

## KOOPERATIVNI ITS I NJIHOVA PRIMENA U POVEĆANJU BEZBEDNOSTI U TUNELIMA

### COOPERATIVE ITS AND THEIR APPLICATION ON ROAD TUNNEL'S SAFETY ENHANCEMENT

1

**Rezime:** Intelligentni transportni sistemi (ITS) podržavaju širok spektar aplikacija zasnovanih na komunikacijama koje imaju za cilj povećanje bezbednosti saobraćaja, minimizaciju uticaja na okolinu, poboljšanje upravljanja saobraćajem i maksimiziranje koristi od transporta kako sa komercijalnog, tako i sa opšte društvenog aspekta. Zahvaljujući izuzetnom napretku u procesu standardizacije različitih telekomunikacionih tehnologija na evropskom nivou došlo je do razvoja koncepta kooperativnih inteligentnih transportnih sistema (C-ITS), koji ima za cilj da unapredi karakteristike ITS omogućujući značajna poboljšanja u razmeni informacija i kooperativnosti učesnika. U C-ITS vozila su u mogućnosti da komuniciraju jedna sa drugim i/ili putnom infrastrukturom, povećavajući time kvalitet i pouzdanost informacija koje su dostupne o vozilima, njihovoj lokaciji i putnom okruženju. Očekuje se značajan društveni i ekonomski uticaj C-ITS-a, što može za posledicu imati veću transportnu efikasnost i povećanu bezbednost u saobraćaju. U ovom radu će biti dat prikaz osnovnih karakteristika C-ITS-a i njihova primena u tunelima. Zbog svojih karakteristika, tuneli se generalno smatraju kompleksnim saobraćajnim okruženjem sa visokom bezbednosnim ograničenjima. Zahtevi koji se postavljaju za konkretnu primenu C-ITS-a u tunelima se odnose, između ostalog, na: pravovremenu detekciju nezgoda (očekuje se momentalna detekcija za manje od 1 minuta); pravovremenu reakciju na nezgodu u cilju održavanja bezbednosti drugih učesnika; prikupljanje, obradu i čuvanje tačnih, pouzdanih i personalizovanih informacija o korisnicima sa ciljem adekvatnog i blagovremenog obaveštanja; primenu tehnologija koje obezbeđuju visoko-precizno pozicioniranje u tunelima (zbog nedostupnosti GPS signala, postoji mogućnost primene drugih bežičnih tehnologija kao što su čelijski sistemi novije generacije, komunikacija vidljivom svetlošću VLC i sl.).

**Ključne reči:** C-ITS, V2V, V2I, tuneli, bezbednost

**Abstract:** Intelligent Transportation Systems (ITS) support a wide range of application-based communications aimed at increasing road safety, minimizing environmental impact, improving traffic management and maximizing the benefits of transport both from commercial as well as the general social aspect. Thanks to the extraordinary progress made in the standardization process of various telecommunication technologies at European level, there was a development of the concept of cooperative intelligent transport systems (ITS-C), which aims to improve the characteristics of ITS enabling significant enhancement in information exchange and cooperation of participants. The C-ITS vehicle are able to communicate with each other and / or road infrastructure, increasing the quality and reliability of information available about the vehicles, their location and the road environment. It is expected that a noteworthy social and economic impact of C ITS, which may result in a higher efficiency and increased transport security in traffic. In this paper will be given to the principal characteristics of C-ITS and their use in road tunnels. Due to its characteristics, tunnels are generally considered a complex traffic environment with high security constraints. Requirements imposed on the specific application for the ITS-C-a tunnels the regarding, inter alia, to: the timely detection of an accident (it is expected for the current detection of less than 1 minute); timely response to the accident in order to maintain the safety of other participants; the collection, processing and storage of accurate, reliable and personalized information about users with the aim of the notice, adequate and timely.

