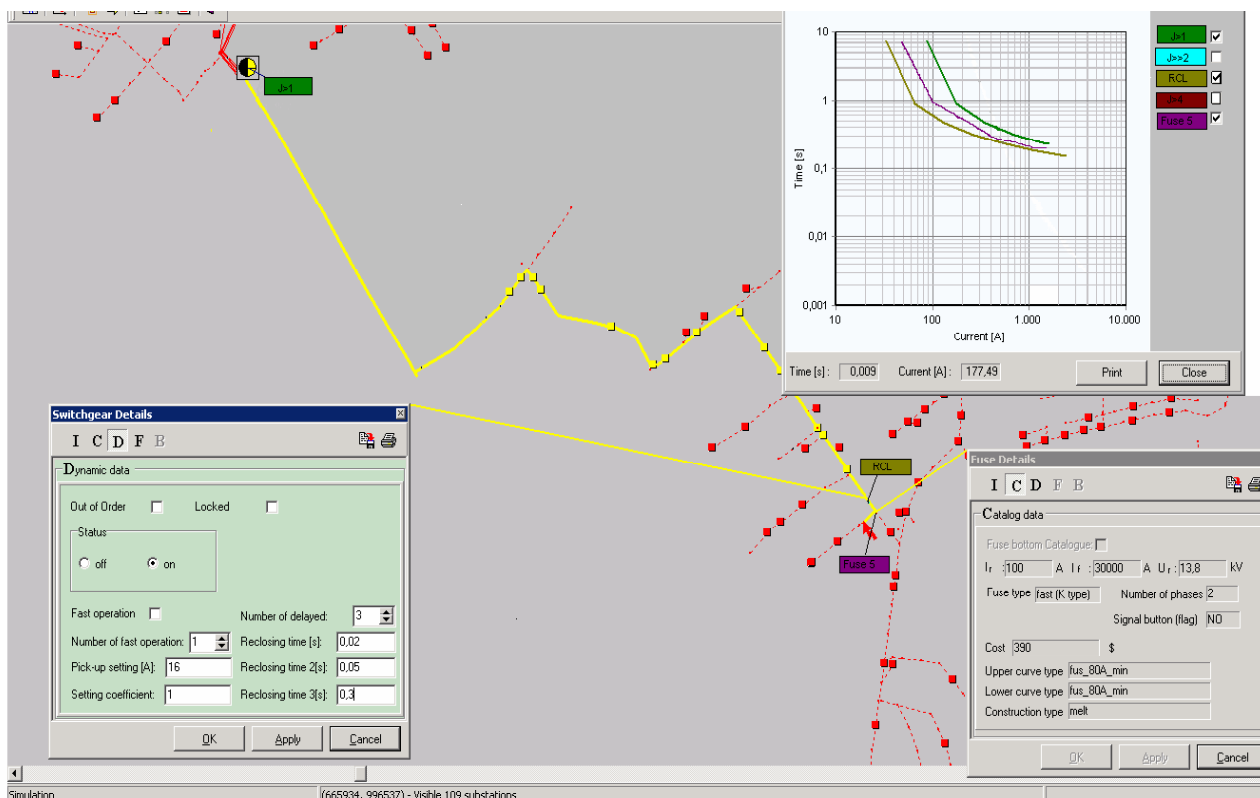
Slika 5. Razmatrana mreža San Hoze-a

Verifikacija funkcionalnosti razvijenog rješenja je napravljena kroz sledeće primjere koordinacije zaštitnih uređaja na jednom izvodu (izabrana su sledeća dva primjera):

1. Koordinacija osigurač – rekloser – relej za slučaj „štednje osigurača“. To je slučaj kada za zadati kvar postoji brže djelovanje reklosera u odnosu na osigurač iako je kvar u zoni štice osiguračem (ovim se izbegava nepotrebno djelovanje osiguračem kod prolaznih kvarova).

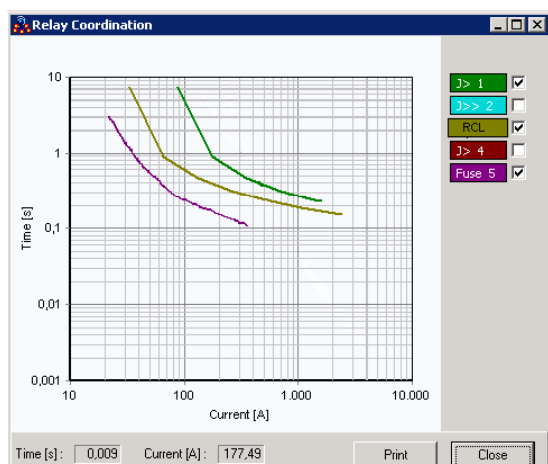
2. Koordinacija osigurač – rekloser – relej za standardan slučaj kada se osiguračem djeluje prije reklosera.

Na slici 5. prikazana je žuta putanja na kojoj se za potencijalno mjesto kvara vidi putanja toka struje od mjesta zadatog kvara do transformatorske stanice VN/SN (Monte Oscuro). Na putanji su istaknuta mjesta releja, reklosera i osigurača. Detalj slike 5. koji se odnosi na krive zaštitnih uređaja pokazan je za prvi slučaj na istoj slici, a za drugi na slici 6.



Slika 6. Putanja struje kvara

Smeđom bojom je označena kriva za rekloser, zelenom za relej a ljubičastom za osigurač. Nije teško uočiti da se kriva za osigurač nalazi iznad krive za rekloser za prvo djelovanje rekloserom, dok je na slici 7. taj položaj zamjenjen.



Slika 7. Koordinacija uređaja za drugi slučaj

Potrebno je istaći da su kod proračuna krivih za prvi slučaj korišćene karakteristike osigurača za pogonski hladno stanje (karakteristika je više pomjerena u smjeru vremenske ose nego za toplo stanje kada je odgovarajuća karakteristika translirana u datom I/t koordinatnom sistemu niže).

ZAKLJUČAK

U radu je prikazana verifikacija razvijenog modula za koordinaciju zaštitnih uređaja u nebalansiranim mrežama. Verifikacija je urađena na većem broju primjera, a u ovom radu su prikazana dva karakteristična slučaja. Verifikacija je izvršena na primjeru realne distributivne mreže grada San Hoze-a.

LITERATURA

- 1) Bijoy Chattopadhyay, M.S.Sachdev, T.S.Sidhu: An on – line relay coordination algorithm for adaptive protection using linear programming technique, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 11, No. 1, 1996, pp. 165-171.
- 2) J.M.Gers, E.J.Holmes: Protection of electricity distribution networks, IEE, 1998, London.
- 3) D.Bekut, Relejna zaštita, Stylos, Novi Sad, 1999.

Kratka biografija :



Sanja Knežević rođena je 1984 god. u Bijeljini. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Elektroenergetski sistemi odbranila je 2008.godine.

Mikrostrip peč antena na bazi Sijerpinski fraktalne krive

Slobodan Radanović, Vasa Radonić, Vesna Crnojević-Bengin

Sadržaj — U ovom radu analiziran je realizacija mikrostrip peč antene bazirane na Sijerpinski fraktalnoj krivoj. Ispitan je uticaj varijacije reda fraktalne krive i faktora odnosa na karakteristike i veličinu projektovane antene. Pokazano je da je pogodnim izborom faktora odnosa i reda fraktala moguće projektovati peč antene mnogo manjih dimenzija u odnosu na konvencionalne uz očuvanje performansi.

Cljučne reči — peč antena, Sijerpinski fraktalna kriva.

