

Arhitektura naprednih sustava upravljanja prometom

Vidović, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:321431>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-28**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

IVAN VIDOVIĆ

**Analiza naprednih sustava upravljanja
prometom**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: Zavod za inteligentne transportne sustave
Predmet: Arhitektura inteligentnih transportnih sustava

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3369

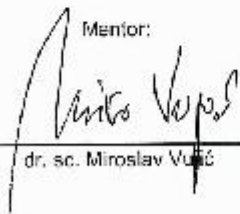
Pristupnik: Ivan Vidović (0135229392)
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Smjer: Inteligentni transportni sustavi

Zadatok: **Analiza** naprednih sustava upravljanja prometom

Opis zadatka:

Opisati pojam arhitekture ITS-a. Opisati i definirati funkcionalno područje upravljanja prometom. Izsti pregled postojećih sustava upravljanja prometom u Europi. Analizirati sustave upravljanja prometom u RH. Prikazati koncept kooperativnog upravljanja gradskim prometnim sustavima.

Zadatok uručen pristupniku. 4. ožujka 2016.

Menitor:


dr. sc. Miroslav Vučić

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA NAPREDNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM

ANALYSIS OF ADVANCED TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS

Mentor: dr.sc. Miroslav Vujić

Student: Ivan Vidović, 0135229392

Zagreb, rujan, 2016.

SAŽETAK

Napredni sustavi upravljanja prometom osmišljeni su kako bi efektivno i efikasno vodili prometni tok i time doprinijeli ostvarenju primarnog cilja prometnog sustava, a to je sigurnost prometa. Razne tehnologije uz napredna ITS rješenja kao što su upravljanje ograničenjem brzine, putno informiranje putnika i upravljanje priljevnim tokovima uvelike pomažu u rješavanju prometnih problema, kao što su: prometno zagušenje, incidentne situacije, onečišćenje okoliša, vrijeme čekanja i slično. Primjeri implementacija naprednih sustava upravljanja prometom uzeti su iz europskih sustava, a analiza postojećih sustava iz Hrvatske. U radu je prikazan koncept kooperativnog upravljanja gradskim prometnim sustavima. A sam koncept naprednih sustava upravljanja prometom se bazira na Europskoj ITS arhitekturi.

Ključne riječi: napredni sustavi upravljanja prometom; kooperativno upravljanje; europska ITS arhitektura.

ABSTRACT

Advanced traffic control systems are designed in a manner so they could effectively and efficiently manage traffic flow and contribute towards the realisation of the primary goal of a traffic system which is safety. Various technologies, together with advanced ITS solutions like managing speed limits, on-trip passenger information and managing the in flow assist greatly with solving traffic problem like traffic congestion, incidents, environmental pollution, waiting time, etc. Examples of implementation of advanced traffic management systems are taken from european systems, while the analysis taken from existing systems in Croatia. The paper displays the concept of cooperative management of urban traffic systems. The advanced traffic control system itself is based on the european ITS architecture.

Keywords: advanced traffic control system, cooperative management, european ITS architecture.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ARHITEKTURA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA.....	3
2.1 Logička ili funkcionalna ITS arhitektura	4
2.2 Fizička arhitektura.....	5
2.3 Komunikacijska arhitektura	5
2.4 Koncept i načela ITS arhitekture.....	6
3. FUNKCIONALNO PODRUČJE UPRAVLJANJA PROMETOM	8
3.1 Arhitektura sustava vođenja prometa	8
3.2 Postojeća funkcionalna područja ITS-a.....	10
4. PREGLED POSTOJEĆIH SUSTAVA UPRAVLJANJA.....	15
4.1 Upravljanje ograničenjem brzine – <i>speed limit control</i>	16
4.1.1 Varijabilno ograničenje brzine	17
4.1.2 Vrste varijabilnog ograničenja brzine.....	19
4.2 Upravljanje priljevnim tokovima	20
4.3 Putno informiranje.....	22
5. ANALIZA SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM U REPUBLICI HRVATSKOJ .	27
5.1 Analiza sustava upravljanja prometom u Zagrebu	28
5.2 Analiza sustava upravljanja prometom u gradu Rijeci.....	30
5.3 Analiza sustava upravljanja prometom na autocestama Republike Hrvatske.....	32
6. KOOPERATIVNI SUSTAVI UPRAVLJANJA GRADSKIM PROMETNIM SUSTAVOM.....	36
Nadogradnja sustava upravljanja JGP-a kooperativnim sustavom upravljanja	39
7. ZAKLJUČAK.....	42
LITERATURA	43
POPIS SLIKA.....	45
POPIS KRATICA.....	46

1.UVOD

Inteligentni transportni sustavi (ITS) su rezultat supstitucije i fizičke mobilnosti virtualnom mobilnošću (telekomunikacije, Internet, itd.) kada u prvi plan dolaze razvoj i primjena skupa kibernetičkih rješenja. Sintagma „inteligentni transportni sustavi“ nije se oduvijek upotrebljavala, tako u „prvim“ literaturama možemo naći druge nazive kao što su cestovna transportna telematika (engl. *road transport telematics*), inteligentni sustavi prometnica (engl. *intelligent highway systems*) i sl. Postoji mnogo definicija ITS-a koje ga žele definirati i opisati njihovu primjenu, no najznačajniji utisak (iako se koristi i u željezničkom, vodenom i zračnom prometu) ostavlja u isprepletanju dvaju grana informacijsko-komunikacijskog i cestovnog prometa. Suradnja tih dvaju prometa omogućuje nam kontrolu i praćenje prometnih tokova kao i njihovo upravljanje putem video kamera, opremljenih softvera za detekciju i brojanje vozila, detekcije krivog smjera, detekcije incidentne situacije ili detekcije repova i zagušenja prometnog toka koje se mogu zabilježiti u stvarnom vremenu.

Arhitektura ITS-a predstavlja temeljnu organizaciju sustava koja sadrži ključne komponente, njihove odnose i veze prema okolini te načela njihova dizajniranja i razvoja promatrajući cijeli životni ciklus sustava. Stvaranje arhitekture sustava zahtijeva visoku kreativnost i viziju zbog nedovoljno preciznog određenja sustava i nepotpuno definiranih zahtjeva korisnika. Arhitektura daje opći predložak (engl. *General Framework*) prema kojemu se planiraju, dizajniraju, postavljaju integrirani sustavi u određenom prostorno-vremenskom obuhvatu.

Tema završnog rada je *Arhitektura naprednih sustava upravljanja prometom*. Osnovni cilj rada je objasniti pojam arhitekture ITS-a te opisati i definirati funkcionalno područje upravljanja prometom. Analizirati i dati pregled postojećih sustava upravljanja prometom kako u Europi tako i u RH te prikazati koncept kooperativnog upravljanja gradskim prometnim sustavima. Završni rad se sastoji od sedampoglavlja koji opisuju temu, zajedno sa uvodom i zaglavljem.

Poglavlje, *Arhitektura inteligentnih transportnih sustava*, objašnjava značenje ITS arhitekture, početni korak u razvoj ITS arhitekture, aspekte, koncept i načela, fizičku, logičku i komunikacijsku ITS arhitekturu.

Poglavlje, *Funkcionalno područje upravljanja prometom*, definira pojam i značenje ITS, te utjecaj ITS-a na prometni sustav u cjelini i na njegove pojedinačne komponente. Navedeni su sustavi adaptivnog upravljanja prometom koji se danas koriste, te njihove koristi za prometni sustav koje se očitiju u obliku smanjenja vremena čekanja, smanjenje repova čekanja i smanjenja broja zaustavljanja vozila, uz povećanje sigurnosti sudionika u prometu.

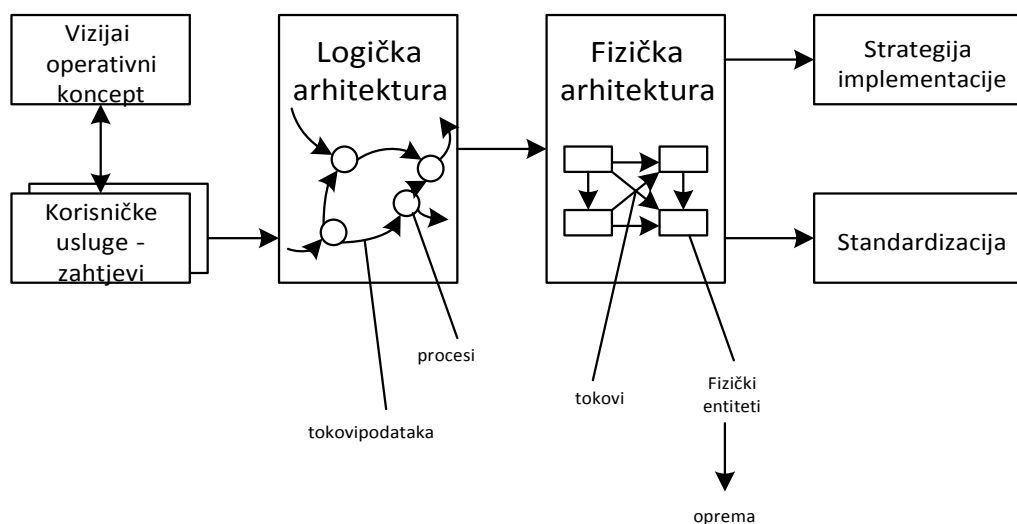
U poglavlju *Pregled postojećih sustava upravljanja prometom u Europi* prikazuje neke od sustava upravljanja prometa te se spominju neke europske gradove u kojima su napredni sustavi upravljanja prometom implementirani.

U idućem poglavlju analiziraju se sustavi upravljanja prometom u Republici Hrvatskoj. Analiziraju se pojedini gradovi i njihova rješenja sustava upravljanja prometom, te analiziraju autoceste i njihov elektronički način plaćanja.

Posljednje poglavlje, *Kooperativni sustavi upravljanja gradskim prometnim sustavom*, govori o tehnologiji kooperativnih sustava koji omogućuju inteligentno upravljanje sustavima korištenjem računala i računalnih programa na gradskoj razini.

2.ARHITEKTURA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA

Prvi i osnovni korak u razvoju ITS arhitekture je udovoljiti zahtjevima korisnika, odnosno definirati njihove potrebe. No da bi se zahtjevi u potpunosti ispunili i zadovoljili potrebno je izvršiti istraživanje funkcionalnog aspekta kojim se definiraju funkcije, a zatim se ti zahtjevi usklađuju ostvarivanjem sučelja s vanjskim svijetom preko aktera. Arhitektura ITS-a obuhvaća primarni zahtjev i element ITS planiranja i usklađenog razvoja ITS aplikacija, specificira interakciju između različitih komponenti sustava u cilju rješavanja konkretnih prometnih problema, te daje opći predložak (engl. *general framework*) prema kojem se planiraju, dizajniraju i postavljaju integrirani sustavi u stvarni prometni sustav.



