

**INTEGRACIJA V2X TEHNOLOGIJE U PARKING SISTEME, RAZVOJ I
IMPLEMENTACIJA WEB-APLIKACIJE****INTEGRATION OF V2X TECHNOLOGY IN PARKING SYSTEMS, DEVELOPMENT
AND IMPLEMENTATION OF A WEB APPLICATION**

Stefana Mihajlović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – ENERGETIKA, ELEKTRONIKA I
TELEKOMUNIKACIJE**

Kratak sadržaj – Cilj ovog master rada je istražiti integraciju V2X tehnologije u parking sisteme kako bi se unapredila efikasnost i korisničko iskustvo. Rad će obuhvatiti analizu trenutnih izazova u upravljanju parking mestima i predložiti rešenja kroz razvoj web-aplikacije. Aplikacija će omogućiti korisnicima pristup informacijama o dostupnosti parking mesta u realnom vremenu. Takođe, fokusiraće se na tehničke aspekte implementacije, uključujući izbor tehnologija i alata.

Ključne reči: V2X tehnologija, web-aplikacija

Abstract – The aim of this master's thesis is to explore the integration of V2X technology into parking systems to enhance efficiency and user experience. The study will address current challenges in parking management and propose solutions through the development of a web application. This application will provide users with real-time information about the availability of parking spaces. Additionally, it will focus on the technical aspects of implementation, including the selection of technologies and tools.

Keywords: V2X technology, Web application

1. UVOD

U današnjem dinamičnom svetu, urbani prostori se suočavaju sa brojnim izazovima, uključujući sve veću gustinu saobraćaja, nedostatak parking mesta i potrebu za efikasnijim upravljanjem resursima. Razvoj tehnologija kao što je V2X (Vehicle-to-Everything) predstavlja značajan korak napred u rešavanju ovih problema.

Cilj ovog master rada je istražiti integraciju V2X tehnologije u parking sisteme i razvoj web-aplikacije koja će korisnicima omogućiti lakše upravljanje parking mestima. Ova aplikacija će koristiti realne podatke o dostupnosti parking mesta i pružiti korisnicima informacije u realnom vremenu, čime će se smanjiti vreme potrage za parkingom i poboljšati ukupno korisničko iskustvo.

Kroz analizu postojećih rešenja i razvoj inovativnih funkcija, ovaj rad će doprineti razumevanju potencijala V2X tehnologije u modernizaciji parking sistema.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dejan Vukobratović, red. prof.

Na kraju, očekuje se da će rezultati ovog istraživanja pružiti značajne uvide u budućnost upravljanja parking mestima i doprineti razvoju pametnih gradova koji su prilagođeni potrebama svojih stanovnika.

2. V2X TEHNOLOGIJA

Bežična komunikacija postala je ključna tehnologija za razvoj vozila narednih generacija. Cilj aktivnosti 3GPP (3rd Generation Partnership Project) je unapređenje LTE sistema kako bi se omogućila komunikacija između vozila, pešaka i infrastrukture. Ova komunikacija omogućava razmenu poruka za pomoć i bezbednost na putevima, kontrolu toka saobraćaja i pružanje različitih obaveštenja o saobraćaju.

V2X je sistem komunikacije koji prenosi informacije iz vozila ka ostalim delovima saobraćaja. Koristeći spektralno efikasan air interfejs, isplativo postavljanje mreže i podršku raznovrsnim tipovima komunikacije, LTE sistemi sa odgovarajućim unapređenjima mogu postati ključni pokretač V2X usluga. V2X tehnologija pozitivno utiče na efikasnost saobraćaja, na primer, predlaže vozačima alternativne rute kako bi izbegli gužve u određenim delovima grada. Takođe, upozorava vozače na stanje parkinga i identifikuje slobodna parking mesta.