I. UVOD

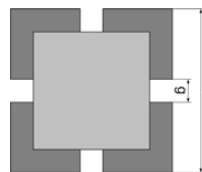
Zahtevi koji se postavljaju pred komunikacione sisteme povećavaju se iz dana u dan. Minijaturne dimenzije, dobre performanse i niska cena osnovne su osobine koje se očekuju od projektovanih uređaja. Pri projektovanju bežičnih komunikacionih uređaja kao što su mobilni telefoni, *Bluetooth* ili WLAN uređaji, veličina antene postala je kritičan faktor. U cilju minijaturizacije peč antena danas se primenjuju različite tehnike kao što su korišćenje kratkospojenih elemenata [1], korišćenje materijala velike dielektrične konstante kao podloge [1], primena rezistivnog i reaktivnog opterećenja [2], povećavanje električne dužine antene optimizacijom njenog oblika [3], i sl. Savremene tehnike minijaturizacije svode se na primenu višeslojnih rešenja, primenu veštačkih materijala (metamaterijala), kao i primene različitih veštačkih površina na bazi EBG struktura, [4].

U ovom radu analizirana je mogućnost primene Sijerpinski fraktalne krive pri projektovanju mikrostrip peč antene. Fraktalne geometrije su do sada našle veliku primenu u projektovanju pasivnih elektronskih komponenti zbog svoje osobine da dobro ispunjavaju prostor, kao i osobine samosličnosti [5], [6], [7], [8]. Primenom fraktalne geometrije na konvencionalne antenske strukture optimizuje se oblik antene u cilju povećanja njene električne dužine, što dovodi do smanjenja ukupne zauzete površine na čipu. Različite fraktalne geometrije, kao što su Kohova, Peanova ili Hilbertova fraktalna kriva korišćene su do sada pri projektovanju antena [5], [7], [8]. Projektovane fraktalne antene pokazale su niz prednosti: širok propusni opseg [7], malu površinu antene [8], kao i mogućnost rada na više opsega [9]. U ovom radu analiziran je uticaj reda fraktala i uticaj faktora odnosa

Sijerpinski fraktala na karakteristike i veličinu projektovane antene. Sijerpinski fraktalna antena je upoređena sa konvencionalnom mikrostrip peč antenom za istu radnu učestanost. Sve analizirane antene simulirane su na 1.57mm Duroid podlozi relativne permitivnosti $\epsilon_r=2.2$ i tangensa ugla gubitaka 0.0009 sa metalizacijom od bakra debljine 18 μ m. Pokazane su mogućnosti primene fraktalne geometrije Sijerpinskog za projektovanje antena sa smanjenim dimenzijama u odnosu na konvencionalnu peč antenu.

II. DIZAJN

Svaka fraktalna kriva dobija se periodičnim ponavljanjem nekog konstruktivnog elementa. Osnovni gradivni element-generator (nulti red) Sijerpinski fraktala je kvadrat. Prvi red Sijerpinski fraktala sa označenim karakterističnim veličinama prikazana je na slici 1. Odnos dve dimanzije g i a pojedinih segmenata fraktala definisan je kao faktor odnosa Sijerpinski fraktala, $k=g/a$. Svaki naredni red dobija se periodičnim ponavljanjem fraktala jednog niže reda, skaliranog sa faktorom odnosa po tačno utvrđenom redosledu. Kod Sijerpinski frakta drugog reda spoljašnji elementi se zamenjuju skaliranom fraktalnom krivom prvog, dok centralni element ostaje nepromenjen. Postupak se može ponavljati beskonačan broj puta, ali se zbog daljeg usložavanja fraktalne geometrije zadržavamo na strukturi drugog reda.



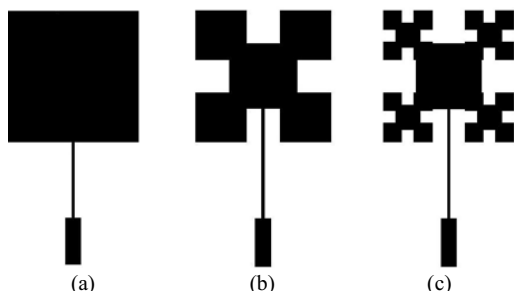
Slika. 1. Sijerpinski fraktal prvog reda

Na slici 2. prikazani su izgledi Sijerpinski peč antena nultog, prvog i drugog reda. Nulti red predstavlja konvencionalnu mikrostrip peč antenu, kvadratnog oblika dimenzija $a=41.08$ mm. Svaka sledeći red je projektovan tako da se zadrži faktor odnosa 1/4 dimenzije fraktala, pri čemu su spoljašnje dimenzije antene ostale nepromenjene. Karakteristične dimenzije spoljašnjih fraktalnih segmenata antena za prvi red su $g=10.27$ mm, a za drugi red $g=3.85$ mm. U cilju prilagođavanja impedanse peč antene na 50 Ω vod korišćen je $\lambda/4$ transformator.

S. Radanović, V. Radonić i V. Crnojević-Bengin, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (telefon: 381-21-4852559 faks: 381-21-4750572; e-mail: slobodan.radanovic@gmail.com).

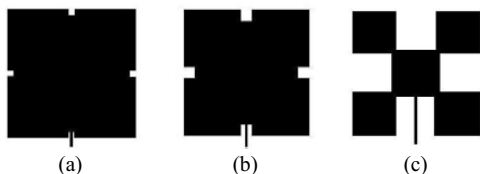
NAPOMENA:

- a) Ovaj rad postekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila prof.dr Vesna Crnojević-Bengin.
- b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji TELFOR, Beograd, Novembar 2008.



Slika 2. Sijerpinski fraktalna peč antena: (a) nultog (konvencionalna), (b) prvog i (c) drugog reda.

Faktor odnosa Sijerpinski fraktala može biti jedan od relevantnih parametara pri projektovanju fraktalnih antena. Tri dodatne vrednosti faktora odnosa, pored originalnog odnosa $k=1/4$, uzeti su u razmatranje: $1/20$, $1/10$ i $31/100$. Na slici 3. prikazane su Sijerpinski fraktalne krive prvog reda sa različitim faktorom odnosa.



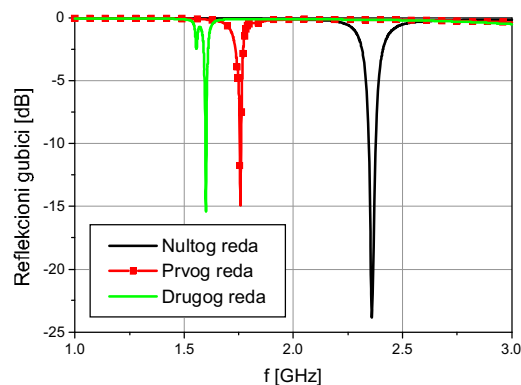
Slika 3. Sijerpinski fraktalna antena prvog reda sa različitim faktorom odnosa: (a) $1/20$, (b) $1/10$, (c) $31/100$.

III. SIMULACIONI REZULTATI

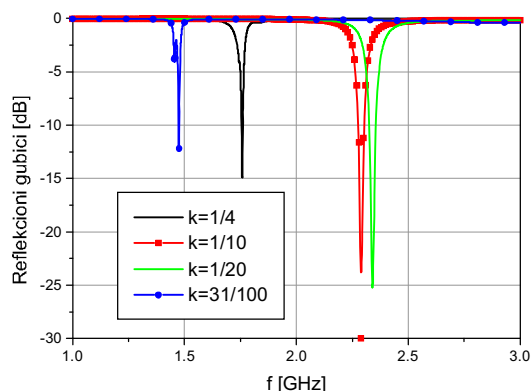
Modelovanja i simulacije za analizirane peč antene urađene su korišćenjem softverskog paketa Ansoft HFSS 9. Na slici 4. dat je uporedni prikaz koeficijenta refleksije Sijerpinski antene za različite vrednosti reda fraktala, prikazanih na slici 2, dok su na slici 5. prikazani koeficijent refleksije za Sijerpinski peč antenu prvog reda sa različitim vrednostima faktora odnosa, k . U tabeli 1 prikazane su vrednosti rezonantne učestanosti i koeficijenta refleksije za analizirane fraktalne antene, kao i dimenzije konvencionalnih antena koje rade na istoj učestanosti i smanjenje površine koja može biti ostvarena primenom fraktalne antene izražena u procentima.