**Keywords:** C-ITS, V2V, V2I, tunnels, safety

#### 1. UVOD

Kooperativni inteligentni transportni sistemi (*Cooperative Intelligent Transport Systems*, C-ITS) predstavljaju aplikacije koje koriste komunikacije između vozila (*Vehicle-to-Vehicle*, V2V) i komunikacije između vozila i infrastrukture (*Vehicle-to-Infrastructure*, V2I), na učestanosti nosioca od 5,9 GHz, sa ciljem povećanja bezbednosti i efikasnosti saobraćaja u Evropi. Konzorcijum CAR-2-CAR (C2C-CC) je planirao implementaciju takvog koncepta od 2019 godine. Da bi se to realizovalo potrebne su brojne aktivnosti koje se odnose na standardizaciona tela, industriju i naučne organizacije. Jedan od veoma specifičnih segmenata saobraćajnih sistema predstavljaju tuneli, koji zbog svojih specifičnosti mogu predstavljati pravi izazov u obezbeđivanju bezbednog funkcionisanja saobraćaja. U radu su date neke od osnovnih karakteristika kooperativnih inteligentnih sistema i istaknute su neke od značajnijih specifičnosti tunela u kojima se očekuje napredak

njihovom primenom. Rad je koncipiran na sledeći način: nakon uvodnog dela, prikazane su karakteristike C-ITS-a koje se odnose na bezbednost i efikasnost saobraćaja. Treći deo rada pokazuje neke od početnih primena C-ITS-a. Četvrti deo se odnosi na specifičnosti priprema za primenu C-ITS. U petom delu rada je prikazana vizija razvoja nakon početnih aplikacija. Šesti deo rada prikazuje karakteristike posebnih zahteva za primenu nekih segmenata C-ITS-a. Sedmi deo se odnosi na specifične zahteve koje pred C-ITS postavljaju tuneli. Na kraju rada su data zaključna razmatranja.

## 2. KOOPERATIVNI INTELIGENTNI TRANSPORTNI SISTEMI

Veliki potencijal za povećanje bezbednosti i efikasnosti saobraćaja se nalazi u komunikacionim sistemima tipa V2V i V2I, (vrlo često imenovanim kao V2X). V2X komunikacioni sistemi koriste bežične tehnologije čije se performanse nalaze između onih baziranih na liniji vidljivosti (*Line-of-Site*, LOS), kao što su radari i kamere, i onih dugog dometa npr. ćelijski baziranih komunikacionih tehnologija. LOS uređaji ne mogu da funkcionišu dalje od fizičkih barijera niti su u mogućnosti da predvide buduće kretanje objekta kojeg prate. Ali V2X komunikacioni sistemi mogu da prevaziđu ove nedostatke obezbeđujući informacije o statusu vozila skrivenog iza ugla ili iza drugih vozila u roku od nekoliko milisekundi. Osim toga, V2X može takođe primiti informacije i predvideti nameru drugih objekata, pa vozilo može onda da prilagodi svoje kretanje dobijenim podacima. Prema tome V2X pokazuje bolje performanse u odnosu na komunikacije velikog dometa kada je u pitanju lokalno prosleđivanje informacija u neposrednoj blizini vozila, i pri tom je nezavisno od bilo koje bazne stanice ili pristupne tačke.

Aktivnosti u domenu povećanja bezbednosti i efikasnosti saobraćaja su porasle dodelom frekvencije od 5,9 GHz 2008. godine za potrebe V2X u Evropi. Raspoloživi opseg frekvencija je podeljen na komunikacione kanale širine 10 MHz, gde se kontrolni kanal (*Control Channel*, CCH) nalazi između 5.895 i 5.905 GHz i služi za povećanje bezbednosti.

Da bi se postigla komunikaciona interoperabilnost pri implementaciji opreme različitih proizvođača, standardizacija ima važnu ulogu. Evropski Institut za standardizaciju (*European Telecommunications Standards Institute*, ETSI) kroz svoj Tehnički komitet (*Technical Committee*, TC) za ITS je razvio standarde koji podržavaju C-ITS početne aplikacije (*Day-One Applications*), fokusirajući se na protokole koji podržavaju aplikacije na strani vozila. Protokoli koji podržavaju aplikacije na strani pametne infrastrukture, kao što su npr. semafori, razvijeni su od strane radne grupe (Working Group, WG) broj 16 Evropskog komiteta za standardizaciju (CEN) TC 278 WG16. Pametna infrastruktura koristi iste protokole nižeg sloja kao vozila (Sjoberg et al. 2017).