Slika 1. Tok razvoja arhitekture [Izvor: Bošnjak, I. *Inteligentni transportni sustavi - ITS 1*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2006.]

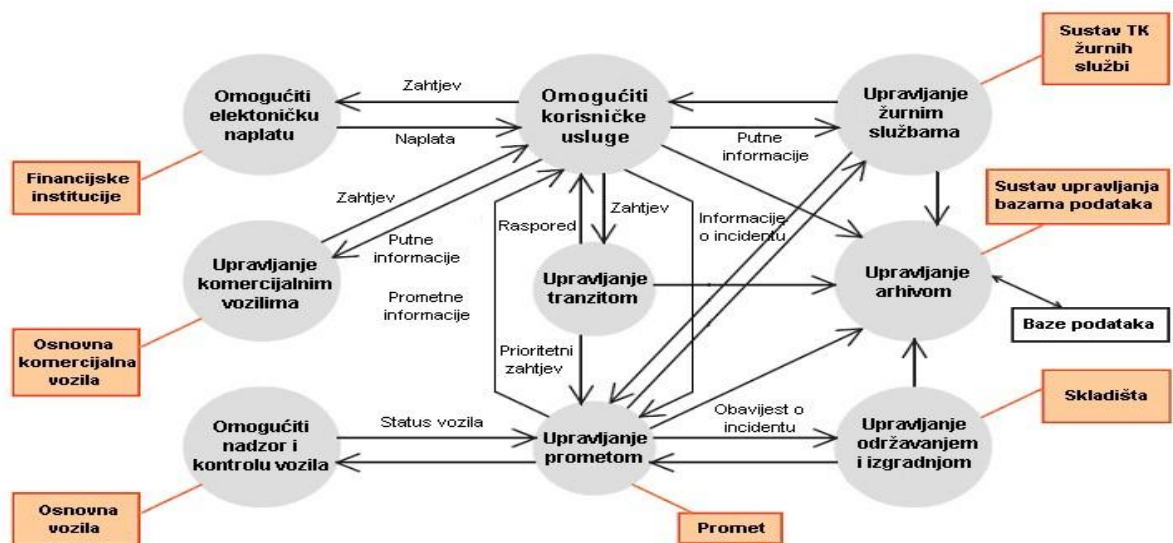
ITS arhitektura je podijeljena na tri osnovna segmenta koja jasno određuju pravila u svom području kako bi se mogla postići uniformiranost i kompatibilnost među različitim korisnicima:

1. Logička ITS arhitektura definira unutarnju logiku odnosa pojedinih entiteta. Logička arhitektura je predstavljena nazivom temeljne funkcije s informacijskim inputima (izvorima) i outputima (odredištima);
2. Fizička ITS arhitektura definira i opisuje dijelove funkcionalne arhitekture koji mogu biti povezani tako da formiraju fizičke entitete;
3. Komunikacijska ITS arhitektura definira oblike komuniciranja među entitetima npr. definira oblike protoka podataka (engl. *data flows*).

Uspješan razvoj i gradnja kompleksnih sustava poput ITS-a ne može se temeljiti na klasičnom razvojnom ciklusu koji pretpostavlja da su ulazni zahtjevi dobro definirani i da se tehnologija neće bitno promijeniti tijekom razvojnog ciklusa. Stoga valja pristupiti problemu na način da se gleda cjelokupno rješenje i problematika, a ne tehnologija kojom se dolazi do rješenja.[1]

2.1 Logička ili funkcionalna ITS arhitektura

Logička (funkcionalna) arhitektura izvodi se iz specificiranih korisničkih zahtjeva i služi za izradbu fizičke arhitekture odnosno primjera ITS sustava (engl. *examplesystems*). Ova vrsta arhitekture prikazuje potrebne funkcijske procese i tokove podataka koji su potrebni da bi se zadovoljili zahtjevi korisnika i neovisna je o tehničko-tehnološkoj implementaciji (opremi). Funkcionalni tokovi podataka mogu se promatrati kao zasebna arhitektura ili kao dio logičke ili funkcionalne arhitekture (slika 2).[2].

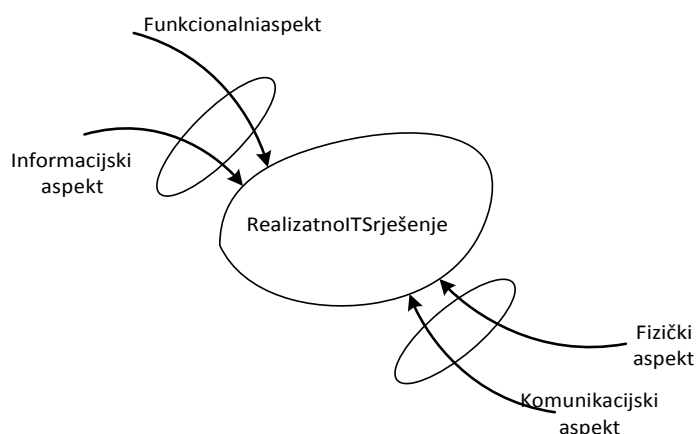


Slika

prometnih znanosti, 2006.]

2.2 Fizička arhitektura

Fizička ITS arhitektura definira i opisuje načine kojima dijelovi funkcionalne arhitekture mogu biti povezani tako da formiraju fizičke entitete. Temeljna značajka fizičkih entiteta je da mogu pružati jednu ili više fizičkih usluga zahtijevanih od korisnika te da mogu biti fizički realizirani. Formiranje ITS arhitekture i mjesto fizičke arhitekture u cijelom segmentu može se vidjeti na slici 3.



Slika 3. Aspekti ITS arhitekture [Izvor: Bošnjak, I. *Inteligentni transportni sustavi - ITS 1*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2006. ([Lukavec]: Tiskara Rotim i Market)]

Fizička arhitektura pokazuje gdje će se funkcijski procesi smjestiti i prikazuje važna ITS sučelja (veze) između glavnih komponenata sustava (centri, vozač/putnik, vozilo, prometnica). Žičane i bežične komunikacijske mreže omogućuju komunikaciju između komponenata. Komunikacijska arhitektura predstavlja dio fizičke arhitekture ITS-a i služi kao alat za realiziranje postavljenih ciljeva razvoja, kompatibilnosti i interoperabilnosti te omogućava širenje i modernizaciju sustava uz prihvatljive troškove.

2.3 Komunikacijska arhitektura

Komunikacijska arhitektura definira i opisuje načine na koje se razmjenjuju informacije između različitih dijelova sustava i to korištenjem fizičke razmjene podataka koja je opisana fizičkom arhitekturom. Samo značenje razmjene podataka između različitih dijelova sustava definirano je komunikacijskom arhitekturom. Generički pristup koji daje okvir za rješavanje

važnih pitanja, predstavlja temelj komunikacijske arhitekture, a vodi nas ka uspješnom dizajniranju ITS rješenja u cilju pronalaska što efikasnijih rješenja.

Sustav za podršku fizičke razmjene podataka objedinjuje dva veoma bitna problema. Prvi problem je kako osigurati sredstva koja omogućuju da podaci budu preneseni s jednog mjesta na drugo. Način na koji se podaci prenose treba biti pogodan za naš sustav u smislu troškova, korištenja i promjena. Drugi problem na koji nailazimo je odstupanje od strane primatelja, te izražava potrebe za standardnim protokolima. Europska komunikacijska ITS arhitektura upućuje na rješenje ovih dvaju bitnih pitanja.

Uzimajući u obzir ostale komponente Europske ITS arhitekture, komunikacijska arhitektura mora ostati što tehnološki neovisnija. Telekomunikacijske tehnologije se mijenjaju tolikom brzinom da nije moguće osigurati arhitekturu potaknutu tehnologijom koja će imati dugoročnu vrijednost, pa se za krajnji izlaz i rješenje u obzir treba uzeti svrha i cilj, a ne alati, te se svakom problemu treba pristupiti metodologijom evolutivnog razvoja[3].

2.4 Koncept i načela ITS arhitekture

Koncept arhitekture korišten je uz dizajn građevina koji prethodi detaljno građevinsko inženjerskom dizajnu ili projektiranju. Arhitekt vidi rješenje globalno fokusirajući se na dijelove koji su bitni za potrebe korisnika i okolinu. Pritom treba uvažavati tehničko-tehnološke mogućnosti i ekonomska ograničenja te načela. Postoji ih nekoliko.

Načela „dobre“ arhitekture su:

1. konzistentnost,
2. ortogonalnost,
3. umjesnost,
4. transparentnost,
5. općenitost,
6. otvorenost,
7. kompletnost.[1]

Konzistentnost podrazumijeva da je uz djelomično poznavanje sustava moguće predvidjeti ostali dio sustava, dok ortogonalnost međusobno neovisne funkcije drži odvojene u specifikaciji. Umjesnost znači da dobra arhitektura ne sadrži uporabne funkcije, transparentnost da su funkcije jasne korisnicima a općenitost da se funkcije mogu višestruko koristiti. Otvorenost je mogućnost drugačijega korištenja a kompletnost visoka razina zadovoljenja potreba korisnika.

3.FUNKCIONALNO PODRUČJE UPRAVLJANJA PROMETOM

Funkcionalno područje upravljanja prometom je definirano ITS arhitekturom. ITS arhitektura čini temeljnu organizaciju sustava koja sadrži ključne komponente, njihove odnose i veze prema okolini, te načela njihova dizajniranja i razvoja, te je kao takva primarni zahtjev i element ITS planiranja i usklađenoga razvoja ITS aplikacija.

ITS su vrlo mlada znanstvena disciplina koja je nastala kao odraz razvoja tehnologije i njezine primjene u prometu. ITS ima značenje novoga kritičnog pojma koji mijenja pristup i trend razvoja prometne znanosti i tehnologije transporta ljudi i roba tako da se postiže rješavanje rastućih problema zagušenja prometa, onečišćenja okoliša, učinkovitosti prijevoza, sigurnosti i zaštite ljudi i roba u prometu [1].

Važno je istaknuti da ITS „pokriva“ sve grane prometa odnosno modove transporta i njihova sučelja. Nove smjernice Europske Unije vezane za razvoj transeuropske transportne mreže naglašavaju intermodalnost i povezivanje modova, posebice željezničkoga i zračnoga putničkog prijevoza.

