

UDK: 656.1.05:004.7

PRIMJENA DSRC BEŽIČNE TEHNOLOGIJE U KOMUNIKACIJI VOZILVO-VOZILVO S CILJEM POVEĆANJA BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA

APPLICATION OF DSRC WIRELESS TECHNOLOGY IN VEHICLE-TO-VEHICLE COMMUNICATION IN ORDER TO INCREASE TRAFFIC SAFETY

Denis Šišić¹, Nikola Stanković² i Jasmin Šišić³

Rezime: U ovom radu predstavljena je DSRC bežična tehnologija, kao i način na koji se ona može implementirati i koristiti u vozilima, sa ciljem da se poveća bezbjednost na saobraćajnicama. Ova tehnologija omogućava vozilima, koja su opremljena njome i drugom adekvatnom opremom, da međusobno komuniciraju i vrše razmjenu određenih informacija. Pomenuta tehnologija je nova i zasad je vrlo mali broj vozila opremljen njome. Međutim, zahvaljujući performansama koje ona pruža i sve nižoj cijeni neophodne opreme, ova tehnologija ima tendenciju da ubrzo postane itekako zastupljena u vozilima nove generacije. Vodeći proizvođači automobila su već detaljno upoznati sa DSRC tehnologijom i mogućnostima koje ona pruža, tako da se može očekivati da će komunikacija vozilo-vozilo u budućnosti doživjeti pravu ekspanziju. Pored DSRC tehnologije, u radu se govori i o komunikaciji vozilo-vozilo kao i njenim najznačajnijim karakteristikama. U praktičnom dijelu rada predstavljeno je nekoliko scenarija koji oslikavaju specifične saobraćajne situacije, u kojima se zasigurno, barem jednom, našao i svako od nas. Ovdje je objašnjeno kako se primjenom komunikacije vozilo-vozilo, odnosno DSRC bežične tehnologije, efikasno rješavaju potencijalno opasne situacije.

Ključne riječi: bezbjednost saobraćaja, DSRC tehnologija, komunikacija vozilo-vozilo, scenarij.

Abstract: In this paper we present the DSRC wireless technology as well as the way in which it can be implemented and used in vehicles in order to increase traffic safety. It enables vehicles which have this technology and other adequate equipment installed to communicate mutually and exchange certain information. Aforementioned technology is new and a small number of vehicles are currently equipped with it. However, thanks to its performances and decreasing price of required equipment, this technology has tendency to become present in new generation vehicles. Leading car manufacturers are already familiar with the DSRC technology and the possibilities it provides, so it can be expected that vehicle-to-vehicle communication will come to a big expansion. Besides the DSRC technology, we discuss vehicle-to-vehicle communication and its most important characteristics. In the practical part of the paper we present several common scenarios that depict specific traffic situations which everyone experienced at least once in his/her life. We explained how to use vehicle-to-vehicle communication and the DSRC technology in order to prevent potentially hazardous situations.

Keywords: traffic safety, DSRC technology, vehicle-to-vehicle communication, scenario.

1. UVOD

Bežične komunikacione tehnologije za vozila – VCT (eng. Vehicular Communication Technologies) nastale su iz potrebe za obezbjeđivanjem specifičnih komunikacionih zahtjeva za potrebe ITS (eng. Intelligent Transportation System) aplikacija u drumskom saobraćaju. Zahtjevi u pogledu povećane mobilnosti, dinamične komunikacije između vozila, kao i potrebe za podržavanjem resursno ograničenih senzorski baziranih aplikacija, doveli su do neophodnosti razvoja specifičnih standarda i tehnologija pogodnih za automobilske primjene.[3] U Evropi trenutno postoji nekoliko vodećih projekata koji se odnose na automobilske inteligentne transportne sisteme.[7] Tu ubrajamo CALM (eng. Communication Access for Land Mobiles) i DSRC (eng. Dedicated Short Range Communication) tehnologije. Ovi tehnološki projekti predstavljaju samo mali dio velike evropske inicijative o pitanjima kao što su bezbjednost na putevima i plaćanje putarine. Međutim, pored komunikacionih sistema koji se odnose na drumski saobraćaj zastupljeni su komunikacioni sistemi u željezničkom saobraćaju, ali i vazduhoplovni i aeronautički sistemi.

