

**PRIMENA I PRAVCI BUDUĆEG RAZVOJA BEŽIČNE KOMUNIKACIJE
U PAMETNIM TRANSPORTNIM SISTEMIMA
APPLICATION AND DIRECTIONS FOR THE FUTURE DEVELOPMENT OF
WIRELESS COMMUNICATION IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS**

Stefan Zdravković, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, s.zdravkovic@sf.bg.ac.rs
Miroslav Minović, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, miroslav.minovic@fon.bg.ac.rs

REZIME: Informacije, komunikacija i multimedijalni sadržaj u vozilima imaju značajan uticaj na budući razvoj kako automobilske industrije tako i pametnih transportnih sistema (PTS). U ovom radu prikazana su trenutna dostignuća i pravci daljeg razvoja bežične komunikacije u nastajanju i razvoju pametnih transportnih sistema drumskog saobraćaja. Razvojem ovih sistema utiče se na: povećanje bezbednosti učesnika u saobraćaju, efikasnost transporta, smanjenje saobraćajnih gužvi koje značajno utiču na zagađenje vazduha, dostupnost multimedijalnog sadržaja svim putnicima u vozilu direktnim pristupom Internetu. Bežična komunikacija predstavlja jednu od najvažnijih tehnologija, suštinskog značaja za funkcionisanje pametnih transportnih sistema. Mnogi problemi koji se tiču pružanja relevantnih informacija o stanju na putevima, povezanosti sa drugim pametnim uređajima i prikazivanje željenog multimedijalnog sadržaja u vozilima biće rešeni korišćenjem 4G LTE tehnologije, kao i bežičnih mreža kratkog i srednjeg dometa. U ove mreže spadaju Bluetooth i Wi-Fi, koje postaju standard multimedijalne komunikacije u vozilima. U godinama koje slede, vozila će pored međusobnog komuniciranja i deljenja informacija obavljati komunikaciju i sa saobraćajnim kontrolnim centrima. Razvoj komunikacionih sistema svakako će uticati na promenu funkcionisanja ćelijskih mobilnih mreža, omogućavajući češće i preciznije ažuriranje podataka o transportnim sistema u realnom vremenu.

KLJUČNE REČI: bežična komunikacija, multimediji, pametni transportni sistemi

ABSTRACT: Information, communication and multimedia content in vehicles have a major influence on future development in the automotive industry as well as intelligent transport systems. In this paper the current achievements and future development of wireless communication in emerging and developing intelligent road transport systems are presented. The development of these systems affects on increasing the safety of the traffic participants, transport efficiency, decreasing traffic jams that significantly reducing air pollution, availability of multimedia content for all passengers in the vehicle via direct Internet access. Wireless communication is one of the most important technologies essential for the functioning of intelligent transport systems. Many issues concerning the providing of relevant information about road conditions, connection to other smart devices, and display the desired multimedia content in vehicles will be overcome by using the 4G LTE technology, as well as short and medium range wireless networks. These networks are Bluetooth and Wi-Fi, which become the standard of multimedia communication in vehicles. Over the following years, the vehicles will communicate and share information with each other and with traffic control centers. The development of communication systems will certainly influence the functioning of cellular networks, by enabling more frequent and accurate updating of the transport system data in real time.

KEY WORDS: wireless communication, multimedia, intelligent transport systems

1. UVOD

Bežične komunikacije predstavljaju jednu od glavnih oblasti tehnološkog razvoja današnjice, nastale zbog rastuće potrebe za brzim protokom informacija. Razvojem informaciono-komunikacionih tehnologija, ljudi imaju stalnu potrebu za savremenom multimedijalnom komunikacijom u koju spadaju: razmenjivanje glasovnih poruka, slika, tekstova, videa kao i surfovanje Internetom. Dostupnost i brz pristup Internetu na javnim mestima, parkovima u gradskom saobraćaju predstavljaju izazove sa kojima se susreću svi veliki gradovi. Nedostatak kapaciteta javnog prevoza, bezbednost u saobraćaju, loša putna infrastruktura, loše upravljanje saobraćajem, problemi pronalaženja parking mesta predstavljaju neke od ključnih pitanja koja ukazuju na težnju za nastankom pametnih transportnih sistema (TET, 2015).