Može se uočiti da konvencionalna peč antena, tj. Sijerpinski fraktalna antena nultog reda ima najvišu rezonantnu učestanost $f_r=2.36\text{GHz}$ pri čemu su njeni refleksioni gubici, $RL=-23.43\text{dB}$. Sa povećanjem reda fraktala opada rezonantna učestanost, ali se smanjuju i gubici usled refleksije. Tako za Sijerpinski fraktalnu antenu prvog reda rezonantna učestanost iznosi $f_r=1.76\text{GHz}$, refleksioni gubici $RL=-15\text{dB}$, dok su za fraktalnu antenu drugog reda oni $f_r=1.6\text{GHz}$ i $RL=-12.5\text{dB}$. Međutim sa povećanjem reda krive pojavljuje se dvostruka rezonansa na učestanostima bliskim jedna drugoj, a posledica su velike razdvojenosti dva dela fraktala u odnosu na srednju liniju. Sa promenom faktora odnosa fraktala utiče se i na promenu rezonantne

učestanosti. U slučaju prvog reda sa različitim faktorima odnosa dobijaju se rezonantne učestanosti od 1.76GHz , 2.34GHz , 2.29GHz i 1.475GHz za faktore $1/4$, $1/20$, $1/10$ i $31/100$, respektivno. Primenom fraktalnih antena dolazi do značajnog smanjenja zauzete površine usled povećanja njene električne dužine. Međutim, sa povećanjem faktora odnosa k , dolazi do pojave dvostruke rezonanse sa malim RL .



Slika 4. Refleksioni gubici za Sijerpinski fraktalne antene prikazane na slici 2.



Slika 5. Refleksioni gubici za Sijerpinski fraktalnu antenu prvog reda sa različitim faktorima odnosa k .

TABELA 1: UPOREDNE KARAKTERISTIKE SIJERPINSKI FRAKTALNIH I KONVENCIONALNIH PEČ ANTENA.

Red fraktala	k	f [GHz]	Veličina konv. antene [mm]	Smanjenje površine [%]
Nulti	0	2.36	41.08x41.08	0
	1/4	1.76	57x57	49
Prvi	1/20	2.34	42.5x42.5	6.6
	1/10	2.29	43.5x43.5	11
	31/100	1.475	68.1x68.1	63.6
Drugi	1/4	1.6	62.5x62.5	56.7

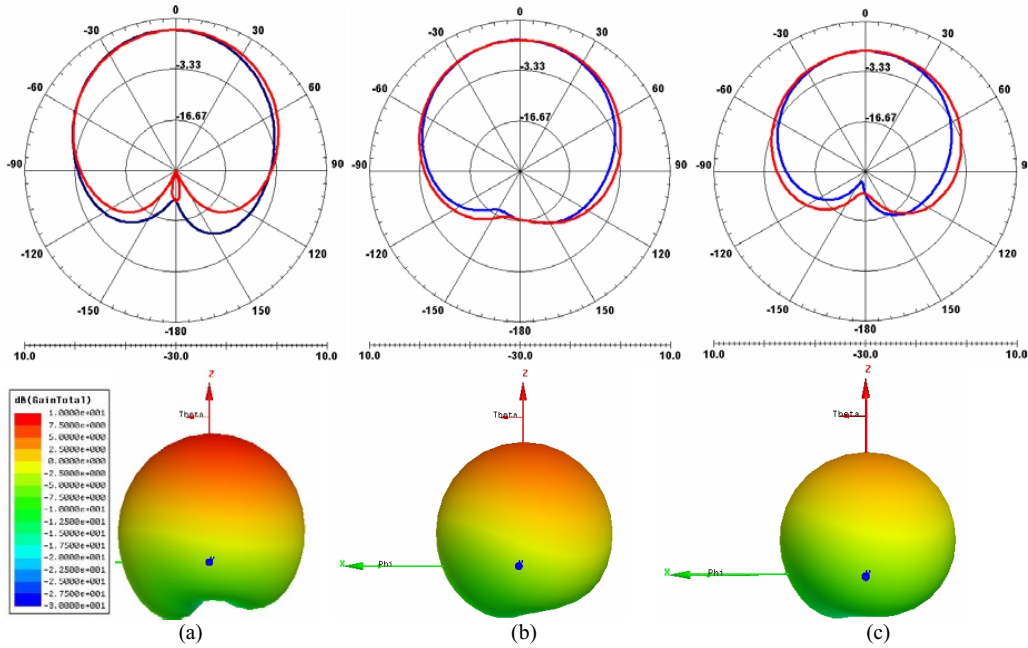
Na slici. 6 su prikazani polarni dijagrami zračenja Sijerpinski antena nultog, prvog i drugog reda u $E(\Phi=0)$ i $H(\Phi=90)$ ravni na rezonantnim učestanostima kao i 3D

diagrami zračenja, respektivno. Može se primetiti da nema velikog odstupanja dijagrama zračenja za nultu, prvu i drugu iteraciju kada je reč o usmerenosti, dok se dobit neznatno smanjuje sa povećanjem reda fraktala.

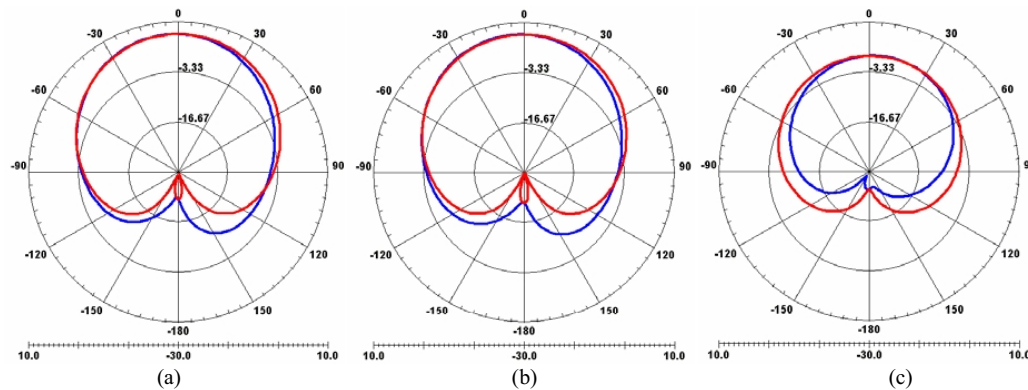
Na slici 7. su prikazani polarni dijagrami zračenja Sijerpinski antena prvog reda za različite vrednosti faktora odnosa u $E(\Phi=0)$ i $H(\Phi=90)$ ravni na rezonantnim učestanostima. Nema velikog odstupanja dijagrama zračenja za male vrednosti faktora odnosa, ali kako se on približava graničnoj vrednosti od $1/3$, smanjuje se dobit i dolazi do blage promene usmerenosti.

Kako bi pokazali prednosti fraktalne antene uporedili

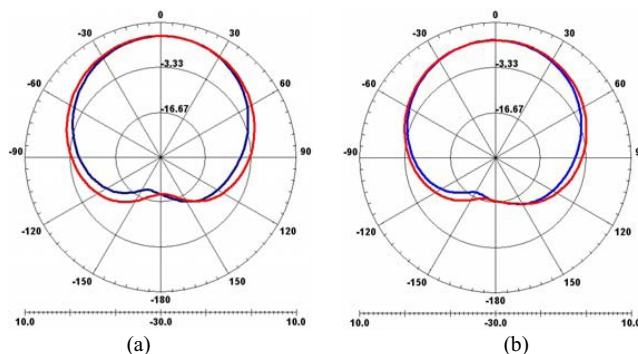
smo Sijerpinski fraktalnu antenu prvog reda sa faktorom odnosa $1/4$ sa konvencionalnom podešenom na istu rezonantnu učestanost, $f_r=1.76\text{GHz}$. Dobijeni refleksioni gubici za konvencionalnu antenu su -10.2dB , dok je fraktalne pokazala -15dB . Na slici 8. su prikazani polarni dijagrami zračenja na rezonantnoj učestanosti, a na slici 9. prikazan je intenzitet električnog polja na rezonantnoj učestanosti za fraktalnu i konvencionalnu antenu. Dobijaju se skoro identične karakteristike izuzev što je sa fraktalnom geometrijom ostvarena redukcija površine za 49% . Takođe intenzitet električnog polja fraktalne antene je mnogo veći nego kod konvencionalne antene.