¹ Šišić Denis, dipl.inž.saobraćaja, Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića br 52, Doboj, BiH, denissisic90@gmail.com

² Stanković Nikola, dipl.inž.saobraćaja, Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića br 52, Doboj, BiH, 90nikola@live.com

³ Šišić Jasmin, dipl.inž.saobraćaja, Saobraćajni fakultet Doboj, Vojvode Mišića br 52, Doboj, BiH, jasmin_sisic@hotmail.com

2. DSRC TEHNOLOGIJA

Za mreže zasnovane na IEEE (eng. Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11 familiji standarda karakteristične su male zone pokrivanja, ali velike brzine prenosa. Od naročitog značaja za drumski saobraćaj je standard 802.11p, koji se posebno razvija u okviru komunikacionih sistema kratkog dometa – DSRC, kao standard za bežični pristup vozilima u pokretu. Njegova namjena je da obezbijedi bežičnu vezu između vozila u pokretu ili vozila i uređaja na saobraćajnicama, a njegova realizacija je dosta složena s obzirom na to da se vozila brzo kreću.

DSRC tehnologija je modifikacija dobro poznatog WiFi-a (eng. Wireless Fidelity), odnosno WLAN-a (eng. Wireless Local Area Network), koja bi na frekvenciji od 5,9 GHz trebala, uz popratni odgovarajući softver, umrežavati automobile sljedeće generacije i omogućiti im automatsku razmjenu informacija o međusobnom položaju, brzini i stanju. Informacije bi trebale biti prikupljane pomoću sve jeftinijih GPS (eng. Global Positioning System) uređaja. Mogućnost primjene bežičnih tehnologija u ovakvom okruženju, ne zastavlja se samo na detekciji vozila i sprječavanju sudara, odnosno nije ograničena na povezivanje samo dva automobila, već ih se može više umrežiti pri čemu automobili mogu služiti kao repetitori i proslijeđivati informacije dalje.



Slika 1. Komunikacija između vozila primjenom DSRC tehnologije[6]

Namjenske komunikacije kratkog dometa omogućavaju brze komunikacije vozilo-vozilo (V2V – eng. Vehicle-to-Vehicle) i vozilo-infrastruktura/saobraćajnica (V2I – eng. Vehicle-to-Infrastructure) na rastojanjima do 1.000 metara pri čemu se najbolje performanse ostvaruju na rastojanju do 300 metara. DSRC/WAVE tehnologija standardizovana je kroz IEEE 802.11p i IEEE 1609.x standarde, koji podrazumijevaju rad u rezervisanom frekvencijskom opsegu od 5,850 do 5,925 GHz. Zasniva se na komunikaciji po liniji optičke vidljivosti i podržava brzine kretanja vozila do 160 km/h. Brzine prenosa podataka variraju od 6 do 27 Mbps po jednom RF kanalu.[3]

Još neke od tehničkih karakteristike su:

- Kašnjenje iznosi 50 ms,
- Modulacija: ASK (eng. Amplitude-shift Keying), QPSK (eng. Quadrature Phase-shift Keying),
- Višestruki pristup/dupleks – TDMA/FDD (eng. Time Division Multiple Access/Frequency Division Duplex),
- Maksimalna snaga za RSU (eng. Roadside Unit) jedinice iznosi 300 mW, a za vozila 10 mW,
- Koristi OFDMA (eng. Orthogonal Frequency Division Multiple Access) modulacionu šemu za multipleksiranje podataka,
- Koristi 7 kanala širine 10 MHz, itd.

Sva vozila moraju imati antenu koja se obično montira na krovu kako bi se obezbijedilo pokrivanje od 360°, ili u centru vozila kako bi se omogućila ujednačena komunikacija. Jedan od osnovnih nedostataka ove tehnologije jeste taj što je neophodna oprema još uvijek relativno skupa. Međutim, ako se DSRC tehnologija kombinuje sa GPS tehnologijom, tada je rezultat prilično jeftini V2V komunikacioni sistem koji omogućava komunikaciju sa drugim vozilima koja su opremljena ovom tehnologijom.