Pametni transportni sistemi predstavljaju sisteme koji koristeći savremene tehnologije razvijaju i unapređuju transportne sisteme svih vrsta (IEEE, 2016). Ciljevi ovakvih sistema su: povećanje bezbednosti učesnika u saobraćaju, bolja koordinacija transportnim mrežama, dostupnost multimedijalnog sadr-

žaja putnicima u vozilima i direktnog pristupa internetu, kao i obezbeđivanje inovativnih usluga koje se odnose na različite vidove transporta i upravljanja saobraćajem. Nadgledanje u okviru PTS vrše se tehnologijama: statičkog posmatranja u kojem se senzori postavljaju na putnu infrastrukturu, mobilnim posmatranjem u kojem se senzori postavljaju u vozila koja se kreću i hibridno posmatranje koje predstavlja kombinaciju statičkog i mobilnog posmatranja. Usled enormne količine informacija koje se razmenjuju, pokrivenosti signalom i umreženosti, komunikacija koja se odvija između vozila i senzornih uređaja pametnog transportnog sistema je veoma kompleksna. Dalji pravci razvoja PTS usmereni su ka sve većoj primeni bežične komunikacije. Razvoj bežične tehnologije sa ciljem povećanja protoka podataka i bolje pokrivenosti signalom postao je jedan glavnih ciljeva telekomunikacionih kompanija širom sveta. Pored lakšeg povezivanja uređaja na bežične mreže, one su značajno jeftinije i brže se postavljaju u odnosu na standardni kablovski medijum (Fagbohun, 2014).

Međutim, dosadašnje obezbeđivanje pristupa Internetu putem mobilne mreže je otežano usled kretanja vozila. Pri održa-

vanju povezanosti, kao glavni problem moguće je uočiti da se podaci mogu izbiti tokom kretanja vozila između dva repetera. Konstantno unapređivanje TCP/IP protokola je neophodno usled menjanja mrežnog okruženja. U okviru PTS koristi se radio komunikacija UHF i VHF frekvencija za komunikaciju kratkog i širokog dometa. Komunikacija kratkog dometa do 350 m se može ostvariti korišćenjem Wi-Fi mreže (IEEE 802.11). U automobilske industriji jedan od ciljeva na kome se intenzivno radi pored međusobne komunikacije vozila, svakako je izvor podataka i jednostavnije povezivanje multimedijalnog sistema u vozilu sa eksternom memorijom i uređajima. Pri ovakvom povezivanju najbolje se pokazala Bluetooth tehnologija kratkog dometa, vodeća tehnologija za bežično umrežavanje u vozilima i verovatno će tako ostati u doglednoj budućnosti. Bluetooth već sada postaje sastavni deo opreme ne samo luksuznih automobila već i u manjim automobilima, kako bi se smanjila upotreba mobilnih telefona i ometanje vozača pri vožnji. Ovu tehnologiju karakterišu niska cena i mala energetska potrošnja često korišćena za bežičan prenos podataka dometa do 100 m. (Panse et al., 2012). Vozila u budućnosti koja budu opremljena Bluetooth tehnologijom moći će bežično međusobno da komuniciraju. Sličnih karakteristika je i tehnologija ZigBee (IEEE 802.15.4), koja se koristi za razvoj uređaja sa neophodnim dugoročim izvorom napajanja najčešće korišćenih za bežičnu kontrolu i nadzor.

Mreže poput WiMAX (IEEE 802.16), GSM (Global System for Mobile), 3G i 4G LTE spadaju u mreže šireg dometa (Inotek, 2016). LTE (*Long Term Evolution*) predstavlja standard za mobilnu 4G mrežu koja nudi kapacitet i omogućava neophodnu brzinu protokola podataka savremene komunikacije. Među glavnim izazovima sa kojim se susreću saobraćajni kontrolni centri su pozicioniranost i brzina vozila na putevima u realnom vremenu. Razni projekti pametnih transportnih sistema su pokrenuti u mnogim zemljama poput Kanade, SAD, Japanu, Australiji, Evropi, itd. (Katiyar et al., 2011). Budući razvoj pametnih transportnih sistema teži ka stalnoj i konzistentnoj umreženosti svih vozila i kontrolnih centara. Za ovakvu mrežnu arhitekturu sistema u komunikaciji su neophodne bežične senzorske mreže i ad-hoc mreže među vozilima korišćenjem Bluetooth tehnologije. Sve bežične tehnologije prethodno spomenute mogu imati značaj u razvoju pametnih transportnih sistema, međutim njihovo korišćenje zavisi od topologije mreže i implementacije samog sistema (Dey et al., 2016). U narednim sekcijama biće razmatrane karakteristike ovih tehnologija i pravci njihovog daljeg razvoja sa ciljem stvaranja pametnih sistema koji će omogućiti njegovim korisnicima veću bezbednost, bolju informisanost i koordinisanost uz efikasno odvijanje saobraćaja.