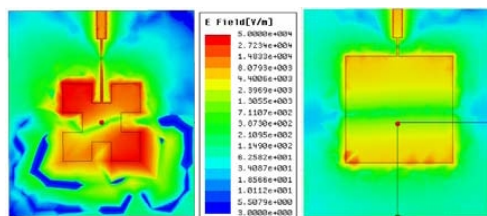
Slika 6. Polarni diagram zračenja u E(plava) i H(crvena) ravni i 3D diagram zračenja za Sijerpinski antenu: (a) nultog reda (konvencionalna), (b) prvog reda, (c) drugog reda.



Slika 7. Polarni diagram zračenja u E(plava) i H(crvena) za Sijerpinski antenu prvog reda sa faktorom odnosa: (a) $1/10$, (b) $1/20$, (c) $31/100$.



Slika 8. Polarni diagram zračenja u E(plava) i H(crvena) za: (a) Sijerpinski antenu prvog reda sa $k=1/4$ i (b) konvencionalnu peč antenu.



Slika 9. Intenzitet električnog polja za: (a) Sijerpinski antenu prvog reda sa $k=1/4$ i (b) konvencionalnu peč antenu.

III. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je nova realizacija peč antene bazirane na Sijerpinski fraktalnoj krivoj. Ispitan je uticaj varijacije reda fraktalne krive na karakteristike projektovane antene. Pokazano je da je sa fraktalnom antenom Sijerpinskog moguće je osvariti smanjenje zauzete površina antene uz zadržavanje ostalih karakteristika. Primenom Sijerpinski fraktalnog oblika ukupna električna dužina antena se povećava, a rezonantna učestanost postaje niža u odnosu na konvencionalnu peč antenu. Pogodnim izborom faktora odnosa Sijerpinski fraktala i reda fraktala moguće je dobiti i dvostruku rezonansu fraktala. Ona se pogodnim izborom parametara može spojiti u jedan široki opseg. Tako da Sijerpinski geometrija omogućilo projektovanje antena sa više bliskih opsega (multiband) ili antena sa promenljivom širinom opsega. Proizvoljna širina opsega, sa malim RL uz značajnu redukciju površine čini fraktalne peč antene pogodnim za primenu u komunikacionim uređajima.

LITERATURA

- [1] G.Kumar and K.P.Ray: "Broadband Microstrip Antennas," Boston-London, 2003. Artech House
- [2] K. L. Wong and Y. F. Lin: "Small broadband rectangular microstrip antenna with chip-resistor loading," *Electron Lett.* 34 (1998), 225-226,
- [3] Thomas A. Milligan: "Modern Antenna Design," 2005 John Wiley, New Jersey,
- [4] D. Sievenpiper, L. Z. Rumolo, F. J. Broas, N.G. Alexopolous, and E. Yablonovitch: "High-Impedance Electromagnetic Surfaces with a Forbidden Frequency Band," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 47, No. 11, November 1999

- [5] Parque Emp, Sant Jan, Sant Cugat del Valles: "Fractal miniaturization in RF and microwave networks", Fractus, Barcelona, Spain, 2001
- [6] V. Cmojević-Bengin, V. Radonić and B. Jokanović: "Fractal Geometries of Complementary Split-Ring Resonators," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, No.11, November 2008
- [7] M. F. Pantoja, F. G. Ruiz, A. R. Bretones, R G. Martin: "GA Design of Wire Pre-fractal antennas and comparison with other Euclidean geometries", *IEEE Antennas and Wireless propagation letters*, Vol. 2, 2003
- [8] I. K. Kwon Kim, J. G. Yook and H. K. Park: "Fractal-Shape Small Size Microstrip Patch Antenna," *Microwave and Optical Tech. Lett.* Vol.34, No.1, July 2002.
- [9] C. Puente, J. Romeu, R. Pous and A. Cardma: "On the behavior of the Sierpinski multiband fractal antenna," *IEEE Trans. Antenna and Propagation AP-46* (1998), pp.517-525

ABSTRACT

In this paper, new realization of microstrip patch antenna based on Sierpinski fractal curve is shown. Influences of the fractal curve order and the ratio factor on the characteristics and overall area size of the antenna are investigated. The right choice of the ratio factor and order of fractal curve can be used to design much smaller patch antennas comparing to conventional patch, while performances remain unchanged.

MICROSTRIP PATCH ANTENNA BASED ON SIERPINSKI FRACTAL CURVE

Slobodan Radanović, Vasa Radonić, Vesna Cmojević-Bengin

PROŠIRENJE INTERPRETERA *XProlog* FAZI UNIFIKACIJOM FUZZY UNIFICATION EXTENSION TO THE *XProlog* INTERPRETER

Milan Segedinac, Đorđe Obradović, Zora Konjović

{mseg, obrad, ftn_zora}@uns.ns.ac.yu

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Sadržaj – U ovom radu prikazan je proširen i delimično izmenjen model Prolog interpretera otvorenog koda, *XProlog*. Izmene i proširenja imala su za cilj da se omogući jednostavna implementacija proizvoljnih algoritama unifikacije fazi konstanti. Implementirana su tri algoritma fazi unifikacije: slaba unifikacija, relaksirana unifikacija i usmerena fazi unifikacije.

Abstract – This paper presents an extended and partially modified model of an open source Prolog interpreter, *XProlog*. The aims of the modifications and extensions was to facilitate simple implementation of a new unification algorithms for fuzzy constants. Three fuzzy unification algorithms: weak unification, relaxed unification, and directional fuzzy unification are implemented.

1. UVOD

Klasična unifikacija polazi od dva terma koje treba unifikovati. Ukoliko je moguće izvršiti unifikaciju, unifikacija uspeva i vraća se najopštiji unifikator tih termova, a ukoliko termovi nisu unifikabilni unifikacija ne uspeva. U klasičnoj unifikaciji termovi koji se unifikuju mogu da budu ili potpuno unifikabilni ili potpuno neunifikabilni. To znači da će klasična unifikacija biti neuspešna ukoliko se javi bilo kakva nejasnoća vezana za podatke. Znanja vezana za pojave iz realnog sveta često su nesigurna, pa su i podaci vezani za ta znanja često neprecizni. Zbog toga se velik broj problema koji se odnose na fenomene iz realnog sveta ne može rešavati primenom logičkog programiranja koje se oslanja na klasičnu unifikaciju.

Kada nije poznata tačna vrednost podataka može se koristiti fazi unifikacija. Fazi unifikacija za zadata dva terma pronalazi najopštiji unifikator i stepen unifikacije ukoliko je moguće izvršiti fazi unifikaciju zadatih termova. Ukoliko to nije moguće, unifikacija ne uspeva. Stepen unifikacije pokazuje u kojoj meri su unifikovani termovi unifikabilni.

Logičko programiranje koje se oslanja na fazi unifikaciju može se koristiti i za rešavanje problema opisanih nepreciznim znanjima.

NAPOMENA:

a) Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bila dr Zora Konjović, red.prof.

b) Rad je prethodno publikovan na konferenciji YUInfo 09, Kopaonik, Mart 2009.

1. ALGORITAMI FAZI UNIFIKACIJE

Postoje različiti pristupi koji se bave problemom fazi unifikacije. Reference [1, 2] posvećene su algoritmu slabe unifikacije (*weak unification*). U [3, 4] izlaže se algoritam relaksirane unifikacije (*relaxed unification*) a u [5, 6] algoritam usmerene unifikacije (*directed fuzzy unification*). U [7] je izložen jedan algoritam fazi unifikacije zasnovan na sličnosti, a u [8] algoritam S-Unifikacije. U ovom radu posebna pažnja je posvećena algoritmima slabe unifikacije, relaksirane unifikacije i direktne fazi unifikacije. Navedeni algoritmi implementirani su u okviru softverskog rešenja otvorenog koda, *XProlog*-a [9]. Implementacija podržava fazi konstantu, fazi broj koji je predstavljen trapezoidnom funkcijom pripadnosti.