Bitno je istaći da se komunikacija odnosno prenos informacija između vozila, putem DSRC tehnologije, obavlja potpuno anonimno. To znači da se ne koriste nikakve informacije za personalnu identifikaciju, npr. ime ili broj registarskih tablica. Primjenjuje se i sofisticirani sigurnosni sistem koji obezbjeđuje to da sve informacije koje se razmjenjuju budu autentične i tačne. Kada se predviđa eventualna opasnost ili čak kolizija, tada vozilo upozorava vozača zvukom, vizuelno na displeju, vibracijama u sjedištu ili kombinacijom ovih indikatora.

Kao glavne prednosti ove bežične tehnologije možemo izdvojiti sljedeće: omogućena je visoka spektralna efikasnost, ova tehnologija pruža dobre performanse u uslovima izražene multipath propagacije – prostiranja po višestrukim putanjama, te su omogućena jednostavna rješenja primopredajnika.

Primjena DSRC tehnologije se uglavnom povezuje sa različitim saobraćajnim situacijama, pri čemu se zahtijeva visoka pouzdanost i malo vremensko kašnjenje. Primjenu ove tehnologije u saobraćaju možemo povezati sa tri vrlo značajne oblasti, a to su: bezbjednost saobraćaja (izbjegavanje sudara, upravljanje u incidentnim situacijama), efikasnije odvijanje saobraćaja (upravljanje saobraćajnim tokovima, monitoring saobraćajnica i vozila) i pružanje dodatnih informacija učesnicima u saobraćaju (zabavni sadržaji, pristup Internetu i sl.).

3. KOMUNIKACIJA VOZILVO-VOZILVO

Da bi se obezbijedila komunikacija između vozila, potrebno je da vozila imaju adekvatnu opremu. To omogućava vozilima da distribuišu identifikacione informacije o svojoj trenutnoj lokaciji (GPS) i brzini kretanja, te da dobijaju podatke o pozicijama svih ostalih vozila koja su opremljena tom opremom.[5] Inteligentna vozila imaju mogućnost međusobne komunikacije, odnosno mogućnost komunikacije sa opremom koja se postavlja duž saobraćajnice, a sve u cilju smanjenja broja saobraćajnih nezgoda i gužvi na saobraćajnicama.

Hardverski uređaji koji se najčešće postavljaju na vozila su: OBU (eng. On Board Unit), GPS prijemnik, komunikacioni modul, navigacioni uređaj, uređaj za praćenje priključnih vozila, itd.

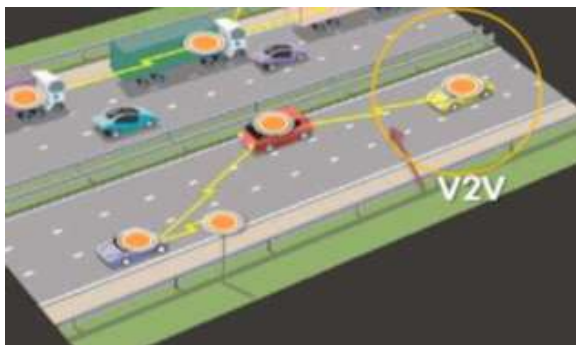
OBU predstavlja najbitniji dio telematskog sistema u vozilu, te objedinjuje više logičkih sklopova, koji služe za određivanje lokacije, razmjenu podataka i govornu komunikaciju. OBU u osnovi predstavlja elektronsku jedinicu koja u sebi sadrži softver za čitanje i memorisanje podataka sa vozila i/ili čitanje podataka sa GPS prijemnika, a također vrši kontrolu prenosa podataka.

Ako je GPS prijemnik u mogućnosti da primi signal sa tri satelita, tada je to sasvim dovoljno da se obezbijede podaci potrebni računaru za određivanje lokacije vozila. GPS ne može funkcionisati u zatvorenim prostorijama ili ispod zemlje. Dakle, GPS prijemnik treba da ima otvoren pogled ka satelitima i zato ga je najbolje postaviti na krovu kabine vozila ili neposredno iza vjetrobranskog stakla. Komunikacioni modul predstavlja još jedan mali sofisticirani dio elektronike i softvera. Uloga mu je posredovanje između opreme u vozilu i komunikacione mreže. Terminali za vozače su obično sastavljeni od ekrana i tastature ili manje table sa brojevima ili drugim specifičnim simbolima.

