

Koncept kooperativnog prikupljanja podataka u području putnog informiranja

Lukšić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:670940>

Rights / Prava: [In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivana Lukšić

KONCEPT KOOPERATIVNOG PRIKUPLJANJA
PODATAKA U PODRUČJU PUTNOG INFORMIRANJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

Zagreb, 24. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za inteligentne transportne sustave**
Predmet: **Inteligentni transportni sustavi I**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4053

Pristupnik: **Ivana Lukšić (0135227996)**
Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**
Smjer: **Inteligentni transportni sustavi**

Zadatak: **Koncept kooperativnog prikupljanja podataka u području putnog informiranja**

Opis zadatka:

Kooperativno inteligentno okruženje u prometu podrazumijeva platformu na kojoj različiti prometni sustavi bez barijera i posebnih prilagodbi neometano razmjenjuju informacije. Nužan preduvjet za ostvarivanje kooperativnog ITS okruženja je integracija i harmonizacija izvora putnih podataka. Korisnički zahtjevi predstavljaju glavnu smjernicu razvoja sustava putnog informiranja te prvi je korak pri realizaciji i integraciji komponenata sustava. U ovom diplomskom radu potrebno je utvrditi i istražiti specifične zahtjeve. Također, u radu je potrebno opisati kooperativno prometno okruženje te provesti analizu mogućnosti kooperativnog prikupljanja predputnih i putnih informacija te stvarnovremensku razmjenu prometnih i putnih podataka. Provedeno istraživanje u diplomskom radu treba rezultirati provedenom analizom korisničkih zahtjeva u području kooperativnog prikupljanja podataka u za putno informiranje.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:



dr. sc. Pero Škorput

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**KONCEPT KOOPERATIVNOG PRIKUPLJANJA
PODATAKA U PODRUČJU PUTNOG INFORMIRANJA**

**THE CONCEPT OF COOPERATIVE DATA
COLLECTION IN THE FIELD OF TRAVEL
INFORMATION**

Mentor: dr. sc. Pero Škorput, dipl.ing.

Student: Ivana Lukšić, 0135227996

Zagreb, lipanj, 2017.

SAŽETAK

Kooperativno inteligentno okruženje u prometu podrazumijeva platformu na kojoj različiti prometni sustavi bez barijera i posebnih prilagodbi neometano razmjenjuju informacije. Nužan preduvjet za ostvarivanje kooperativnog ITS okruženja je integracija i harmonizacija izvora putnih podataka. Korisnički zahtjevi predstavljaju glavnu smjernicu razvoja sustava putnog informiranja te prvi je korak pri realizaciji i integraciji komponenata sustava. U ovom diplomskom radu potrebno je utvrditi i istražiti specifične zahtjeve. Također, u radu je potrebno opisati kooperativno prometno okruženje te provesti analizu mogućnosti kooperativnog prikupljanja predputnih i putnih informacija te stvarnovremensku razmjenu prometnih i putnih podatak. Provedeno istraživanje u diplomskom radu treba rezultirati provedenom analizom korisničkih zahtjeva u području kooperativnog prikupljanja podataka u za putno informiranje.

Ključne riječi: ITS, Kooperativno okruženje, promet, korisnički zahtjevi

ABSTRACT

The cooperative intelligent traffic environment implies a platform where unrestrained traffic systems without barriers and special adaptations unhindered in exchanging information. An essential precondition for achieving a cooperative ITS environment is the integration and harmonization of the travel data source. The customer requirements represent the main guideline for the development of the road information system and is the first step in realizing and integrating system components. In this graduate thesis, it is necessary to identify and investigate specific requirements. It is also necessary to describe the cooperative traffic environment and analyze the possibilities of cooperative gathering of pre-trip and travel information and real-time exchange of traffic and travel information. The conducted research in graduate work should result in an analysis of user requirements in the area of cooperative data collection in travel information.

Keywords: ITS, Cooperative Environment, Traffic, User Requirements

Sadržaj

1	UVOD	1
2	KOOPERATIVNO PROMETNO OKRUŽENJE	3
2.1	Evolutivni razvoj tehnologija u kooperativnim sustavima	6
2.2	Tehnički zahtjevi vezani uz kooperativne sustave	10
3	KOOPERATIVNO PRIKUPLJANJE PROMETNIH I PUTNIH PODATAKA	12
3.1	Arhitektura kooperativnih sustava.....	13
3.2	Komunikacija temeljena na kooperaciji i zahtjevi u sustavima V2X.....	15
3.2.1	Kooperativna komunikacija između vozilima – V2V.....	18
3.2.2	Kooperativna komunikacija između vozila i infrastrukture – V2I	21
3.2.3	Kooperativna komunikacija između vozila i korisnika – V2U	25
3.2.4	Kooperativna komunikacija između infrastrukture i korisnika – I2U.....	26
3.3	Prateći projekti kooperativnih sustava.....	27
4	STVARNOVREMENSKA RAZMJENA PROMETNIH I PUTNIH PODATAKA	30
4.1	Normizacija ITS usluga	30
4.2	Predputno informiranje.....	32
4.3	Putno informiranje.....	33
4.4	Primjena aplikacija i protokola u funkciji razmjene <i>real-time</i> informacija.....	35
4.5	Prednosti <i>real-time</i> informacija za putnike	37
5	ANALIZA KORISNIČKIH ZAHTEJEVA U PREDPUTNOM I PUTNOM INFORMIRANJU	39
5.1	Karakteristike definiranih zahtjeva.....	39
5.1.1	Proces razvoja zahtjeva	40
5.1.2	Proces otkrivanja zahtjeva.....	41
5.1.3	Vlasništvo zahtjeva	42
5.2	Testiranje sustava u skladu s korisničkim zahtjevima.....	43

5.3	Korisnički zahtjevi prilikom putnog informiranja	44
5.4	Korisnički zahtjevi za ITS-om s aspekta kvalitete	46
6	ZAKLJUČAK	47
	POPIS LITERATURE:	48
	POPIS SLIKA:	50
	POPIS KRATICA:	51

1 UVOD

Povećanje zahtjeva u prometnom sustavu problem je koji raste svakim danom stvarajući opterećenja na infrastrukturi (prometnice, mobilne mreže). U skladu s time razvijaju se sustavi koji se temelje na inteligenciji ne bi li na taj način riješili postojeću problematiku. Posebna cjelina sustavu u „obitelji“ ITS-a predstavljaju kooperativni sustavi u kojima vozilo ili neki drugi prometni entitet bežično komunicira s drugim vozilima, infrastrukturom i drugim korisnicima. Svrha korištenja navedenih sustava usmjerena je prema područjima sigurnosti cestovnog prometa, učinkovitijem transportu, ekološki prihvatljivim rješenjima i ostalo.

U ovom diplomskom radu obrađen je koncept kooperativnog prikupljanja podataka u području putnog informiranja podijeljenih u sljedećim cjelinama:

- Uvod
- Kooperativno prometno okruženje
- Kooperativno prikupljanje predputnih i putnih informacija
- Stvarnovremenska razmjena prometnih i putnih podataka
- Analiza korisničkih zahtjeva
- Zaključak

Prvo poglavlje definira što su to kooperativni sustavi i što se podrazumijeva pod tim okruženjem. Jednim nazivom svi kooperativni sustav mogu se nazvati V2X, komunikacija između vozila (V2V), komunikacija između vozila i infrastrukture (V2I) i ostali. Kako bi bilo moguće ostvariti takvu komunikaciju potrebno je koristiti određenu tehnologiju, stoga je dat pregled mobilnih tehnologija od 1990. godine do danas. Nadalje detaljno je opisan proces povezivanja i ostvarivanja komunikacije u kooperativnim sustavima koji rezultira prikupljanjem putnih informacija, te prateći projekti koji su bazirani na određeno područje primjene.

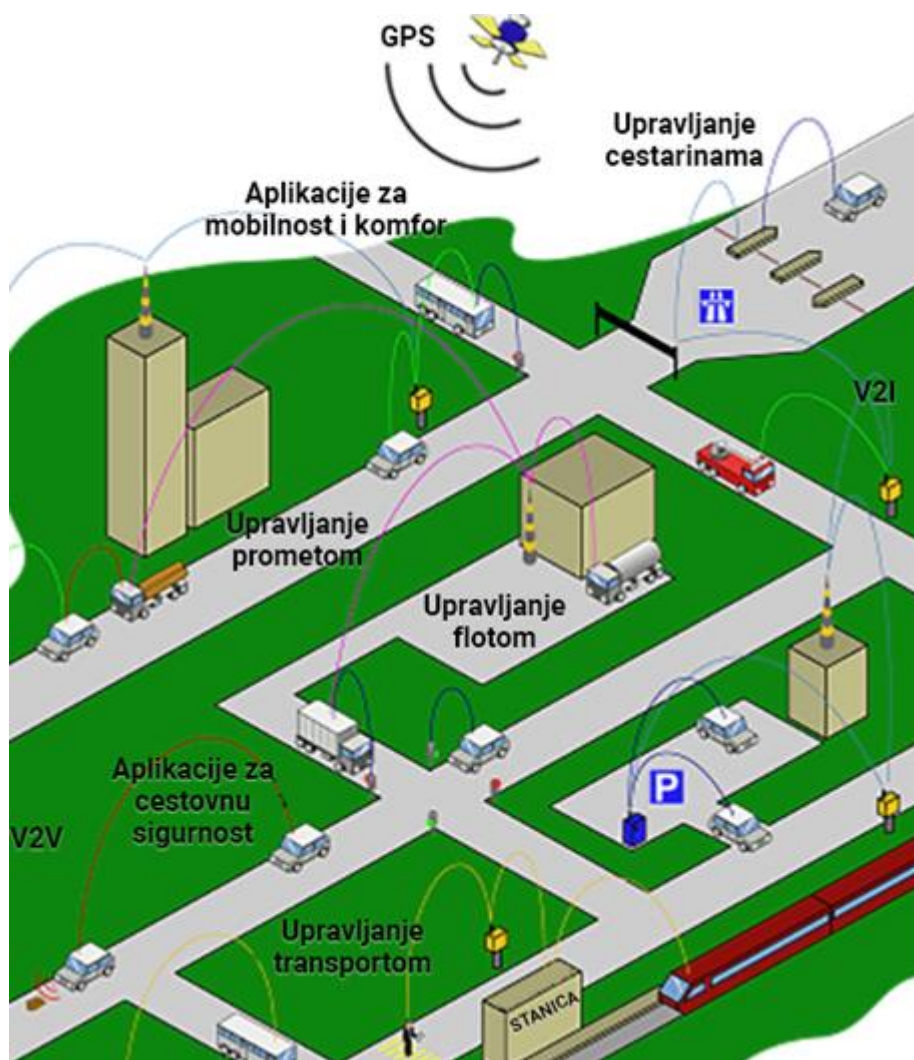
U trećem poglavlju je naglašena važnost stvarnovremenske razmjene podataka iz razloga što ukoliko potrebna informacija ne može upozoriti ili obavijestiti korisnika o ažuriranim promjenama tada gubi na svojoj važnosti. Zadnje poglavlje ovog diplomskog rada

daje uvid u korisničke zahtjeve od njihovog samog početka (otkrivanja zahtjeva) do implementacije u sustavu. Napravljenom analizom specifičnih korisničkih zahtjeva uviđaju se stvarna potraživanja korisnika.

U konačnici cilj ovog rada je ukazati na brojne mogućnosti korištenja kooperativnih sustava kako bi sva današnja problematika u budućnosti mogla biti riješena ili pak svedena na minimum.

2 KOOPERATIVNO PROMETNO OKRUŽENJE

Kooperativno prometno okruženje u prometu predstavlja okruženje u kojem razni sustavi u integraciji s ostalim sustavima obavljaju dvosmjernu komunikaciju. Takvo okruženje u prometnom sustavu je vrlo bitno jer omogućuje kvalitetnu informiranost putnika i vozača. Kooperativno okruženje u prometu i transportu je kombinacija tehnologija, ljudi i organizacija koja olakšava komunikaciju za uspješno ostvarivanje zajedničkog cilja kako bi se postigla korist koja bi zadovoljila sve sudionike (prikazano na slici 1). To su sustavi u kojima vozilo bežično komunicira s drugim vozilom, infrastrukturom (prometnica i prateća oprema) te drugim korisnicima (pješači, biciklisti i drugo) [1].

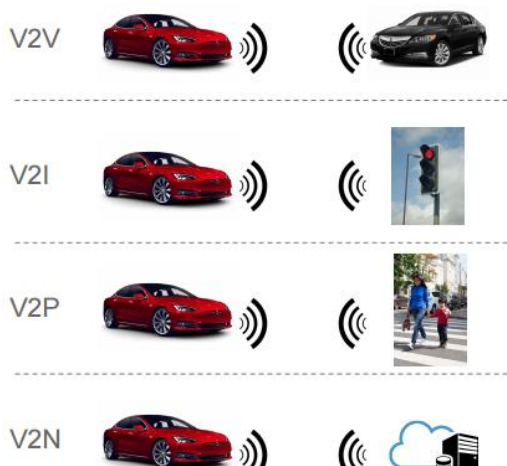


[Izvor: <http://www.marben-products.com>]

Slika 1: Kooperativni inteligentni transportni sustavi

Slika 1 predstavlja načine komunikacije u kooperativnom prometnom okruženju, komunikacija između vozila – V2V koja omogućava sigurnije odvijanje prometa, komunikacija između vozila i infrastrukture – V2I olakšava vozačima pronalazak parkirnog mjesta, naplatu cestarine s kratkotrajnim zaustavljanjem i sl. Prikazano prometno okruženje povoljno djeluje na upravljanje prometom i flotom vozila uz korištenje mobilnih aplikacija i GPS sustava.

Kooperativni sustavi predstavljaju novu generaciju ITS-a (*Intelligentnih transportnih sustava*), koji omogućuju razmjenu podataka na kratkim (malim) udaljenostima te u skladu s time definirana je sljedeća podjela: komunikacija između vozača i vozila; komunikacija između vozila; komunikacija između vozila i infrastrukture; komunikacija između infrastrukture i WAN-a prikazano na slici 2. Sva komunikacija između kooperativnih vozila jednom riječju naziva se V2X. Za kooperativne sustave može se reći da osim što poboljšavaju učinkovitost prometnih tokova i omogućuju dostupnost informacija u stvarnom vremenu, ujedno potpomažu prilikom upravljanja i kontrole prometa. Vozačima pružaju sustav potpore kako u području sigurnosti, tako i prilikom izbjegavanja kritičnih situacija i održavanju sigurne udaljenosti između vozila [2], [3].