3.1 Arhitektura sustava vođenja prometa

Složene relacije razrađuju se kroz operativni koncept odnosno funkcionalnu arhitekturu koja uključuje horizontalnu i vertikalnu dekompoziciju. Većina početnih aplikacija ITS rješenja vezane su za cestovni promet (engl. *Round – Trip Time – RTT*), različita rješenja upravljanja prometom i informiranje putnika iz drugih grana prometa analogna su ITS konceptima iako se taj naziv ne koristi. Sukladno mogućnostima sustavnih analogija moguće je u fazi koncipiranja i razvoja ITS-a koristiti raspoložive spoznaje i tehnologije iz drugih prometnih grana (zračni, pomorski, itd.) odnosno drugih područja primjene umjetne inteligencije (neuronske mreže, ekspertni sustavi, sustavi prepoznavanja, itd.)[4].

Svrha i ciljevi vođenja prometa u osnovi jesu:

- utvrđivanje optimalne trase i cestovnog pravca (razina uslužnosti ceste, vrijeme putovanja, udaljenost između polazišta i odredišta putovanja i dr.);
- pronalaženje željenog odredišta;
- određivanje položaja vozača na mreži cesta i prostoru;

- osiguranje ravnomjernog i sigurnog toka prometa;
- usmjeravanje prometa i željena distribucija prometnog toka na određenoj razini mreže;
- sigurnost u prometu [6].

Veća sigurnost u odvijanju prometa, smanjenje broja stradalih u prometnim nezgodama i brži odziv žurnih službi predstavljaju najveće koristi od uvođenja ITS-a. Sigurnosni benefiti inteligentnih vozila i aktivnih sustava zaštite mogu biti mjereni posredno putem različitih usporednih testova. Praćenje broja i težine posljedica nezgode prije i nakon uvođenja ITS-a omogućuje relativno objektivnu kvantifikaciju sigurnosnih benefita.

Mjerenje postotka redukcije vremena odziva nije izravni pokazatelj sigurnosti, no vrlo je značajan čimbenik. Smanjenje vremena odziva bitno utječe na smanjenje smrtno stradalih i sprječavanje dodatno stradalih nakon početne prometne nezgode. Sustavi upozorenja na autocestama poboljšavaju percepciju vozača o mjestu nesreće i smanjenju stresa tijekom putovanja. Percepcija sigurnog putovanja nije vezana samo za reduciranje broja nezgoda i njihovih posljedica, nego i povećanje percepcije osobne sigurnosti i zaštićenosti u prometu. Prometne nesreće na cestama i drugim prometnicama trebaju se sustavno proučavati tako da se na različitim načinima, mjerama i postupcima može djelovati na smanjenje njihova broja i posljedica. U razvijenim zemljama učestalost i posljedice prometnih nezgoda su takve da je to jedan od najjačih motiva zamotivatora uvođenje ITS-a.

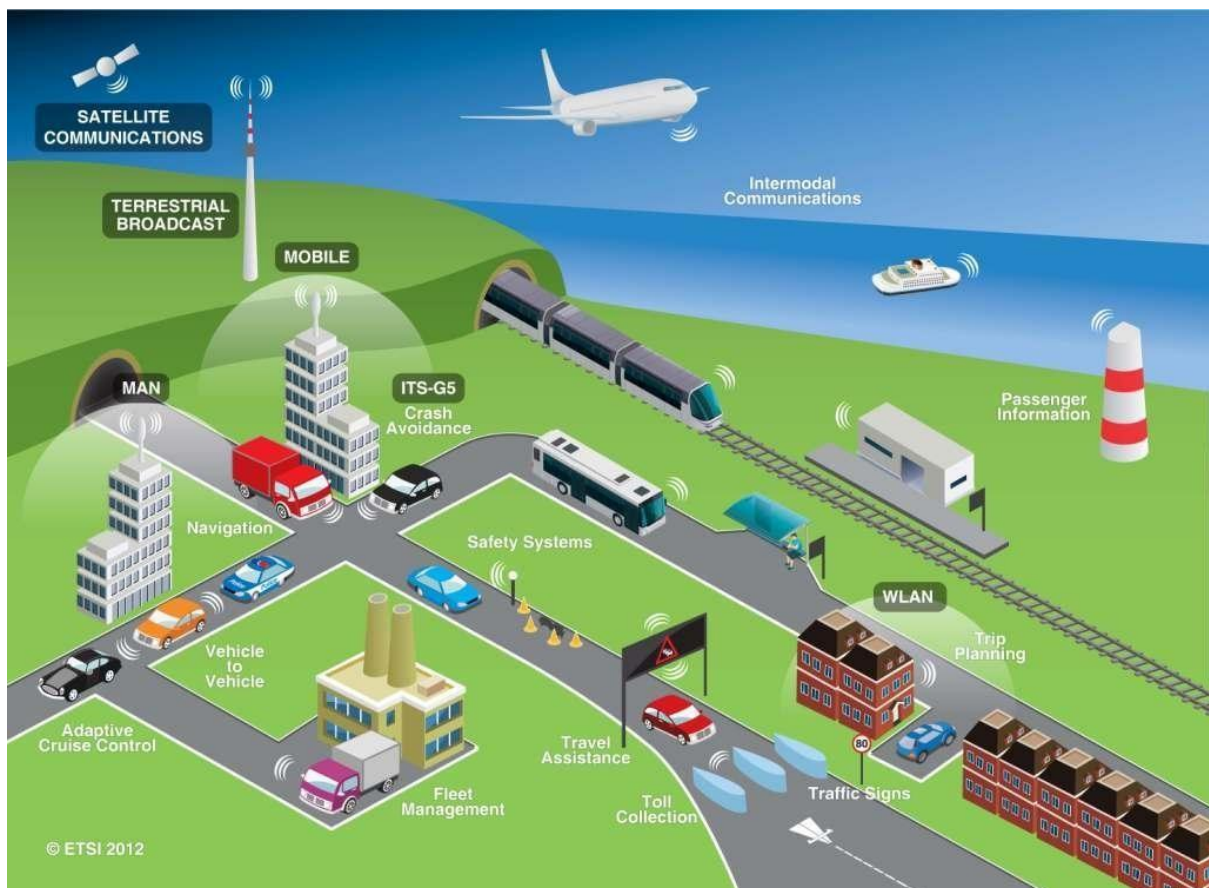
Električna prometna svjetla ili semafori na raskrižjima uvedeni su još dvadesetih godina prošlog stoljeća. Svrha im je reduciranje prometnih nezgoda i smanjenje vremenskih gubitaka na raskrižju. Klasični sustavi nemaju mogućnost dinamičkog prilagođavanja trajanja ciklusa prema promjenama prometnog toka te posebnim zahtjevima za propuštanje pojedinih prioritetnih vozila.

Inteligentna raskrižja su napredna rješenja adaptivnog upravljanja prometnim svjetlima na raskrižju tako da se primjenjuju sofisticirani detektori i kontrolni algoritmi s bitno većom učinkovitošću i fleksibilnošću. Posebno je važan sigurnosni učinak na propuštanje vozila žurnih službi, te na raskrižjima gdje su veće brzine vozila. Detektori

identificiraju dolazeće vozilo koje se nalazi u 'zoni dileme' te upravljački sustav prilagođava promjenu svjetala [5].

3.2 Postojeća funkcionalna područja ITS-a

Pojam ITS prvi put je ušao u upotrebu 90-tih godina 20. stoljeća. Od tada pa danas ITS se razvija u sve većim razmjerima i poprima sve značajniju ulogu u prometnom sustavu. U domeni ITS-a razvijaju se inteligentna vozila, inteligentne prometnice, bežične "pametne" kartice za plaćanje cestarina, dinamički navigacijski sustavi, adaptivni sustavi semaforiziranih raskrižja, učinkovitiji javni prijevoz, brza distribucija pošiljaka podržana Internetom, automatsko javljanje i pozicioniranje vozila u nezgodi, biometrijski sustavi zaštite putnika, itd. Svrha navedenih usluga je poboljšanje performansi prometnog sustava odnosno kvalitete transportnih usluga za krajnje korisnike [1].



Slika 4. ITS kao nadogradnja klasičnom prometnom sustavu

[Izvor: <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/intelligent-transport>]

Neke od usluga ITS-a koje su dio funkcionalnih područja usluga, prikazane su na slici 4, na kojoj se može vidjeti veliki spektar utjecaja ITS usluga na cjelokupan prometni sustav, ali i na njegove pojedine komponente.

Međunarodna organizacija za normizaciju ISO definirala je 11 domena ITS-a:

1. informiranje putnika (engl. *TravelerInformation*)
2. upravljanje prometom i operacijama (engl. *Traffic Management andOperations*)
3. vozila (engl. *Vehicles*)
4. prijevoz tereta (engl. *Freight Transport*)
5. javni prijevoz (engl. *Public Transport*)
6. žurne službe (engl. *Emergency*)
7. elektronička plaćanja vezana uz transport (engl. *Transport Related Electronic Payment*)
8. sigurnost osoba u cestovnom prijevozu (engl. *Road Transport Related Personal Safety*)
9. nadzor vremenskih uvjeta i okoliša (engl. *WeatherandEnvironmental Monitoring*)
10. upravljanje odzivom na velike nesreće(engl. *DisasterResponse Management andCoordination*)
11. nacionalna sigurnost (engl. *National Security*)

U području usluga informiranja putnika (eng. *travellerinformation*) obuhvaćene su statičke i dinamičke informacije o prometnoj mreži, usluge predputnog i putnog informiranja, te podrška službama kojeobavljaju prikupljanje, pohranjivanje i upravljanje informacijama zaplaniranje transportnih aktivnosti.

Usluga predputnog informiranja (engl. *pre-tripinformation*) omogućuje korisnicima da iz doma, odnosno sa svog radnog mjesta ili druge javne lokacije dođu do korisnih informacija o raspoloživim modovima, vremenu ili cijenama putovanja. Naglasak je na multimodalnim i intermodalnim informacijama.

Putno informiranje (eng. *on-tripinformation*) uključuje stvarnovremenske informacije o putovanju, procjenu vremena putovanja ovisno o postojećim uvjetima, raspoloživosti parkirnih mjesta, prometnim nezgodama itd. Informacije se pružaju putem terminala na autobusnim i željezničkim postajama, trgovima, tranzitnim točkama, ekranima u vozilu ili prenosivim osobnim terminalima.

Usluge rutnog vodiča i navigacije mogu se odnositi na predputno i putno informiranje o optimalnoj ruti ili putanji do naznačenog odredišta. Izbor najbolje rute temelji se na informacijama o prometnoj mreži i javnom prijevozu te uključuje multimodalne opcije s rješenjima kao što su Park & Ride i druga.

Podrška planiranju putovanja (engl. *TripPlanningSupport*) pruža podatke o prometnim tokovima i transportnoj potražnji u svrhu transportnog planiranja. To su aktualni i povijesni podaci iz prometnih upravljačkih i informacijskih sustava, te podaci od vozila u pokretu (engl. *Probe Vehicles*).