Navigacioni uređaj se odnosi na ekran unutar kabine vozila ili na elektronski modul koji daje instrukcije vozačima u vezi sa odredištem bilo grafički, verbalno ili korištenjem oba načina. Sastoji se iz ekrana koji služi za prikazivanje neophodnih podataka i poruka vozačima vezanih za prevozne procese. Uređaj za praćenje priključnih vozila predstavlja zasebnu jedinicu namijenjenu priključnim vozilima. Obično su postavljeni unutar vodootporne i posebno izdvojene i obezbjeđene kutije. Ove kutije su nezavisne i u sebi sadrže GPS prijemnik, komunikacioni modul, kontrolnu elektroniku i baterije.[2]

Vozilo-vozilo je bežični način komunikacije koji kao medij koristi radio-frekvenciju. Postoje neki sistemi koji kao medij koriste svjetlost ili zvuk, ali je primjena radio-frekvencije dominantna. Ovaj način komunikacije se odvija preko predefinisanih komunikacionih kanala kada su vozila u zoni komunikacije. Potrebno je oko 20 ms za handshake (metoda koja se koristi za uspostavljanje konekcije), nakon čega svako vozilo locira kanal preko kojeg se obavlja komunikacija. U slučaju kada je gustina saobraćaja veća, situacija se znatno mijenja. Tada se vozila „takmiče“ za protok preko V2V uređaja, dok vrijeme potrebno za primanje poruke direktno zavisi od broja povezanih vozila i kreće se u intervalu od 80% do 50%.

Vrijeme komunikacije zavisi od efikasnosti DSRC komunikacionog uređaja, čime se vrijeme potrebno da dva vozila razmjene informacije o trenutnoj pozicioniranosti znatno produžava. Kašnjenjem komunikacije, kasni i signalizacija koja bi upozorila vozača o opasnosti. Vrijeme transmisije V2V komunikacije je nezaobilazan korak u planiranju različitih bezbjednosnih aplikacija. Ono se kreće od 25 ms u normalnim, do 300 ms u lošim uslovima. Frekvencija emitovanja pozicije zavisi od vremena koje je potrebno vozilima da oglase svoju lokaciju, koja obično iznosi između 100 i 1.000 ms. Kada se vozilo oglasi, postoji vjerovatnoća da njegova pozicija više nije ista zbog vremenskog kašnjenja, tako da vozilo može da bude bliže određenoj lokaciji nego što se pretpostavlja. Iz tog razloga je potrebno da se greška trenutne lokacije i vremena kašnjenja svede na minimum.[1]



Slika 2. Komunikacija vozilo-vozilo

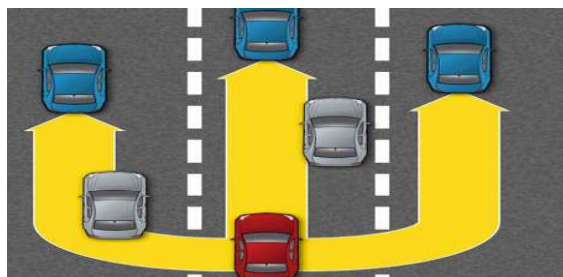


Slika 3. Dvosmjerna komunikacija između vozila[4]

Najvažniji parametri u okviru V2V komunikacija su: odnos isporučenih paketa – PDR (eng. Packet Delivery Ratio), kašnjenje i domet. PDR predstavlja broj uspješno isporučenih paketa od broja ukupno poslanih paketa (u teoriji, ukoliko nema nikakvih smetnji tada je PDR jednak 1, ali je to u većini slučajeva vrijednost manja od 1). Kašnjenje predstavlja vrijeme koje je potrebno da poruka krene od izvora i da dođe do odredišta gdje će biti prihvaćena. Domet je također značajan parametar, i predstavlja udaljenost između čvorova koji razmjenjuju podatke.