[Izvor: <http://www.ieeevtc.org>]

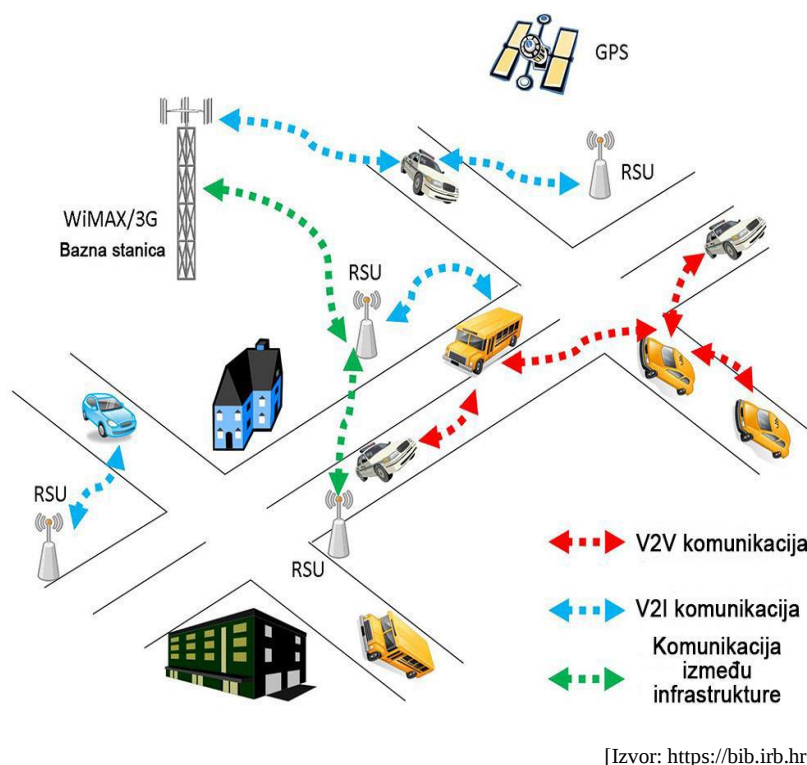
Slika 2: Prikaz V2X sustava

Slika 2 prikazuje vrste kooperativne komunikacije u V2X sustavima, prednosti korištenja su sljedeće: V2V komunikacija omogućava pomoć vozaču kao „pametni“ asistent, izbjegavanje sudara, podatke o trenutnom položaju i brzini. V2I djeluje na upravljanje prometom, regulaciju brzine, sigurnost, razmjenu operativnih podataka i sl. U trećem slučaju V2P (*Vehicle to Pedestrian*) pruža pješačke sigurnosne obavijesti, izbjegavanje nezgoda i sudara. Kako bi navedeni sustavi mogli razmjenjivati informacije vozilo mora biti spojeno na aplikacijski server (V2N).

Evolucijski razvoj prometnog sustava razvija se paralelno s komunikacijskim tehnologijama. Teži se ka vozilima koja su opremljena brojnim senzorima kako bi mogla komunicirati s drugim vozilima i infrastrukturom. U tom slučaju vozači bi bili obaviješteni o svim događajima u svojoj okolini, primjerice vozila bi bila u mogućnosti razmjenjivati poruke o brzini, lokaciji, kočenju, zastoјima, prometnim uvjetima i slično. Na temelju tih podataka omogućila bi se upozorenja o potencijalnim i stvarnim opasnostima te bi se na taj način ujedno smanjio i broj prometnih nesreća. Od sustava ugrađenih u vozilo zahtjeva se da opažaju, upravljaju i prenose prometne informacije u pravo vrijeme i na pravom mjestu. Navedeni zahtjevi doveli su do razvoja *ad-hoc* mreža vozila. *Ad-hoc* mreže vozila posjeduju neuravnoteženu topologiju iz razloga jer se čvorovi tj. vozila konstantno kreću, te je takva tehnologija podložna stalnim prekidima i kašnjenjima. Mobilno umrežavanje započelo je u 90-im godinama prošlog stoljeća s pojavom bežičnih tehnologija te razlikujemo standarde:

- Bluetooth IEEE 802.15.1 za osobne mreže;
- 802.11. standard za bežične (LAN) mreže.

Bežična komunikacija u *ad-hoc* mrežama odvija se korištenjem standarda *DRSC (Dedicated Short Range Communication System)* koji omogućava komunikacija V2V i V2I prikazano na slici 3. *Ad-hoc* mreže prvenstveno nastale kao podskupina mobilnih mreža vozila *MANET*, a ono što ih razlikuje od drugih bežičnih mreža su jedinstvene karakteristike: mogu imati neograničen broj korisnika, kratkotrajne su i dinamične, nemaju problema s kapacitetom i napajanjem, imaju poznat uzorak kretanja, poznata su svojstva čvorova (duljina, širina, visina) [4], [5].



Slika 3: Prikaz komunikacije u *ad-hoc* mrežama

Na slici 3 prikazana je komunikacija između vozila na način kako bi se vozači upozorili o velikim brzinama, nemogućnosti skretanja, upozorenje o kočenju prednjeg vozila i sl. Osim V2V komunikacije, prikazana je veza između vozila i infrastrukture, te komunikacija između infrastrukture. Za sustav pozicioniranja vozila koriste se *GPS* sustavi.

2.1 Evolutivni razvoj tehnologija u kooperativnim sustavima

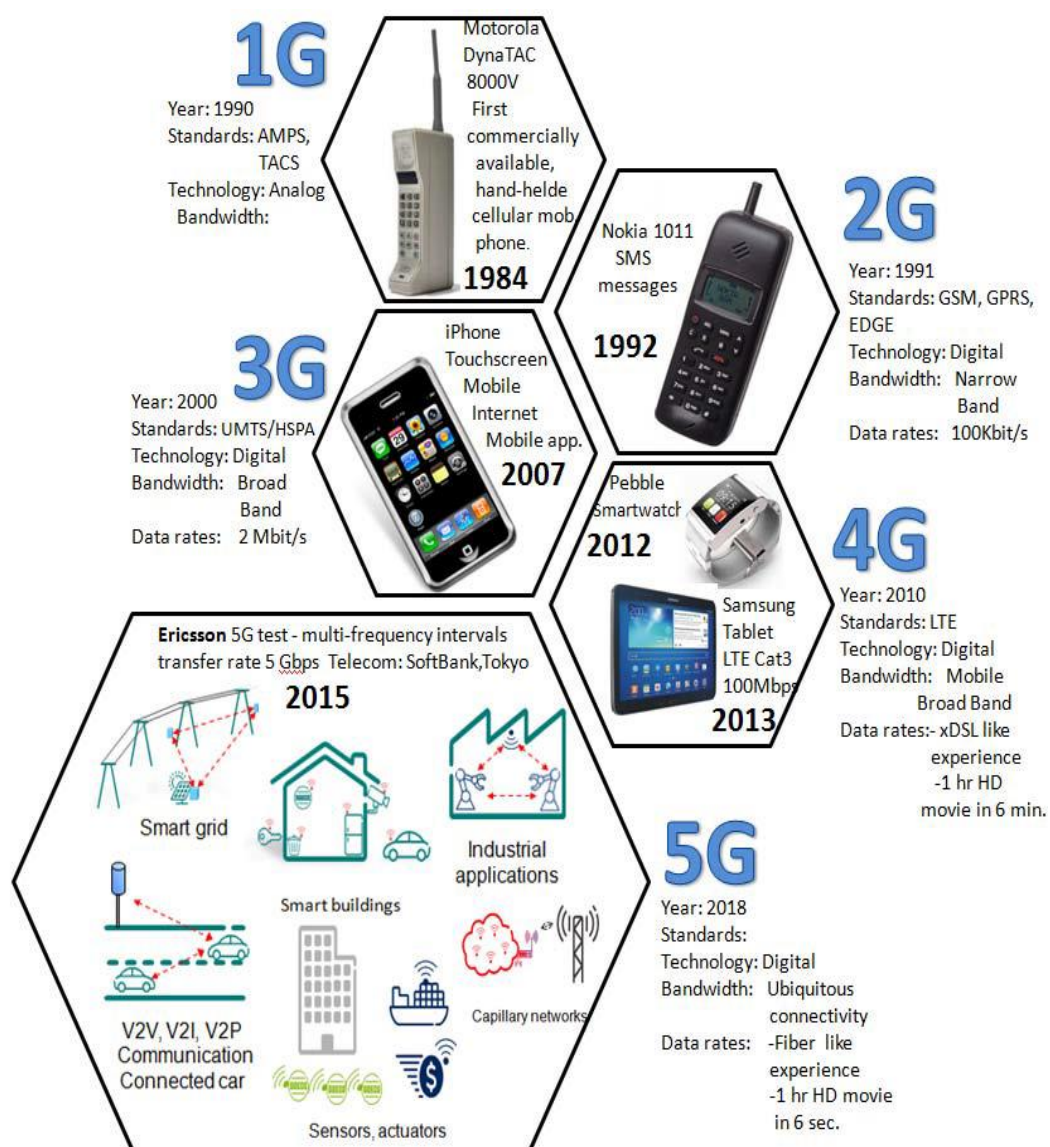
Ključne tehnologije potrebne za razvoj i provedbu kooperativnih sustava obuhvaćaju komunikacijske mreže, precizno pozicioniranje na karti, te tehnologije za referenciranje karti. Moguća problematika odnosi se prilikom izbora nekoliko „kandidata“ među komunikacijskim tehnologijama, primjerice:

- *M5 radio communication* djeluje na području radijskog frekvencijskog područja 5 [GHz], prilikom čega se komunikacija odvija između pomičnih objekata (entiteta). Brzina prijenosa podataka iznosi 6 [Mbps] u radijusu od 300 metara. Navedena tehnologija može se koristiti za komunikaciju između vozila u ne zahtjevnim uvjetima. Samim time što navedena tehnologija nije prikladna za rad u zahtjevnim uvjetima ograničava njezinu upotrebu;
- *Infrared light communication* nadopunjuje prethodnu tehnologiju s performansama izvedbe 2 [Mbps] u radijusu od 100 metara. Navedena tehnologija

funkcionira na vrlo kratkom dometu, a nedostatak je što vremenski uvjeti mogu utjecati na sustav;

- *MM radio communication* na frekvencijama iznad 40 [GHz] omogućava znatno veće brzine prijenosa podataka u rasponu od nekoliko stotina metara;
- *CALM 2G/3G cellular radio technology*;
- *Dedicated Short Range Communication System (DSRC)* su namjenski kratko dometni sustavi komunikacije između vozila i infrastrukture. Može se upotrebljavati kod različitih aplikacija ITS-a (primjerice elektronska naplata cestarine) i rade u frekvencijskom području do 5.8 [GHz] [2].

Nadalje, biti će dan pregled tehnologija i njihova evolucija od 1G do 5G s popratnim karakteristikama (slika 4).



Slika 4: Pregled tehnologija mobilnih mreža od 1G-5G [8]

Slika 4 prikazuje evoluciju mobilnih tehnologija od 1990. godine sve do danas. Prva generacija mobilnih mreža 1G kreće od kraja 70-ih do početka 90-ih godina s karakteristikama analogne tehnologije bez mogućnosti prijenosa podataka. Spektralna širina spomenute mreže djelovala je u rasponu 10-30 [kHz].

2G – prvi GSM (*Global System for Mobile Communication*) pojavio se u drugoj generaciji mobilnih mreža. Digitalna signalizacija unutar radijske mreže omogućila je prijenos kratkih poruka uz brzinu prijenosa podataka 9.6 [kbit/s]. GSM mreže tada su zauzimale 85% svjetskog tržišta mobilnih komunikacija. 2G generacija postepeno se razvijala i u svojoj evoluciji do 3G razvila dodatne prednosti. Primjerice 2.5G je sadržavala GPRS (*General Pocket Radio Service*) i razlikovala se od 2G zbog novih mrežnih elemenata koji su izvršavali sigurnosne funkcije, upravljanje i kontrolu kretanja mobilnih korisnika unutar pristupne mreže. Sljedeći korak u razvoju 2G generacije odnosi se na EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) tj. 2.75G koja omogućuje primjenu Internet Protocol-a multimedijских servisa i aplikacija s brzinom od 470 [kbit/s]. Spektralna širina čitave 2G generacije je 200 [kHz].

3G mobilne mrežne komunikacije umjesto dosadašnje radijskih mreža TDMA/FDMA primjenjuju W-CDMA (*Wideband – Code Division Multiple Access*) sučelje koje radi u frekvencijskom spektru od 5 [MHz]. Brzina prijenosa podataka ovisi o području primjene – za otvorena (seoska) područja kreće se od 144 [kbit/s] do 384 [kbit/s] za vanjska (gradska) područja, pa sve do 2048 [kbit/s] za područja u zgradama. Spektralna širina ide i do 20 [MHz] [6], [7].

LTE tehnologije koje se koriste u kooperativnim sustavima nose oznaku 4G LTE kao standard za bežičnu komunikaciju s većom brzinom prijenosa podataka za mobilne uređaje i podatkovne terminale. Temelji se na GSM/EDGE i UMTS/HSPA mrežnim tehnologijama povećavajući kapacitet i brzinu prijenosa podataka u odnosu na pozicioniranje, karte i lokalne reference. Da bi se omogućilo podudaranje kretanja vozila na infrastrukturi zajedno s prikazom njegove pozicije na karti, potrebno je integrirati informacije s različitih izvora, primjerice OBU (*On Board Unit*) mora biti opremljen GPS prijemnikom kako bi omogućio razmjenu podataka između vozila, između vozila i infrastrukture te na taj način osigurao dijeljenje informacija među korisnicima koji bi zaprimali ažurne informacije o promjeni uvjeta na cestama. No, bez obzira na prednosti spomenute tehnologije LTE još uvijek ne može zadovoljiti sve tražene zahtjeve [2].

5G - peta generacija mobilnih mreža temelji se na apsolutno novoj arhitekturi, koja je prethodno bila identificirana po radio pristupu analogno, *TDMA (Time division multiple access)*, *UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)*, *OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)*. 5G zahtjeva novu pristupnu radio tehnologiju i novi standard koji bi ispunio očekivanja korisnika koja starija tehnologija nije mogla. Najnoviji iskorak u evoluciji je tehnologija 5G koja sadrži više usluga, informacija i pogodnosti za nadolazeće generacije (slika 5). Predstojeći stil života biti će znatno drugačiji s neometanim pristupom informacija i konstantnom povezanošću.

Osim mobilne povezanosti, tehnologija 5G također osigurava širok raspon u *M2M* i *IOT* uslugama i aplikacijama. Osim ostvarivanja bolje povezanosti i komunikacije među vozilima, infrastrukturom i korisnicima, spomenuta tehnologija također može povezivati i autonomna vozila (bez vozača). Očekuje se da će tehnologija 5G svoju prvu implementaciju imati u 2020. godini pružajući niz pogodnosti nad postojećom 4G mrežom. To uključuje preuzimanje podataka s brzinom do 10 [Gbps], veću mrežnu pokrivenost i sl.[8].



Slika 5: 5G mobilna mreža s pripadajućim karakteristikama [8]

Slika 5 prikazuje karakteristike mobilne mreže 5G koja ostvaruje niz učinkovitosti s obzirom na dosadašnje generacije mobilnih mreža kao što su veći kapacitet, efikasnija potrošnja energije, velike brzine prijenosa podataka, veća pokrivenosti ostalo.

U tablici 1 dat je prikaz specifikacija tehnologije 5G u usporedbi s *DRSC/802.11p*

Tablica 1: Usporedba 5G i *DRSC/802.11p* tehnologije

Kriteriji	5G	<i>DRSC/802.11p</i>
Izgradnja	može se graditi na postojeću <i>LTE</i> infrastrukturu;	<i>DRSC</i> (na temelju 802.11p) već je danas <i>de facto</i> standard;
Standardizacija	5G će se standardizirati do 2020. god., dok su tehnologije <i>V2X</i> već prisutne;	10 godina ispitivanja;
Ekspanzija	proširenje raspona preko 802.11p s300 [m] na nekoliko kilometara;	nepostojanje evolucijskog puta za MAC raspon slojeva, robusnost, pouzdanost;
Umrežavanje	stabilno umrežavanja za aplikacije unutar vozila (navigacija);	ograničena podrška mobilne brzine i vrijeme uspostave mreže
Sigurnost	veći standardi u sigurnosti i privatnosti.	nedostatak standardnih aktivnosti za napredno korištenje (sigurnost, automatizirana vozila i sl.)

Izvor: [9]

Kao što je i prikazano u tablici 1 vide se mnoge prednosti korištenja 5G mobilne tehnologije od implementacije do usluga koje može pružiti unutar i izvan vozila [9], [10].

2.2 Tehnički zahtjevi vezani uz kooperativne sustave

U ovom dijelu diplomskog rada biti će dat pregled tehničkih zahtjeva u sustavima *V2X*. Specifični zahtjevi koji će se navesti temelje se na iskustvu, mišljenjima stručnjaka i rezultatima simulacije.