2. XPROLOG

Implementacija fazi unifikacije u Prologu oslanja se na *XProlog*, rešenje otvorenog koda napisano u Javi. *XProlog* je razvio Jean Vaucher u edukativne svrhe. Kako je namenjen upravljanju znanjem i zaključivanjem za potrebe Java Agenata, kratak je i relativno brz, a pošto je napisan u Javi, i portabilan. Na slici 1 prikazan je objektni model *xProlog*-a.

Deo koji se odnosi na parser, odnosno klase *Parser*, *ParserTokenManager* i *Token*, kao i interfejs *ParserConstants* su generisani pomoću JavaCC. Za dalji rad nije potrebno detaljno objašnjenje ovih klasa.

Konstruktor klase *Engine* koji kao parametar prima Prolog program, obezbeđuje parsiranje tog programa i kreiranje baze znanja klase *KnowledgeBase*. Postavljanje upita metodom *setQuery(String query)* klase *Engine*, osim što parsira upit metodom *getList(String query)* klase *Parser*, poziva metodu *solve()* klase *Engine*. Ova metoda obezbeđuje usklađen rad bektreking (*backtracking*) algoritma definisanog metodom *backtrack()* klase *Engine* i unifikacije definisane metodom *unify(Term t, Stack s)* klase *Term*. Term *t* je term sa kojim se term za koji je pozvana metoda *unify(Term t, Stack s)* unifikuje, a stek *s* je stek iz klase *Engine* na koji se smeštaju vrednosti koje će koristiti bektreking algoritam za određivanje sledeće putanje unifikacije. Ovaj stek će biti iskorišćen i za smeštanje vrednosti potrebnih za evaluaciju fazi unifikacije.

3. PROŠIRENJE XPROLOG-A ZA PODRŠKU FAZI UNIFIKACIJE

Za potrebe implementacije fazi unifikacije, dizajn *XProloga*, prikazan na slici 1 je proširen i delimično izmenjen, kako bi mogao da podrži jednostavnu implementaciju proizvoljnog algoritma unifikacije.

Dijagrami klasa na slikama 2, 3, 4 i 5 predstavljaju relevantne detalje dizajna implementiranog interpretera koji podržava algoritme fazi (fleksibilne) unifikacije.

Na slici 2 možemo videti da je unifikacija izdvojena iz klase *Term* u posebnu apstraktnu klasu *Unification* čija metoda *unify(Term t1, Term t2, Stack s)* unifikuje termine *t1* i *t2*, a vrednosti potrebne za bektreking ostavlja na steku klase *Engine*. Vraća realnu vrednost koja je indikator uspešnosti izvršavanja.

Za uključivanje proizvoljnog algoritma unifikacije, potrebno je algoritam implementirati u klasi koja nasleđuje klasu *Unification*. Metoda *unbind(Term t)* razvezuje varijablu od njoj dodeljene vrednosti i poziva se iz metode *solve()* klase *Engine*. Deo koji se odnosi na parser, odnosno klase *Parser*, *ParserTokenManager* i *Token*, kao i interfejs *ParserConstants* su generisane pomoću *JavaCC*. Za dalji rad nije potrebno detaljno objašnjenje ovih klasa.

Na slici 2 možemo videti da je unifikacija izdvojena iz klase *Term* u posebnu apstraktnu klasu *Unification* čija metoda *unify(Term t1, Term t2, Stack s)* unifikuje termine *t1* i *t2*, a vrednosti potrebne za bektreking ostavlja na steku klase *Engine*. Vraća realnu vrednost koja je indikator uspešnosti izvršavanja.

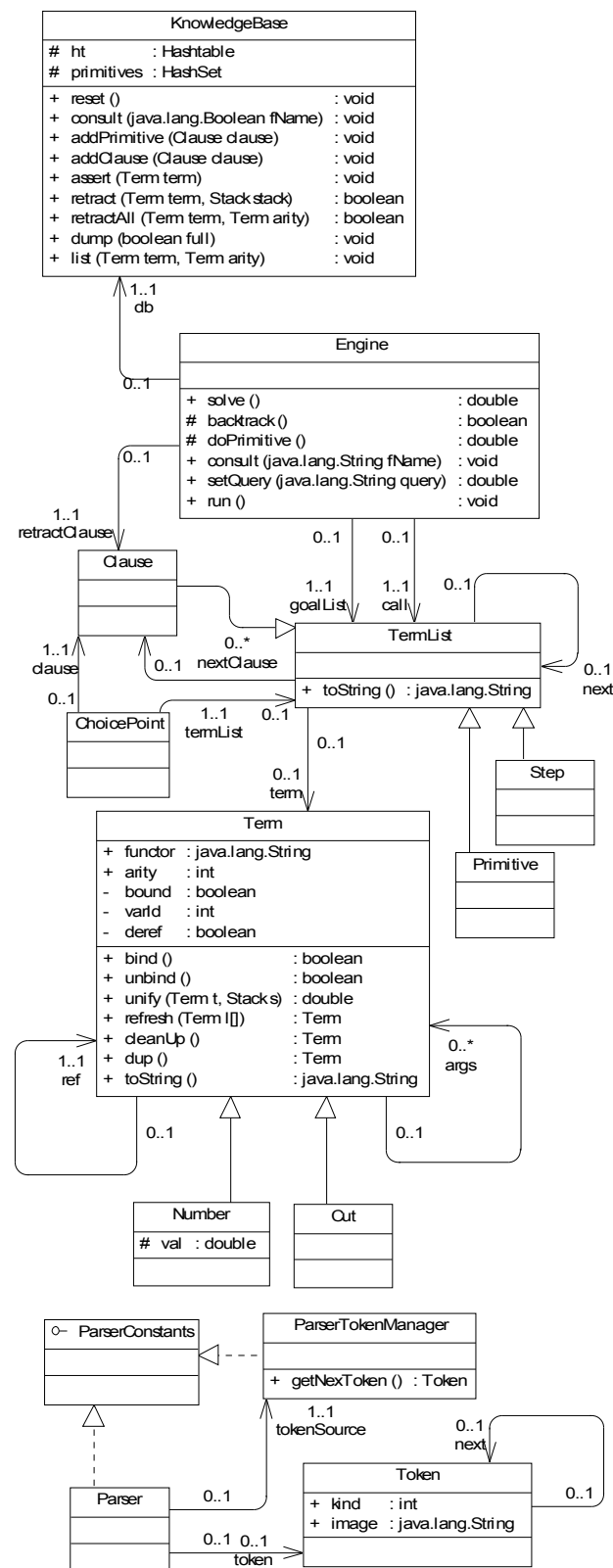
Na slici 3 vidimo da je klasa *Term* proširena semantičkom komponentom modelovanom klasom *SemanticComponent*.

Klasa *SemanticComponent* ima dva steka za smeštanje fazi konstanti (*sStack* i *gStack*), jedan stek opšte namene (*universalStack*) i stek namenjen za smeštanje akcija (*actionStack*). Ovakva struktura je dovoljna za implementaciju analiziranih algoritama fazi unifikacije, odnosno algoritam slabe unifikacije, relaksirane unifikacije i direktne fazi unifikacije. Klasa *Term* nasleđena je u klasi *FuzzyConstant* koja ima funkciju pripadnosti modelovanu klasom *MembershipFunction*. Podrazumeva se da je funkcija pripadnosti trapezoidna i noramalizovana i da je data nad skupom realnih brojeva.