U komunikaciji između vozila postoje dva režima rada: bidirekcion i režim koji se bazira na određivanju pozicije. *Bidirekcion režim* (dvosmjerni ili unicast) omogućava vezu između vozila na takav način da podržava dvosmjernu razmjenu informacija. Ovaj režim ima prednost u tome da dva vozila mogu da pokrenu proces razmjene informacija na zahtjev jednog od njih. Razmjena informacija je uvijek odobrena od strane drugog vozila, tako da ne dolazi do gubitka informacija. Zato se može reći da ovaj režim nudi prednost interakcije između dva vozila. Međutim, zbog prirode dvosmjerne komunikacije i vremena koje prođe u čekanju odgovora nakon što je poruka poslana, dolazi do kašnjenja. Ako je potrebno neku poruku poslati na više čvorova – vozila, tada je kašnjenje veće. Stoga je ovaj režim rada nepogodan za neke primjene, ali predstavlja prijeku potrebu za neke aplikacije.

Implementacija bidirekcionog režima sadrži četiri faze. U fazi traženja (I faza) jedno vozilo je u potrazi za drugim – susjednim vozilom. U fazi veze (II faza) vozilo započinje postupak povezivanja sa drugim vozilom, pri čemu drugo vozilo ima mogućnost da prihvati ili da odbije povezivanje sa vozilom koje je inicijator. U fazi razmjene podataka (III faza) dva vozila održavaju vezu otvorenom dok razmjenjuju podatke. U završnoj fazi (IV faza) jedno od vozila odlučuje da prekine vezu i tada prestaje razmjena podataka između vozila. *Režim baziran na određivanju pozicije* (geocast) zasniva se na posebnom mehanizmu prema kome se informacije prenose istovremeno samo na grupu vozila koja se nalazi na određenom geografskom području. Kod ovog režima informacije se distribuišu samo u jednom smjeru unutar mreže, od strane jednog vozila. Glavna prednost ovog režima jeste to da je omogućeno slanje informacija na određenom području, što je potrebno za neke aplikacije. Na ovaj način se informacije vrlo brzo dostavljaju određenoj grupi vozila, ali se istovremeno smanjuje opterećenje mreže i skraćuje vrijeme širenja informacija. Nedostatak ovog režima je u tome što nema interakcije između vozila, odnosno vozilo koje prima informaciju ne šalje nikakvu potvrdu o tome da li je informacija uspješno primljena.



Slika 4. Geocast[4]

Implementacija ovog režima sadrži dvije faze. Faza traženja je faza u kojoj jedno vozilo odlučuje da šalje informacije ka drugim vozilima u određenom geografskom području. Druga faza je faza u kojoj učesnik dostavlja označene informacije. Vozilo koje prima informacije provjerava oznaku, i u skladu sa oznakom čuva ili odbacuje informaciju.

4. PRAKTIČAN PRIMJER KOMUNIKACIJE VOZILU-VOZILU KORIŠTENJEM DSRC TEHNOLOGIJE

Практични дио рада заснива се на примјени DSRC технологије у оквиру V2V комуникације, при различитим саобраћајним сценаријима и ситуацијама. У оквиру практичног дијела рада кориштен је симулацијски софтверски алат VISSIM, који се користи за моделирање и симулацију различитих саобраћајних сценарија.

Сценариј 1: Налазимо се у возилу 3. Испред нас, у истој траци, заустављено је возило 1 (због кvara или nekог другог разлога). Између нас и заустављеног возила налази се возило 2, које није опремљено комуникационим системом за V2V комуникацију. Због тога возило 2 касно уочава заустављено возило испред и прави закашњели маневар, при чему ипак успјешно обилази заустављено возило.



Slika 5. Upozorenje na zaustavljeno vozilo ispred



Slika 6. Upozorenje – nije bezbjedno skrenuti lijevo

Vozilo u kome se mi nalazimo je zahvaljujući V2V комуникацији на vrijeme добило информацију о заустављеном возилу, при чему имамо могућност да prilagodimo svoju vožnju i obiđemo возило 1, odnosno да се по потреби заустavimo.