Krajnji cilj u razvoju automobilske industrije jeste maksimalna bezbednost svih učesnika u saobraćaju. U slučaju saobraćajnih nezgoda, omogućava se automatsko uspostavljanje poziva za pomoć. Pored toga, mogu se prenositi i druge važne informacije koje se prosleđuju drugim učesnicima u saobraćaju, kao i uređajima koji su deo saobraćajne infrastrukture.

Nove tehnologije omogućavaju povezivanje i komunikaciju u saobraćaju. Takođe, 4G arhitektura ima efikasne tehnike rutiranja i rešenja u pogledu frekvencijskih opsega. Uz pomoć 4G i 5G umrežavanja, zahvaljujući malom kašnjenju, pouzdanosti konekcije i velikoj brzini protoka podataka, moguće je implementirati C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) [1,2].

2.1. LTE-V2X KOMUNIKACIONE PORUKE

LTE-V2X komunikacione poruke igraju ključnu ulogu u razmeni informacija između vozila i drugih učesnika u saobraćaju. Ove poruke sadrže važne podatke o vozilu, uključujući trenutnu lokaciju (koordinate), brzinu, ubrzanje, pravac i smer kretanja. Prema ETSI (European Telecommunications Standards Institute), u okviru LTE-V2X postoje dva osnovna tipa komunikacionih poruka:

- CAM (Cooperative Awareness Messages): Ove poruke pružaju informacije o prisutnosti vozila i

njegovim karakteristikama, omogućavajući drugim učesnicima u saobraćaju da budu svesni okoline. CAM poruke se šalju periodično i pomažu u stvaranju svesti o situaciji na putu.

- DENM (Decentralized Environmental Notification Messages): Ove poruke se koriste za obaveštavanje o specifičnim događajima ili promenama u okruženju, kao što su saobraćajne nesreće ili prepreke na putu. DENM poruke su obično aktivirane određenim događajem i omogućavaju brzu reakciju vozila i vozača.

Komunikacione poruke poput CAM i DENM su od suštinskog značaja za V2X tehnologiju jer omogućavaju brzu razmenu informacija koja može značajno poboljšati bezbednost na putevima. Na primer, kada vozilo primi CAM poruku od drugog vozila koje se približava, vozač može pravovremeno reagovati kako bi izbegao potencijalnu nesreću. Slično tome, DENM poruke mogu upozoriti vozače na opasnosti ili promene u saobraćaju, čime se smanjuje rizik od nezgoda [1, 2].

2.2. C-V2X TEHNOLOGIJA

C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything) predstavlja naprednu komunikacionu tehnologiju koja omogućava vozilima da razmenjuju informacije sa drugim vozilima, pešacima i infrastrukturom. Ova tehnologija je definisana standardom 3GPP i koristi PC5 interfejs u opsegu od 5,9 GHz za slanje i primanje poruka. Kao osnovna tehnologija, C-V2X se oslanja na LTE, pri čemu fizički sloj koristi SC-FDMA i strukturu frekvenca koja je slična onoj u LTE uplink komunikaciji.

C-V2X obuhvata dva ključna komunikaciona linka:

- Vehicle-to-Network (V2N): Ova veza se oslanja na postojeću mobilnu mrežu (Uu) za komunikaciju.
- Vehicle-to-Vehicle (V2V): Ova veza omogućava direktnu komunikaciju između vozila.

Važno je napomenuti da svi V2V slučajevi zahtevaju direktnu vezu između učesnika u saobraćaju. C-V2X se posebno fokusira na ovu direktnu komunikaciju putem PC5 interfejsa. Razlikovanje između uređaja koji upravljaju mrežnom komunikacijom i direktne veze je ključno za osiguranje sigurne kontrole vozila.

C-V2X funkcioniše u dva režima raspoređivanja prenosa:

- Mode 3: Ovaj režim koristi mobilnu mrežu za alokaciju i upravljanje resursima.
- Mode 4: Ovaj režim omogućava rad van pokrivenosti ili bez SIM kartice, čime C-V2X postaje potpuno autonoman i nezavistan od mobilne mreže.