- Kašnjenje od kraja do kraja (ms);
maksimalno prihvatljivo vrijeme od trenutka generiranja podatkovnog paketa s izvora do trenutka primanja na odredišnoj aplikaciji.

- Pouzdanost;
maksimalna tolerantna brzina gubitka paketa u aplikacijskom sloju. Paket se smatra izgubljenim ako se na odredištu ne prima u okviru dopuštenih kašnjenja za tu aplikaciju.

- Brzina prijenosa podataka (Mbit/s);
minimalna potrebna brzina prijenosa podataka kako bi aplikacija ispravno funkcionirala.

- Komunikacijski domet;

maksimalna udaljenost između izvorišta i odredišta (radiofrekvencijskog odašiljača) unutar kojeg aplikacija treba biti pouzdana.

- Mobilnost čvorova (km/h);

maksimalna relativna brzina ispod koje treba postići navedenu pouzdanost.

- Gustoća mreže (vozila/km²);

maksimalan broj vozila po jedinici površine pod kojim se treba postići određena pouzdanost.

- Točnost pozicioniranja;

maksimalna pogreška pozicioniranja koju aplikacija može podnijeti.

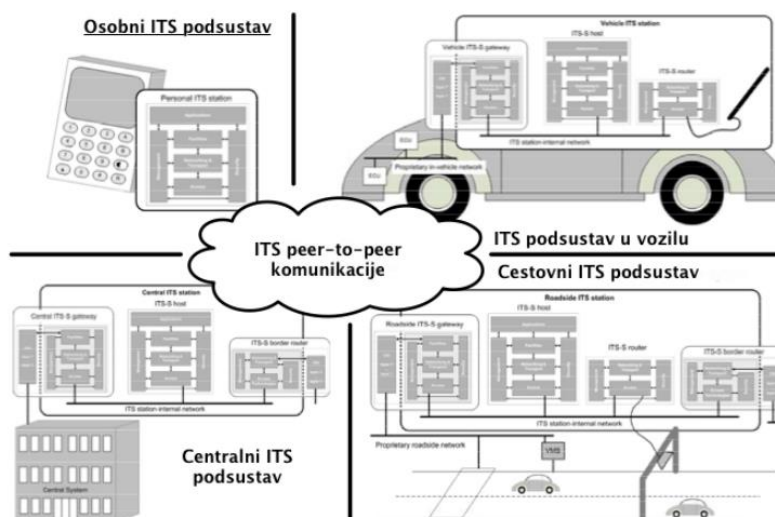
- Sigurnost;

specifične sigurnosne značajke koje aplikacija zahtijeva kao što su: provjera autentičnosti korisnika, autentičnost i cjelovitost podataka, te povjerljivost i privatnost korisnika [11].

Kooperativno prometno okruženje je kompleksno zbog kombinacije nekoliko čimbenika (ljudi, tehnologija i infrastrukture). Kako bi se olakšala operativnost navedenih čimbenika teži se efikasnijim i prihvatljivijim rješenjima, stoga evolutivnim razvojem komunikacijskih tehnologija direktno se utječe i na sam prometni sustav. Dokaz tome je mobilno umrežavanje koje je započelo 90-ih godina prošlog stoljeća te predstavlja primarni korak u ostvarenju dvosmjerne tj. kooperativne komunikacije. Predviđena implementacija 5G mobilne mreže 2020. godine ostvarila bi dosad nezamislive rezultate vezane uz potrošnju energije, cijene, stope korisničkih podataka i ostalo. Naglasci su stavljeni na brzinu prijenosa podataka, pokrivenost, sigurnost, pouzdanost i ostalo što bi sudionicima bilo od izuzetne vrijednosti. U idućem poglavlju biti će dan pregled postojećih kooperativnih sustava te njihova svojstva [12].

3 KOOPERATIVNO PRIKUPLJANJE PROMETNIH I PUTNIH PODATAKA

Sve složeniji utjecaj socijalnog, ekonomskog i tehnološkog razvoja diktira sve veće zahtjeve u prometnom sustavu. Poseban naglasak stavljen je na optimizaciju troškova, sigurnost i atraktivnost prometnog sustava. Razvojem informacijsko-komunikacijskih (slika 6) i senzorskih tehnologija te algoritama upravljanja već danas se dobivaju zadovoljavajuća rješenja. Nadogradnja klasičnog prometnog sustava predstavlja ITS (Inteligentne transportne sustave) koji su usmjereni k novom pristupu upravljačkih i tehničko-tehnoloških rješenja kojima se postiže veća sigurnost, učinkovitost i pouzdanost prometnog sustava, a ujedno se smanjuje utjecaj na okoliš i okolinu.



Slika 6: Informacijsko-komunikacijske tehnologije [13]

Na slici 6 prikazane su informacijsko-komunikacijske tehnologije koje se upotrebljavaju kao osobni ITS podsustav prilagođen korisnicima (mobilni uređaji), ITS podsustav u vozilu (telematika), cestovni ITS podsustav (kooperativna komunikacija, informiranje) te na kraju centralni ITS podsustav koji omogućava i povezuje sve ostale navedene podsustave.

Poseban pristup u ITS-u predstavljaju kooperativni sustavi, to su sustavi koji omogućuju bežičnu komunikaciju s drugim vozilima, infrastrukturu i korisnicima. Kooperativne sustave moguće je podijeliti na: komunikaciju između vozača i vozila (D2V), komunikaciju između

vozila (V2V), komunikaciju između vozila i infrastrukture (V2I), te komunikaciju infrastrukture (I2W) [14].

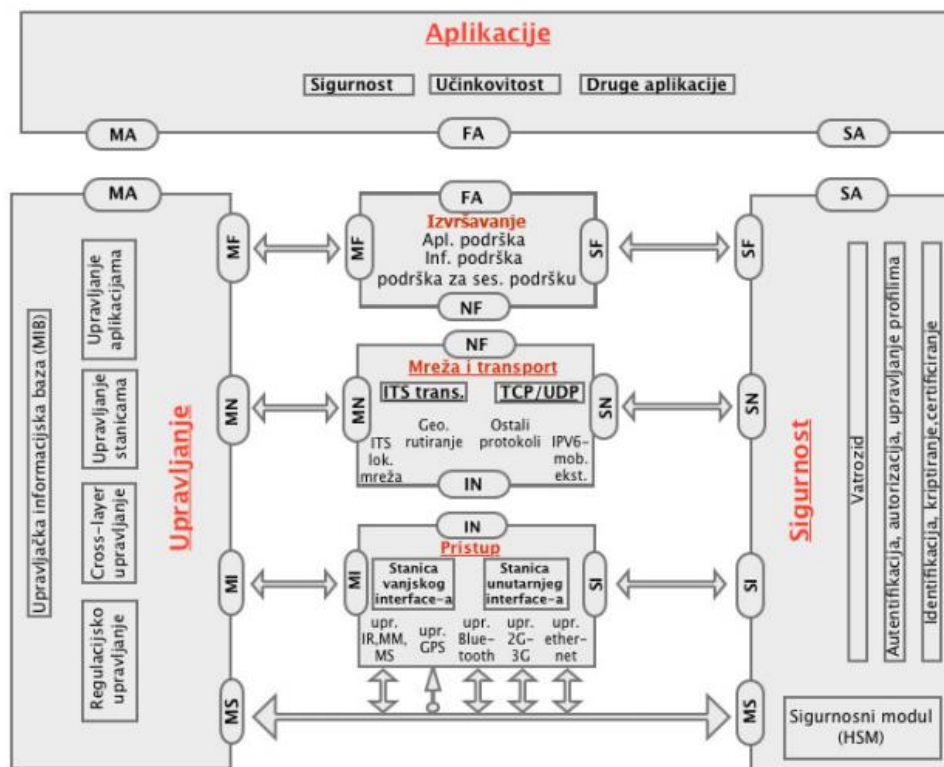
3.1 Arhitektura kooperativnih sustava

ITS arhitektura predstavlja primarni zahtjev i element ITS planiranja i usklađenog razvoja brojnih ITS aplikacija. Arhitektura specificira kako su različite komponente u interakciji (slika 7) tako da se rješavaju konkretni transportni i prometni problemi u određenom kontekstu. Arhitektura daje opći predložak (*General Framework*) prema kojem se vrše procesi planiranja, dizajniranja i postavljaju se integrirani sustavi u određenom prostorno vremenskom obuhvatu. Europska arhitektura prema KAREN projektu koji je pokrenut 1999. godine podijeljena je na:

- okvirnu ITS arhitekturu (usmjerenu na definiranje korisničkih zahtjeva i funkcionalno gledište);
- obveznu ITS arhitekturu (uključuje fizičko, logičko i komunikacijsko gledište);
- servisnu ITS arhitekturu (slična obveznoj arhitekturi, a uključuje još i informiranje putnika, upravljanje incidentnim situacijama, ENC i ostalo) [15].

Nastankom kooperativnog koncepta, došlo je do potrebe za proširenjem postojeće europske ITS arhitekture, stoga je 2011.godine predstavljena proširena europska arhitektura (*extended FRAME architecture*) koja je orijentirana prema kooperativnom okruženju.

Jedna od najvažnijih stavki na koju treba obratiti pozornost prilikom izrade proširene kooperativne ITS arhitekture jest izrada komunikacijske ITS arhitekture budući da je ta tehnologija esencijalna zbog veze između sudionika prometnog sustava (vozača, vozila i infrastrukture). Prikupljeni podaci iz kooperativnog okruženja obrađuju se na više razina, primjerice mogu se prikupljati i pohranjivati lokalno, s time da se glavnom prometnom centru šalju statički i obrađeni podaci na globalnoj razini.



Slika 7: Interakcija komponenti sustava [13]

Slika 7 prikazuje interakciju komponenti sustava upravljanja, sigurnosti i aplikacija. Svaka komponenta je u svom okviru povezana s dijelovima koji omogućavaju njezino djelotvorno funkcioniranje. Primjerice sigurnost sadrži vatrozid koji štiti od nesigurnih sadržaja, a zahtjeva autentifikaciju i identifikaciju korisnika.

Također, primjenom kooperativnih sustava sustav JGP (javnog gradskog prijevoza) postao bi učinkovitiji jer bi obuhvaćao podatke o lokaciji i brzini vozila, trenutnom broju putnika, te moguće kašnjenje s obzirom na definirani vozni red. Kao takav i gradski promet je moguće promatrati kao sustav sa stvarnovremenskom razmjenom informacija između vozila, infrastrukture i vozača [14], [16]. Nadalje biti će dan pregled komunikacija temeljenih na kooperaciji.

3.2 Komunikacija temeljena na kooperaciji i zahtjevi u sustavima V2X

Ovakvom vrstom komunikacije ostvaruje se socijalna inteligencija, a mogućnosti ITS-a u poboljšanju prometnog sustava možemo promatrati kroz cjeline: sustava vezanih uz infrastrukturu, vozila i sustavi zasnovani na kooperaciji. Sljedeća podjela definira sustave zasnovane na kooperaciji:

- Navigacijski sustavi putnog informiranja;
- Sustavi upozorenja;
- Upravljanje vozilima žurnih službi;
- Inteligentni sustavi upravljanja brzinama;
- Sustavi potpore za ugrožene korisnike u prometu.

Svojstva kooperativnih sustava se očituju u tome što se vozač, vozilo, infrastruktura i ostali korisnici uzimaju kao jedinstveni sustavi, u obzir se uzimaju operativne i upravljačke potrebe cijelog sustava s integriranim pristupom prometa i svih njegovih učesnika. Kooperativni sustavi omogućuju kvalitetan pristup informacijama o praćenju prometa, o drugim vozilima i korisnicima usluge na način da osiguravaju veću sigurnost i efikasnost. Informacije se odnose na vozila, njihove lokacije, smjer orijentacije čime se smanjuju brojne prepreke i nezgode. Prednosti se očituju u tome što je veća dostupnost informacija o korisnicima prijevoza i njihovoj okolini, te se na taj način ostvaruje znatna kontrola i uspješnije upravljanje prometom. Također pod prednostima ovakvih sustava podrazumijevamo još i povećan kapacitet cestovne mreže, smanjenje zagušenja i zagađenja, učinkovitiju logistiku, kraće putovanje, smanjenje opasnosti i nesreća [1].

Zahtjevi koji se pojavljuju u V2X sustavima su sljedeći:

zahtjev 1 – održivost dinamičke mobilnosti i visoke brzine prijenosa između odašiljača i prijemnika (slika 8) (povećanje vremena reakcije kod velikih brzina za 4 [sek], udvostručenje raspona prijenosa za nekoliko stotina metara, poboljšanje tehnike sinkronizacije i signala).

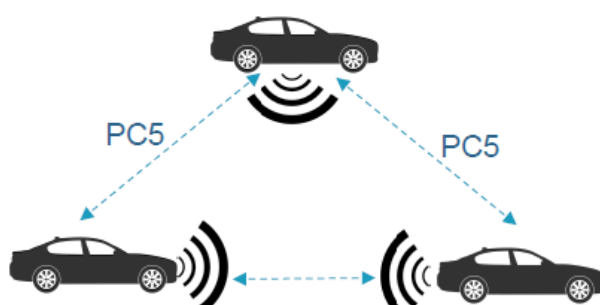


[Izvor: <http://www.ieeevtc.org>]

Slika 8: Podrška pri velikim brzinama vozila

Slika 8 prikazuje odašiljanje signala između vozila, iako se relativna brzina vozila povećala na 280 [km/h], cilj 5G je dostići 500 [km/h].

Zahtjev 2 – podrška za izuzetno nisku latenciju (očekuje se da sustav pošalje poruku upozorenja prije prepoznavanja sudara, stoga je potrebno sučelje koje će izravno omogućiti komunikaciju kako unutar tako i izvan mreže – 100 [ms] slika 9).

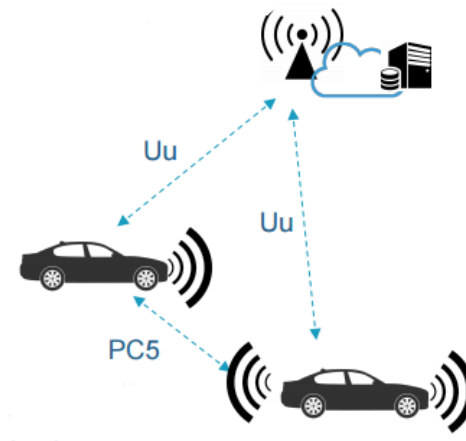


[Izvor: <http://www.ieeevtc.org>]

Slika 9: Prikaz sučelja za razmjenu informacija o brzini, lokaciji i dr.

Slika 9 prikazuje sučelje u kojem bi vozači izravno komunicirali te na taj način primali informacije s niskom latencijom.

Zahtjev 3 – visoki kapacitet (više Gbps) za glasnoću poruke (veći broj odašiljača koji generiraju poruke dovodi do zagušenja mreže, stoga teži se većoj učinkovitosti alokacije resursa, primjerice komunikacija između uređaja, napredne atenske tehnike i sl. slika 10).

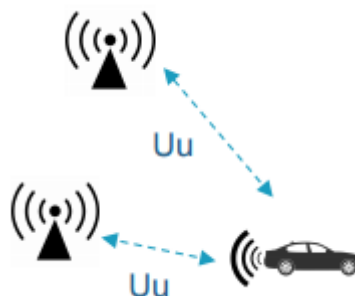


[Izvor: <http://www.ieeevtc.org>]

Slika 10: Proces ostvarivanja direktne veze između vozila

Slika 10 prikazuje zahtjev za komunikacijom na izravnoj mreži (*unicast*), mreža zatim dodjeljuje resurse kako bi se ostvarila komunikacija između uređaja, te na kraju vozila imaju izravnu konekciju.