U ITS domeni pod nazivom **upravljanje prometom i operacijama** (engl. *Traffic Management and Operations*) nalazi se nekoliko usluga:

- vođenje prometa
- upravljanje incidentnim situacijama u prometu
- upravljanje potražnjom
- upravljanje i održavanje transportne infrastrukture
- identifikacija prekršitelja

U ITS području pod nazivom vozila (engl. *Vehicles*) nalazi se više usluga kojima se poboljšava operativna sigurnost vozila:

- poboljšanje vidljivosti (engl. *VisionEnhancement*)
- asistencija vozaču i automatske radnje vozila
- sprečavanje sudara
- sigurnosna upozorenja itd.

U području prijevoz tereta (engl. *Freight Transport*) objedinjene su funkcije, odnosno usluge koje se odnose na administriranje komercijalnih vozila, multimodalnu logistiku i međusobnu koordinaciju prijevoznika i drugih sudionika uključenih u proces prijevoza tereta.

Primjeri usluga su:

- upravljanje intermodalnim informacijama o prijevozu roba
- menadžment intermodalnih centara
- upravljanje opasnim teretima i automatska provjera dokumenata i težine vozila

U području javnog prijevoza (engl. *Public Transport*) definirano je više usluga koje omogućuju redovite i učinkovite radnje javnog prijevoza uz pružanje ažurnih informacija

Primjeri tih usluga su:

- napredni sustav javnog prijevoza
- praćenje voznog parka
- napredni sustavi dispečinga
- zajednički transport (engl. *Shared Transport*)

U području usluga žurnih službi objedinjeni su funkcionalni procesi koji omogućuju brzu i učinkovitu intervenciju Hitne pomoći, vatrogasaca, policije i drugih žurnih službi. Domena usluga žurnih službi sve više se integrira s incident managementom i postaje dio integriranog sustava upravljanja prometom.

Primjeri usluga su:

- automatska provjera nezgode
- automatski poziv u slučaju nezgode
- koordinirano upravljanje vozilima žurnih službi itd.

U području elektronička plaćanja vezana uz transport nalaze se usluge:

- elektronička naplata javnog prijevoza
- elektronička naplata cestarine
- elektronička naplata parkiranja
- daljinska plaćanja itd.

U području pod nazivom osobna sigurnost u cestovnom transportu definirano je više usluga:

- nadzor i zaštita u vozilima javnog prijevoza, kolodvorima i slično
- sustav nadzora pješaka
- sustav upozorenja o radovima na cesti itd.

U području pod nazivom nadzor vremenskih uvjeta i okoliša nalaze se usluge:

- nadzora vremenskih prilika na cestama

- nadzora onečišćenja
- nadzora razine vode ili leda itd.

Područje pod nazivom upravljanje odzivom na velike nesreće povezuje usluge i agencije vezane za prirodne nesreće, terorizam itd.

Primjeri usluga su:

- upravljanje podacima o velikim nesrećama
- koordinacija žurnih službi itd.

U području pod nazivom nacionalna sigurnost razvijaju se usluge koje omogućuju identifikaciju opasnih vozila, nadzor kretanja eksploziva, nadzor cjevovoda, naftovoda itd. Nacionalne ITS arhitekture mogu sadržavati usluge i funkcionalna područja koja nisu eksplicitno navedena u postojećim ISO taksonomijama usluga. No, preporučljivo je da se u specifikaciji korisničkih potreba (engl. *ITS UserNeeds*) krene od standardnih specifikacija ITS usluga i domena[2].

4. PREGLED POSTOJEĆIH SUSTAVA UPRALJANJAPROMETOM U EUROPI

Inteligentna transportna rješenja imaju danas veliku ulogu u samom prometnom sustavi zato što normaliziraju prometne tokove s ciljem smanjenja prometnih zagušenja na autocestama, i općenito u prometu. Rješenja u obliku rampmeteringa, speed-limit controla, odnosno ograničenja brzine te informiranja putnika prikazuju moguća smanjenja zagušenja, incidentnih situacija, te nepotrebnih troškova onečišćenja okoliša.

Jedan dio je vezan za autoceste, jer su to prometnice na kojima se razvijaju velike brzine pa je nužno osigurati odgovarajuću razinu sigurnosti prometa. Uz sve građevinske karakteristike, sigurnost se ostvaruje korištenjem odgovarajućih prometnih znakova, tj. odgovarajućom prometnom opremom. Zbog maksimalne sigurnosti prometa sva signalizacija i oprema projektira se i izvodi sukladnom domaćim i europskim standardima.

Prometna oprema na autocestama uključuje:

- opremu za označavanje vrha razdjelnih otoka u čvorištima;
- opremu, znakove i oznake za označavanje radova i zapreka na cesti;
- opremu za označavanje ruba kolnika (smjerkazni stupići, LED markeri u tunelima i markeri);
- ograde protiv zasljepljivanja;
- zaštitne ograde;
- zaštitne odbojne ograde;
- ublaživače udara.

ITS primjenjuje brojne tehnologije kao što su kontrolni mehanizmi, prikupljanje, obrada, pohrana, komunikacija i distribucije podataka. Sve te tehnologije se razvijaju u svrhu sigurnosti na cestama, uštedi vremena, povećanja mobilnosti i produktivnosti, uštede proračunskih i privatnih sredstava te smanjenju onečišćenja okoliša.

Primjer sustava ITS rješenja upravljanja prometom može se vidjeti Engleskoj, „HighwaysAgency“ tvrtka koja je u državnom vlasništvu sa odgovornošću upravljanja cestovnom mrežom razvija ITS prometne kontrolne centre. Glavna funkcija je strateško upravljanje prometnom mrežom autocesta i međugradskih cesta u Engleskoj, te odnosima s javnošću i podrškom statičkim analizama[7].

Vrijeme putovanja, kašnjenje i brzina su povezani parametri u prometu koji se koriste kao indikatori performansi prometnog toka, ali i općenito prometnog sustava. Prometni inženjeri moraju razumjeti način mjerenja i interpretiranja podataka koji su vezani za brzinu, vrijeme putovanja te kašnjenje, a sve u svrhu razumijevanja kvalitete poslovanja na objektu te definiranja kriterija. Brzina i vrijeme su obrnuto proporcionalni. Mjesta na kojima se mjere vrijeme i brzina putovanja su zahtjevni. Iz tog razloga, mjerenje brzine se najčešće uzima sa neke referentne točke na autocesti koja ima uvjet slobodnog prometnog toka. Namjera je odrediti brzinu koju vozači određuju tokom vožnje, a da ta brzina ne utječe na zagušenje u prometu. Takve informacije su iskorištene za određivanje općenitih brzina kretanja, kako bi se što bolje odredilo ograničenje brzine, a to ujedno znači i veću razinu sigurnosti u prometu.

Vrijeme putovanja mora se mjeriti na određenoj udaljenosti. Iako brzina, koja se mjeri trenutno, može uzeti kao referentna veličina u smislu određivanja vremena putovanja na kraćim udaljenostima, većina mjerenja koja su vezana za određivanje vremena putovanja vrše se na većim udaljenostima prometnice. Studije koje prikazuju vremena putovanja su najčešće izvedene kada se na autocesti ili bilo kojoj drugoj prometnici formira prometno zagušenje ili kada se kvantificiraju opseg i uzroci prometnog zagušenja.

Kašnjenje spada u dio putovanja. To je dio putovanja koji je posebno naznačen te za vozače predstavlja veliku neugodnost, čak i stres. Kašnjenje duž ključnih prometnica koje su povezane sa urbanim središtem može biti povezano sa radovima na prometnici, prometnom nesrećom ili nekim drugim oblikom prometnog zagušenja[4].

4.1 Upravljanje ograničenjem brzine – *speed limit control*

Speed limit controls su uređaji koji prikazuju brzinu vozila, te kao savjet ili upozorenje da se vozači pridržavaju ograničenja brzine s obzirom na cestovne i meteorološke uvijete. Najveći uzročnici velikih prometnih nesreća je upravo prevelika brzina. Baš zbog toga je glavni cilj obavijestiti vozača da se pridržava po prometnim propisima i pravilima od polazišta do odredišta putovanja, a najveće težište stavljeno je na pridržavanje brzine.

Da bi se postigla sigurnost u prometu potrebno je uređaje za kontrolu brzine pravilno rasporediti, ovisno o kapacitetu i vremenskim uvjetima. Postavljanje ograničenja brzine, analizom, potvrđuje pozitivne učinke na sigurnost u prometu. Uz prometnu policiju, koja je ujedno i zadužena za nadzor brzine vozila, potrebno je nabaviti određene količine uređaja za mjerenje brzine. Na taj način bi se zamijenili uređaji čija je funkcija dotrajala ili zastarjela. Na brzim cestama, pogotovo na autocestama, uvodit će se sustavi video nadzora brzine, kako bi taj nadzor bio konstantan.

Inače, u prometnim nesrećama najviše su ugrožena djeca, mladi ljudi i druge najugroženije skupine (biciklisti, motociklisti, pješaci). Osim navedenog, kroz preventivno promidžbeni medijski program, potrebno je djelovati na svijest ljudi o životnoj potrebi poštivanja ograničenja brzina i prilagođavanja brzina aktualnim uvjetima na kolniku, bez obzira radi li se o izvanrednim prometnim situacijama, atmosferskim prilikama ili nekim drugim atipičnim događanjima na i oko kolnika. Što se tiče ekološkog pristupa, *speed limit control* se koristi za ublažavanje utjecaja na okoliš, kao što su zagađenje okoliša ili buka [8].



Slika 5. Prikaz *speed limit control* sustava u Grčkoj.

[Izvor: <http://monitor-electronics.gr/product/vsls/>]

4.1.1 Varijabilno ograničenje brzine

Varijabilno ograničenje brzine (engl. *VariableSpeedLimits* -VSL) su ograničenja brzine koja su postavljena dinamički, obično kod digitalnih znakova promjenjivih poruka, tako da se najveća dopuštena brzina mijenja ovisno o uvjetima na cesti. Većina varijabilnih ograničenja mogu se naći na autocestama, ali postoje i u gradovima gdje se njihova namjena koristi u cijeloj prometnoj mreži.

U većini slučajeva, sustav promjenjivih ograničenja brzine je dizajniran za rješavanje problema zagušenja u određeno doba dana, ali su također često koriste zbog sigurnosnih razloga u kojima postoji opasnost u određeno doba dana. Varijabilno ograničenje brzine ima široku primjenu u uskim dijelovima britanske mreže autocesta kako bi se spriječio start-stop zagušenje. U mnogim mjestima to je širi dio pametne autoceste gdje se uz složene tehnologije koje pokušavaju upravljati zagušenjima na različite načine varijabilno ograničenje brzine samo jedna od mjera.