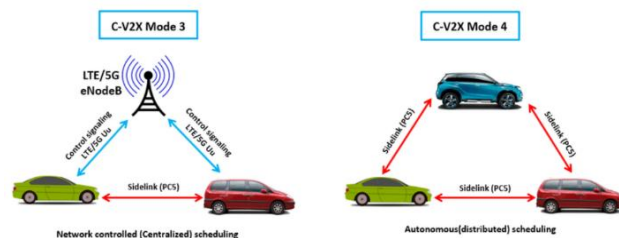
Sve primene C-V2X koriste samo Mode 4. Pre nego što Mode 3 postane održiv, potrebno je rešiti različite izazove, uključujući koštanje usluga i izvodljivost algoritama.

C-V2X igra ključnu ulogu u bezbednosti saobraćaja i sprečavanju nezgoda, posebno kada su u pitanju ranjivi učesnici poput pešaka, biciklista i motociklista. Integracija PC5 interfejsa u pametne telefone dodatno poboljšava funkcionalnost ove tehnologije [3, 4].

3. SLOJ APLIKACIJE

Sloj aplikacije predstavlja najviši nivo u OSI referentnom modelu i TCP/IP modelu, igrajući ključnu ulogu u

funkcionisanju mrežnih aplikacija. Ovaj sloj opisuje interakciju aplikacija sa servisima i protokolima nižih slojeva, a protokoli u ovom sloju omogućavaju razmenu podataka između programa na predajnoj i prijemnoj strani



Slika 1. Režimi raspoređivanja prenosa [5]

Aplikacijski sloj je najbliži krajnjem korisniku, pružajući mrežne usluge aplikacijama. On uspostavlja komunikaciju, sinhronizuje procedure oporavka u slučaju grešaka i kontroliše integritet podataka. U ovom sloju postoje programi kao što su upravljanje bazama podataka, elektronska pošta i servisi za razmenu datoteka. Takođe, koristi DNS protokol za prevođenje imena domena u IP adrese.

Aplikacijski sloj je neophodan za komunikaciju između korisnika i računara. Omogućava nam da tražimo informacije ili ih delimo, kao i da koristimo e-mail za komunikaciju. Na internetu možemo pronaći praktično sve informacije koje nas interesuju, a multimedija nam pruža zabavu u svakom trenutku.

Sloj aplikacije je ključna komponenta u mrežnoj arhitekturi, jer povezuje korisnike sa različitim uslugama i resursima. Bez ovog sloja, komunikacija između ljudi i računara ne bi bila moguća na današnjem nivou. Razvoj novih protokola i usluga u ovom sloju kontinuirano poboljšava naše iskustvo na mreži, čineći ga važnim za budućnost digitalne komunikacije [6].

3.1. WEB-APLIKACIJA

Web programiranje obuhvata kreiranje web sajtova i aplikacija koristeći tehnologije kao što su HTML, CSS i JavaScript. Web sajtovi su obično zbir statičkih stranica koje pružaju informacije, dok su web aplikacije interaktivnije i omogućavaju korisnicima unos i obradu podataka, kao što su Gmail ili Google Docs.

Statični sajtovi prikazuju iste informacije svim korisnicima, dok dinamički sajtovi generišu različit sadržaj u zavisnosti od korisničkog unosa ili interakcije. Na primer, dinamički sajt može prilagoditi prikaz informacija na osnovu preferencija korisnika ili prethodnih interakcija. Za početak učenja web programiranja, preporučuje se fokusiranje na HTML za strukturu, CSS za stilizaciju i JavaScript za dodavanje interaktivnosti. Nakon ovih osnovnih tehnologija, korisno je preći na backend tehnologije poput PHP-a ili Node.js-a kako bi se kreirali dinamički sajtovi.

Za razliku od desktop aplikacija koje se instaliraju na lokalnom računaru, web aplikacije se izvršavaju na udaljenim serverima, a korisnici im pristupaju putem interneta. Važno je napomenuti da svaki web sajt ne mora biti i web aplikacija; web sajt može biti jednostavna kolekcija informacija bez interaktivnosti.