Iako standardizacija predstavlja osnovu za implementaciju, ne mogu se sva pitanja rešiti kroz standardizaciju; standardi koji se odnose na protokole moraju biti parametrizovani i ispunjeni relevantnim sadržajem. C2C-CC okuplja proizvođače originalne opreme (*Original Equipment Manufacturers*, OEM), univerzitete i istraživačke institucije u Evropi i igra važnu ulogu kao krovna organizacija za OEM i njihove partnere u razmatranju primene V2V komunikacionih sistema. V2V komunikacioni sistem će biti primenjen samo ako je uspostavljen interoperabilan sistem koji pokriva sve OEM uključujući i pametnu infrastrukturu. Stvoren je osnovni profil sistema (*Basic System Profile*, BSP) za postizanje interoperabilnosti zasnovan na standardizovanim protokolima.

## 3. POČETNE APLIKACIJE C-ITS

Srž kooperativnih ITS-a je poruka o poziciji koja nosi informaciju o vozilu, kao što su brzina, položaj ... Zvanični naziv sloja protokola za ovu poruku o poziciju u Evropi je CAM (*Cooperative Awareness Message*; CAM), a u Sjedinjenim Američkim Državama je BSM (*Basic Safety Message*, BSM). CAM poruke će se prenositi korišćenjem opsega 1-10 Hz, u zavisnosti od dinamike vozila, u skladu sa ETSI EN 302 637-2 i one su uvek prisutne. Osim CAM, na tom sloju protokola je standardizovana i decentralizovana poruka o obaveštenju o okolini (*Decentralized Environmental Notification Message*, DENM). DENM poruke su tzv. *event-triggered* poruke koje se emituju u slučaju događaja vrednih pažnje. Dokle god je taj događaj u toku, DENM poruke će se emitovati uz CAM. Ove dve poruke iz prvog sloja protokola su podrška za početne primene C-ITS-a. Primeri početnih aplikacija uključuju upozorenje o zaustavljenim vozilima, upozorenje o sporim vozilima, svetlo elektronske kočnice (*Electronic Brake Light*) u hitnim slučajevima, približavanje vozila

sa prioritetom, i postojanje nepovoljnih vremenskih uslova. Uslovi aktiviranja DENM poruka u početnim aplikacijama su definisani ali nisu još uvek standardizovani. Aktiviranje CAM je opisano standardom ETSI EN 302 637-2. CAM i DENM ne sadrže nikakve identifikacione brojeve vozila ili podatke o vozaču ili marki vozila. CAM sadrži podatak o vrsti vozila koji emituje informacije (na primer, automobil, autobus, kamion). DENM sadrži informacije u vezi sa značajnim događajem i njegovim atributima, kao što su položaj, brzina, i zaglavlje (ETSI 2010 – 2014).

Namera početnih primena je povećanje informacionog horizonta vozača; prema tome, one služe kao funkcije podrške vozačima. Standardizacija je fokusirana na strani prenosa i ostavljena je prijemna strana da bude maksimalno prilagođena konkretnoj primeni. Ništa ne sprečava OEM da koriste primljene podatke od drugih vozila za kontrolu nad vozilom, što i predstavlja odgovornost svakog OEM. Konkurentnost među brendovima je postiže na prijemnoj strani.

#### 4. PRIPREMA ZA PRIMENU C-ITS

Da bi se pripremili za primenu, C2C-CC je sačinila BSP da stvori interoperabilni sistem koji može da funkcioniše na više brendova. Međutim, BSP zajedno sa standardizovanim protokolima ne može da reši sva praktična pitanja pred početak primena. Bezbednosni okvir V2V zahteva uspostavljanje jednog *Public Key Infrastructure* (PKI) sistema za obezbeđivanje osnovnog javnog ključa za sva evropska vozila. U okviru V2V komunikacionih sistema sva vozila će imati javni ključ i niz kratkoročnih privatnih ključeva. Kratkoročni privatni ključ će se koristiti za označavanje odlazne poruke, a javni ključ će se koristiti za verifikaciju dolazne poruke. Ako je verifikacija uspešna, podaci se ne modifikuju jer je integritet podataka sačuvan i obema starnama se može verovati. Međutim, označavanje odlazne poruke ne otkriva da li su podaci u poruci tačni ili ne, i, samim tim, provera verodostojnosti takođe mora biti uključena u okviru predajne i prijemne strane. Privatni ključ važi samo za određeni period vremena da bi se sačuvala privatnost vozila, a onda se menja. ETSI TC ITS je trenutno istražuje različite strategije za njegovu promenu.