Slika 6. Prikaz VSL sustava implementiranog u okolici Londona

[Izvor: [http://www.sabre-roads.org.uk/wiki/index.php?title=File:A320_junction - Coppermine -
_3645.jpg](http://www.sabre-roads.org.uk/wiki/index.php?title=File:A320_junction_-_Coppermine_-_3645.jpg)]

Pojam pametne autoceste je jedinstven u Engleskoj, a u Škotskoj se sličan sustav koristi ali pod nazivom ITS. U osjetljivim područjima, kao što su tuneli, često je implementiran sustav VSL. zbog sigurnosnih razloga. VSL se također koristi za smanjenje buke i smanjenje onečišćenja okoliša. Iako njegova primjena za sada nije zastupljena u velikoj količini, očekuje se da će u budućnosti biti od velike koristi. Ovakvi sustavi su uglavnom automatski, no stalno su pod nadzorom Centra za kontrolu prometa (engl. *TrafficControl Centre – TCC*) te Centar za upravljanje prometom (engl. *Traffic Management Centre – TMC*).

4.1.2 Vrste varijabilnog ograničenja brzine

Postoji više vrsta VSL-a, a svaka od njih je većinom usmjerena na ograničenje brzine te na promjenjive meteorološke uvjete i prometne parametre, a sve u svrhu smanjenja zagušenja i smanjenju onečišćenja okoliša, a time i smanjenju troškova putovanja te smanjenjem incidentnih situacija u prometu.

Postoje tri tipa VSL sustava:

- VSL za harmonizaciju brzine,
- VSL zasmanjenje brzine,
- VSL za stabilizaciju brzine[6].

a) **VSL za harmonizaciju brzine** - harmonizacija brzine odnosi se na mogućnost VSL-a da smanji razliku brzine između vozila i pojedinačnih prometnih trakova. S manjim razlikama u brzini, prometne smetnje kao što su promjena trake ili spajanja trake (kod pojave uskog grla) su smanjene što dovodi do stabilnijeg prometnog toka. Ovi tipovi VSL-a se odnose na promet koji je gust, ali još uvijek u pokretu. Harmonizacija brzine može pridonijeti sigurnosti i efikasnosti prometa jer ublažava i stabilizira protok smanjujući razlike u brzinama na i u trakama stvarajući prihvatljivije vrijeme slijeđenja, te time smanjuje rizik od primarnih incidenata. Smanjen broj nesreća se odražava i na smanjenje zagušenja prometa što nam daje zaključiti da harmonizacijom pospješujemo prometni tok u vrijeme vršnih sati. Međutim,

za prometnice s visokom gustoćom prometa i s velikim brojem priljevnih tokova to ne mora biti slučaj. Kod takvih prometnica vrijeme slijeđenja je uvijek kratko, te su promjena i spajanje trake vrlo teško izvedivi i sam koncept harmonizacije brzine može imati negativan utjecaj na prometnu sigurnost i efikasnost.

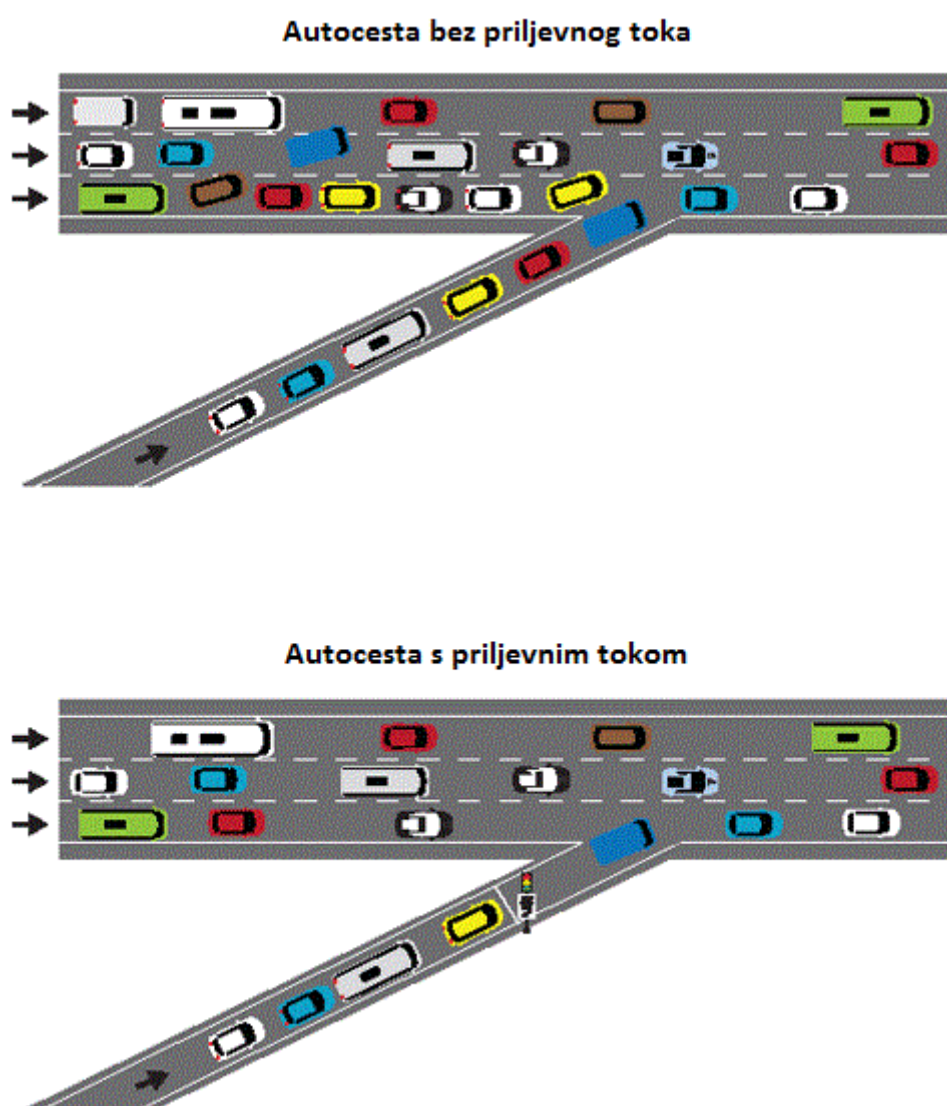
- b) **VSL za smanjenje brzine** - velike brzine su čest uzrok incidenata i incidenata sa smrtnim slučajevima. Mala regulacija po pitanju smanjenja brzine uvelike može smanjiti nesreće i ozljede u prometu. VSL se može iskoristiti kako bi vozači vozili primjerenim brzinama. VSL za smanjenje brzine je dizajniran kako bi se prilagodio situaciji na prometnici i njenom okruženju kao što je smanjena vidljivost ili mokar kolnik. Ovakav sustav prilagođava ograničenje brzine kad su loši vremenski uvjeti ili uvjeti na cesti. Najčešći razlog upotrebe ovakvih sustava su loši vremenski uvjeti. VSL prima podatke s lokalne cestovne meteorološke stanice (engl. *roadweatherstations* – *RWS*) koja upravlja sensorima u zraku i u prometnici koji detektiraju kišu, maglu, sklizak kolnik te mjere temperaturu. Ovakvi VSL sustavi omogućuju operatorima da ručno podese ograničenje brzine u slučaju da se logika računala automatizirane kontrole brzine iz nekog razloga mora premostiti.
- c) **VSL za stabilizaciju brzine** -stabilizacija brzine odnosi se na mogućnost VSL-a da postepeno smanjuje brzinske zone i time osigura dovoljno mjesta da vozila s velikim brzinama uspore prije nego što dođu do reda zastoja. Takvi VSL sustavi su osmišljeni uglavnom za incidentne situacije i zagušenje prometa. Oni detektiraju prisutnost prometnog zagušenja te obavještavaju vozače na početku prometnice da uspore do zastoja ili mjesta incidenta time smanjujući opasnost od sekundarnih incidenata i sudara[10].

4.2 Upravljanje priljevnim tokovima

Većina autocesta su višetrakne ceste koje su projektirane za podnošenje većih prometnih opterećenja. No pri njihovom kapacitivnom dimenzioniranju teško se mogu predvidjeti opterećenja koja se događaju zbog priljevnih tokova te na taj način

direktno utječu na propusnost glavnog toka. Zbog takvih problema razmatraju se razne metode kako bi se smanjio takav utjecaj na glavni tok autoceste. U Europi prvi takav sustavi implementirani su 80-ih godina u Nizozemskoj, Francuskoj, Belgiji i Njemačkoj. Godine 2001. projekt Europske Unije CENTRICO izdao je procjenu tih sustava kako bi se mogao izraditi standard na području cijele europske unije[11].

Takvi sustavi upravljanja priljevnim tokovima se nazivaju – *rampmetering*. *Rampmetering* nema direktan prijevod, već se definira kao skupina prometnih signala koji kontroliraju prometne priljevne tokove na ulazima autoceste[12].



Slika 7. Prikaz priljevnog toka bez upravljanja i sa upravljanjem *rampmetering*-om

[Izvor: <http://www.ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop14020/sec1.htm>]

Na slici 7. vidimo primjer autoceste s prikazom priljevnog toka na kojoj se ne upravlja i upravlja pomoću *rampmetering*-a. Bez rampe se na glavnom toku usporava ili čak zaustavlja promet kako bi se omogućio ulazak vozila u glavni tok. Ovakav način smanjuje brzinu glavnom prometnom toku, gdje se prometni tok lako dovodi do zagušenja, a ponekad i *stop-and-go* uvjeta.

Glavni razlozi uvođenja priljevnim tokovima autocesta su:

- Manja zagušenja i poboljšanje protočnosti glavnih prometnih tokova na autocesti
- Smanjenje vremena putovanja na autocestama
- Smanjenje potražnje autocesta na kratkim putovanjima
- Smanjenje rizika od prometnih nesreća
- Smanjenje zagađenja okoliša i potrošnje goriva

Svrha prva dva razloga je osigurati stanje u kojem ukupni broj vozila koji ulazi na autocestu zajedno s vozilima u glavnom toku autoceste bude ispod kapaciteta koji sugerira na postojanje zagušenja na tom segmentu autoceste. Cilj trećeg razloga je stvaranje kontroliranog zastoja na prilaznim autocestama kako bi se spriječila kratka putovanja autocestom prilikom vršnih opterećenja. Četvrti operacijski razlog ima ulogu uskladiti brzinu i gustoću priljevnog toka sa glavnim. Time se sugerira vozačima koji se uključuju u glavni tok autoceste na trenutak u kojem se smiju uključiti u glavni tok, a da je pritom rizik od nesreće najmanji. Peti operacijski razlog produkt je prva tri operacijska razloga[13].