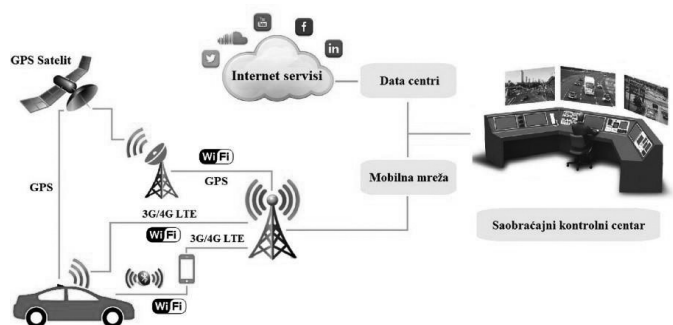
2. NADZOR I USLUGE PAMETNIH TRANSPORTNIH SISTEMA

Do sada najveći broj prikupljenih informacija o vozilima dobijen je putem senzornih i video uređaja za nadzor i praćenje saobraćaja. Razlozi za primenu bežične tehnologije u okviru pametnih transportnih sistema su jednostavnije i brže postavljanje senzora i drugih mrežnih uređaja uz niže troškove u odnosu na žičani medijum, kao i mogućnost praćenja pozicioniranosti

vozila. Pametni transportni sistemi vrše nadzor putem kamera za merenje brzine, kamera za prepoznavanje vozila, kontrolnim sistemima saobraćajne signalizacije i pružaju usluge navigacije vozačima zasnovane na GPS-u, upravljaju znakovima promenljivog sadržaja, pružaju informacije o stanju na putevima i pomoć pri traženju slobodnog parking mesta. Kamere za snimanje saobraćaja su veoma korisne za detektovanje vozila koja ne poštuju ograničenje brzine ili neka druga putna ograničenja, pri čemu se kazne zasnovane na registacionom broju vozila automatski šalju poštom vlasniku vozila.

Tehnologija prikupljanja podataka bežičnim putem omogućava prednosti u odnosu na druge metode merenja saobraćaja poput veće pokrivenosti (uključujući sve ulice i lokacije), bržeg podešavanja i lakšeg održavanja mreže, boljeg rada u svim vremenskim uslovima, a jeftinija je u odnosu na senzore i kamere. Bluetooth tehnologija predstavlja precizan i jeftin način merenja vremena putovanja i vršenja saobraćajnih analiza. Ova tehnologija sve brže i češće dobija na značaju u primeni velikog broja aplikacija. (Bronzi et al., 2015). Merenje Bluetooth-om u poređenju sa drugim tehnologijama karakteriše jeftinija implementacija, ograničenost na onoliko Bluetooth uređaja koliko je dostupno i aktivirano u vozilu, povezivanje između uređaja je veoma brzo i jednostavno.

Mnoge kompanije koje se bave transportom robe često uvode sopstvene pametne transportne sisteme u okviru kojih optimiziraju rutu kombinacijom globalnog sistema pozicioniranja (GPS) i postojećim logističkim programima. Praćenje vozila moguće je prikupljanjem podataka putem mobilnog telefona koji se nalazi u njemu pri čemu se osim pozicioniranosti vozila može utvrditi brzina i pravac kretanja. Kako automobilska industrija teži ka globalnom umrežavanju vozila, postojeći automobili na području Amerike već sada imaju mogućnost nadogradnje i direktnog povezivanja na telekomunikacionu mrežu AT&T kompanije, uz pomoć uređaja AUDIOVOX Car Connection 2.0 ili ZTE Mobley putem ODB II porta na vozilu posredstvom 4G LTE, 3G UMTS ili Wi-Fi tehnologije (AT&T, 2016). Direktnim pristupom Internet mreži putem 4G LTE tehnologije, na Slici 1. može se videti povezanost vozila sa multimedijalnim sadržajem u oblaku i kontrolnim centrom.