Da bi bio deo bezbednosnog okvira, set zahteva navedenih u BSP mora biti ispunjen kroz testiranja usaglašenosti. Kada OEM prođe procenu usklađenosti, pristup PKI-u je odobren. Procena usaglašenosti i bezbednosni okvir idu ruku pod ruku, i oba moraju da budu rešena pre početka primene. Za početne primene, predložena je procedura samosertifikacije da bi se smanjili troškovi. Međutim, da bi se postavila radio oprema na evropskom tržištu, mora biti ispunjen usaglašen standard EN 302 571 (ETSI, 2017). Ovaj standard, razvijen od strane ETSI, navodi zahteve za radio predajnik, kao što je nivo izlazne snage i spektralna širina, kako bi se izbeglo remećenje već postojećih servisa u susednim frekvencijskim opsezima. Štaviše, standard takođe postavlja uslove za koegzistenciju između elektronske naplate putarine (ETC) koji je na opsegu od 5,8 GHz i C-ITS na opsegu 5,9 GHz (kroz normativno referenciranje na ETSI TS 102 792) i decentralizovanu kontrolu zagušenja (*Decentralized Congestion Control*, DCC) (ETSI, 2015).

Sa izdavanjem prve verzije BSP, koji sadrži relevantne zahteve, neophodno je da se sinhronizuje rad različitih radnih grupa i prati predlog promena koje moraju biti uključene u buduće verzije BSP. Drugim rečima, identifikovana je jaka potreba za praćenjem i kontrolom zahteva. Tako, C2C-KC je uspostavio sistem upravljanja promenama (*Change Management System*, CMS), gde svaki član može poslati i dokumentovati promene postojećih ili novih zahteva u BSP. Ovi predlozi se tada dodeljuju odgovarajućoj radnoj grupi na stručnu raspravu, i, zajedno sa konačnim zaključkom i/ili predlogom se dokumentuje u CMS. Konačni dogovor o promeni se donosi od strane odbora za kontrolu promena (*Change Control Board*, CCB). Kontrola i upravljanje promenama su sastavni deo standardizacije i neophodnost za primenu sistema.

Iako će C2C-CC početi sa primenom u 2019., ne očekuje se da će svi partneri pokrenuti u isto vreme već u intervalu od nekoliko godina. Stoga, CMS nije samo važan za praćenje promena, takođe je od ključne važnosti za osiguravanje interoperabilnosti između različitih izdanja BSP. Tek tada će biti moguća interoperabilnost svih vozila i pametne infrastrukture. Takođe, garantuje se nastavak razvoj i unapređenja tehnologije.

#### 5. RAZVOJ NAKON POČETNIH APLIKACIJA

Sa pojavom funkcija automatske vožnje, posebno sa pojavom široke raspoloživosti vozila sposobnih da podrže više nivo automatizacije, kooperacija i koordinacija među različitim učesnicima u saobraćaju su sve

neophodnije. Sva automatska vozila se oslanjaju na pretpostavku da se stalno planira i bira putanja na osnovu posmatranog okruženja. Trenutno, ovo zahteva veliki nadzor u slučaju nepredvidivog ponašanja, jer nema 100% sigurnosti u vezi onoga što drugo vozilo ili pešak može da uradi u narednih nekoliko sekundi. To je razlog zbog koga se relativno veliki baferi moraju uključiti u ove putanje, posebno kada se planiraju u okolini drugih vozila. Ako ta druga vozila mogu da dele ili čak konstantno distribuiraju svoje planove, druga vozila mogu koristiti dobijene informacije da bi smanjili neizvesnost i time minimizirali bafere u okviru svojih putanja. Time bi bilo omogućeno automatizovano upravljanje vozilima koja se nalaze bliže jedni drugima (čime se povećava kapacitet puteva), obezbedila brža reakcija na manevre, rad sa boljom kontrolom i izbegavanje kolizije.

Na osnovu inicijalnog raspoređivanja IEEE 802.11p tehnologije, članovi C2C-CC, koje u većem delu predstavljaju automobilsku industriju, stvorili su strategiju postepene primene koristeći razvojne smernice strukturiranja prošlih, sadašnjih i budućih istraživanja i rad na standardizaciji na polju komunikacije i kooperativnih vozila. Razvoj C2C-CC aplikacija predviđa četiri razvojne faze za neposrednu V2V komunikaciju. Svaki naredna faza proširuje prethodnu omogućavajući razmenu više informacija između vozila, čime se omogućava realizacija novih aplikacija. Svaka nova faza se odlikuje stvaranjem novih informacija, koje učesnici u saobraćaju mogu da dele među sobom.