Сценариј 2: Налазимо се у возилу 1 (лијево на слици 6) и prilazimo raskrsnici. Prestrojavamo се у lijevu traku која је namijenjena vozilima која žele skrenuti lijevo. Započinjemo маневар којим želimo skrenuti lijevo, али у том моменту posredstvom комуникације возило-возило dobivamo upozorenje о возилу које dolazi из suprotnog smjera. Могуће је да то возило не bismo sami ни uočili, из различитих razloga. Zahvaljujući V2V sistemu комуникације možemo на vrijeme зауставити svoje возило и propustiti возило које dolazi из suprotnog smjera. Zatim, možemo завршити започети маневар.

Сценариј 3: Налазимо се у возилу 2 и krećemo се иза возила 1. Koristeći DSRC комуникациони систем за возила naše возило konstantno prikuplja информације о vozilima која се налазе у zoni нашег interesovanja (npr. до 300 metara). Ако је, pomoću V2V sistema комуникације, naše возило detektovalo возило које dolazi из suprotnog smjera automatski ćemo biti obavješteni о tome (slika 7).



Slika 7. Obavještenje о vozilu које dolazi из suprotnog smjera



Slika 8. Upozorenje – nije bezbjedno izvršiti preticanje

Уколико у овом тренутку покушамо да pretekнемо возило испред нас, добити ćemo upozorenje о возилу које dolazi из suprotnog smjera – odnosno да то nije bezbjedan маневар. Zahvaljujući том upozorenju možemo се зауставити у namjeri да pretekнемо возило 1, и nastaviti kretanje иза tog vozila (slika 8).

5. ZAKLJUČAK

Razvoj bežičnih tehnologija koji se desio u prethodnim godinama još više doprinosi činjenici da će ubrzo doći do njihove masovne implementacije u saobraćaju. Iz ovoga se može zaključiti da bežične mreže imaju potencijal koji može biti iskorišten za globalno unapređenje saobraćajne infrastrukture. Trenutno se vrši značajan broj istraživanja u ovoj oblasti, ali kao osnovni problem se nameće potreba za velikim inicijalnim ulaganjima kako bi se neko od predloženih rješenja realizovalo. Korist od primjene bežičnih tehnologija u saobraćaju je višestruka: automobilska industrija, telekomunikacione kompanije, proizvođači mrežne opreme, itd., a krajnji cilj jeste bezbjednost svih učesnika u saobraćaju.

Kroz praktični dio rada i nekoliko prikazanih scenarija predstavljene su neke izuzetno česte situacije u saobraćaju. Primjena bežičnih komunikacionih sistema za vozila, posredstvom DSRC bežične tehnologije, ispostavila se kao vrlo pogodno rješenje za rješavanje različitih, potencijalno opasnih, saobraćajnih situacija.

6. LITERATURA

- [1]. Drajić, D., Uzelac, A., Gligorić, N., Vuković, S. (2010). Primjena bežičnih tehnologija u saobraćaju. Računarstvo i informatika, Beograd.
- [2]. Kapetanović, Z., Kostadinović, M., Vasiljević, S., Vasiljević, M., Aleksić, S. (2008). Telematika i transportni sistemi. Simpozijum INFOTEH Jahorina 2008, Jahorina, 175-179.
- [3]. Marković, G. (2011). Bežične komunikacione tehnologije kao podrška inteligentnim transportnim sistemima. III Međunarodni simpozijum NOVI HORIZONTI SAOBRAĆAJA I KOMUNIKACIJA 2011, Doboj, 715-721.
- [4]. Popescu-Zeletin, R., Radush, I., Rigoni, M.A. (2010). Vehicular-2-x-Communication. Springer – Verlag Berlin Heidelberg.
- [5]. Šišić, D., Stanković, N. (2015). Komunikacioni sistemi za vozila ka važan faktor bezbjednosti saobraćaja. II naučno-stručna konferencija „BEZBJEDNOST SAOBRAĆAJA“, Doboj.
- [6]. Apafun – online zajednica grada Apatina, Car-2-car inteligentni sistemi su deo bliske budućnosti. [Internet], <Dostupno na: www.apafun.iz.rs/automobilizam/'car-2-car'-inteligentni-sistemi-su-deo-bliske-buducnosti>, [Posjećeno: 22.04.2015].
- [7]. Vujanović, V., Inteligentni transportni sistemi. [Internet], <Dostupno na: drive4u.ba/?p=274>, [Posjećeno: 25.04.2015].