4.3 Putno informiranje

Sustavi za informiranje putnika i vozača najviše ovise o zahtjevima korisnika. Važno je imati određene inpute od strane samih korisnika koji bi bili smjernica pri izradi ovakvih sustava. Određene inpute korisnika potrebno je analizirati i vidjeti kako bi se ukomponirali u sam sustavi, te jesu li izvedivi. Pošto se javlja sve veća potreba za brzim i pouzdanim transportom korisnici zahtijevaju određene sustave koji će im te potrebe i zadovoljiti. Usluga putno informiranje putnika je primjer takvog sustava.[2]To je

elektronički informacijski sustav koji pruža informacije u stvarnom vremenu. To može uključivati predviđanje o dolasku i dolasku puta, kao i informacije o meteorološkim uvjetima.

Ovakav način informiranja može se koristiti unutar samog prometnog čvorišta, pa čak i pomoću mobilnih uređaja. Usluge se realiziraju posebnim sustavima ili integriranim sustavom za više sličnih usluga.

Analizirajući postojeće specifikacije usluga putnih informacija može se zaključiti da su usmjerene na zadovoljenje zahtjeva korisnika u cestovnom prometu, no postoje poveznice i sa drugim modovima prijevoza npr. željezničkim i vodenim. U usluge putnog informiranja vozača uključene su dvije pod usluge:

- Savjet vozaču (engl. *Driver Advisory*)
- Informiranje u vozilima

U današnje vrijeme postoji puno situacija gdje se ovakvi sustavi informiranja mogu primijeniti i biti od velike koristi za korisnike. Zbog velike primjene tehnologije lako je moguće dobiti pouzdane informacije na svakom koraku i u svakoj situaciji. Neke od dominantnih tehnologija kojima su realizirani postojeći sustavi putnog informiranja vozača i putnika u Europi su:

- **VMS (engl. *Variable-MessageSign*)** – promjenjivi elektronički znakovi upotrebljavani na autocestama. Ovakvi znakovi su izvedeni tako da imaju unaprijed određene poruke ili slike. Upotrebom promjenjivih elektroničkih znakova ostvaruje se mogućnost upozoravanja vozača i putnika o prometnim gužvama, nesrećama, incidentima, radovima na cesti ili ograničenjima brzine na određenim segmentima autocesta. U urbanim sredinama VMS sustav se može koristiti za navođenje vozača o raspoloživim parkirnim mjestima. Također ovi sustavi mogu navoditi vozače na alternativne pravce, te ih upozoravati o trajanju i položaju incidentnih situacija ili samo općenito informirati o stanju u prometu.

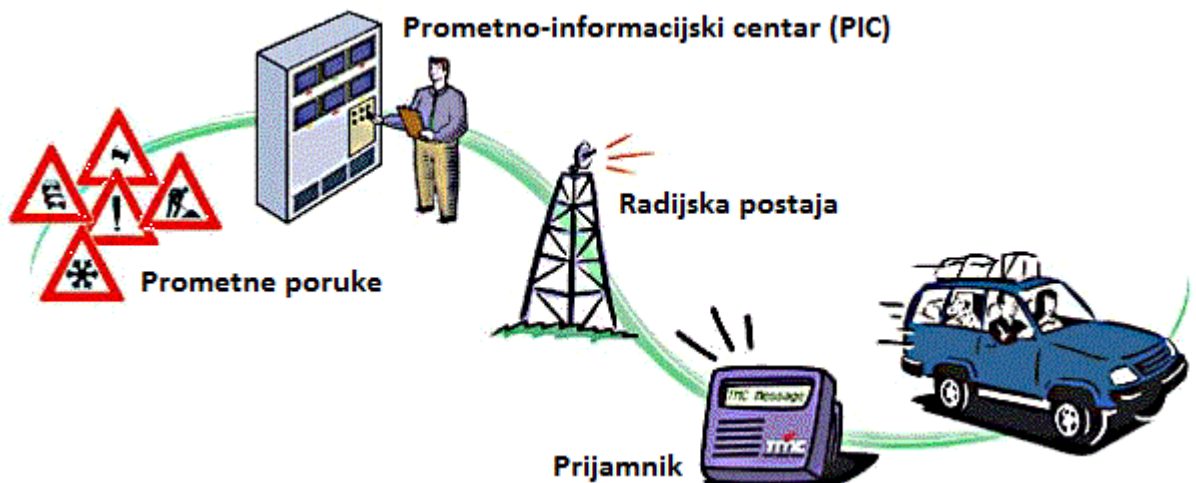


Slika 8. Prikaz VMS sustava u Češkoj

[Izvor: <http://www.vars.cz/en/vars-brno-as-received-the-prestigious-award-of-the-czech-transport-construction-of-the-year-2013>]

- **RDS (engl. *Radio Data System*)**– Radijski podatkovni sustav je komunikacijski protokol koji je standard za prijenos digitalnih podataka kroz odašiljačku mrežu. Sustav može biti korišten za emitiranje korisnih informacija za vozače i putnike koji se već nalaze na cesti i nemaju se kako informirati o stanju na cesti. Ovaj način emitiranja prometnih informacija je dosta važan jer veliki broj putnika i vozača prati emitiranje običnih radio postaja.
- **TCM (engl. *TrafficMessage Channel*)** – je posebna aplikacija FM Radio Data System (RDS) koja se koristi za emitiranje informacija o prometu u realnom vremenu. To je posebni kanal koji se koristi za emitiranje samo prometnih informacija u stvaranju posebne prometne infrastrukture za informiranje sudionika u prometu. Prije samog emitiranja informacija, važno je iste informacije prikupiti sa terene te ih prilagoditi za emitiranje. Informacije se prilagođavaju tako da se poslana poruka primi i od strane TMC opreme dekodira te putem radija ili navigacijskog sustava dostavlja vozaču. Važno je da informacija bude točna i što prije poslana vozačima. Podaci se mogu integrirati i izravno u navigacijski sustav, te se te informacije mogu iskoristiti za izračun

bolje rute. Podaci koji se odnose na promet kao što su incidenti, stanje na cestama, vrijeme putovanja itd. skupljene od strane sustava za prometni nadzor, hitne službe, pozivima sudionika u prometu, se skupljaju u informacijskom prometnom centru. Iz informacijskog prometnog centra informacije se kodirano šalju prema radijskim stanicama, te se te poruke dekodiraju od strane TMC opreme i stižu do sudionika u prometu preko radija ili navigacije. Pokrivenost TCM usluge je posvuda u svijetu. Usluga je besplatna u gotovo cijeloj Europi, ali se plaća naknada za pretplatu u SAD-u i Velikoj Britaniji.



Slika 9. Prikaz toka informacija korištenjem TMC sustava

[Izvor: <http://www.navigadget.com/index.php/gps-knowledge/tmc-traffic-message-channel>]

- **GSM (engl. *Global System for Mobile Communications*)** – najkorišteniji standard za mobilne telefone u svijetu. GSM koristi preko dvije milijarde ljudi u više od 212 država i teritorija, te se također može iskoristiti za informiranje putnika i vozača. Vlasnici mobilnih telefona mogu na zahtjev, te u bilo koje vrijeme dobiti informaciju o stanju u prometu. Posrednik je opet prometni informacijski centar koji raspolaže tim istim informacijama[14].
- **GPRS (engl. *General Packet Radio Service*)** – paketno, bežična podatkovna komunikacijska usluga projektirana da zamijeni usluge s prespajanjem kanala dostupne u GSM mrežama druge generacije. GPRS omogućuje primjenu raznih mobilnih aplikacija koje bi korisnik upotrebljavao za *real-time* informiranje o stanju na cesti.
- **PDA (engl. *Personal Digital Assistant*)**-Ili prevedeno osobni digitalni pomoćnik je prijenosni uređaj koji je spojen na mobilnu mrežu i ima mogućnost

preuzimanja svih informacija koje su korisne vozaču ili putniku. PDA uređaji se upotrebljavaju svuda gdje mogu korisniku olakšati svakodnevne poslove ili procese, iako danas postoje smartphone uređaji koji su otišli korak dalje kao telefonski uređaji. Oni su nastali kao pomak od elektronskih rokovnika i dostupnošću brzih mikroprocesora s malom potrošnjom, boljom tehnologijom baterija, te jeftinijih memorija.



Slika 10. Personal Digital Assistant (PDA)

[Izvor:<http://kellepcharles.blogspot.hr/2008/09/personal-digital-assistant-pda-security.html>]

Razvojem tehnologije, dobivaju zaslone u boji i ulaznu jedinicu preko ekrana, Wi-Fi, te funkcije mobilnog telefona, a isto tako i funkcije globalnog pozicijskog sustava (engl. *Global Positioning System – GPS*). Posljednjih nekoliko godina, prestaju biti zasebni uređaji, jer mnogi korisnici se sve više priklanjaju pametnim telefonima[15].

5. ANALIZA SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM U REPUBLICI HRVATSKOJ

Tijekom 80-ih i 90-ih godina prošlog stoljeća u Republici Hrvatskoj je izuzetno dobro utemeljeno područje ITS-a prije poznatog kao cestovne telematike. Grupa znanstvenika iz područja prometnih znanosti krajem 90-ih prepoznaje značenje ITS-a te u okviru Fakulteta prometnih znanosti uspostavljaju istraživačko središte za ITS preteču zavoda za ITS na istom fakultetu, pokreće niz znanstveno-stručnih projekata iz ovog područja. Posljednjih godina kao rezultat toga, Republika Hrvatska sudjeluje i u europskim istraživačko-razvojnim projektima.

Za razvoj i uvođenje ITS-a u Republici Hrvatskoj u proteklom periodu od posebnog je značaja bio program izgradnje autocesta. Hrvatske autoceste su među najmodernijim i najsigurnijim u Europi, što je posljedica i primijenjenih ITS tehnologija, posebno u dijelu upravljanja prometom te sustavima upravljanja incidentima u tunelima. Za ove sustave dobiveno je više priznanja, kao npr. od EUROTAP-a. EuroTAP (engl. *European TunnelAssessmentProgramme*) je jedan od ukupno osam istraživačkih projekata o sigurnosti prometa u tunelima.

Ovo istraživanje izravno je povezano uz podizanje razine sigurnosti cestovnog prometa, a pokrenuto je na temelju Europska direktive 2004/54/EC o sigurnosti u tunelima. Autoceste su opremljene suvremenim informacijsko-komunikacijskim sustavima za razmjenu informacija koje mogu biti podatkovne, govorne i slikovne.