### 5.1. Faza 1

Inicijalna faza omogućava vozilima širenje informacije o stanju, omogućavajući drugim vozilima da postanu svesni njihovog prisustva i eventualnih opasnosti otkrivenih na putu.

### 5.2. Faza 2

Ova faza omogućava različitim učesnicima u saobraćaju pružanja dodatnih informacije, naime, informacija dobijenih iz raznih *on-board* senzora, kao što su kamere i radar. Ove dodatne informacije omogućava vozilima detekciju skrivenih objekata (npr, iza ugla) ili precizniji uvid u ono što se dešava u njihovom okruženju (npr, raskrsnica sa različitim tipovima vozila i pešacima).

### 5.3. Faza 3

Faza kooperativne vožnje omogućava vozilima da podele svoje namere sa drugim učesnicima u saobraćaju. Informacije koje uključuju putanju ili planirane manevre se koriste od strane algoritama automatizovane vožnje omogućujući tačna predviđanja ponašanja ostalih učesnika.

### 5.4. Faza 4

Poslednja faza, nazvana fazom sinhronizovane vožnje, nastaje kada su vozila u mogućnosti da se autonomno kreću kroz skoro sve saobraćajne situacije i kada su u mogućnosti da razmenjuju i sinhronizuju trajektorije vožnje jedni sa drugima u cilju postizanja optimalne vožnje.

## 6. POSEBNI ZAHTEVI ZA IMPLEMENTACIJU C-ITS

Jedno pitanje koje može da se pojavi prilikom razmatranja ovog plana implementacije C-ITS-a jeste da li postoje posebni zahtevi za komunikacijom između vozila za više nivoa automatizacije? Na primer, ako treba da se spreči kolizija zbog neočekivanog događaja, vozila moraju da deluju samostalno neposredno pre kolizije. Vozila ne bi samo razmenjivala liste putanja, već ih i stalno prilagođavala (učestvujući time u kooperativnom odlučivanju). Razmena podataka bi u tom slučaju dovela do dužih poruka. Moraju se definisati nove poruke koje nose podatke o nameri i koordinaciji. Na kraju, uvođenje visoke automatizacije na bazi V2X komunikacionih sistema zahteva razmatranje odgovarajućih bezbednosnih zahteva.

### 6.1. Kooperativna adaptivna kontrola brzine i *platooning*

Kooperativna adaptivna kontrola brzine (*Cooperative Adaptive Cruise Control*, CACC) i *Platooning*, dve obećavajući aplikacije za budućnost, zavise od upotrebe IEEE 802.11p tehnologije. V2V komunikacija omogućava prikupljanje vozila, smanjujući razdaljinu između njih. Postoje dve glavne prednosti smanjenja

distance, i treća kao posledica druge: 1) više vozila mogu da se smesti u postojeće putne mreže, i 2) smanjenje potrošnje goriva mogu postići zbog smanjenja otpora vazduha. Posledica ovog drugog se ogleda u smanjenju uticaja na životnu sredinu, što je naročito izraženo za teška teretna vozila. Sa CACC, vozilo se kontroliše samo longitudinalno, a vozač i dalje upravlja vozilom. To je poboljšana verzija automatske kontrole brzine gde vozilo prima informacije bežičnim putem od drugih vozila, i informacije o promenama u ubrzanju se mogu primiti pre nego što se detektuje od strane radara u vozilu. Istraživanje o CACC je pokazalo da se kapacitet postojeće putne mreže može gotovo udvostručiti ako bi sva vozila bila opremljena V2V sistemima (Shalodover et al, 2014).

U primeni *platoonig*-a, takođe poznatih kao „drumski vozovi“, vozila se kontrolišu i lateralno i longitudinalno. Ovo je zanimljiva aplikacija, posebno za kamione, za smanjenje potrošnje goriva. Prvi kamion u vodu se pokreće ručno, i ostali kamioni su automatski kontrolisani na osnovu bežično primljenih podataka vodećeg kamiona preko *on-board* jedinice u vozilu. U najboljem slučaju, do 20% goriva može da se uštedi, ali uštede goriva u velikoj meri zavise od razmaka između vozila, opterećenja, topologije puteva i geometrije vozila. ETSI TC ITS je pokrenula aktivnosti na standardizaciji u ovoj oblasti. U toku je rad na razvoju dva tehnička izveštaja. Početkom aprila 2016. je održana demonstracija *Platooning* koncepta u Holandiji – *European Truck Platooning Challenge* (ETPC, 2016).