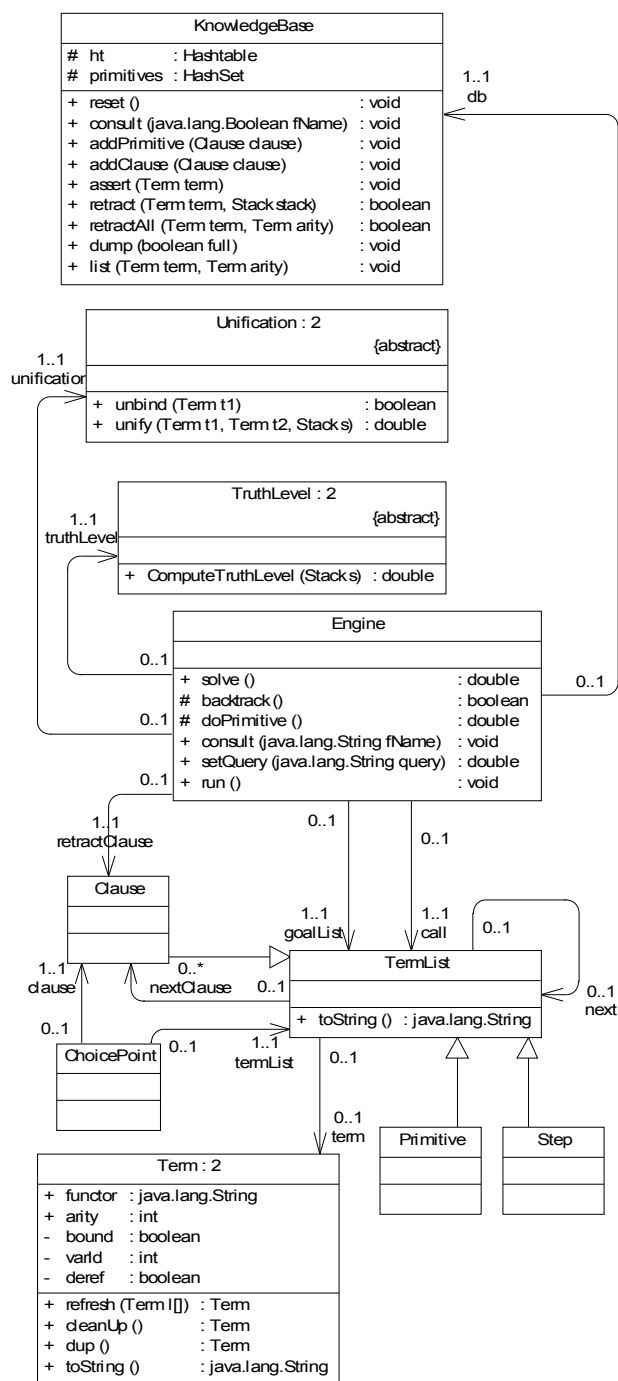
Na slici 4 prikazan je deo modela koji se odnosi na stepen unifikacije. Za razumevanje modela, potrebno je detaljnije objasniti specifičnosti implementiranih algoritama.

Algoritam slabe unifikacije računa stepen unifikacije u toku rezolucije. Nakon unifikacije dva terma, određuje se sličnost ta dva terma i *t*-norma dobijene vrednosti i vrednosti prethodnog stepena unifikacije postaje aktuelna vrednost stepena unifikacije. Nakon dobijenog odgovora, potrebno je vratiti se na prethodni čvor odluke, da bi se tražili i ostali mogući odgovori, a to podrazumeva i vraćanje stepena unifikacije na vrednost koja odgovara tom čvoru odluke.

U implementiranom rešenju se za čuvanje vrednosti stepena unifikacije koristi *universalStack* klase *SemanticComponent* na koji se nova vrednost stepena unifikacije smešta metodom *execute()* klase *UnifySimilarlyAction*.

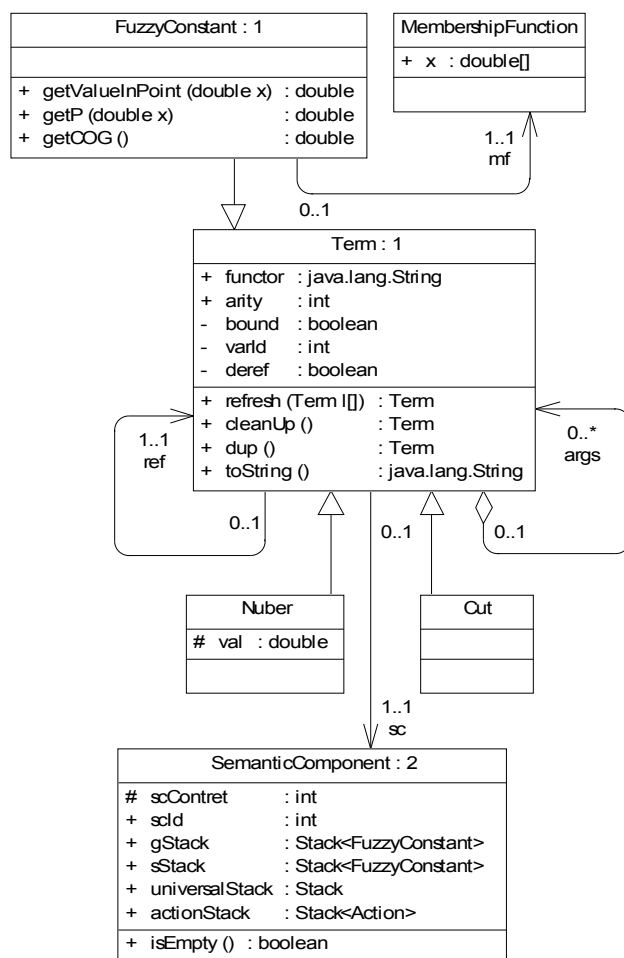


Slika 1. Dijagram klasa interpretera *xProlog*



Slika 2. Modelovanje unifikacije.

biti sačuvane sve fazi konstante sa kojima se unifikovala u toku rezolucije, kako bi se, nakon rezolucije, mogla odrediti vrednost stepena unifikacije. Stek gStack klase SemanticComponent koristi se za smeštanje fazi konstanti sa kojima se fazi konstanta kojoj ta semantička komponenta pripada unifikuje. Smeštanje fazi konstante na gStack klase SemanticComponent ostvaruje se pozivanjem metode execute() objekta klase UnifyFCandVAction, u toku unifikacije dva fazi konstante. Da bi se mogla poništiti ova akcija, na stek klase Engine se smešta fazi konstanta sa semantičkom komponentom za koju je pozvana ta akcija. Poništavanje akcije postiže se pozivanjem metode unexecute() za objekat klase UnifyFCandVAction koji je bio na vrhu steka



Slika 3. Modelovanje semantičke komponente

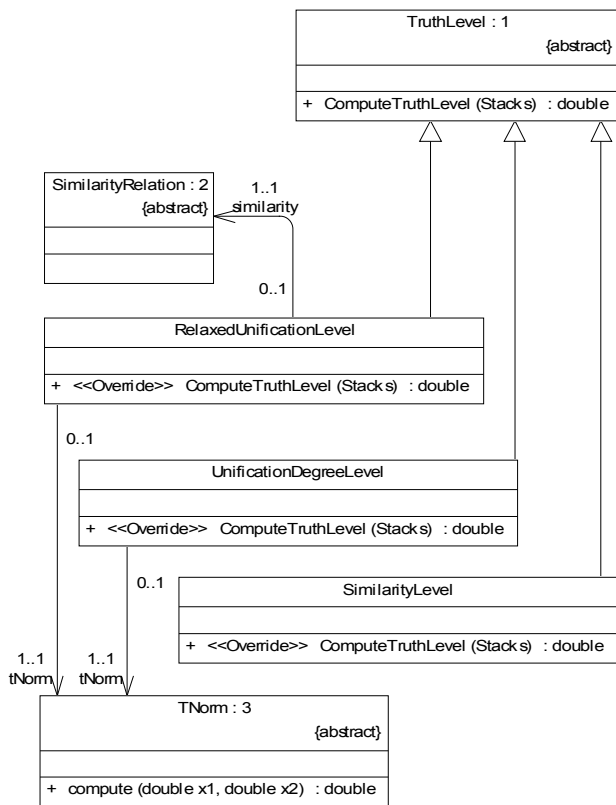
Objekat klase FuzzyConstant, čija semantička komponenta sadrži informaciju o stepenu unifikacije, smešta se na stek klase Engine. Kada se u metodi backtrack() klase Engine nađe na objekat klase Term, poziva se metoda unbind(Term t) klase Unification. Ovdje se metodom unbind(Term t), ukoliko je term instanca klase FuzzyConstant, izvršava metoda unexecute() objekta klase UnifySimilarlyAction koji je na vrhu steka acija tog objekta klase FuzzyConstant i time se poništava uticaj koji je prethodna unifikacija izvršila na vrednost stepena unifikacije.