Web sajt se sastoji od povezanih web stranica koje su dostupne globalno putem interneta i imaju jedinstveno ime

domena. Ove stranice mogu biti smeštene na jednom ili više web servera. S druge strane, web aplikacije su softver koji se takođe može globalno pristupiti putem interneta, ali pružaju dodatne funkcionalnosti koje omogućavaju korisnicima interakciju s podacima [7, 8].

3.2. ASP.NET CORE

Jedna od najpoznatijih platformi za postavljanje i odgovaranje na pitanja vezana za programiranje, Stack Overflow koristi ASP.NET Core kao deo svoje infrastrukture. Ova platforma koristi snagu ASP.NET Core-a kako bi obezbedila brze reakcije i efikasno upravljanje velikim količinama podataka i korisnika. Korišćenje ovog framework-a omogućava im da optimizuju performanse i poboljšaju korisničko iskustvo. Microsoft Teams je alat za kolaboraciju i komunikaciju unutar kompanija koji koristi više tehnologija, ali ASP.NET Core igra ključnu ulogu u izgradnji određenih delova aplikacije. Ovaj framework omogućava skalabilnost i pouzdanost, što je od suštinskog značaja za softverska rešenja koja zahtevaju visoku dostupnost i efikasnost.

Još jedan primer web aplikacije koja koristi ASP.NET Core je Reddit, popularna platforma za razmenu informacija i diskusiju. Reddit koristi ASP.NET Core za svoje API-je, što im omogućava da efikasno rukovode velikim brojem zahteva od korisnika širom sveta. Ovaj framework pomaže u održavanju brzine i efikasnosti aplikacije, čak i pod velikim opterećenjem.

Primeri pokazuju snagu i fleksibilnost ASP.NET Core-a u različitim kontekstima i industrijama. Programeri koji rade s ovim framework-om mogu razvijati aplikacije koje su ne samo funkcionalne, već i visoko optimizovane za rad u stvarnom svetu.

ASP.NET Core podržava različite arhitekture poput MVC (Model-View-Controller) i Razor Pages, što dodatno olakšava razvoj složenih web aplikacija. Takođe, pruža mogućnosti za integraciju sa raznim bazama podataka, autentifikaciju korisnika i podršku za rad sa API-jima.

Kroz raznovrsne primene u stvarnom svetu, ASP.NET Core se pokazao kao moćan alat za razvoj modernih web aplikacija. Njegova sposobnost da podrži visoke performanse, skalabilnost i sigurnost čini ga idealnim izborom za programere koji žele da kreiraju inovativna rešenja [9].

4. IMPLEMENTACIJA APLIKACIJE

Problem: U urbanim sredinama često nedostaje informacija o slobodnim parking mestima. Vozači provode previše vremena u potrazi za dostupnim mestima, što dovodi do gužvi i povećava emisije štetnih gasova.

Rešenje: Razviti aplikaciju koja omogućava praćenje slobodnih parking mesta u realnom vremenu.

4.1. PROGRAMSKI JEZIK C#

C# je objektno orijentisan programski jezik koji je razvio Microsoft kao deo svoje .NET inicijative. Prvobitno ga je dizajnirao tim na čelu sa Andersom Hejlsbergom, a prvi put je predstavljen 2000. godine. Od tada, C# je prošao kroz brojne verzije, svaka sa novim unapređenjima i funkcionalnostima, čineći ga jednim od najpopularnijih jezika u industriji.

C# spada u grupu objektno orijentisanih jezika, što znači da se fokusira na upotrebu objekata i klasa za organizaciju koda. Ova paradigma omogućava programerima da kreiraju modularne i lako održive aplikacije. Sintaksa C# jezika je slična onoj u jezicima kao što su Java i C++, što olakšava prelazak između ovih jezika za programere koji su već upoznati sa njima.