## 7. C-ITS ZAHTEVI SPECIFIČNI ZA TUNELE

Zbog svojih karakteristika, tuneli se generalno smatraju kompleksim saobraćajnim okruženjem sa visokom bezbednosnim ograničenjima. Zahtevi koji se postavljaju za konkretnu primenu C-ITS-a u tunelima su brojni. Prvenstveno C-ITS su pokazali potencijal za poboljšanje bezbednosti omogućavajući komunikaciju između vozila i infrastrukture u tunelu i unapređujući komunikaciju sa ostalim učesnicima u saobraćaju kao i centrima za upravljanje saobraćajem.

Osnovni zahtevi koji se postavljaju pred Kooperativne inteligentne transportne sisteme koji treba da se primene u tunelima se mogu klasifikovati kroz razvoj konceptata i strategija za:

- optimizovanje procesa postupanja učesnika u saobraćaju u slučaju pojave vanrednih situacija u tunelima
- detektovanje zaustavljenih vozila i obaveštavanje ostalih učesnika u saobraćaju o njihovom prisustvu
- identifikaciju vozila koja prevoze opasne terete i obaveštavanje ostalih učesnika u saobraćaju i centra za upravljanje saobraćajem o njihov postojanju

Upravljanje saobraćajem u slučaju vanrednih situacija je oblast u kojoj C-ITS može imati značajnu ulogu. Njihovom primenom nove startegije za upravljanje saobraćajem se mogu razvijati koristeći nove senzorske tehnologije, uređaje za kontrolu saobraćaja i obezbeđivanje relevantnih informacija. Upravljanje i odlučivanje u vanrednim situacijama u tunelima je puno izazova usled samih specifičnosti tunela. Mora biti omogućeno da korisnici puteva mogu da spasu sebe u slučaju pojave opasnosti. Da bi se brzo i efikasno odreagovalo u takvim situacijama potrebna je rana detekcija opasnog događaja kao i brza razmena informacija. Informacije moraju da budu tačne i da sadrže sve neophodne detalje potrebne za podsticanje odgovarajućeg ponašanja učesnika. Pokazano je da upravljanje vanrednim situacijama u tunelima može da se poboljša primenom C-ITS koncepta na neke od sledećih načina:

- Označavanjem dinamičke prioritetne trake predviđene za upotrebu autobusa (naročito značajno u veoma dugim tunelima, gde dolazi do pojave nelagodnosti kod putnika; ključno je da se ta traka dinamički dodeljuje autobusima samo onda kada postoji vozilo na njoj, a ne trajno, što bi značilo blokiranje za ostale učesnike u saobraćaju i samim time i pojave zagušenja)
- Podrška u slučaju incidenata u tunelima (vozači i putnici se obaveštavaju o postojanju incidenta, njegovoj lokaciji, poziciji tima za pomoć, očekivanom vremenu rešavanja sporne situacije i sl.; informacije se šalju vozačima putem komunikacionih uređaja u vozilima, radia i pojedinačnih nomadskih uređaja, a takođe one treba da budu komplementarne onim informacijama koje se očitavaju na infrastrukturnim segmentima)

- Podrška u normalnim situacijama (informacije o trenutnom saobraćaju se mogu dobiti putem radija, navigacionih sistema i saobraćajnih znakova; uloga C-ITS-a je u pravovremenom dostavljanju preciznih i ažuriranih informacija)
- Podrška u slučaju hitne evakuacije (korisnicima se šalje hitna poruka o situaciji kao i precizne instrukcije o tome šta se od korisnika očekuje da uradi i kada; koriste se svi uređaji dostupni korisnicima; takođe omogućena je dvosmerna komunikacija)

U slučaju pojave zaustavljenih vozila u tunelima, ključni deo C-ITS segmenta je postojanje vizuelnog sistema senzora. Da ne bi došlo do kolizije u tim situacijama potrebno je pravovremeno dostavljanje informacije svim učesnicima u saobraćaju. Ovde treba imati u vidu da ETSI osnovni set aplikacija (*Basic Set of Application*, BSA), koji je primenljiv u ovakvim situacijama može da bude neupotrebljiv zbog nemogućnosti korišćenja GPS servisa u tunelima.