Implementacija algoritma relaksirane unifikacije podrazumeva da će, za fazi konstantu koja se unifikuje, akcija fazi konstante na koju je bektreking algoritam naišao.

Implementacija algoritma direktne fazi unifikacije podrazumeva da će, za fazi konstatu koja se unifikuje, biti sačuvane fazi konstante sa kojima je unifikavovana, i to tako da su fazi konstante koje označavaju specifična znanja odvojene od fazi konstanti koje označavaju opšta znanja. Za potrebe čuvanja fazi konstanti pri unifikaciji, koriste se stekovi gStack i sStack klase SemanticComponent. Na gStack se semštaju fazi konstante koje se odnose na opšta, a na sStack posebna znanja. Smeštanje fazi konstanti na stekove obavila se pozivanjem metode execute() akcije koja je objekat klase UnifyFCandVAction,

UnifyFCandVAction, UnifyVandVAction ili

UnifyVandVAction. Nakon izvršene unifikacije, fazi konstanta sa semantičkom komponentom kojoj ta akcija pripada se smešta na stek klase Engine, da bi poništavanje te akcije u metodi backtrack() klase Engine bilo moguće. Akcija se poništava metodom unexecute() klase naslednice klase Action. Nakon uspešnog izvođenja odgovora računa se vrednosti stepena unifikacije, pozivanjem metode computeTruthLevel(stack s) objekta koji je instanca klase naslednice apstraktne klase TruthLevel. Za slučaj slabe unifikacije to je objekat klase WeakUnificationLevel, za slučaj relaksirane unifikacije objekat klase RelaxedUnificationLevel i objekat klase UnificationDegreeLevel u slučaju usmerene fazi unifikacije.

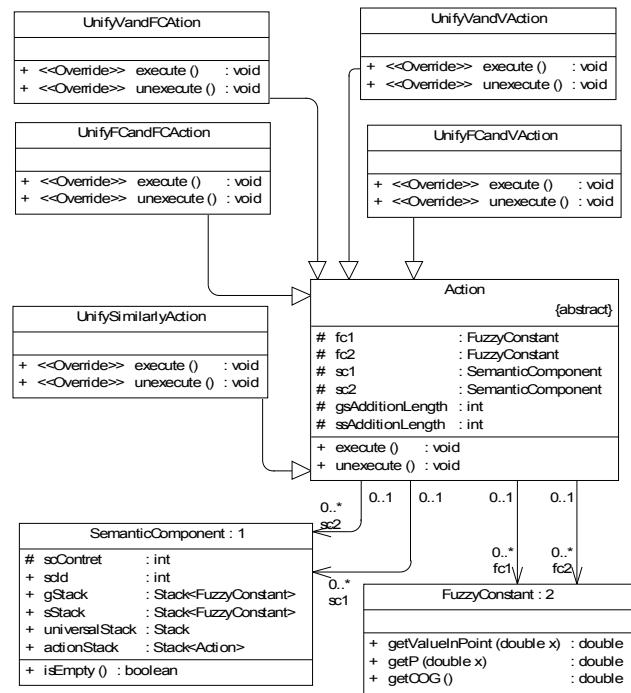


Slika 4. Modelovanje stepena unifikacije za implementirane algoritme

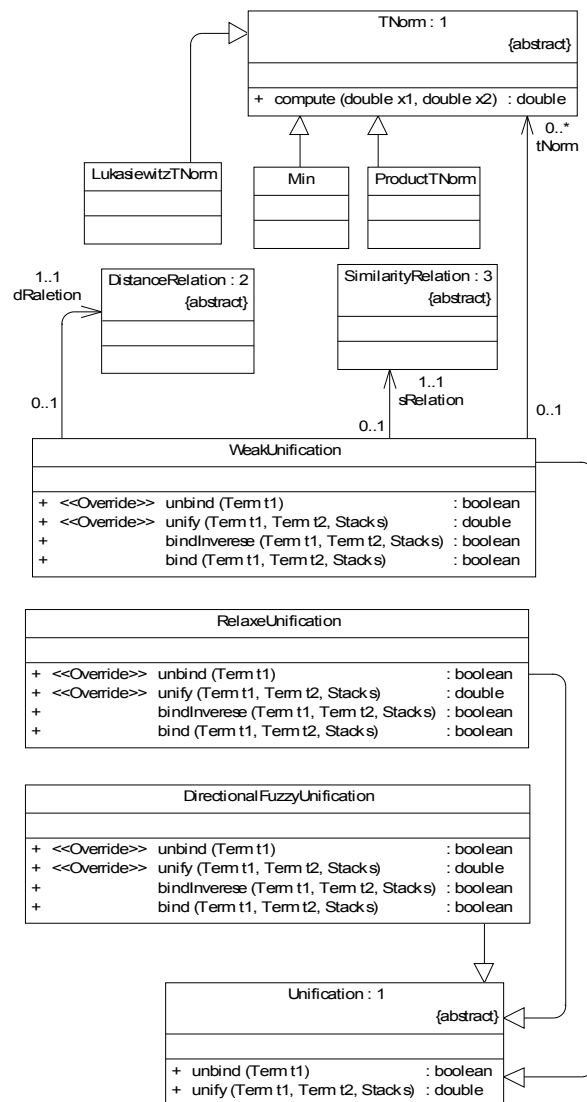
Deo koji se odnosi na modelovanje akcija prikazan je na slici 5.

Uvođenje klase Action omogućuje jednostavno poništavanje efekata unifikacije u bektreking algoritmu pozivanjem metode unexecute().

Klase nasledene iz klase Action, odnosno klase UnifyVandFCAction, UnifyVandVAction, UnifyFCandFCAction, UnifyFCandVAction i UnifySimilarlyAction odnose se na akcije koje je potrebno izvršavati u toku rezolucije podržane implementiranim algoritmima. Deo modela koji se odnosi na algoritme unifikacije prikazan je na slici 6. U okviru implementiranih algoritama moguće je koristiti proizvoljnu t-normu, što primenu fazi unifikacije čini fleksibilnijom.

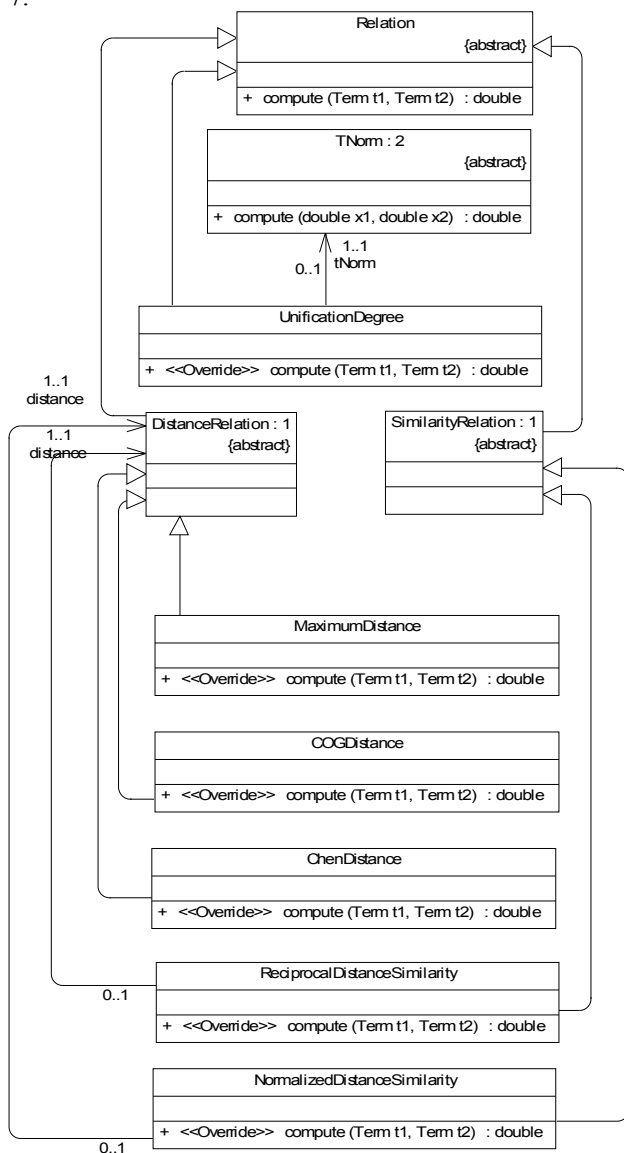


Slika 5. Modelovanje akcija



Slika 6. Modelovanje algoritama unifikacije

Deo modela kojim su opisane relacije prikazan je na slici 7.