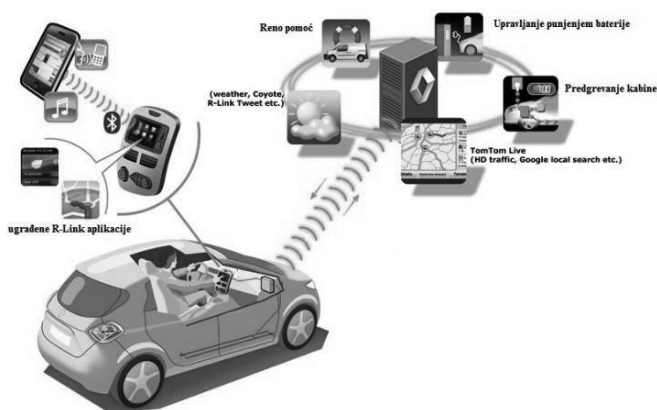


Slika 1. Povezanost vozila sa kontrolnim centrom i multimedijalnim sadržajem u oblaku.

PTS teže ka razvijanju bezbedonosnih usluga poput eCall servisa. U slučaju da su vozila opremljena eCall opremom (GPS i senzor za detekciju sudara), automobil će u slučaju nesreće putem senzora automatski pozvati centar za pomoć.

Tada se centru pored upućenog poziva, šalju i podaci o tačnoj lokaciji vozila, preuzimanjem GPS koordinata. Postoji i opcija poziva centra pritiskom na dugme. (European Commission, 2016). Proizvođač automobila Renault implementirao je ovaj servis u okviru sopstvene mreže u kojoj je omogućena povezanost na Internet mrežu putem 3G GSM zaštićene konekcije.

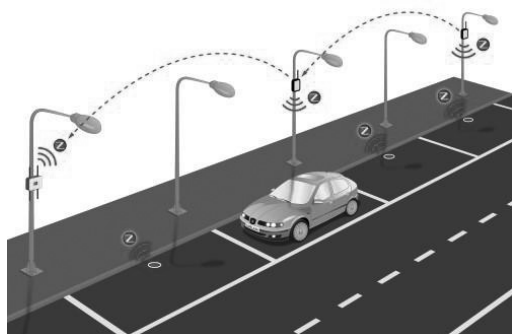
Renooov R-Link predstavlja tablet kojim se upravlja pomoću touchscreen ekrana ili glasovnim komandama. On grupiše sve multimedijalne funkcije: navigaciju, radio, telefoniju, poruke i zabavu na ekranu osteljivom na dodir, dijagonale 7 inča. Na Slici 2. prikazana je R-Link povezanost.



Slika 2. R-Link povezanost (Renault, 2016)

Za komunikaciju prenosivih uređaja, tableta, pametnih telefona sa multimedijalnim sistemom u vozilu koristi se Bluetooth tehnologija, dok se povezanost sa veb servisima ostvaruje putem 3G mreže.

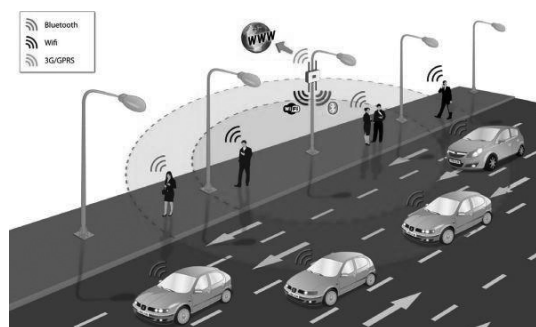
Inovaciju u okviru rešavanja problema pronalazjenja slobodnih parking mesta, kompanija Libelium koja se bavi proizvodnjom uređaja i softvera za bežične senzorske mreže predstavila je bežičnu senzornu tehnologiju pametnog parkiranja kojom postavljeni senzori na parking mestima detektuju dolazak i odlazak vozila. Značajni doprinos zagađenju vazduha imaju vozači u situaciji kada traže slobodno parking mesto. Pružajući precizne informacije vozačima o tome gde se nalaze na raspolaganju parking mesta, podstiče se bolji protok saobraćaja i mogućnost unapred rezervisanja parking mesta direktno iz vozila (Libelium, 2016). Na Slici 3. prikazana je pametna senzorna parking platforma.