Zahtjev 4 – osigurati visoku dostupnost i pouzdanost (osobito potrebno u sigurnosnim aplikacijama, nužno je osigurati sinkronizaciju čak i kad su vozila izvan mrežne pokrivenosti, te osigurati više veze zbog slučaja prekida ili neuspjeha veze (slika 11).



[Izvor: <http://www.ieeevtc.org>]

Slika 11: Prikaz povezivanja više veza s vozilom

Slika 11 prikazuje više veza povezanih s vozilom kako bi u slučaju prekida ili neuspjeha druga mreža mogla nastaviti sa svojim radom.

Zahtjev 5 – zaštita privatnosti (prilikom prijave na mrežu zahtjeva se autentifikacija, te na taj način nema zaštite privatnosti. Vozila bi trebala moći komunicirati bez dijeljenja privatnih ključeva, stoga je zahtjev stavljen na *PKI (Public Key Infrastructure)* kako bi se balansiralo između sigurnosti, privatnosti i performansi) [9].

3.2.1 Kooperativna komunikacija između vozilima – V2V

Tehnologija koja omogućava dvosmjernu komunikaciju između dva vozila (slika 12), pružajući na taj način sigurnosna upozorenja i prometne informacije. Kao kooperativni pristup, ovakvi komunikacijski sustavi su znatno učinkovitiji u izbjegavanju nesreća i prometnih zagušenja. Komunikacijska mreža se sastoji od dvije vrste čvorova: vozila i prateće stanice koje funkcioniraju u kratkom dometu približno 1000 [m]. Na taj način vozilo može obavijestiti drugo vozilo da namjerava napustiti autocestu, te razne informacije o dolasku automobila na križanjima i slično. Ako promatramo cjelokupni sustav, možemo reći da osim pozitivnog djelovanja na smanjenje nesreća i nezgoda, također smanjuju i prekomjerne troškove prometnih sudara, obrađuju podatke u stvarnom vremenu pa se uz to štedi vrijeme i gorivo. No ipak, primarni cilj je sigurnost sudionika u prometu, te se preko elektroničkih senzora mogu dobiti potrebne informacije. Upozorenja koja pružaju ovakvi sustavi su:

- Upozorenja o ulasku na raskrižjima;
- Upozorenja o odlasku na autocestama;
- Otkrivanje prepreka;
- Upozorenja naglih zaustavljanja;
- Izvješća o nesrećama.

Za stizanje na odredište postoji uvijek nekoliko mogućih ruta. Prikupljanjem relevantnih informacija možemo pronaći najbolje rješenje u pogledu kraćeg vremena putovanja i uz manje troškove (gorivo, cestarine) [1], [17].



[Izvor: <http://www.kapsch.net>]

Slika 12: Kooperativna komunikacija između vozila

Na slici 12 prikazano je kooperativno povezivanje između vozila radi razmjene informacija koje je označeno virtualnim linijama. U kooperativnim sustavima komunikacijske mreže su neizostavan element. Današnji pametni telefoni i tableti olakšavaju obradu informacija i globalni pristup korisnicima. Takav napredak u tehnologiji slijedi logičan korak u povezivanju između vozila. Bežične mreže temelje se na staničnom konceptu s infrastrukturnom podrškom na način da mobilni uređaji komuniciraju s pristupnim točkama (baznim stanicama) koji su spojeni na fiksnoj mrežnoj infrastrukturi. Neki od primjera takvih bežičnih tehnologija su *GSM*, *UMTS*, *WLL*, *WLAN* i ostali.

Današnja istraživanja usmjerena su na autonomne mreže kojima nije potrebna unaprijed uspostavljena infrastruktura. Takve su *ad-hoc* mreže koje se sastoje od autonomnih čvorova prilikom čega uspostavljaju komunikaciju u svrhu prijenosa podataka. Ako se govori o komunikacijskim vezama između vozila za sada postoje nekoliko kategorija standarda, primjerice *IEEE 1609*, *IEEE 802.11p* koji bi zadovoljio zahtjeve za kvalitetom usluge, sigurnošću, rutiranjem, energijom potrebnom za korištenje i drugo. Osim prethodno navedena dva standarda potrebno je spomenuti i *SAE (Society of Automotive Engineers)* standard razvijen od strane društva automobilskih inženjera kojim su definirani okviri podataka i elementi potrebni za *V2V* i *V2I* sigurnu razmjenu informacija. Nadalje će biti objašnjen princip rada spomenutih standarda [18], [19].

IEEE 1609 (DRSC) – komunikacijski standardi namijenjeni za područja kratkog dometa u sustavima aplikacija za V2V i V2R. Značajke ovog standarda su kašnjenja u komunikaciji te veliki prijenos podataka. *DRSC* posjeduje sedam kanala koji su smješteni prema sljedećem redoslijedu: prvi kanal se koristi za sigurnu komunikaciju; drugi kanal za sigurnu komunikaciju u kritičnim uvjetima; treći kanal služi za javne sigurne komunikacije uz veliku potrošnju, dok su svi ostali kanali nesigurni tj. mogu biti sigurno/nesigurno komunikacijsko područje. Standardi *DRSC*-a su različiti u pojedinim zemljama kao što je prikazano u tablici 2 [20].

Tablica 2: Regionalne razlike *DRSC*-a

Obilježja	Japan	Europa	SAD
Radio stanica	80 MHz	20 MHz	75 MHz
Prijenos podataka	1-4 Mbps	250 Kbps	3-27 Mbps
Komunikacijski raspon	30 m	15-20 m	1000 m (max)
Radio frekvencija	5.8 GHz	5.8 GHz	5.9 GHz

Izvor: [20]

Tehnologije *DRSC*-a kao što je i prikazano u tablici 2 variraju od regionalnog područja. Vidljivo je da se najbolji prijenos podataka, najveći komunikacijski raspon i ostalo ostvaruje u SAD, dok su najlošije karakteristike u Europi.

IEEE 802.11b – protokol koji se može koristiti za bežičnu komunikaciju u sustavima V2V, iako neki izazovi kao što su brzina vozila i povećana mobilnost utječu na uspostavljanje komunikacijske veze. Za rješenje ovakvih izazova dizajnirana je ažurirana verzija *IEEE 802.11p* koja na fizičkom sloju omogućava komunikaciju između vozila velikih brzina. Tzv. *WAVE* protokol radi na svim ostalim OSI slojevima, stoga je u tablici 3 dana usporedba između navedena dva protokola.

Tablica 3: Usporedba standarda *IEEE 802.11b* i *IEEE 802.11p*

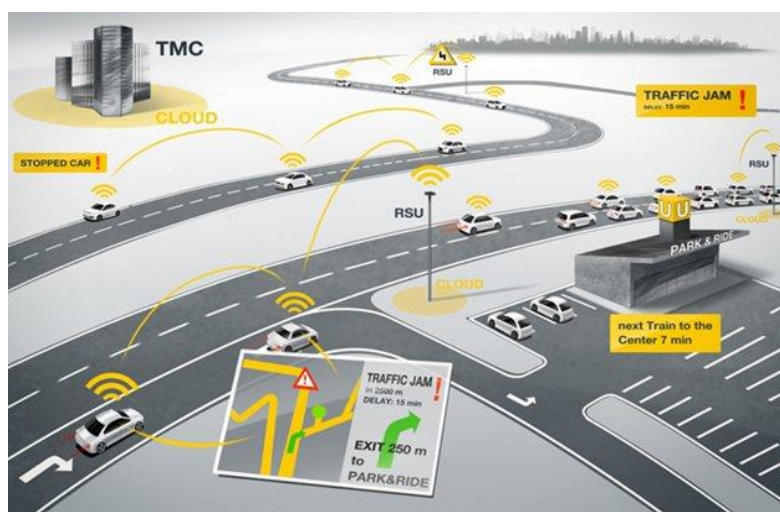
Parametri	<i>IEEE 802.11b</i>	<i>IEEE 802.11p</i>
Propusnost kanala	20 MHz	10 MHz
Prijenos podataka	1-11 Mbps	3-27 Mbps
Vrijeme utora	20 μ s	16 μ s
SIFS vrijeme	10 μ s	32 μ s
Preambula duljine	96 μ s (kratko), 192 μ s (dugo)	32 μ s
Vrijeme propagacije	< 2 μ s	<4 μ s
CW min	31	15
CW max	1023	1023

Izvor: [20]

Tablica 3 prikazuje razliku u parametrima između dva standarda. Uz prikazane parametre može se vidjeti da oba standarda posjeduju prednosti u nekom području, kao što su propusnost kanala, prijenos podataka i sl.

3.2.2 Kooperativna komunikacija između vozila i infrastrukture – V2I

Komunikacija između vozila i infrastrukture (slika 13) je bežična razmjena operativnih podataka namijenjena prvenstveno kako bi se izbjegla moguća zagušenja i omogućio širok spektar sigurnosti i koristi za okoliš. Vozila koja komuniciraju sa infrastrukturom imaju koordinacijsku ulogu na način da prikupljaju globalne ili lokalne informacije o prometnim uvjetima na cesti, a zatim sugeriraju određene manevre u svrhu sigurnosti. Jedan od primjera su senzori (koji mjere prometnu gustoću na prometnicama), a također i brzine, ubrzanje vozila, udaljenost i slično te na temelju tih informacija omogućavaju korisnicima bolji uvid u postojeću situaciju. Prijedlozi za vozila mogu biti emitirani za vozače putem zaslona u vozilu ili izravno na vozila putem bežičnih veza, sve to u svrhu optimizacije cjelokupnih emisija, potrošnje goriva i prometne brzine [1].

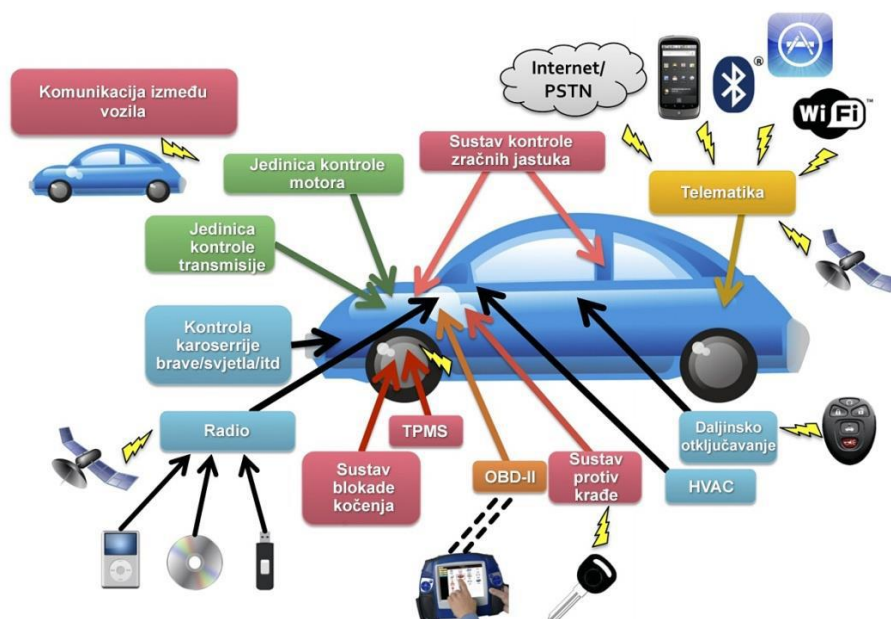


[Izvor: <http://www.kapsch.net>]

Slika 13: Prikaz kooperativne komunikacije između vozila i infrastrukture

Na slici 13 prikazano je povezivanje između vozila, te između vozila i infrastrukture pri čemu vozači putem svojih zaslona u vozilima dobivaju informacije o pristizanju na mjesto prometnog zagušenja.

Kako bi sustav komunikacije bio moguć između vozila i infrastrukture treba sadržavati sljedeće elemente: *OBU (On Board Unit)* tj. telematske sustave u vozilu koji se sastoje od logičkih sklopova za određivanje lokacije, podatkovnu i govornu komunikaciju, te nadzor djelovanja vozila (slika 14). Osim *OBU*, potrebna je odgovarajuća oprema na cesti *RSU (Road System Unit)*, te sigurni komunikacijski kanal. Oprema na infrastrukturi najčešće se implementira na čvorištima ili raskrižjima zbog sigurnosnih mjera no može se postaviti i na drugim dijelovima.



Slika 14: Shema digitalnih ulazno-izlaznih kanala u modernom automobilu [1]

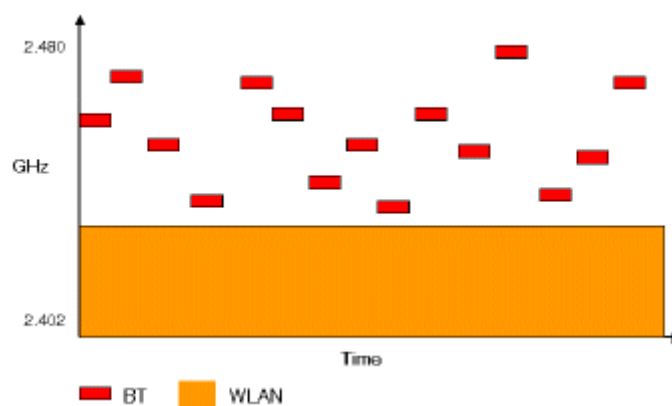
Slika 14 prikazuje pojedine dijelove informacijske i komunikacijske tehnologije koje se mogu koristiti u svrhu komuniciranja između vozača i vozila, te između vozila i infrastrukture. Pritom su prikazane značajke telematike u vozilu preko *GPS*-a, *Wi-Fi*-a i ostalih. Također prikazani su uređaji koji se ugrađuju u radio prijemnike *RDS*, *TMC* i drugi kao elektronička brava, zaštita od provale i ostalo [1].

Za komunikaciju kao i kod *V2V* sustava koristi se *DRSC* sustavi kratkog dometa. Ostale tehnologije korištene pri komunikaciji između vozila i infrastrukture su:

Bluetooth – bežična komunikacijska tehnologija koja se može naći u milijardama uređaja. Svrha je povezivanje uređaja uz visoku razinu sigurnosti, prilikom čega se veza uspostavlja između *Bluetooth* elektroničkih uređaja koji ostvaruju komunikaciju u kratkom dometu. Jedna od najvećih prednosti *Bluetooth* bežične tehnologije jest mogućnost istovremene obrade podataka i glasovnih prijenosa. Raspon *Bluetooth* tehnologije varira od klase koja se koristi stoga razlikujemo:

- klasa 3 radio koja ima raspon do 1 [m];
- klasa 2 radio najčešće u mobilnim uređajima, raspon do 10 [m];
- klasa 1 radio industrijska upotreba, raspon do 100 [m].

Bluetooth tehnologije rade u otvorenom i nelicenciranom području u rasponu od 2.4-2.485 [GHz] (slika 15). Kao takav dostupan je mnogim zemljama, dok se najčešće koristi radio iz klase 2 koji koristi 2.5 [mW] energije. U kooperativnoj vezi V2I može se koristiti kao kanal primjerice između vozila i semafora. Danas nekolicina proizvođača nudi sustav *Bluetooth*-a sa sposobnostima za kontrolu prometa, javni prijevoz, mjerenje tokova prometa što u slučaju vozila, što u slučaju pješaka. Budući da je navedena tehnologija ugrađena u pametnim telefonima, tabletima, sustavima za navigaciju i sl. moguće je odrediti točnu lokaciju entiteta, dok povezujući MAC adrese s dvije različite lokacije moguće odrediti točno vrijeme trajanja putovanja.