Slika 7. Modelovanje relacija

SimilarityRelation je apstraktna klasa koja modeluje relacije sličnosti, DistanceRelation je apstraktna klasa koja modeluje relacije udaljenosti. Implementirane relacije sličnosti računaju sličnost između fazi konstanti na osnovu udaljenosti fazi konstanti. Procenu sličnosti fazi brojeva, koja je potrebna za procenu stepena unifikacije, jednostavno je izmeniti implemenatacijom nove relacije sličnosti fazi brojeva u okviru klase naslednice klase SimilarityRelation.

4. PRIMERI KORIŠĆENJA

Primena proširenog *XProlog*-a biće prikazana na jednostavnim primerima fazi unifikacije algoritmima relaksirane unifikacije, slabe unifikacije i usmerene fazi unifikacije. Relaksirana unifikacije može se primeniti na unifikaciju proizvoljnih termova koji mogu biti sintaktički različiti. Međutim, kako je cilj ovog rada prikazivanje proširenja modela *XProlog*-a fazi unifikacijom, relaksirana unifikacija biće ilustrovana na primerima koji se odnose na fazi skupove. U algoritmima relaksirane unifikacije i slabe unifikacije, koriste se Čenovo rastojanje [10], presek fazi skupova računa se kao

standardni presek [11], a sličnost fazi skupova određuje se kao standardni komplement rastojanja fazi skupova [10]. U algoritmu relaksirane unifikacije, korektnost terma računa se kao *t*-norma sličnosti između svih pojedinih termova koji se nalaze u skup terma za koji se računa korektnost.

Tako će vrednosti stepena unifikacije za relaksiranu i slabu unifikaciju biti jednak.

Na primeru 1 vidimo rezultate fazi unifikacije za bazu znanja koja ima samo jednu činjenicu i nema ni jedno pravilo zaključivanja.

Primer 1

Baza znanja:

```
visina(jova,fuzzyConstant(175,180,185,190)).
```

Upit:

```
visina(jova,fuzzyConstant(175,180,185.3,190)).
```

Primenom relaksirane ili slabe inifikacije dobija se sledeća vrednost stepena unifikacije.

Odgovor:

```
R:0.9302325581395324
```

```
>>> Answer:
```

```
visina(jova,fuzzyConstant(175,180,185.3,190))  
( 0 ms.)
```

Ukoliko se koristi algoritam usmerene fazi unifikacije, dobiće se:

Odgovor:

```
R:1.0
```

```
>>> Answer:
```

```
visina(jova,fuzzyConstant(175,180,185.3,190)) ( 16 ms.)
```

Primerom 2 je ilustrovana razlika između zaključaka dobijenih primenom algoritama relaksirane ili slabe unifikacije i primenom algoritma usmerene fazi unifikacije. Ukoliko se koristi algoritam usmerene fazi unifikacije, dobijaju se intuitivno prihvatljivija rešenja. Baza znanja sastoji se od dve činjenice i jednog pravila zaključivanja

Primer 2

Baza znanja:

```
visina(jova,fuzzyConstant(175,180,185,190)).  
visina(petar,fuzzyConstant(170,175,183,188)).  
visok(X):-  
visina(X,fuzzyConstant(175,180,200,200)).
```

Upit:

```
visok(jova).
```

Primenom relaksirane ili slabe unifikacije dobija odgovor:

```
R:0.13793103448275862
```

```
>>> Answer: visok(jova) ( 0 ms.)
```

Primenom algoritma usmerene unifikacije dobija se odgovor:

```
R:1.0
```

```
>>> Answer: visok(jova) ( 0 ms.)
```

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazan je proširen i delimično izmenjen model Prolog interpretera *XProlog*. Izmene i proširenja obezbedila su mogućnost jednostavne implementacije proizvoljnog algoritma unifikacije, što je ilustrovano implementacijom više algoritama fazi unifikacije, odnosno algoritma slabe unifikacije, relaksirane unifikacije i usmerene fazi unifikacije.

U implementiranim algoritmima podržani su fazi brojevi predstavljani trapezoidnim funkcijama pripadnosti. Jedan od pravaca daljih istraživanja odnosio bi se na implementaciju algoritama koji bi podržavali veći broj tipova fazi skupova.

Osim ovoga, dalji rad mogao bi da se odnosi i na implementaciju fazi aritmetike u okviru implementiranih rešenja, implementaciju novih algoritama unifikacije (ne bi morali biti implementirani jedino algoritmi fazi unifikacije), kao i na primenu implementiranog rešenja u realnim uslovima.

LITERATURA

- [1] Sessa, M. I., *Approximate Reasoning by Similarity-based SLD Resolution*, Theoretical Computer Science, Volume 275, Number 1, pp. 389-426(38), 28 March 2002
- [2] Formato, F., Gerla, G., Sessa, M. I., *Similarity-based Unification*, Fund. Inform. 40, 2000
- [3] Abou-Assaleh, T., Cercone, N., *Relaxed Unification – Proposal*, Proceedings of the 15th Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence on Advances in Artificial Intelligence, pp. 364-365, 2002.
- [4] Abou-Assaleh, T., Cercone, N., Kelšelj, V., *An Overview of the Theory of Relaxed Unification*, Proceedings of the International Conference on Advances in the Internet, Processing, Systems, Interdisciplinary Research, IPSI-2003, Sveti Stefan, Montenegro, Former Yugoslavia
- [5] Alsinet, T., Godo, L., *Fuzzy Unification Degree*, Proceedings of Logic Programming and Soft Computing'98, in conjunction with JICSLP'98, Manchester, June 1998.
- [6] Rios-Filho, L. G., Sandri, S. A., *Contextual Fuzzy Unification*, Proceedings 5th IFSA '95 Congress, ppn 81-84, Sao Paulo, Brazil, 1995.
- [7] Medina, J., Ojeda-Aciego, M., Vojtaš, P., *A Multi-Adjoint Approach to Similarity Based Unification*, Electronic Notes in Theoretical Computer Science 66 No. 5, 2002
- [8] Virtanen, H., E., *Vague Domains, S-Unification and Logic Programming*, Electronic Notes in Theoretical Computer Science 66 No. 5, 2002.
- [9] <http://www.iro.umontreal.ca/~vaucher/XProlog/>
- [10] Johanyak, Z. C., Kovacz, S. *Distance Based Similarity Measure of Fuzzy Sets*, www.bmf.hu/conferences/SAMI2005/szilveszter.pdf
- [11] Klir, G. J., *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Prentice Hall PTR, 1995.

NAPOMENA:

Rezultati rada su deo projekta tehnološkog razvoja **Alternativa za eUpravu bazirana na otvorenim standardima i otvorenom kodu** koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Rad je prezentovan na Konferenciji YUInfo 09.

Kratka biografija:



Milan Segedinac je rođen 1984. godine u Novom Sadu. Fakultet tehničkih nauka upisao je 2003. godine. Diplomski-master rad iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo - Računarske nauke i informatika odbranio je 2008. godine.



Đorđe Obradović je rođen u Kuli 1973. godine. Magistrirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2003. Oblasti interesovanja su veštačka inteligencija i internet programiranje.



Zora Konjović je redovni profesor Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su: matematičko modeliranje i softver za složene tehničke sisteme, primena metoda veštačke inteligencije, Internet bazirani sistemi, geoinformatika.