Slika 3. Pametna senzorna parking platforma (Libelium, 2016)

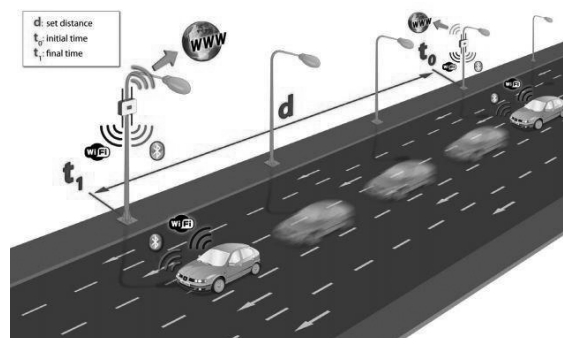
Za slanje podataka o zauzetosti parking mesta koristi se ZigBee tehnologija niske energetske potrošnje, brzine od 250 kbit/s, namenjena baš za povremeno slanje podataka senzora ili drugih ulaznih uređaja. Ova tehnologija omogućava senzoru neprekidno funkcionisanje pet godina pre potrebe za zamenom baterija. Pametni parking senzori komuniciraju sa gejtvajem putem radio talasa 2.5GHz ili 868/900MHz. Druge komplementarne tehnologije, kao što su Wi-Fi i UWB počinju da imaju postepeni napredak u automobilskoj industriji. Pojava ovih tehnologija će zahtevati bolju radio koegzistenciju kako bi se osigurao konzistentan kvalitet usluge korisnika.

Detekcijom vozila u saobraćaju može se: vršiti nadgledanje protoka saobraćaja na određenoj deonici puta u realnom vremenu, praćenje prosečne brzine vozila na putevima, izračunavanje vremena putovanja na alternativnim rutama u slučaju saobraćajnih gužvi, otkrivanje prosečnog vremena dolaska vozila u cilju prevencije zagušenja saobraćaja. Na Slici 4. može se videti primer nadgledanja protoka saobraćaja.



Slika 4. Monitoring saobraćaja (Libelium, 2016)

Postavljanjem mrežnog uređaja Meshlium čiji je rad zasnovan na Linux operativnom sistemu omogućavaju se različiti radio interfejsi: WiFi 2.4GHz, WiFi 5GHz, 3G/GPRS, Bluetooth. Da bi se vozilo detektovalo, neophodno je da WiFi ili Bluetooth interfejs u vozilu bude vidljiv. Sistemi za nadgledanje saobraćaja mogu se koristiti i za računanje prosečne brzine vozila koje prolazi na između dva mera mesta.



Slika 5. Merenje prosečne brzine vozila na određenoj deonici puta (Libelium, 2016)

U okviru Bluetooth tehnologije postoji sedam različitih energetske nivoa koji se kreću od -27dBm do +3dBm, mogu se postaviti željene zone praćenja signala koje treba da bude opsega od 10 do 50 m. Za željeno povećanje ili smanjenje ra-

dusa Wifi ili Bluetooth radio talasa, koriste se različite antene. Podrazumevane antene u ovakvoj mrežnoj infrastrukturi su omni antene jačine 5dBi, koje primaju i šalju signal u svim pravcima. Prikupljanjem podataka, korisnici ostaju anonimni jer se kao identifikator koristi MAC adresa uređaja. Broj mobilnog telefona, nalog korisnika ili konkretno vozilo nije povezano sa MAC adresom. Korisnik može da ne aktivira WiFi ili Bluetooth interfejs, kako ne bi bio detektovan.