U Centrima za održavanje i kontrolu prometa ugrađeni su sustavi za središnje upravljanje prometom koji se sastoje od nekoliko podsustava: prometne centrale, prometne radne stanice, informacijskog sustava vremenskih uvjeta na prometnicama, podsustava za video nadzor i sl. U slučaju da postoje i tuneli na nadziranoj dionici, dodaju se i slijedeći podsustavi: podsustav za daljinsko upravljanje i kontrolu energetskih postrojenja, podsustava upravljanja ventilacijom te nadzor i upravljanje ostalih sustava koji se ugrađuju u tunel. Nažalost, na državnim i ostalim cestama je puno lošija situacija te se u skoroj budućnosti očekuje značajnije ulaganje u ovaj dio cestovne mreže.

Značajne promjene na razvoj ITS-a su nastupile ulaskom Republike Hrvatske u Europsku uniju, kao posljedica obveza proisteklih iz harmonizacije hrvatskog zakonodavstva s europskim. Uvođenjem ITS-a u Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13 i 148/13) te posebno osnivanjem Nacionalnog savjeta za razvoj i uvođenje ITS-a u Republici Hrvatskoj po prvi put uspostavljena je stvarna „infrastrukturna organizacijska osnova“ za učinkovit razvoj svih aspekata ITS-a.

Naravno da je od posebne važnosti prepoznavanje interesa hrvatskog gospodarstva, a posebno pripadne industrije. Razvoj ITS-a se jako dobro uklapa u posljednje vrijeme često isticanu sintagmu „reindustrijalizacije Hrvatske“. Upravo je ITS područje mogućeg učešća jednog dijela hrvatske industrije sa proizvodima i uslugama visoke dodane vrijednosti[16].

5.1 Analiza sustava upravljanja prometom u Zagrebu

Većina prometnih problema u gradu Zagrebu, a i u većini gradova u RH, proizlazi iz nepostojanja Strategije prometnog razvoja. S obzirom da ne postoji navedena strategija, nije poznat cilj gradske prometne politike, kao niti mjere kojima bi se postigao cilj. Pješачke zone se smanjuju, biciklističke staze su još uvijek nepovezane, ne postoji dovoljno parkirnih mjesta, a JGP (javni gradski prijevoz) je sve sporiji.

Studije koje su napravljene prijašnjih godina imale su dosta propusta, te nisu mogle dati značajniji doprinos za izradu kvalitetne Strategije prometnog razvoja. Raspoloživi podaci pokazuju da je promet u Zagrebu razvijeniji nego u većini gradova regije, ali i dalje je vrlo daleko od europski razvijenih gradova što se tiče prometnog sustava. U Zagrebu 2008. godine je predstavljen sustav za automatsko upravljanje prometom, u sklopu Prometne studije grada Zagreba, koji je izradila britanska konzultantska kuća MVA u suradnji s njemačkom kućom LightRailTransitConsultants, Urbanističkim zavodom grada Zagreba, Institutom građevinarstva Hrvatske i tvrtke Prometis i Promet-ing. Sam sustav je izrađen u tvrtki Ericsson Nikola Tesla čiji su predstavnici objasnili lošu protočnost prometa u Zagrebu. Riječ je o projektu koji bi trebao riješiti problem prometa, parkirnih mjesta, kritičnih točaka na kojima se događaju nesreće u gradu te bi trebao djelovati na način

na koji bi se brže stizalo do odredišta uz veću sigurnost, manje troškove i manju zagađenost okoliša. Prikupljanje i obrada podataka omogućuje planiranje putovanja, a povezivanje prometnih sustava i mobilnih komunikacija postiže se aktivno uključivanje građana u prometni sustav, čime se povećava djelotvornost sustava, smanjuje stres i postiže skraćivanje vremena putovanja. Jedan od ciljeva projekta je sanacija opasnih mjesta, rješavanje problema parkinga, reorganizacija prometnih tokova i zadovoljstvo građana u prometu[17].

Ipak postoje razni sustavi kojima se pokušava doprinijeti upravljanjem prometom. Stvarnovremenske informacije prikupljanje automatskim lociranjem vozila su jedan od tih sustava.

Usluga elektroničke oglasne ploče (engl. *Electronic bulletinservices*) je dvosmjerni informacijski sustav koji koristi terminalni uređaj u uredu ili domu te zahtjeva i prikazuje informacije putniku. terminalni uređaj najčešće je osobno računalo. Informacije se mogu pružiti putem komercijalnih telekomunikacijskih pružatelja usluga ili izravnom prijavom pomoću telefonskog broja. Također, sadrži opciju objavljivanja informacija putnika ili tvrtki o stanju u prometu s obzirom na to da su korisnici upravo oni koji prvi uočavaju prometne probleme. Sustavi javne objave se koriste kako bi putnike informirali o značajnima promjenama u voznom redu, odredištima, kašnjenjima, otkazivanju linije JGP i sl. Informacije se emitiraju na terminalima javnog gradskog prijevoza[18].

Stvarnovremenske informacije sustavu javnog gradskog prijevoza mogu biti distribuirane putnicima na mnogobrojne načine. Na samim stajalištima javnog prijevoza, oglasnim pločama, promjenjivim svjetlosnim znakovima (DMS) kao što prikazuje slika 11.



Slika 11. Promjenjivi svjetlosni znak

[Izvor: <http://metro-portal.rtl.hr/sustav-informativnih-zaslona-tramvaja-i-autobusa-u-kvaru/67959>]

Informacije mogu biti pružene putem internetskih stranicama prijevoznika, putem automatskih telefonskog informativnog sustava, radija i televizije ali i kao direktna poruka putniku e-mailom, sms porukom i sl.[19].

5.2 Analiza sustava upravljanja prometom u gradu Rijeci

Grad Rijeka je prvi grad u Hrvatskoj koji je uspješno razvio cjeloviti sustava za nadzor i upravljanje gradskim prometom, pa je tako danas u sustav AUP-a od ukupno osamdeset i četiri (84) semaforizirana raskrižja na području Grada Rijeke, uključeno trideset i sedam (37) raskrižja koja su opremljena semaforskim uređajima najsuvremenije tehnologije inteligentnih transportnih sustava tehnologije (ITS).

Za cjelodnevno praćenje stanja u prometu i upravljanjem semaforskim sustavom grada Rijeke u koordinaciji s prometnom policijom zadužen je prometni centar Rijeka.

Uvođenje sustava je započelo 2000. godine i uključuje niz raskrižja. Svaki kvar na semaforskim uređajima, lanternama i mreži automatski se dojavljuje Prometnom centru, a automatski i serviserima. Temeljem obrađenih podataka prikupljeni kroz sustav AUP, vrši se praćenje i analiza prometnih opterećenja na gradskoj mreži, a ti podaci predstavljaju temelj za donošenje strateških odluka o upravljanju prometom.

Statistički podaci o prometnom opterećenju pokazuju kako primjenom sustava AUP i uvođenjem sličnih rješenja može umanjiti zagušenje prometnica. No prometno opterećenje se neće moći smanjiti ukoliko ne bude većeg korištenja javnog gradskog prometa i bez razvoja svijesti da građani ne moraju baš svugdje ići automobilom, a i kad su za volanom, da je važno pridržavati se prometnih propisa[20].

Sustav AUP omogućuje nadogradnju postojećih podsustava s ciljem povećanja protočnosti na širem području gradske mreže. Godišnji prirast novih osobnih vozila u gradu može se učinkovito kompenzirati jedino kroz veću atraktivnost JGP. Rijeka promet je razmatrao razne projekte vezane za unapređenje gradskog autobusnog prijevoza, u čemu ima podršku i suradnju KD Autotrolej.



Slika 12. Centar za automatsko upravljanjem prometom u Rijeci

[Izvor:<http://www.rijeka.hr/Default.aspx?art=12844>]

Tijekom 2007.g. proveden je pilot projekt vođenja autobusnog JGP koji je imao za cilj davanje prednosti JGP-u na semaforima, i time povećati njegovu brzinu i točnost. Pilot projekt je obuhvatio dvije točke (raskrižja) na prometnoj mreži koje su

odabrane po kriteriju prioriteta. Pokazalo se da je funkcionalnost opreme ispunila očekivanja, no da je glavna prepreka realizaciji projekta masovno nepropisno parkiranje i zaustavljanje osobnih i dostavnih vozila na žutom traku rezerviranom za javni gradski prijevoz. Zato je realizacija ovog projekta do daljnjega odgođena.

Rijeka promet radi na projektima širenja sustava informacija dostupnih vozačima i građanima putem Interneta. U travnju 2008.g. je na web stranicama Grada Rijeke i Rijeka prometa u funkciju i probni rad pušten softverski paket *Spectra* koji na digitaliziranoj karti središta grada prikazuje podatke o prometnim opterećenjima. Iste su godine i prometne kamere na 13 pozicija uključene preko stranica Grada Rijeke na Internet. Ovisno o opterećenju, glavni prometni pravci kroz grad mijenjaju boje, što omogućava da se na brz i pregledan način dobije slika o trenutnom stanju prometa u gradu. Grafička karta je interaktivna i pogodna je za prikaz i drugih korisnih informacija kao što je stanje popunjenosti pojedinih parkirališta i garaža, izravan prijenos slike sa web kamera i sl.[21].

5.3 Analiza sustava upravljanja prometom na autocestama Republike Hrvatske

Posljednji iskoraci u gradnji i modernizaciji autocesta i ostale prometne infrastrukture svrstavaju Republiku Hrvatsku u vrh u regiji po pitanju opremljenosti sustavima za upravljanje prometom na brzim autocestama i cestama, sustavima sigurnosti i zaštite na cestama i cestovnim građevinama (posebno u tunelima) i dr. Suvremene informacijsko-komunikacijske tehnologije koje su implementirane na svim hrvatskim autocestama i nekim brzim cestama od većeg značaja (Riječka i Splitska regija) omogućavaju daljnje pomake ka integraciji cestovne infrastrukture kao jednom od značajnih koraka u razvoju harmoniziranog upravljanja prometom u državi, regiji i šire.

S obzirom da je implementirana tehnologija u velikoj mjeri proizvod domaće industrije jedan od kolateralnih učinaka izgradnje i modernizacije autocesta i ostale prometne infrastrukture je respektabilan rast malog i srednjeg poduzetništva u području opremanja cestovnom telematičkom opremom, a kroz: istraživanje i razvoj, projektiranje, proizvodnju, ugradnju, i održavanje telematičkih sustava različitih funkcija. Tu se naročito ističe tehnologija promjenljive prometne signalizacije (engl.

VMS – *VariableMessageSign*) te programski sustav za centralizirano nadgledanje i upravljanje prometom koji su verificirani i priznati kao vrhunski proizvod ne samo u regiji nego i šire na svjetskom tržištu. Pojedini hrvatski proizvođači, specijalizirali su se u isporuci kompletnih integriranih tehnoloških rješenja za napredno upravljanje prometom na autocestama, u tunelima i u gradovima. Uspješno su realizirani brojni projekti u Hrvatskoj, ali i u preko 30-tak zemalja u regiji i u svijetu[16].