[Izvor: <http://www.mogi.bme.hu>]

Slika 15: Izbjegavanje kolizije korištenjem AFH-a

Slika 15 prikazuje adaptivnu frekvenciju *Bluetooth* tehnologije sa skokovima – *AFH* (*Adaptive Frequency Hopping*) koja posjeduje sposobnosti dizajnirane kako bi se smanjila interferencija između bežičnih tehnologija (primjer *Wi-Fi*) koje dijele spektar 2.4 [GHz]. *AFH* radi na način da iskorištava sve raspoložive frekvencije, dok adaptivno skakanje između 79 frekvencija od 1 [MHz] daje visok stupanj imuniteta na smetnje i stoga omogućuje učinkovitiji prijenos.

Najnovija *Bluetooth* tehnologija naziva *Bluetooth 4.0* (*Bluetooth Smart – Low Energy*) posjeduje minijaturnu bateriju s dugim trajanjem što je značajna promjena jer upravo taj zahtjev je trebao biti ispunjen kako bi korištenje pametnih telefona ili sličnih uređaja bilo

efikasnije. Neke od značajki navedene tehnologije su: niska cijena, interoperabilnost, veći raspon i sl. [18].

Osim *Bluetooth* tehnologije često je primjenjivan i sustav *Wi-Fi* također bežični sustav zasnovan na *WLAN* tehnologiji namijenjen širokopojasnoj podatkovnoj komunikaciji. Pogodan je za pristup internetu i širokopojasnoj komunikaciji samo u slučaju kada brzina vozila nije prevelika. Pripada skupini standarda 802.11 koja trenutno sadrži šest načina bežične modulacije signala.

WiMAX tehnologije pripadaju skupini mreža *MAN (Metropolitan Area Networks)* koje su najčešće rasprostranjene u gradovima. *WiMAX* mreža zasnovana je na ćelijskim tehnologijama i namijenjena je za prijenos velikih količina podataka ukoliko brzina prometnih entiteta nije prevelika. Navedena tehnologija je skup interoperabilnih tehnologija [21], [22].

3.2.3 Kooperativna komunikacija između vozila i korisnika – V2U

U razvoju suvremenog društva primjenjuju se moderne informacijske i komunikacijske tehnologije, pri čemu se u prometnim sustavima navedene tehnologije objedinjuju kao telematika. Primjena telematike ubraja upotrebu računala za kontrolu i nadziranje sustava putem *GPS*-a, digitalnih autokarata, te izabiranje optimalne rute sve u svrhu produktivnosti i sigurnosti vozila i vozača. Primjenom telematskih sustava informacije se prosljeđuju u realnom vremenu, a omogućen je i potpuni nadzor vozila. U ovom poglavlju definiramo kooperativnu komunikaciju između vozila i korisnika (*vehicle to user – V2U*), a kao primjere takvih tehnologija možemo navesti telekomunikacijske usluge u obliku *hands free* mobitel, *FM* i radiodifuznih digitalnih prijemnika (*Radio Data System – RDS*), raznih audio sustava sposobnih za reprodukciju, navigacijskog sustava i ostalo. Kombinacijom tih uređaja osiguravamo korisniku prednosti koje se očituju u manjim troškovima, mogućnosti dobivanja informacija u bilo koje vrijeme i na bilo kojem mjestu. Navigacijski sustavi omogućuju korisniku dobivanje informacija o vremenskim prilikama, stanju prometa na cestama, alternativnim pravcima i ostalo. Kod sustava prometnih znakova i prometnih poruka u autoradijske prijamnike se ugrađuje *RDS* koji u slučaju važne obavijesti prekida emitiranje i javlja prometnu informaciju [1].

RDS (Radio Data System) je jednosmjerni sustav odašiljanja koji omogućuje transmisiju dodatne digitalne informacije preko *FM* radio frekvencije na kanalu od 57 [kHz],

dok mu je kapacitet relativno mali a iznosi <1200 [bit/s]. Preko *RDS*-a prenosi se više vrsta informacija, jedna od njih je *TMC (Traffic Message Channel)* za koju je potreban dekodirer kako bi vozač mogao raspoznati informaciju na svom *display*-u. *RDS/TMC* predstavlja efikasnu metodu za odašiljanje prometnih informacija prema vozilu te bi u budućnosti vrlo lako mogli zamijeniti govorne pametne poruke. Osim ograničenog kapaciteta nedostaci se očituju kod odašiljanja poruka koje često nisu relevantne za individualnog vozača upravo iz razloga jer *RDS* obuhvaća široko područje. Nadalje, zbog jednosmjerne transmisije vozač nije u mogućnosti postaviti upit u određenoj situaciji niti *RDS* sustavu niti upravljačkom prometnom centru.

Globalni navigacijski sustavi (*GNSS*) pružaju informacije o geoprostornom pozicioniranju s pogreškom od samo nekoliko metara. Razlikujemo nekoliko navigacijskih sustava ovisno o području nastanka, no u našem području najpoznatiji je *GALILEO*. Navedeni sustav je europski navigacijski sustav i temelji se na konstelaciji od 30 satelita u orbiti, pruža informacije o poziciji korisnika (lokacija vozila, traženje smjera, kontrola brzine, sustav vođenja i sl.), društvene usluge, sustave zemljopisnih informacija, sustave traženja i spašavanja te niz drugih.

Kooperativna komunikacija između vozila i korisnika se najvećim dijelom odvija preko sustava koji su ugrađeni u vozilu, no ponekad je potrebno koristiti aplikacije koje olakšavaju pretraživanje potrebnih informacija [21].

3.2.4 Kooperativna komunikacija između infrastrukture i korisnika – *I2U*

Komunikacija između infrastrukture i korisnika (*infrastructure to user – I2U*), odnosi se na davanje informacija infrastrukture vozačima, biciklistima i pješacima. Veliki problem se javlja u gradovima gdje je gustoća pješačkog prometa izrazito velika, pa samim time pješaci ne koriste samo nogostup već i biciklističke staze. Ako promatramo područje izvan naselja, pješaka je malo, a nogostupa gotovo i nema, dok unutar naselja gustoća je znatno veća. Isti problem se pojavljuje i kod vozača motornih vozila, pri čemu nastaju zagušenja na najkorištenijim prometnicama. U skladu sa time, treba osigurati infrastrukturu koja bi olakšala svim korisnicima sigurnije i učinkovitije putovanje. Zone bez automobila (zone ograničenog pristupa vozilima), najbolje su rješenje za bicikliste i pješake, gdje su dovoljni samo prometni

znakovi kojima se biciklisti izuzimaju od zabrane vozila. U idealnim uvjetima trebala bi postojati infrastruktura koja odjeljuje biciklističke staze od pješačkih zona.

Prometni znakovi koji mogu biti stalni i promjenjivi u izravnom su kontaktu sa korisnicima. Sadrže različite obavijesti od znakova opasnosti, izričitih naredbi, dopunskih ploča i drugo, a također postoje oznake na kolniku i drugim površinama. Svrha prometnih znakova jest u informiranju korisnika i važno je njihovo značenje da li su stalni ili promjenjivi (slika 16). Izrađuju se od materijala reflektirajućih svojstava da bi bili vidljivi u svim vremenskim uvjetima. Ako se uređajem za davanje svjetlosnih znakova upravlja prometom biciklista pri prijelazu biciklističke staze na kolniku, tada se svjetlo na uređaju označuje na tamnoj podlozi i prikazuje slobodan ili zabranjen prolaz za bicikliste [1].



[Izvor: <http://www.prometna-signalizacija.com>]

Slika 16: Prikaz promjenjivih prometnih znakova

Slika 16 prikazuje znakove ograničenja, u ovom slučaju do 80 [km/h] zbog magle na prometnici. Takav način obavještavanja omogućava korisnicima komunikaciju s infrastrukturom na način kako bi vozači primili odgovarajuća upozorenja te ih mogli primijeniti u svrhu vlastite sigurnosti.

3.3 Prateći projekti kooperativnih sustava

U zadnjem desetljeću Europska komisija financirala je čitav niz projekata vezanih uz kooperativne sustave kako bi se istražila područja optimalnosti, povećanje sigurnosti, podrška

vozačima i slično. U nastavku biti će dan pregled tri najznačajnija projekta koja su odgovorna za proširenje europske ITS arhitekture.

- CVIS projekt (2006.-2010.)

Projekt je započeo s radom u veljači 2006., čiji je prioritet stavljen na definiranje korisničkih zahtjeva i razvoj sustava za nadzor i prikupljanje podataka iz prometne mreže. Fundamentalna tehnologija koja je neophodna za kooperativne sustave temelji se na komunikacijskim tehnologijama tj. sučelja koja se nalaze u vozilima moraju biti povezana s vanjskom infrastrukturom. U navedenom projektu korištena je mrežna tehnologija 2.5/3G za bežično lokalno umrežavanje između vozila i umrežavanje između vozila i infrastrukture. Ciljevi koji se nastoje ostvariti CVIS projektom su: stvaranje jedinstvene platforme za pozicioniranje vozila, njihovo umrežavanje, stabilna infrastruktura koja omogućuje komunikaciju V2V, I2V (postojeću i buduću), razne aplikacije za postizanje sigurnosti, te mnogobrojne prednosti za korisnike. U konačnici, glavni cilj je stvoriti jedinstveno tehničko rješenje koje će omogućiti komunikaciju na transparentan način, bez smetnji i prekida korištenjem raznih oblika medija.

- COOPERS projekt (2006.-2010.)

COOPERS istraživački projekt započeo je također sa svojim radom u veljači 2006. Navedeni projekt omogućava vozačima i vozilima informacije u stvarnom vremenu vezane za trenutnu lokaciju, sigurnosni i prometni status čije su informacije distribuirane s infrastrukture (I2V). Ovakav pristup obuhvaća i koncept autonomnih sustava na način da se razmjena informacija o trenutnom stanju na prometnicama vrši bez ljudskog faktora. Komunikacija između infrastrukture i vozila znatno će poboljšati kontrolu prometa i sigurnost putem pouzdanog prijenosa podataka. Vizija COOPERS projekta je povećati sveukupnu sigurnost u situacijama gustog prometa, te omogućiti kooperativno upravljanje prometom razmjenom stvarnovremenskih informacija. Cilj je definirati, razvijati i testirati usluge koje su povezane preko opreme i aplikacija iz perspektive upravljanja prometom.

- SAFESPOT projekt (2006.-2010.)

Strateški cilj SAFESPOT projekta jest „razumjeti“ kako inteligentna vozila i prometnice mogu surađivati u svrhu povećanja sigurnosti u prometu. Navedeni projekt razvio je „sigurnosnog pomoćnika“ koji unaprijed otkriva potencijalno opasne situacije analizirajući okolinu kao potporu sustavima V2V i I2V. Ključni zadatak projekta jest izraditi arhitekturu sustava upozorenja o stanju na prometnicama. Ostali ciljevi su povećanje asortimana usluga, kvalitete i pouzdanosti informacija u realnom vremenu te podrška vozačima u procesima sigurnijeg manevra tijekom vožnje. Osim toga teži se optimiziranju intervencija vozila žurnih službi u kritičnim situacijama, i na kraju povećanje sigurnosti za sve sudionike u prometu uključujući automobile, kamione, motocikle i pješake [2], [23].

PROMETNIH I PUTNIH PODATAKA

Kao odgovor na današnji globalni razvitak na svim područjima, pogotovo u polju prometa i transporta (rapidan rast broja vozila, povećanje prometnih nesreća i nezgoda, rast troškova, potreba za ažurnim i kvalitetnim informacijama...) razvijaju se inteligentni transportni sustavi – ITS. ITS objedinjuje telekomunikacije, elektroniku i informacijske tehnologije zajedno s prometnim inženjerstvom u svrhu planiranja, dizajniranja i održavanja prometnog sustava. Real-time informacije svakim danom predstavljaju nezaobilazan element kojem teži svaki korisnik kako bi primjenom istih osigurao manje kašnjenje i trošak, smanjio stres, te doznao upravo one informacije koje su mu potrebne u tom trenutku.

Od raspoloživih tehnologija za povezivanje fizičkih podsustava ITS-a (prometnica, centara, vozila, terminala, vozača, putnika i dr.) koriste se žični i bežični komunikacijski sustavi koji mogu biti od kratkog do globalnog dometa. Žični sustavi izvode se svjetlovodima, koaksijalnim kablovima i bakrenim paricama jer su primjenjivi pri povezivanju fiksnih objekata. Navedeni sustavi omogućuju komunikaciju sa entitetima putem zemaljskih ili pak satelitskih veza. Bežični i mobilni ćelijski sustavi su češće primjenjivati zbog nepotrebne infrastrukturne opreme. Korištenje Interneta zauzima prvo mjesto u skladu s rastućom dominacijom te tehnologije. Izbor mogućih tehnologija u razmjeni informacija ovisi o poznavanju korisničkih zahtjeva ali i raspoloživih tehničkih rješenja. Teleprometni zahtjevi imaju izraženu stohastičnost i razlikuju se za pojedine oblike informacija odnosno određene teleusluge. Temeljni zahtjevi su:

- potrebna širina kanala tj. *bandwidth*;
- vremenska transparentnost prijenosa tj. kašnjenje;
- semantička transparentnost ili osjetljivost na pogreške.

U konačnici za pojedine ITS interaktivne tj. real-time usluge ne smije se dovesti u pitanje niti prostorna dostupnost niti vremenska transparentnost koje takve usluge zahtijevaju [15].

4.1 Normizacija ITS usluga

U području normizacije ITS usluga (tablica 4), jedna od stavki jest informiranje putnika (*Traveller Information*), koja se odnosi na pružanje informacija korisniku prilikom kretanja na

put ili neposredno prije. Normizacija pojedinih komponenti, procesa i sustava preduvjet su za uspješnu realizaciju svih segmenata pametnih gradova. Time se osigurava široki prostor za inovacije jer kvalitetna normirana sučelja omogućavaju uspješnu komunikaciju s drugim dijelovima sustava od različitih proizvođača. Predviđaju se velika ulaganja u razvoj pametnih gradova i zbog toga još veću važnost imaju regionalne i međunarodne norme. Za razvoj i izgradnju gradova značajnu ulogu imaju norme (*International Organization for Standardization* - ISO), stoga su ITS usluge normizirane na međunarodnoj razini. Međunarodna organizacija za standardizaciju ISO početno je normizirao ITS usluge fokusirane na cestovni promet 1990. godine dokumentom ISO TR 14813-1 –*Transport information and control systems — Reference model architecture(s) for the TICS sector*. Njime je definirano osam funkcionalnih područja na kojih je još 1999. godine na novoj klasifikaciji dodano još tri područja, te skup trideset i dvije usluge [1].

Tablica 4: Normizirane ITS usluge fokusirane na cestovni promet

Definirana područja 1990. Godine	Definirana područja 1999. Godine
• informiranje putnika (<i>Traveller Information</i>), • upravljanje prometom i operacijama (<i>Traffic Management and Operations</i>), • pomoć vozaču i kontrola vozila (<i>Driver Assistance and Vehicle Control</i>), • prijevoz tereta i komercijalne operacije vozila (<i>Freight Transport and Commercial Vehicle Operations</i>), • javni prijevoz (<i>Public Transport Operations</i>), • žurne službe (<i>Emergency Service</i>) i servisne službe, • elektronička plaćanja (<i>Electronic Payment</i>), • osobna sigurnost (<i>Personal Safety</i>).	• informiranje putnika (<i>Traveler Information</i>), • upravljanje prometom i operacijama (<i>Traffic Management and Operations</i>), • vozila(<i>vehicles</i>), • prijevoz tereta(<i>freight transport</i>), • javni prijevoz(<i>public transport</i>), • žurne službe(<i>emergency</i>), • elektronička plaćanja vezana za transport (<i>Transport Related Electronic Payment</i>), • sigurnost osoba u cestovnom prijevozu (<i>Road Transport Related Personal Safety</i>), • nadzor vremenskih uvjeta i okoliša (<i>Weather and Environmental Monitoring</i>), • upravljanje odzivom na velike nesreće (<i>Disaster Response Management and Coordination</i>), • nacionalna sigurnost i zaštita (<i>National Security</i>).