3. KOMPARATIVNA ANALIZA WI-FI, WIMAX, 3G, 4G I 5G BEŽIČNIH TEHNOLOGIJA

Prethodno je spomenut značaj mobilnih mreža i bežične tehnologije u budućem razvoju PTS i globalnom umrežavanju vozila. Mobilne tehnologije nove generacije obezbeđuju veći mrežni kapacitet samim tim više podataka po korisniku, i potencijalno bolji kvalitet zvuka. 3G bežična tehnologija predstavlja konvergenciju različitih 2G bežičnih telekomunikacionih sistema u jedinstven globalni sistem koji uključuje zemaljske i satelitske komponente. Jedan od najvažnijih aspekata 3G bežične tehnologije je njena sposobnost da ujedini postojeće mobilne standarde kao što su CMA, GSM i TDMA (Kumaravel, 2011). Isto tako, važna karakteristika 3G tehnologije je to što obezbeđuje veću brzinu prenosa podataka u odnosu na prethodnu generaciju. 3G je zasnovana na tehnologiji prebacivanja paketa, koja je mnogo efikasnija i brža nego raniji komutirani sistemi. Zbog veće brzine prenosa podataka i propusnog opsega 3G tehnologija pruža mogućnost korišćenja multimedijalnih aplikacija i mobilni pristup Internetu.

Naredna generacija je 4G koja predstavlja konceptualni okvir budućim potrebama za velikim brzinama bežičnih mreža koje treba da prenose multimedijalne podatke. Glavni faktor razlikovanja između 3G i 4G tehnologije je brzina prenosa podataka. 4G može da podrži do 150 Mbps za razliku od 3G koja podržava maksimalni protok od 2 Mbps. 4G tehnologija više ne koristi kružno prebacivanje (koje drži resurse dok veza traje) ni za glasovne i video pozove za razliku od 3G tehnologije koja koristi hibridno kružno i paketno prebacivanje. U praksi 4G se pokazala mnogo efikasnija u situacijama kao što su: način prenosa podataka i pristupa Internetu, kompatibilnost pri povezivanju sa žičanim mrežnim medijumom, kvalitet usluge i sigurnost (Hatami & Yari, 2014).

Očekuje se da će sa brzinom od oko 100 Gbps, 5G biti oko 1000 puta brža od 4G tehnologije. (Raconteur, 2016). Tehnologija 5G pružaće mnogo više usluga od 4G usled drastično veće brzine prenosa podataka. Značajno brži prenos podataka 5G tehnologije isto tako omogućuje pristup bogatom multimedijalnom sadržaju putem bežične mreže. Jedna od glavnih prednosti 5G u odnosu na 4G je mrežna kovergencija koja predstavlja efikasniju koegzistenciju multimedija u okviru jedne mreže. Među glavnim problemima bežičnih tehnologija javlja se pokretnost signalom. 5G tehnologija obezbediće punu mrežnu pokrivenost korisnicima usled korišćenja hibridne mreže, kombinujući koncept LAN i strukturu WAN mreže u odnosu na 4G koja je zasnovana na baznim stanicama ili

ćelijskoj WAN strukturi. Glavne karakteristike prethodno pomenutih tehnologija mogu se videti u Tabeli 1.

Tabela 1: Poređenje 3G, 4G i 5G bežičnih tehnologija

Tehnologija	3G	4G	5G
Protok podataka	2 Mbps	150 Mbps	>1Gbps
Frekvencijski opseg	1.8-2.5 GHz	2-8 GHz	3-300Ghz
Tehnologija	CDMA, IP tehnologija	Ujedinjen IP i kombinacija LAN/WAN/WLAN/PAN	4G i www
Standardi	WCDMA	Jedinstveni ujedinjeni standardi	Jedinstveni ujedinjeni standardi
Multipleksiranje	CDMA	CDMA	CDMA i BDMA
Servisi	Visoko kvalitetni integrisani zvuk, video i podaci	Dinamički informacioni pristup, nosivi uređaji	Dinamički informacioni pristup, nosivi uređaji sa AI mogućnostima
Prebacivanje	Paket	Svi paketi	Svi paketi