C# je deo .NET ekosistema, što znači da koristi .NET framework ili .NET Core (sada poznat kao .NET 5+) za razvoj aplikacija. Ovi framework-ovi pružaju bogat skup biblioteka i alata koji olakšavaju razvoj i održavanje aplikacija. Visual Studio je najpopularnije razvojno okruženje (IDE) za rad sa C#, nudeći moćne alate za debugovanje, testiranje i upravljanje projektima.

4.2. FUNKCIONALNOSTI APLIKACIJE

1. Prikaz slobodnih parking mesta u realnom vremenu

- Mapiranje lokacija parking mesta
- Vizuelna diferencijacija slobodnih i zauzetih mesta putem boja ili ikona

Lokacija	Tip	Slobodno	Cena	Akcije
Ulica 1	javna	Da	100.00 din	Pogledaj recenzije
Ulica 2	privatna	Ne	150.00 din	Pogledaj recenzije
Ulica 3	besplatna	Da	Besplatno	Pogledaj recenzije
Ulica 4	plaćena	Ne	120.00 din	Pogledaj recenzije
Ulica 5	javna	Da	90.00 din	Pogledaj recenzije
Ulica 6	privatna	Ne	180.00 din	Pogledaj recenzije
Ulica 7	besplatna	Da	Besplatno	Pogledaj recenzije
Ulica 8	plaćena	Da	130.00 din	Pogledaj recenzije
Ulica 9	javna	Da	110.00 din	Pogledaj recenzije
Ulica 10	privatna	Ne	170.00 din	Pogledaj recenzije

Slika 2. Prikaz slobodnih parking mesta

2. Pretraga i filtriranje parking mesta

- Pretraga po lokaciji (naziv oblasti)
- Filtriranje po vrsti parkinga (javna, privatna, besplatna, plaćena)

Pretraga Parking Mesta

Unesite lokaciju:

Svi tipovi

Javna
Privatna
Besplatna
Plaćena

Lokacija	Tip	Slobodno	Cena	Akcije
Ulica 1	javna	Da	100.00 din	Pogledaj recenzije
Ulica 2	privatna	Ne	150.00 din	Pogledaj recenzije

Slika 3. Filtriranje parking mesta

3. Rezervacija parking mesta

- Mogućnost rezervacije slobodnog mesta na određeno vreme
- Pregled i potvrda rezervacije

4. Korisničke recenzije i ocene

- Opcija za ostavljanje recenzija i ocena za parking mesta

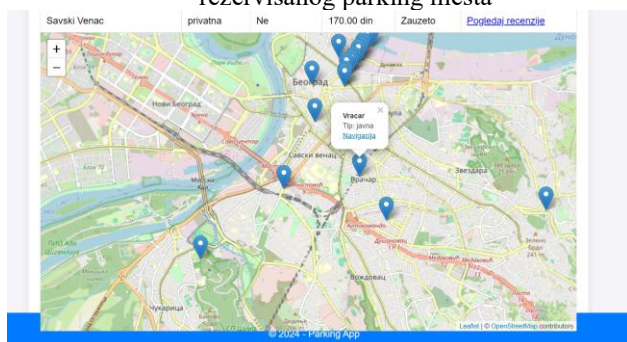
- Pregled recenzija i ocena drugih korisnika