Kada su u pitanju vozila koja prevoze opasne terete, neka od rešenja mogu biti primena dinamičke prioritetne trake i dinamička koordinacija vozila.

## 8. ZAKLJUČAK

Kooperativni inteligentni transportni sistemi imaju potencijal da poveća bezbednosti i efikasnost saobraćaja na putevima. Nove komunikacione tehnologije koje se mogu primeniti između vozila i između vozila i infrastrukture i ostalih učesnika u saobraćaju pruža nove mogućnosti za upravljanje saobraćajem, timove za hitne intervencije, policiju i državne organe. Integrisanje relevantnih informacija u njihove strategije može ponuditi brojne prednosti za siguran, udoban i efikasan transport u budućnosti.

## 9. LITERATURA

- A. Festag, (2014). Cooperative intelligent transport systems standards in Europe. *IEEE Commun. Mag.*, 52(12), 166–172.
- AUTOSAR Standard Classic Platform Release 4.3.0. (2016). Dostupno na: <http://www.autosar.org/standards/classicplatform/release-43/>
- C-ITS Platform. (2016). Final report. Dostupno na: <http://ec.europa.eu/transport/themes/its/doc/c-its-platform-final-reportjanuary-2016.pdf>
- European Truck Platooning Challenge. (2016). Dostupno na: <https://www.eutruckplatooning.com/default.aspx>
- Information Technology—Telecommunications and information exchange between systems—local and metropolitan area networks—specific requirements—Part 2: Logical Link Control, IEEE Standard 802.2, 1998.
- Intelligent Transport Systems (ITS); Communications Architecture, ETSI EN Standard 302 665 V1.1.1, Sept. 2010.
- Intelligent Transport Systems (ITS); Radiocommunications equipment operating in the 5 855 MHz to 5 925 MHz frequency band; harmonized standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 214/53/EU, ETSI EN Standard 302 571 V2.1.1, Feb. 2017.
- Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service, ETSI EN Standard 302 637-2 V1.3.2, Nov. 2014.
- Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specification of Decentralized Environmental Notification Basic Service, ETSI EN Standard 302 637-3 V1.2.2, Nov. 2014.
- Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 4: Geographical Addressing and Forwarding for Point-to-Point and Point-to-Multipoint Communications; Subpart 1: Media- Independent Functionality, ETSI EN Standard 302 636-4-1 V1.2.1, July 2014.
- Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 5: Transport Protocols; Sub-part 1: Basic Transport Protocol, ETSI EN Standard 302 636-5-1 V1.2.1, Aug. 2014.
- Intelligent Transport Systems; Access layer specification for intelligent transport systems operating in the 5 GHz frequency band, ETSI EN 302 663 V1.2.1, July 2013.
- Intelligent Transport Systems; Decentralized Congestion Control Mechanisms for the Intelligent Transport Systems Operating in the 5 GHz range; Access Layer Part, ETSI TS Standard 102 687 V1.1.1, July 2011.
- Intelligent Transport Systems; Mitigation techniques to avoid interference between European CEN Dedicated Short-Range Communication (CEN DSRC) equipment and Intelligent Transport Systems (ITS) operating in the 5 GHz frequency band, ETSI TS Standard 102 792 V1.2.1, June 2015.

K. Sjöberg; P. Andres; T. Buburuzan; A. Brakemeier (2017), Cooperative Intelligent Transport Systems in Europe: Current Deployment Status and Outlook, IEEE Vehicular Technology Magazine 12(2), 89-97.

Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE Standard 802.11-2012, Mar. 2012.

Road Vehicles-Functional Safety, ISO Standard 26262, 2011.

S. E. Shladover, C. Nowakowski, X. Y. Lu, and, R. Hoogendoorn. (2014). Using cooperative adaptive cruise control (CACC) to form high-performance vehicle streams. California PATH Program Institute of Transportation Studies, University of California. Berkeley.  
Dostupno na: <http://escholarship.org/uc/item/3m89p611>

Society for Automotive Engineers: On-board system requirement for V2V safety communications, SAE Standard 2945/1, Apr. 2016.