Tehnologije Wi-Fi i WiMAX su slične po načinu na koji funkcionišu među kojima je glavna razlika opseg. Kod Wi-Fi mreže opseg je 32 metra u zatvorenom okruženju i 95 metara na otvorenom, što je neuporedivo manje od WiMAX mreže koja pokriva područje radijusa do 50 km. Razvijanje standarda 802.11.af omogućuje opseg do 1 km (IEEE, 2016a). WiMAX 802.16m standard može da omogući prenos podataka brzine do 1Gbps, dok Wi-Fi 802.11n poseduje brzinu prenosa podataka do 450Mbps. Pre samo nekoliko godina postojala je značajna razlika u brzini, međutim razvojem novog standarda 802.11ac koji radi isključivo na frekvenciji od 5GHz obezbeđuje prenos podataka brzine do 1Gbps. Razlika između ove dve tehnologije postoji i sa aspekta namene. Wi-Fi je tehnologija prvenstveno namenjena za lokalne privatne mreže, dok je WiMAX projektovana za bežični prenos podataka velikog dometa (Hatami & Yari, 2014). Dodatna prednost WiMAX tehnologije je da obezbeđuje nekoliko nivoa kvaliteta usluge QoS (quality of service), za razliku od Wi-Fi koji to ne poseduje.

WiMAX i 3G tehnologija imaju zajednički cilj, a to je prenos mobilnih podataka, govorne komunikacije i video servisa. Iako postoje određene razlike između ovih tehnologija, obe imaju istu metodologiju dolaznih linkova i podržavaju MIMO (Multiple Input Multiple Output) tehnike. WiMAX u odnosu na 3G poseduje QoS i fleksibilne propusne kanale za smanjenje latencije i povećanje protoka podataka. Za multimedijalnu komunikaciju WiMAX i 3G tehnologija se mogu dopunjavati, jer 3G nudi veću pokrivenost signalom dok WiMAX omogućava veoma brz prenos podataka u manjoj oblasti.

4. PRAVCI BUDUĆEG RAZVOJA

Svet se brzo razvija, porastom broja mobilnih uređaja i razvojem aplikacija postoji sve više uređaja koje je neophodno povezati zahtevajući nove načine komunikacije. U narednoj dekadi očekuje se intenzivni razvoj 5G tehnologije. Kompa-

nija Qualcomm koja se bavi proizvodnjom čipova i telekomunikacione opreme radi na projektu razvoja jedinstvene 5G platforme, za koju se smatra da nije samo tehnologija nove generacije, već nova vrsta mreže. Ovu tehnologiju karakterisaće skalabilnost i prilagodljivost, omogućavajući mnogobrojne slučajeve upotrebe koji će biti podržani svim tipovima spektra i bendova manjih od 1GHz do 6GHz. Istovremeno 4G LTE će biti razvijena do svog punog potencijala sa mogućnošću lakog usklađivanja sa 5G, bez većih ulaganja u postojeće Wi-Fi i 4G tehnologije. (Qualcomm, 2016). Senzorne i bežične tehnologije će u najvećoj meri biti zastupljene za pametno parkiranje, regulisanje promenljivih ograničenja brzine, kao i semafora promenljivog sadržaja koji imaju značajan uticaj na normalno odvijanje saobraćajnog toka. U godinama koje slede sa povećanjem broja automobila koji će predstavljati bežične pristupne tačke sa implementiranim Wi-Fi, Bluetooth i 4G LTE tehnologijama omogućiće direktan pristup Internet mreži, kontinualnu i brzu razmenu podataka korisnika u vozilima, samih vozila kao i kontrolnih centara. U dugoročnom periodu, dnevnim preciznim slanjem podataka o pozicioniranosti vozila, brzini kretanja, saobraćajnim nezgodama i drugih značajnih parametara, uticaće se na razvoj mnogih saobraćajnih usluga i povećanje bezbednosti učesnika u saobraćaju.

5. ZAKLJUČAK

Pametni transportni sistemi predstavljaju viziju budućnosti koji integriše postojeću transportnu infrastrukturu sa komunikacionim mrežama u cilju smanjenja gužvi, vremena putovanja, emisije izduvnih gasova povećanja bezbednosti u saobraćaju i dostupnosti multimedijalnog sadržaja. U ovom radu predstavljena je primena postojećih i očekivanja predstojećih bežičnih tehnologija u pametnim transportnim sistemima. Problemi koje treba rešiti odnose se na povećanje protoka podataka putem ćelijskih mobilnih mreža, praćenja vozila u realnom vremenu, integracije bežičnih tehnologija i rešenje problema interoperabilnosti u oblasti automobilske industrije. Budući istraživanja autora biće usmerena ka integraciji novih bežičnih tehnologija i postojeće komunikacione arhitekture sa aspekta mrežnih protokola na kojima je zasnovana.