Izvor: [1]

U tablici 4 prikazane su normizirane ITS usluge koje su prvi put definirane 1990. godine , a sastoje se od osam funkcionalnih područja i trideset dvije usluge. Nova klasifikacija napravljena 1999. godine sadrži dodatno još tri funkcionalna područja (nadzor vremenskih uvjeta i okoliša, upravljanje odzivom na velike nesreće i nacionalna sigurnost i zaštita), koji su se sa vremenom pokazali neophodni.

U sljedećem poglavlju opisani su predputno i putno informiranje kao jedna od 32 temeljne usluge prema ISO normizaciji, pri čemu je opisana važnost i korištenje takvih usluga uz dodatak savjetovanja vozačima [1].

4.2 Predputno informiranje

Predputno informiranje se odnosi na dobivanje informacija prije samog početka putovanja. Upravo zbog takvog sustava korisnicima je omogućeno informiranje o postojećim situacijama u prometu, te oni mogu donijeti razne odluke koje utječu na sam čin kretanja na put. Odluke koje se mogu donijeti ovise o izboru rute, modu prijevoza i slično, a također koristeći aplikaciju „*Tom Tom*“ (slika 17) možemo izabrati da li želimo najbržu ili najkraću rutu, pješaćenje ili čak biciklizam. Predputne informacije mogu biti dostupne korisnicima putem različitih medija tj. telekomunikacijskih terminalnih uređaja kao što su: fiksni telefoni, radio, TV, računala, mobilni aparati... Sustav predputnog informiranja omogućuje korisnicima pristup multimodalnim transportnim informacijama kod kuće, na poslu, te raznim drugim lokacijama. Informacije koje ovaj sustav pruža su: tranzitne rute, rasporedi vožnje, multimodalne veze s ostalim oblicima prometa, specijalni događaji, predviđenim zagušenjima i brzinama vožnje na pojedinim rutama, vremenskim uvjetima, „*real-time*“ informacijama o incidentima [1].



[Izvor: <https://www.google.hr/search?q=aplikacija+tom+tom&espv>]

Slika 17: Ilustrativni prikaz "Tom Tom" mobilne aplikacije

Slika 17 prikazuje aplikaciju „Tom Tom“ koja nam pruža mogućnost informiranja prije kretanja na put na način da nam pruža podatke o najbržim ili najkraćim rutama, također plan putovanja ako želimo izbjeći autoceste ili ako se radi o malim udaljenostima pješaćenje i biciklizam.

4.3 Putno informiranje

Usluga sustava za putno informiranje spada u skupinu usluga putnih informacija koja se realizira integrirano sa drugim informacijskim uslugama. Svrha ovakve usluge je pružiti kvalitetnu informaciju vozaču (i putnicima) o prometnim uvjetima nakon početka putovanja. Uz pomoć tih informacija vozač ili putnik u vozilu može izabrati rutu ili način putovanja. Također ovakav sustav informiranja daje podatke o prometnim nezgodama pa vozač može izbjeći opasne situacije odabirom druge rute ili usporavanjem vozila (osobito na autocesti) [1]. Putne i prometne informacije mogu se dostaviti putem različitih kanala primjerice tradicionalnim putem (radio), inovativnim načinima (navigacijom u vozilu, pametnim telefonima i sl.). Osim navedenih tehnologija putne informacije mogu se dobiti također preko javnih prijevoznika, informacijskih pružatelja usluga, cestovnih operatera, organizatora događaja i ostalo.

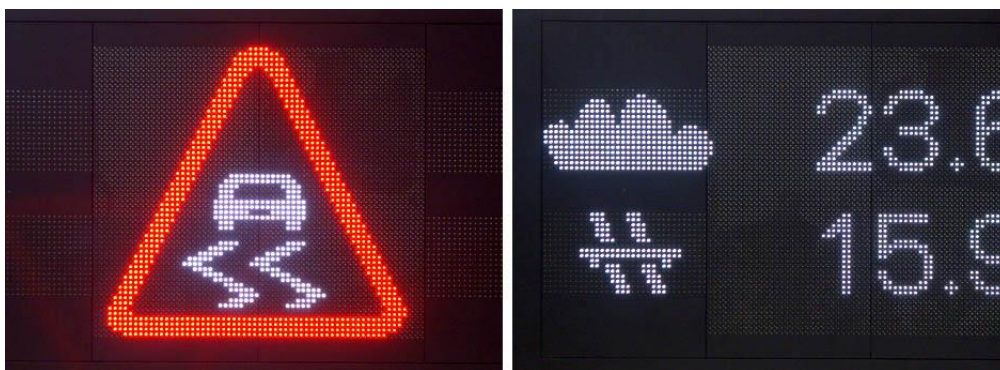
Svrha putnih i prometnih informacija jest prikupljanje podataka (interno/eksterno), a zatim ih isporučiti krajnjim korisnicima. Usluge putnih informacija dostupne su korisnicima na:

- display*-ima/postajama/čvorištima (statičke i dinamičke);
- on-board* prikazima;
- internetu;
- telefonske usluge (uključujući *SMS*);
- aplikacijama na pametnim telefonima.

Vozačima motocikala ili biciklistima iste informacije dostupne su na sličan način ovisno o opremljenosti telematičkim sustavima. Informacije koje se na taj način isporučuju su *real-time* prirode, primjerice gdje su pozicionirana zagušenja u prometu, zatvaranje prometnica, dostupna parkirna mjesta i sl.

Internet je glavni izvor putnih i prometnih podataka posebice iz razloga jer korisnici mogu besplatno pristupiti velikom broju *web* stranica. Osim podataka koji se odnose na putno planiranje, dostupne su obavijesti o izvanrednim događajima te na taj način korisnici mogu vrlo lako izračunati troškove za odabranu rutu.

VMS je jedan od tradicionalnih medija koji služe prilikom obavijesti, nalaze se na cesti ili prikačeni iznad kolnika. *VMS* pruža informacije u stvarnom vremenu o prometnim situacijama, ograničenjima brzine, upozorenjima o zagušenjima, vremenskim uvjetima i sl.(slika 18).



[Izvor: <http://www.novatronic.rs>]

Slika 18: Prikaz promjenjivih prometnih znakova

Na slici 18 dan je prikaz promjenjivih prometnih znakova koji prikazuju vremenske uvjete na cesti tj. sklisku cestu, temperaturu i oborine.

Navigacijski sustavi s priključkom stvarnovremenskih informacija o prometu postali su popularni zadnjih nekoliko godina. Usluga koja prikuplja podatke iz različitih izvora i integrira ih u vremenu od 1 [min] te se na taj način mogu izračunati najbolje rute zbog ažuriranih informacija.

Rezultati dobiveni simulacijskim testovima pokazali su da ukoliko se koriste *web* stranice prilikom putovanja korisnici će na godišnjoj razini imati manje kašnjenje od 5.4%, smanjenje opasnosti od nezgoda 0.5% te 1.8% manje potrošnje goriva. Istraživanja su također pokazala da oko 33% putnika želi prilagoditi svoje vrijeme polaska na temelju *real-time* informacija, dok njih 52% želi skratiti vrijeme putovanja. Također vidi se smanjenje u redu čekanja za pojedinu uslugu od 9.5 te povećanje brzine u prosjeku od 2.5% korištenjem navigacijskih uređaja [24].

4.4 Primjena aplikacija i protokola u funkciji razmjene *real-time* informacija

U vremenu kada su sekunde od presudne važnosti u prometnom sustavu nužno je osigurati sve moguće tehnologije koje su na raspolaganju. Jedna od takvih modernih tehnologija jest svakako *DATEX II* protokol.

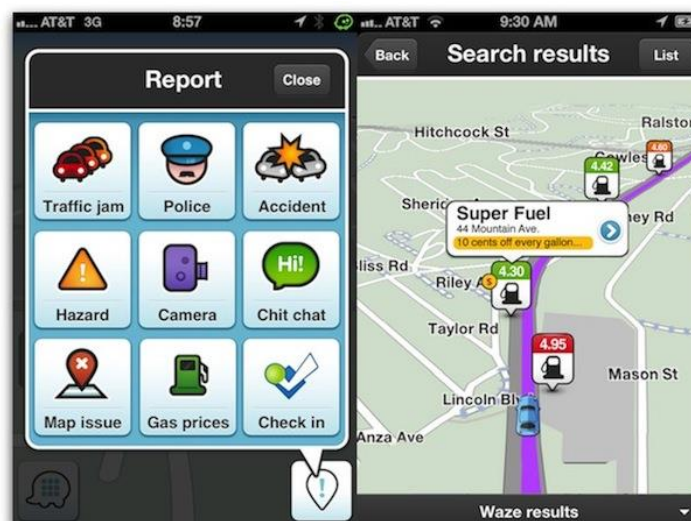
DATEX II protokol je alat za pružanje standardiziranog načina komuniciranja i razmjene prometnih informacija između prometnih središta, davatelja usluga, prometnih operatera i medijskih partnera. Osiguran je usklađen način razmjene podataka na razini sustava, kako bi se omogućilo bolje upravljanje prometnom mrežom. Ključ za uspješnu razmjenu informacija u prometu nalazi se u tome što se komunikacija izravno vrši između kontrolne postaje sa ostalim operativnim sustavima što znatno povećava sigurnost i učinkovitost prometnih mreža. Usklađivanje i standardizacija strukture podataka i razmjene informacija temeljni su izazovi u informacijskom društvu. *DATEX II* vrlo je važan u primjeni cestovnog prometa, a glavna područja primjene upotrebe su:

- preusmjeravanje, upravljanje mrežom i prometom, planiranje upravljanja;
- u aplikacijama, za mjerenje dinamičke brzine i ograničenja;
- u informacijskim sustavima za razmjenu informacija;
- kod koordinacije i usklađivanja prometa i ostalo.

Domena djelovanja *DATEX II* protokola pridaje posebnu pozornost vezanu za pitanja interoperabilnosti koja proizlaze iz potrebe za kooperativnom suradnjom operatera i nesmetanu razmjenu informacija. Prometni centri su u središtu brojnih ITS aplikacija, koje su potrebne za nadzor prometne situacije kao neizostavna aktivnost prilikom upravljanja. Takvi centri su glavni akteri koji osiguravaju operativne i upravljačke aktivnosti. Razvitkom tehnologije danas, prometne informacije su sada u velikoj mjeri dostupne u vozilima i kod kuće, pa su same po sebi alat za upravljanje [25].

Prilikom korištenja informacija u stvarnom vremenu postoji čitav niz mobilnih aplikacija. U ovom diplomskom radu biti će obrađena aplikacija *WAZE* kao jedna od najučinkovitijih i najkorištenijih aplikacija.

WAZE je besplatna društvena aplikacija za mobilne uređaje (slika 19) sa *GPS* podrškom koja daje informacije vremenu putovanja, pojedinostima rute i ostalo. Razlikuje se od tradicionalne *GPS* navigacije, jer se prikupljanje podataka i informacija o stanju u prometu dobivaju od samih korisnika koji mogu prijaviti nesreće, prometne gužve i sl. Osim podataka o prometu, također se mogu dobiti i ostale informacije kao što su razne znamenitosti i događanja, benzinske postaje i sl.. Nedostaci korištenja ove aplikacije očituju se u tome jer je aplikacija previše društvena i nudi jako puno opcija, što je nepraktično u vožnji, također korištenjem aplikacije potrošnja baterije je znatno brža. Budući da aplikacija *WAZE* locira vozilo te informira korisnike koji su na toj ruti. *WAZE* se može koristiti bilo gdje u svijetu, ali samo pojedine zemlje imaju potpunu kartu a to su: SAD, Kanada, Velika Britanija, Francuska i druge. Informacije o prometu su u stvarnom vremenu, kao i specifična upozorenja jer aplikacija šalje anonimne informacije uključujući brzinu i položaj pojedinog korisnika. Svi podaci koji se prikazuju su generirani sa strane korisnika što znači da masovnost korištenja aplikacije utječe na veću točnost i količinu informacija. U dosadašnjoj upotrebi *WAZE* aplikacija se pokazala jako učinkovita u odnosu na neke druge navigacijske aplikacije [1], [26].



[Izvor: <http://www.pokreniposao.hr>]

Slika 19: Prikaz sučelja WAZE aplikacije

Slika 19 prikazuje WAZE aplikaciju koja se razlikuje od ostalih navigacijskih aplikacija u tome što posjeduje mogućnost razmjene podataka u stvarnom vremenu među samim korisnicima aplikacije. Kao što se vidi na slici, korisnik u izborniku može odabrati područje koje ga zanima kao što su mjesta na kojima su postavljene kamere, da li se na njegovoj ruti nalaze zagušenja ili nesreće, gdje je optimalna cijena goriva i ostalo.

4.5 Prednosti *real-time* informacija za putnike

Svrha sustava za razmjenu informacija u stvarnom vremenu podrazumijeva niz prednosti i unaprjeđuje dosadašnju informacijsku i komunikacijsku tehnologiju. Nadalje će biti prikazano pet glavnih značajki za korisnike.

- Smanjenje troškova

korištenjem podataka u stvarnom vremenu (o stanju na prometnicama) utječe se na potrošnju goriva čije cijena konstantno raste svakom godinom. Sintezom neiskorištenih ruta, vozila i operatera agencije svojim korisnicima omogućuju efikasnija rješenja.

- Povećanje tranzita

budući da su statički vozni redovi često daju netočne informacije, potrebno ga je ažurirati u skladu s promjenom uvjeta na cesti što rezultira povećanjem sveukupnog tranzita.

- Rješenje putničkih pritužbi

jedan od najčešćih prigovora korisnika odnosi se na nedolazak autobusa (ili nekog drugog prometnog entiteta) prema zadanom voznom redu. Na taj način sav pritisak se vrši na samog vozača, stoga je to riješeno s implementacijom uređaja na putničkim stajalištima uz ažuriranu informaciju o polasku ili dolasku određenog entiteta.

- Brži odziv na incidentne situacije i nesreće

korištenje stvarnovremenskih podataka može biti presudno u slučaju života i smrti. Dojava o trenutnoj lokaciji u izvanrednim situacijama kao što su otmice, bombaški napadi, prometne nezgode ili sl. olakšava operateru njegov posao koji može utjecati na brži odziv žurnih službi.

- Upravljanje operacijama na rutama koje nisu fiksne

značajno posebice na događajima koji ne koriste često korištene rute kao što su sportski događaji, koncerti i sl. Pravodobne informacije ostvaruju zadovoljstvo korisnika ukoliko želi prisustvovati takvim događajima bez svog osobnog vozila. Na taj način korisnici se mogu osloniti na pouzdanost prijevoznčkih usluga i znati točno vrijeme polaska i dolaska na željeno mjesto [27], [28].

5 ANALIZA KORISNIČKIH ZAHTEVA U PREDPUTNOM I PUTNOM INFORMIRANJU

Primarni korak prema ispunjenju korisničkih zahtjeva, zahtjeva identificiranje potencijalnih korisnika. U skladu s time europska ITS arhitektura definira sljedeću podjelu grupa korisnika:

- *WANT IT* – korisnici navedene grupe žele sustav koji bi riješio prometne probleme na način da se osigura dostupnost informacija široj populaciji o transportnim manevrima, javnom prijevozu, raznim operatorima i slično;
- *MAKE IT* – u ovoj skupini korisnika naglasak je stavljen na objedinjenje svih komponenata (hardverskih i softverskih) u jednu cjelinu koji obuhvaćaju proizvođače vozila, telekomunikacijske operatore, davatelje usluga i drugo;
- *USE IT* – ova skupina sadrži dvije grupe korisnika (primarni i sekundarni). Primarni korisnici uživali bi dobrobit od krajnjeg rezultata sustava a tu pripadaju putnici, poslovni korisnici, putnici s posebnim potrebama i sl. Sekundarni korisnici bi kontrolirali sustav u svrhu kontrole prometa i žurnih službi;
- *RULE IT* – lokalne i nacionalne vlasti imaju odgovornost prilikom izdavanja propisa o tome kako implementirati određeni sustav i koristiti ga. U ovu skupinu korisnika pripadaju razna ministarstva (prometa, financija...), tijela Europske unije i slično [29].