Slika 4. Rezervacija parking mesta

Slika 5. Dodavanje korisničke recenzije

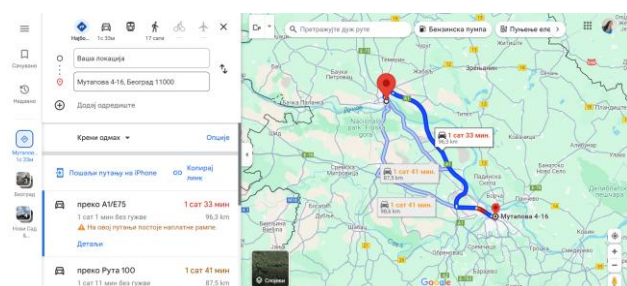
5. Mape i navigacija

- Integracija sa mapama za navigaciju do rezervisanog parking mesta



Slika 6. Prikaz mape

- Prikaz uputstava kako doći do parking mesta



Slika 7. Navigacija do parking mesta

5. ZAKLJUČAK

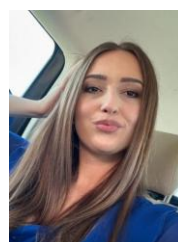
U savremenim urbanim sredinama, problem nedostatka informacija o slobodnim parking mestima može se značajno rešiti integracijom ASP.NET Core aplikacija sa V2X tehnologijom i različitim senzorima. Ova kombinacija ne samo da unapređuje efikasnost parkiranja, već i doprinosi smanjenju saobraćajnih gužvi i emisija štetnih gasova. ASP.NET Core omogućava razvoj moćnih

RESTful Web API-ja koji mogu prikupljati i obrađivati podatke u realnom vremenu. Kroz korišćenje kontrolera, modela i CRUD operacija, programeri mogu izgraditi aplikacije koje efikasno upravljaju informacijama o slobodnim parking mestima. Na primer, aplikacija može prikazivati trenutnu dostupnost parkinga, omogućiti rezervaciju mesta i slati obaveštenja korisnicima. V2X tehnologija omogućava vozilima da komuniciraju sa infrastrukturom i drugim vozilima, čime se stvara mreža koja deli informacije o slobodnim parking mestima. Ova tehnologija može koristiti različite senzore, kao što su kamere sa prepoznavanjem oblika, GPS i ultrazvučni senzori. V2X tehnologija može poboljšati bezbednost na putevima tako što će vozila deliti informacije o potencijalnim opasnostima ili preprekama. Integracijom ASP.NET Core aplikacija sa V2X komunikacijom i senzorima, možemo stvoriti pametne urbane sisteme koji ne samo da olakšavaju parkiranje, već i doprinose održivijem razvoju gradova. Ovakva rešenja predstavljaju značajan korak ka modernizaciji urbanog transportnog sistema i unapređenju kvaliteta života u gradovima.

6. LITERATURA

- [1] Hanbyul Seo, Ki-Dong Lee, Shinpei Yasukawa, Ying Peng, and Philippe Sartori, *LTE Evolution for Vehicle-to-Everything Services*, IEEE Communications Magazine (2016)
- [2] [How do the seven types of V2X connectivity work? \(microcontrollertips.com\)](https://microcontrollertips.com/), (pristupljeno u septembru 2024.)
- [3] Yuanyuan Fan, Liu Liu, Shuoshuo Dong, Lingfan Zhuang, Jiahui Qiu, Chao Cai and Meng Song, *Network Performance Test and Analysis of LTE-V2X in Industrial Park Scenario*, Zhipeng Cai (2020)
- [4] Alessandro Bazzi, Antoine O. Berthet, Claudia Campolo, Barbara Mavi Masini, Antonella Molinaro and Alberto Zanella, *On the Design of Sidelink for Cellular V2X*, A Literature Review and Outlook for Future, IEEE Access (2021)
- [5] Amir Haider Malik, Seung-Hoon Hwang, *Adaptive Transmit Power Control Algorithm for Sensing-Based Semi-Persistent Scheduling in C-V2X Mode 4 Communication*, Electronics (2019)
- [6] [Application Layer in OSI Model - GeeksforGeeks](#) (pristupljeno u septembru 2024.)
- [7] [Introduction to Web Development with HTML, CSS, JavaScript | Coursera](#), (pristupljeno u septembru 2024.)
- [8] [Learn Web Development Basics – HTML, CSS, and JavaScript Explained for Beginners \(freecodecamp.org\)](#), (pristupljeno u septembru 2024.)
- [9] [Overview of ASP.NET Core | Microsoft Learn](#), (pristupljeno u septembru 2024.)

Kratka biografija:



Stefana Mihajlović rođena je u Zvorniku 2000. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Informaciono-komunikacione tehnologije odbranila je 2024.god. kontakt: stefana.mihajlovic2@gmail.com