REFERENCE

- [1] AT&T (2016). Dostupno na <https://www.att.com/shop/wireless/connected-car.html> (pristupljeno 05 avgusta 2016).
- [2] Bronzi, W., Frank, R., Castignani, G., & Engel, T. (2015). Bluetooth Low Energy performance and robustness analysis for Inter-Vehicular Communications. *Ad Hoc Networks*, 37(1), 76-78. doi:10.1016/j.adhoc.2015.08.007
- [3] Dey, K. C., Rayamajhi, A., Chowdhury, M., Bhavsar, P., & Martin, J. (2016). Vehicle-to-vehicle (V2V) and vehicle-to-infrastructure (V2I) communication in a heterogeneous wireless network – Performance evaluation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 68, 168-184. doi:10.1016/j.trc.2016.03.008
- [4] European Commission (2016). Dostupno na <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/ecall-time-saved-lives-saved> (pristupljeno 10 avgusta 2016).
- [5] Fagbohun, O. O. (2014). Comparative studies on 3G, 4G and 5G wireless technology. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*, 9(3), 88-94.
- [6] Hatami, P., & Yari, A. (2014). A Comparative Study of Wireless Broad Band Access Technologies. 2014 7th International Symposium on Telecommunications. Tehran, Iran, septembar 2014, 752-757. doi:10.1109/ISTEL.2014.7000803
- [7] IEEE (2016). IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. Dostupno na <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=6979> (pristupljeno 11 avgusta 2016).
- [8] IEEE (2016a). Dostupno na http://standards.ieee.org/news/2014/ieee802.11af_amendment.html (pristupljeno 13 avgusta 2016).
- [9] Inotek (2016). Inotek Systems. Dostupno na <http://www.inotek-systems.com/inotek/index.php/invention/research/projects/research-incubator> (pristupljeno 12 avgusta 2016).
- [10] Katiyar, V., Kumar, P., & Chand, N. (2011). An Intelligent Transportation Systems Architecture using Wireless Sensor Networks. *International Journal of Computer Applications*, 14(2), 22-26. doi: 10.5120/1816-2369
- [11] Kumaravel, K. (2011). Comparative Study of 3G and 4G in Mobile Technology. *International Journal of Computer Science Issues*, 8(5), 256-263.
- [12] Libelium (2016). Pametna senzorna parking platforma. Preuzeto sa <http://www.libelium.com/>
- [13] Panse, T., Kapoor, B., & Panse, P. (2012). A Review on Key Agreement Protocols used in Bluetooth Standard and Security, *International Journal of Information and Communication Technology Research*, 2(3), 315-318.
- [14] Qualcomm (2016). Qualcomm Technologies, Inc. Dostupno na <https://www.qualcomm.com/>
- [15] Raconteur (2016). Dostupno na <http://raconteur.net/technology/4g-vs-5g-mobile-technology> (pristupljeno 10 avgusta 2016).
- [16] Renault (2016). Renault r-link povezanost. Preuzeto sa https://group.renault.com/en/passion-2/innovation/renault-a-born-innovator/r-link/smart_parking/solutions/its/itt?layout=default (pristupljeno 8 avgusta 2016).
- [17] TET (2015, Septembar 2). Smart transportation for Smart Cities, The Economic Times. Dostupno na <http://economictimes.indiatimes.com/news/economy/infrastructure/smart-transportation-for-smart-cities/articleshow/48772473.cms> (pristupljeno 3 avgusta 2016).



MSc Stefan Zdravković, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet

Kontakt: s.zdravkovic@sf.bg.ac.rs

Oblasti interesovanja: Pametni transportni sistemi, Multimedijalne komunikacije, Big Data, Baze podataka.



Dr Miroslav Minović, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu

Kontakt: miroslav.minovic@mmklab.org

Oblasti interesovanja: HCI, Multimediji, Računarske mreže, Mobilno računarstvo, Biometrija