5.1 Karakteristike definiranih zahtjeva

Zahtjevi (*requirements*) predstavljaju izjave koje usmjeruju ili ograničavaju razvoj sustava, a glavni akteri koji generiraju zahtjeve su *stakeholderi* tj. interesne skupine. Dobro definirani zahtjevi moraju biti u okvirima određenih uputa i kriterija kao što su: minimiziranje broja zahtjeva, razvrstavanje zahtjeva prema pojedinim područjima, otkrivanje ponavljanja, uklanjanje sukoba među zahtjevima, eliminacija nepotrebnih zahtjeva i slično.

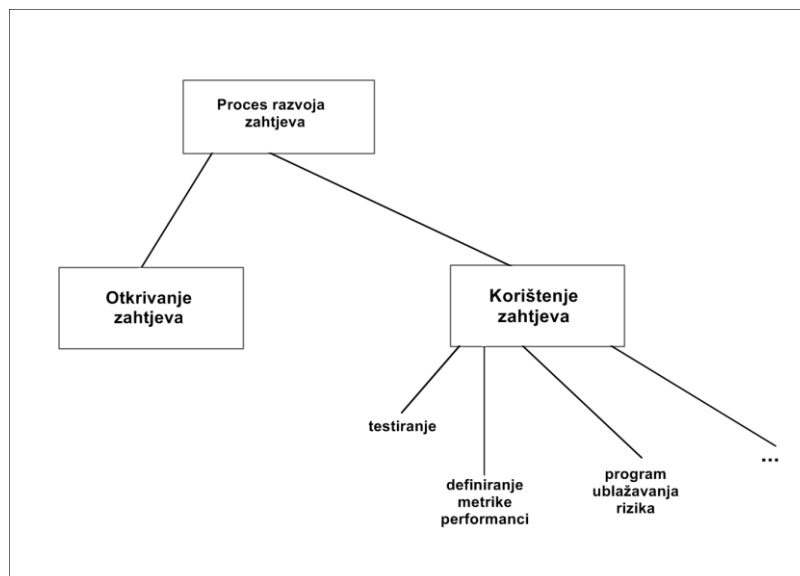
Prema kriterijima zahtjevi moraju zadovoljavati pravila:

- jedinstvenosti (svaka izjava mora biti jedinstveno identificirana);
- izvedivosti (tehnički ostvarivo u okviru troškova i rasporeda);

- pravne kriterije (zakonski izvedivo);
- jasnoće (iskazi u razumljivom obliku);
- preciznosti (izjave moraju biti precizno izrečene);
- provjerljivosti (svaka izjava mora biti poznata i dostupna provjeri);
- kompletnosti (svi dijelovi zahtjeva prisutni);
- dosljednosti (nema zahtjeva koji su u sukobu);
- strukturiranosti (jasna struktura zahtjeva);
- kvalificiranosti (postignut stupanj sljedivosti) [30].

5.1.1 Proces razvoja zahtjeva

Proces razvoja zahtjeva sastoji se od više koraka sa različitim provjerama i korekcijama na osnovi prvobitnih zahtjeva, ukoliko za to postoji potreba. Sustavski inženjer pomaže korisnicima i zainteresiranim skupinama jasnije postavljanje zahtjeva kako bi usluga što prije postala funkcionalna. U procesu razvoja zahtjeva potrebno je razdvojiti dva osnovna dijela (kao što je prikazano na slici 20), a to su: otkrivanje zahtjeva prilikom identificiranja korisnika i definiranje problema, te korištenje zahtjeva koje obuhvaća testiranje, definiranje metrike performansi, program ublažavanja rizika i ostalo [15].



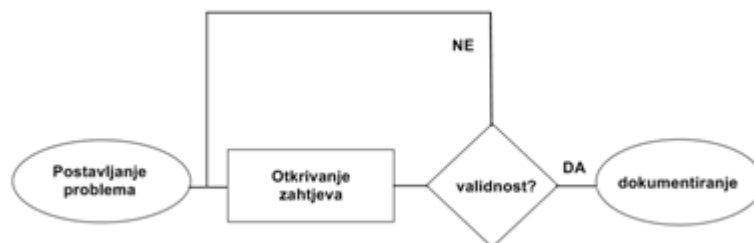
Slika 20: Proces razvoja zahtjeva [15]

Kao što je i prikazano na slici 20 proces razvoja zahtjeva sastoji se od dva koraka – otkrivanje i korištenje zahtjeva. Nadalje korištenje zahtjeva treba obuhvatiti korake testiranja, definiranje metrike, procjenu rizika i sl.

5.1.2 Proces otkrivanja zahtjeva

Proces otkrivanja zahtjeva (slika 21) započinje identificiranjem korisnika i postojeće problematike, a završava se validacijom i potrebnom dokumentacijom zahtjeva koji su povezani za pojedine ITS usluge ili aplikacije. Osnovni koraci u procesu otkrivanja zahtjeva su sljedeći:

1. identifikacija korisnika i definiranje problema;
2. interakcija s korisnikom i pisanje zahtjeva;
3. kontrolni pregled sustavskih zahtjeva;
4. definiranje pokazatelja performanci i troškova;
5. validacija sustavskih zahtjeva.



Slika 21: Proces otkrivanja zahtjeva [15]

Proces otkrivanja zahtjeva (slika 21) prikazuje dijagram čiji je primarni korak postavljanje problema. Nakon toga slijedi otkrivanje zahtjeva te ukoliko su validirani prelaze u dokumentiranje, ukoliko nisu vraćaju se nazad prije otkrivanja zahtjeva.

Kao što je i navedeno u prvom koraku, prilikom otkrivanja sustavskih zahtjeva potrebno je identificirati korisnike ili zainteresirane sudionike čije je uloga postavljanje zahtjeva. Budući da krajnji korisnik ne financira razvoj određenog sustava, često je prisutan problem da zbog uštede u troškovima prilikom razvoja bude dizajniran i proizveden sustav koji sadrži negativne odlike (skup, kompliciran za održavanje i sl.), stoga sustavski inženjer treba postići odgovarajuću ravnotežu troškova u razvoju i održavanju sustava.

U idućem koraku gdje se vrši interakcija sa korisnikom, potrebno je kompletno razumijevanje korisničkih potreba i zahtjeva iz razloga što korisnici često nisu osposobljeni precizno iskazati i prezentirati svoje potrebe. Prilikom pisanja zahtjeva, inženjer mora biti u interakciji sa svim *stakeholderima* koji utječu na zahtjeve (mrežni operatori, regulativne agencije itd.).

Kontrolni pregledi sustavskih zahtjeva provode se u svrhu pronalaženja zahtjeva koji nedostaju, a samim time i eliminaciju nepotrebnih zahtjeva. Osim toga, bitno je osigurati da postavljeni zahtjevi budu ostvareni i da sustav zadovoljava korisničke potrebe.

U četvrtom koraku potrebno je definirati pokazatelje performansi i troškova, pri čemu se koriste kriteriji za procjenu različitih dizajna sustava. Nužno je da svaki pokazatelj ima jedinicu mjerenja ili dobro definirane razine zadovoljenja kriterija.

Na kraju validacijom sustavskih zahtjeva utvrđuje se radno rješenje koje mora biti dizajnirano i izgrađeno prema definiranim zahtjevima kako bi rezultiralo zadovoljstvom korisnika [15].

5.1.3 Vlasništvo zahtjeva

Budući da postoji veliki broj interesnih skupina sa svojim potrebama i zahtjevima, nužno je postaviti odrednice pomoću kojih se zahtjevi klasificiraju kao „nečije vlasništvo“. U daljnjem tekstu biti će prikazani primjeri pojedinih zahtjeva sa odgovarajućim referentnim oznakama.

Primjer 1: **PO.7.12.32**

Primjer 1 referencira se na zahtjev izdan od strane policije, brojevi koji slijede nakon označavaju svaku pojedinu fazu (zahtjevi *stakeholdera* – zahtjeva komponenti) V modela koji će biti objašnjen u nastavku.

Primjer 2: **V.1.1.**

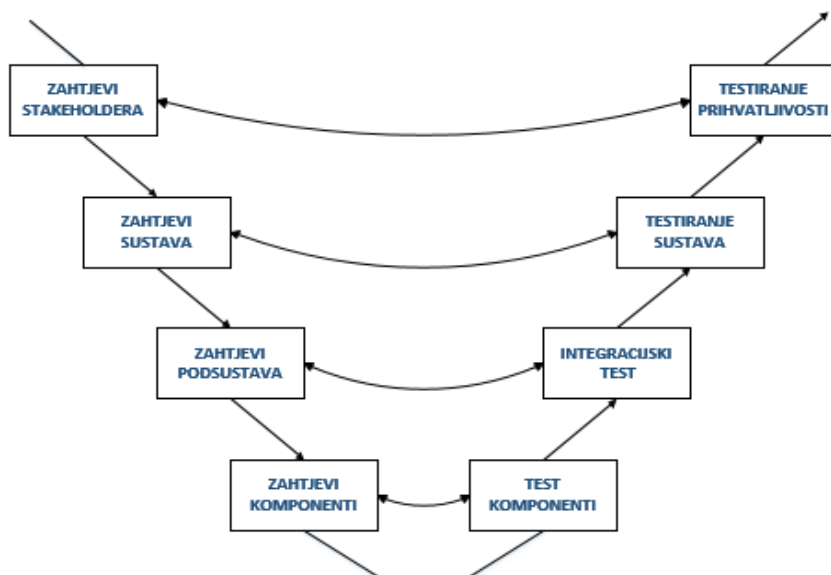
Primjer 2 predstavlja početni zahtjev iz interesne skupine vatrogasaca, na sljedeći način definiraju se zahtjevi:

- V.1.1 (zahtjevi *stakeholdera* – brži odaziv prilikom požara);
- V.1.2 (zahtjevi sustava – veća pokrivenost GPS sustava);
- V.1.3 (zahtjevi podsustava – opremljenost vozila prikladnim telematičkim uređajima) itd.

Zahtjevi se na taj način raspisuju kako bi se obuhvatile sve potrebne faze zbog njihovog testiranja tj. da li moguće na osnovi korisničkih zahtjeva ostvariti željenu implementaciju.

5.2 Testiranje sustava u skladu s korisničkim zahtjevima

Nakon definiranja korisničkih zahtjeva potrebno je napraviti testiranje sustava u skladu s danim zahtjevima (slika 22). Klasični V model se koristi kako bi se prikazale sve faze razvoje te njihov učinak koji ostvaruju na sustav. Navedeni model je učinkovit proces kada korisnički zahtjevi igraju središnju ulogu u razvoju sustava [30].



Slika 22: Testiranje sustava u skladu s korisničkim zahtjevima [17]

Na slici 22 s lijeve strane prikazane su sve faze zahtjeva od *stakeholdera* do komponenti, dok se s desne strane nalaze testiranja svakog pojedinog zahtjeva kako bi se došlo do rezultat koji je u konačnici prihvatljiv ili neprihvatljiv.

5.3 Korisnički zahtjevi prilikom putnog informiranja

Potrebe korisnika definiraju razvoj određenog sustava i njegovu implementaciju uz pojedina ograničenja. U daljnjem tekstu biti će navedeni zahtjevi korisnika za pojedinim uslugama u putnom informiranju. Tablica 5 prikazuje analizu korisničkih zahtjeva prilikom predputnog informiranja s različitih aspekata.

Tablica 5: Korisnički zahtjevi za uslugama u predputnom informiranju

Aspekt	Korisnički zahtjev
sigurnost	sustav mora pružiti informacije o opasnostima i informacije žurnih službi (prva pomoć, vatrogasci, policija i dr.) svim korisnicima
cijena	sustav može pružiti mogućnost naplaćivanja informacija (osim žurnih usluga)
pouzdanost	sustav može pružati točne, pouzdane, vremenski ažurne i razumljive informacije o prometu i putovanju
kriterijska eliminacija	sustav može omogućiti korisnicima da planiraju svoje putovanje prema vlastitim kriterijima izbora moda prijevoza, vremena polaska/dolaska, selekcije cestovnih ruta i dr
politički	sustav može poticati na korištenje javnog prijevoza u skladu sa specificiranom politikom
alternativa	sustav može omogućiti alternativnu zamjenu moda prijevoza u slučajevima vremenskih neprilika, štrajkova, sportskih događaja i dr.
zakonodavni	sustav može biti usuglašen na lokalnoj, regionalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini
obuhvat	putne informacije trebaju uključivati podatke o cijenama, posebnim uvjetima, predviđenoj prometnoj situaciji i dr.
zabava	sustav može pružiti informacije o turističkim aktivnostima, restoranima i drugim sadržajima koji mogu biti zanimljivi korisnicima
razumljivost	sustav može pružati informacije na više jezika prema korisnikovom izboru
dostupnost	sustav može pružati informacije prilagođene krajnjem korisniku ili posredniku (agenciji, radiopostaji i dr.) koji ih dalje distribuira

Izvor: [15]

Kao što je i prikazano u tablici 5, zahtjevi prilikom predputnog informiranja obuhvaćaju različite aspekte koji olakšavaju korisnicima manipulaciju podacima neposredno prije putovanja. Korisnici između ostalog zahtijevaju od sustava dostupnost i pouzdanost informacija kako bi na temelju istih imali mogućnost odabira između nekoliko alternativa ovisno o cijeni, političkog stajališta, sigurnosti i sl. Nadalje, u tablici 6 prikazani su korisnički zahtjevi za uslugama putnih informacija također grupiranih sa stajališta različitih aspekata.

Tablica 6: Korisnički zahtjevi za uslugama putnih informacija

Aspekt	Korisnički zahtjevi
sigurnost	sustav mora pružiti obavijesti o opasnosti i informacije žurnih službi (prva pomoć, vatrogasci, policija i dr.) svim korisnicima (vozačima i putnicima) bez naknade
cijena	sustav treba omogućiti naplaćivanja informacija (osim žurnih usluga)
povezanost	sustav treba biti u mogućnosti da ga aktivira drugi sustav – TMI
pouzdanost	sustav može pružati relevantne informacije vozaču tijekom putovanja što uključuje uvjete na prometnici, vremenske neprilike i dr.
kooperacija	sustav može obavijestiti vozača kada nastupi značajna promjena dobivenih predputnih informacija
pomoć vozaču	sustav može preporučiti alternativnu rutu ili način prijevoza kada detektira da su se pojavili problemi na cestovnoj mreži
alternativa	sustav može omogućiti prikaz alternativnih ruta na čvorištima ili mjestima gdje su raspoložive turističke informacije
vrijeme	sustav može imati mogućnost ažurne kalkulacije prosječnog trajanja putovanja između dviju fiksni točaka (izvora i cilja)
pomoć	sustav može sugerirati pogodne rute biciklistima i pješacima
Sigurnost	sustav može pružati sigurnosne savjete u uvjetima vremenskih nepogoda ili prometnih problema
reprezentativnost	sustav može podržavati različite načine prezentacije informacije (tekst, govor, slika) korisniku
razumljivost	sustav može omogućiti informiranje na jeziku koji korisnik odabere
standardizacija	sustav može biti usuglašen sa standardima „komunikacijski otvorenih sustava“ (Open Systems Interconnection)
adaptivnost	sustav može imati mogućnost informacija putem promjenjivih znakova (VMS) odnosno displeja uz cestu

Izvor: [15]

U tablici 6 prikazani su zahtjevi za uslugama putnog informiranja kroz 14 aspekata. Osim dodirnih točaka s prethodnom tablicom, ovi zahtjevi obuhvaćaju svu vanjsku infrastrukturu koja vozačima, motociklistima, biciklistima i pješacima omogućava informiranost u pravom trenutku i na pravom mjestu. Prilikom putnog informiranja naglasak je stavljen na adaptivnost sustava koji uz novonastale promjene je u mogućnosti odmah sugerirati sudionicima u prometu izbor optimalne rute, upozorenja vezana za određenu prometnu dionicu i ostalo [15].

5.4 Korisnički zahtjevi za ITS-om s aspekta kvalitete

Organizacija sustava bez prethodno dobro kreiranih zahtjeva može rezultirati mnogim posljedicama. Iz tog razloga nužno je osigurati određenu kvalitetu koja se predstavlja kao „sukladnost s zahtjevima“, što u prijevodu znači uzimanje u obzir potreba svih interesnih skupina i u konačnici rezultira zadovoljstvom korisnika. Osim prethodno prikazanih korisničkih zahtjeva koji su vezani za usluge u putnom informiranju, potrebno je spomenuti i zahtjeve za ITS-om s aspekta kvalitete, a to su:

- razmjena podataka (kompatibilnost informacijskog formata, opreme i infrastrukture);
- prilagodljivost (sposobnost prilagodbe prema potrebama korisnika);
- ograničenja (sadržaj pravila i propisa kojem sustav mora odgovarati);
- kontinuitet (sposobnost zadržavanja sustava u vremenu i prostoru);
- troškovi/naknade (izbjegavanje nepotrebnih troškova);
- proširivost (sposobnost sustava za prihvaćanje nove opreme i funkcija);
- održivost (sposobnost održavanja, popravka ili izmjene sustava s minimalnim poteškoćama);
- kvaliteta podataka (informacije moraju služiti svrsi);
- robusnost (sposobnost sustava za rad u svim očekivanim uvjetima);
- sigurnost (sposobnost sustava da se zaštiti uz to kako ne bi štetio ljudima i okolišu);
- „*user friendly*“ (sustav jednostavan i učinkovit za korištenje).

U konačnici može se reći kako bolje definirani zahtjevi rezultiraju i boljom kvalitetom usluge. Korisnički zahtjevi navedeni u ovom poglavlju kreirani su na način koji zadovoljava istinske potrebe tj. izbjegavanje nepotrebnih troškova, razmjenu ažurnih podataka u pravom trenutku i na pravom mjestu, jednostavan i učinkovit sustav za korištenje u sigurnom području [29], [31].

6 ZAKLJUČAK

Promet se veoma brzo i naglo razvija stoga je jedan od temeljnih problema suvremenog svijeta. Povećanjem putnika i vozača, te vozila na prometnicama dolazi do rasta broja prometnih nezgoda, zagađenosti zraka, zelene površine pretvaraju se u prometnu infrastrukturu i suprastrukturu i sl. Glavna svrha ITS-a jest istražiti i implementirati rješenja koja će ublažiti ili riješiti prometne nedostatke na postojećoj infrastrukturi uvođenjem „pametnih“ tehnologija, a ne više gradnjom novih objekata.

Razvitkom kooperativnih sustava kao jedne od grana ITS-a vidljive su značajne promjene s aspekta sigurnosti, optimizacije vremena putovanja, informiranosti korisnika i ostalo. Budući da kooperativni sustavi ne mogu djelovati bez komunikacijske tehnologije, u ovom diplomskom radu prikazan je evolucijski proces mobilnih tehnologija koje omogućavaju bežičnu komunikaciju sustava V2X. Iako postojeće tehnologije djeluju povoljno prilikom razmjene podataka u kooperativnim sustavima i dalje se teži boljim rješenjima, stoga sva pozornost usmjerena prema implementaciji 5G tehnologije koja bi svoju prvu implementaciju trebala doživjeti u 2020. godini. Tehnički zahtjevi trebaju zadovoljiti pouzdanost, stabilno umrežavanje (bez prekida ili neuspjeha veze), malo kašnjenje od kraja do kraja, kapacitet i sl. Primarni korak prema razmjeni informaciji teži k tome da se one odvijaju u *real time*-u kako bi prometni entiteti bili obaviješteni u ključnom trenutku.

S obzirom na dostupnost sveukupne tehnologije ne smije se zaboraviti na korisničke zahtjeve budući da su interesne skupine glavni pokretač čitavog procesa otkrivanja zahtjeva. Dobro definirani korisnički zahtjevi kasnije rezultiraju manjom problematikom. Budući da ih je potrebno promatrati kroz područja djelovanja uz koja su vezana, u ovom diplomskom radu stavljen je naglasak na korisničke zahtjeve vezane uz usluge predputng i putnog informiranja. Osim toga ne smije se zaboraviti da će pojedini sustav biti korišten ukoliko omogućava *user friendly* korištenje, osigurava zaštitu korisnika te zadovoljava kriterije kvalitete što u konačnici znači da ispunjava i zadovoljava sve potrebe korisničkih zahtjeva.

POPIS LITERATURE:

- [1] Lukšić, I.; *Prikupljanje prometnih i putnih podataka u kooperativnom okruženju*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2015. (završni rad)
- [2] http://www.largevents.eu/wp/wp-content/uploads/2012/10/Cooperative_Systems.pdf (posjećeno: svibanj, 2017.)
- [3] Škorput, P.; Mandžuka, S.; Schatten, M.: *Ontologies in the area of cooperative intelligent transport system*, Proceedings of the 21th Telecommunications Forum - TELFOR 2013, Beograd: Telecommunications Society, School of Electrical Engineering, IEEE Serbia and Montenegro COM Chapter, Belgrade, Serbia, pp. 42 - 45 (ISBN: 978-1-4799-1419-7) 26.-28.11.2013.
- [4] Balen, J.: *Učinkovito rasprostiranje poruka u mrežama vozila zasnovano na njihovom položaju*, Sveučilište u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, 2014.(disertacija)
- [5] Mamatha, G. S.; *Analyzing the MANET variations, Challenges, Capacity and protocol issues*, International Journal of Computer Science & Engineering Survey (IJCSES), pp. 14-21, 2010.
- [6] Burazer, B.: *Budućnost mobilnih komunikacija i izazovi normizacije*, dostupno s: <http://www.hzn.hr/UserDocsImages/pdf/EISBudu%C4%87nost%20mobilnih%20komunikacija%20i%20izazovi%20normizacije.pdf> (posjećeno: svibanj, 2017.)
- [7] Mandžuka, S.; Kljaić, Z.; Škorput, P.: *The Use of Mobile Communication in Traffic Incident Management Process*, Journal of Green Engineering, vol. 1, No. 4, pp. 413-429 (ISSN: 1904-4720), 2011.
- [8] Kljaić, Z.; Škorput, P.; Amin, N.: *The challenge of cellular cooperative ITS services based on 5G communications technology*, Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 39th International Convention IEEE, pp. 587-594, 2016.
- [9] <http://www.ieeevtc.org/conf-admin/vtc2016fall/29.pdf> (posjećeno: lipanj, 2017.)
- [10] Yilmaz, O.: *Analysis of ultra-reliable and low-latency 5G communication for a factory automation use case*, Communication Workshop (ICCW), International Conference on. IEEE, pp. 1190-1195, 2015.
- [11] <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.pdf> (posjećeno: lipanj, 2017.)
- [12] Sharma, P.: *Evolution of mobile wireless communication networks 1G to 5G as well as future prospective of next generation communication network*, International Journal of Computer Science and Mobile Computing, pp. 47-53, 2013.
- [13] Vojvodić, H.: *Značajke i analiza kooperativnih sustava*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb. 2015. (završni rad)
- [14] Mandžuka, S.; Škorput, P.; Vujić, M.: *Arhitektura kooperativnih sustava u prometu i transportu TELEFOR*, 2014.
- [15] Bošnjak, I.: *Inteligentni transportni sustavi-ITS 1.*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [16] Vujić, M., Mandžuka, S., Gregurić, M.: *Pilot Implementation of Public Transport Priority in the City of Zagreb*. PROMET-Traffic&Transportation, pp. 257-265, 2015.
- [17] WEIß, C.: *V2X communication in Europe*, research projects towards standardization and field testing of vehicle communication technology, Computer Networks, pp. 3103-3119, 2011.

- [18] http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek_iranyitasa_angol/ch08.html (posjećeno: svibanj, 2017.)
- [19] Vinel, A.: *3GPP LTE versus IEEE 802.11 p/WAVE: Which technology is able to support cooperative vehicular safety applications,*? IEEE Wireless Communications Letters , pp. 125-128, 2012.
- [20] Bilgin, B. E.; Gungor, V. C.: *Performance comparison of IEEE 802.11 p and IEEE 802.11 b for vehicle-to-vehicle communications in highway, rural, and urban areas*, International Journal of Vehicular Technology 2013.
- [21] Škorput, P.: *Stvarnovremensko upravljanje incidentnim situacijama u prometu*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2009. (magistarski rad)
- [22] Jindal, S., Jindal, A., Gupta, N.: *Grouping WI-MAX, 3G and WI-FI for wireless broadband*, Internet, The First IEEE and IFIP International Conference in Central Asia, pp. 5-pp, 2005.
- [23] Koenders, E., Vreeswijk, J.: *Cooperative infrastructure*, Intelligent Vehicles Symposium IEEE, pp. 721-726, 2008.
- [24] Langseth, J.; Talwar, A.; Fishman, P. J.: *System and method for a subject-based channel distribution of automatic, real-time delivery of personalized informational and transactional data* U.S. Patent No 6,694,316, 2004.
- [25] Garrigós, D. T.; Zapater, J. J. S.; & Durá, J. J. M.: *Dealing with traffic information and user profiles a semantic approach based on Datex II*, Intelligent Transportation Vehicles, 51, 2011.
- [26] Silva, T. H.: *Traffic condition is more than colored lines on a map: characterization of waze alerts*, International Conference on Social Informatics, Springer International Publishing, pp. 309-318, 2013.
- [27] <https://nextbus.cubic.com/News/ID/1451/5-Biggest-Benefits-of-Real-time-Passenger-Information-Systems> (posjećeno: svibanj, 2017.)
- [28] Mandžuka, S.; Kljaić, Z.; Škorput, P.: *Primjena informacijsko-komunikacijski tehnologija u sustavima upravljanja prometnim incidentnim situacijama*, Zbornik radova 35. međunarodnog skupa informacijsku i komunikacijsku tehnologiju, elektroniku i mikroelektroniku - MIPRO 2011, Rijeka: Hrvatska drugazainformacijsku i komunikacijsku tehnologiju, elektroniku i mikroelektroniku, Opatija, Hrvatska, pp. 359-362 (ISBN: 978-953-233-061-8), 23-27.05.2011.
- [29] Jesty, P. H.: *Extend FRAMEwork architecture for cooperative systems*, European Commission, DG Information Society and Media in the 7th Framework Programme, 2011.
- [30] Hull, E.; Jackson, K.; & Dick, J.: *Requirements engineering* Springer Science and Business Media, 2010.
- [31] Kujala, S.: *The role of user involvement in requirements quality and project success*, Requirements Engineering, Proceedings, 13th IEEE International Conference , pp. 75-84, 2005.

POPIS SLIKA:

Slika 1: Kooperativni inteligentni transportni sustavi.....	4
Slika 2: Prikaz V2X sustava.....	4
Slika 3: Prikaz komunikacije u <i>ad-hoc</i> mrežama.....	6
Slika 4: Pregled tehnologija mobilnih mreža od 1G-5G [8]	8
Slika 5: 5G mobilna mreža s pripadajućim karakteristikama [8]	9
Slika 6: Informacijsko-komunikacijske tehnologije [13].....	12
Slika 7: Interakcija komponenti sustava [13]	14
Slika 8: Podrška pri velikim brzinama vozila	16
Slika 9: Prikaz sučelja za razmjenu informacija o brzini, lokaciji i dr.....	16
Slika 10: Proces ostvarivanja direktne veze između vozila	17
Slika 11: Prikaz povezivanja više veza s vozilom.....	17
Slika 12: Kooperativna komunikacija između vozila	19
Slika 13: Prikaz kooperativne komunikacije između vozila i infrastrukture	22
Slika 14: Shema digitalnih ulazno-izlaznih kanala u modernom automobilu [1]	23
Slika 15: Izbjegavanje kolizije korištenjem <i>AFH</i> -a	24
Slika 16: Prikaz promjenjivih prometnih znakova	27
Slika 17: Ilustrativni prikaz "Tom Tom" mobilne aplikacije	33
Slika 18: Prikaz promjenjivih prometnih znakova	34
Slika 19: Prikaz sučelja <i>WAZE</i> aplikacije	37
Slika 20: Proces razvoja zahtjeva [15]	40
Slika 21: Proces otkrivanja zahtjeva [15].....	41

POPIS KRATICA:

ITS – (Intelligent transportation system) Inteligentni transportni sustavi

V2V – (Vehicle to vehicle) kooperativna komunikacija između vozila

V2I – (Vehicle to infrastructure) kooperativna komunikacija između vozila i infrastrukture

V2U – (Vehicle to user) kooperativna komunikacija između vozila i korisnika

V2P – (Vehicle to pedestrian) kooperativna komunikacija između vozila i pješaka

I2U- (Infrastructure to user) kooperativna komunikacija između infrastrukture i korisnika

WAN – (Wide Area Network) globalna informatička mreža

LAN – (Local Area Network) lokalna informatička mreža

DRSC – (Dedicated Short Range Communication System) sustavi komunikacije kratkog dometa

EDGE – (Enhanced Data rates for GSM Evolution) podatkovna razmjena podataka u mobilnoj evoluciji

IP – (Internet Protocol) Internet protokol

TDMA – (Time division multiple access) digitalna veza s vremenski raspodijeljenim pristupom

FDMA – (Frequency division multiple access) digitalna veza s frekvencijski raspodijeljenim pristupom

LTE – (Long Term Evolution) dugi period evolucije

UMTS – (Universal Mobile Telecommunication System) univerzalni mobilni telekomunikacijski sustav

M2M – (Machine to Machine) komunikacija između uređaja

D2V – (Driver to vehicle) kooperativna komunikacija između vozača i vozila

JGP - Javni gradski prijevoz

PKI – (Public Key Infrastructure) javni infrastrukturni ključ

SAE – (Society of Automotive Engineers) društvo automobilskih inženjera

RSU – (Road System Unit) jedinica sustava na prometnici

MAC – (Media access control) mrežni pristupni protokol

WLAN – (Wireless Local Area Network) bežična lokalna informatička mreža

MAN – (Metropolitan Area Networks) gradska informatička mreža

WAZE - Društvena aplikacija za promet i navigaciju

GPS – (Global positioning system) globalni navigacijski sustavi

RDS – (Radio data system) radijski podatkovni sustav

OBU – (On board units) jedinice na zaslonu u vozilu

TMC – (Traffic message channel) kanal za primanje prometnih informacija

ICT – (Information and communications technology) informacijsko komunikacijske tehnologije

ISO – (International organization for standardization) internacionalna organizacija za standardizaciju

VMS – (Virtual memory system) promjenjivi prometni znakovi

GSM – (Global System for Mobile Communication) globalni mobilni komunikacijski sustavi

GPRS – (General Packet Radio Service) bežični prijenos podataka kroz mobilnu mrežu

SMS – (Short message service) usluge kratkih poruka

VHF – (Very high frequency) visoka frekvencija

SAD - Sjedinjene američke države

ENC - Elektronička naplate cestarine



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom _____

KONCEPT KOOPERATIVNOG PRIKUPLJANJA PODATAKA U PODRUČJU PUTNOG INFORMIRA

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, _____ 24.06.2017 _____

IVANA LUKŠIĆ
(potpis)