U protekla tri desetljeća stvoren je bogati fond podataka o prometnom opterećenju cestovne mreže Republike Hrvatske, posebno s automatskih brojila, što omogućuje raznovrsna istraživanja u području same metodologije i izrade prognostičkih modela, trendova prometa i tome slično. Od početka sustavnoga brojanja prometa u Republici Hrvatskoj neprekidno se radi na njegovu razvoju. Razvoj cestovnog i ukupnog prometnog sustava zahtijeva kvalitetne informacije o prometu, što nameće potrebu neprekidnog proširivanja i obogaćivanja sustava brojanja prometa. Svrha sustava je kontinuirano prikupljanje podataka sa automatskih brojila prometa, obrada u središnjem centru te distribucija i prezentacija trenutnih i arhiviranih informacija korisnicima sustava. Sustav kroz integraciju prethodno navedenih modula omogućuje sljedeće funkcionalnosti:

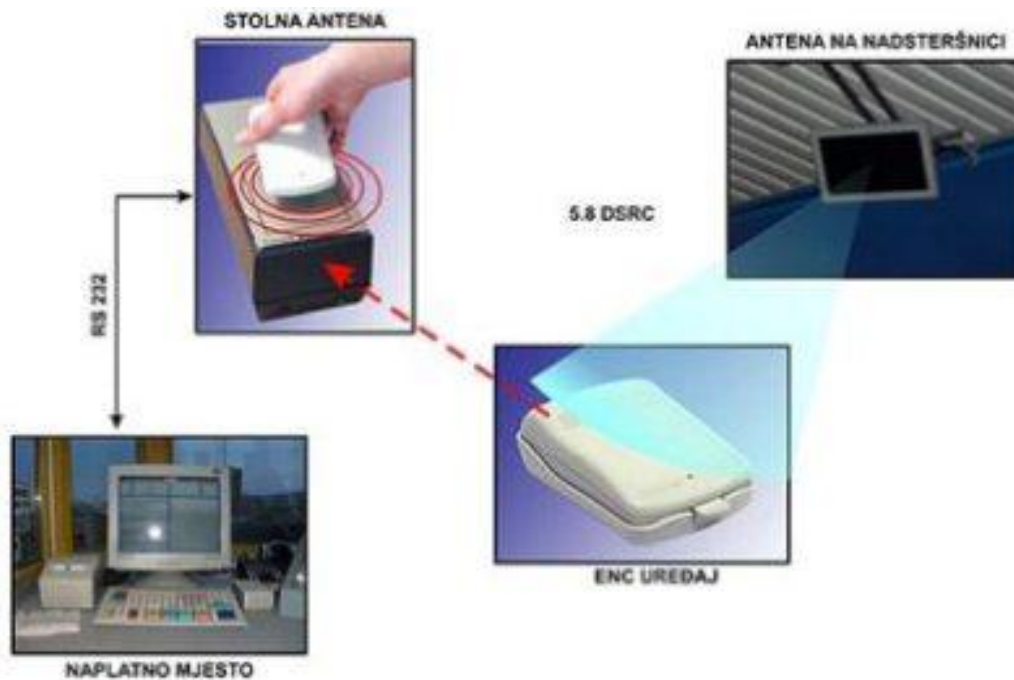
- izvješćivanje o kvarovima i izvanrednim stanjima,
- analizu i izradu statističkih izračuna specifičnih za prometne tokove,
- pregled georeferenciranih podataka u stvarnom vremenu,
- prostorna analiza podataka,
- analiza međuzavisnosti prometnih tokova,
- konfiguracija i daljinsko upravljanje ovisno o korisničkim pravima[22].

Jedan od naprednih sustava na autocestama je elektronska naplata cestarine (ENC). Elektronska naplata cestarine omogućuje vozaču prolazak kroz rampu cestarine u određenoj brzini, čime se smanjuje zagušenje na naplatnim postajama i uvodi automatizirani način naplate.

Elektronička naplata cestarine (ENC) je metoda bezkontaktne naplate bez posredovanja blagajnika, a proces naplate cestarine odvija se pomoću ENC- uređaja smještenog na vjetrobranskom staklu vašeg vozila i antene na naplatnoj stazi. ENC-

uređaj mogu koristiti korisnici svih skupina vozila. Minimalan iznos koji treba uplatiti u Hrvatskoj iznosi 100 HRK. Sustav se može višekratno nadopunjavati željenim iznosom i koristiti u razdoblju koje odgovara vozaču, jer takav sustav naplate cestarine nema vremensko ograničenje korištenja. Kupnjom ENC uređaja i pravilnom uporabom, omogućava se korisniku brže i lakše plaćanje cestarine[23].

Brojne su prednosti ovakvog sustava kao što su: ušteda vremena, smanjenje emisija štetnih plinova, povećana protočnost, smanjenje prometnih nezgoda, uštede goriva, pojednostavljivanje novčanih transakcija, fleksibilnost plaćanja, smanjenje zakrčenosti.



Slika 13. Elektronička naplate cestarine

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

Ali postoje i nedostaci ovakvog sustava kao što je temeljni nedostatak ograničenost upotrebe. Sustav djeluje na razini Republike Hrvatske, ali se za druge europske gradove sustav nije u funkciji. Naglasak bi se trebao staviti na posjedovanje

jedinstvenog uređaja, a ne za svaku zemlju posebno. Poteškoće koje se javljaju su i u registriranju ENC uređaja, kada se korisnik uređaja služi motociklom kao prijevoznim sredstvom. Stanoviti problem predstavljaju i vozači teretnih vozila koji se ne pridržavaju pravilnika izdanog od strane davatelja usluge ENC-a. Prekršaji se očituju u tome što koriste uređaje registrirane na osobne automobile u prometovanju kamiona s prikolicom i tegljača sa poluprikolicom te tako ostvaruju uštede u razlici cijene koja ovisi o kategoriji vozila[24].

6.KOOPERATIVNI SUSTAVI UPRAVLJANJA GRADSKIM PROMETNIM SUSTAVOM

Kooperativni sustavi u prometu i transportu su sustavi u kojima vozilo bežično komunicira s drugim vozilom, infrastrukturom (prometnica i prateća oprema) te drugim korisnicima. Cilj je postizanje prednosti u mnogim područjima upravljanja prometom i sigurnosti na cesti.

Osnovna ideja je da su vozila opremljena sa upravljačkim jedinicama, usmjerivačima i antenama, stoga mogu dobivati informacije iz cestovne infrastrukture, obraditi te informacije i prikazati ih vozačima ili putnicima u javnom prijevozu.

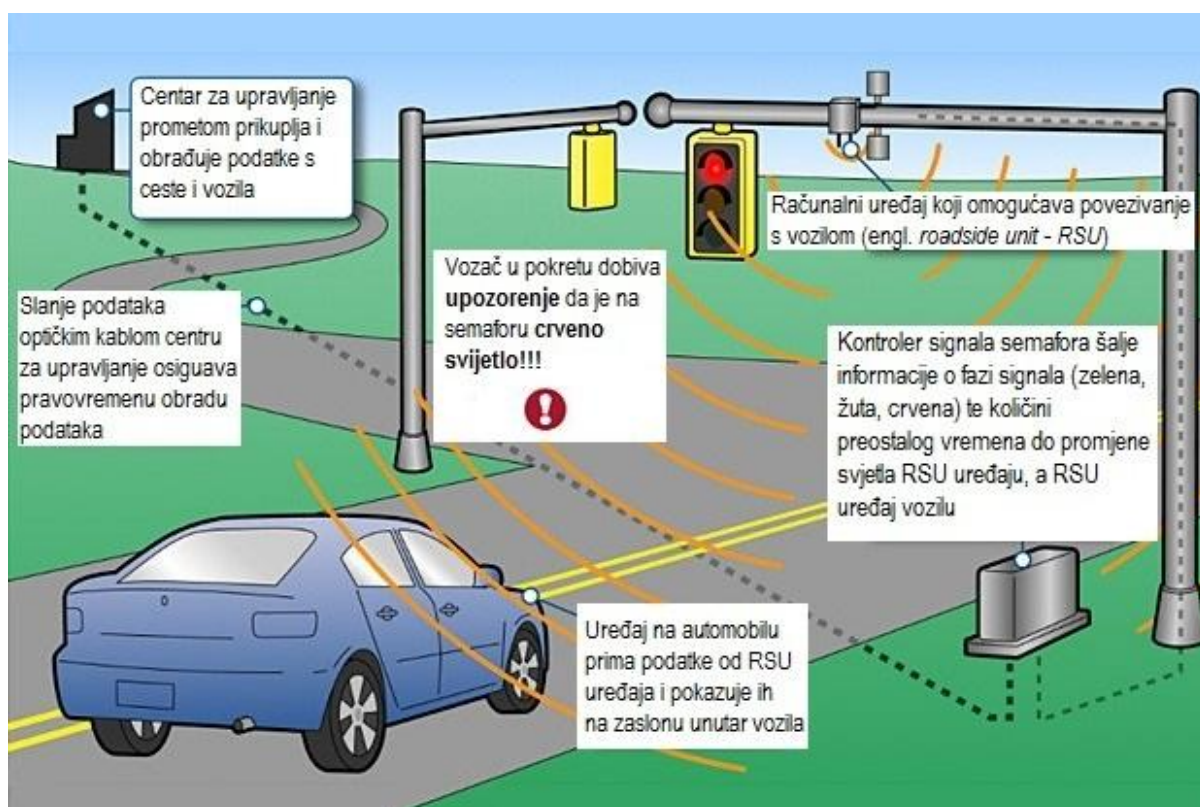
Glavna prednost ovih sustava je komponiranje različitih sustava u jednu cjelinu koji funkcionira sigurno i efikasno. Očituje se kvalitetom informacija koje prolaze medijima, poboljšanim upravljanjem mrežom prometnica, te povećana efikasnost javnog gradskog prijevoza. Kooperativni sustavi smanjuju emisije štetnih plinova i onečišćenja, uvećana je sigurnost prometa te su kraća i lakše predvidljiva putovanja i drugo. No kao i svaki sustav i ovaj ima svoje prednosti, a i nedostatke . Tu spada preveliko oslanjanje na samo računalo odnosno odgovornost pri eventualnoj nesreći, jer ipak je čovjek taj koji je za volanom. Zatim prevelik broj informacija, koje su nepotrebne, a i njihovo skupo održavanje predstavlja problem ovih sustava.

Postoje vozila koja komuniciraju s cestovnom infrastrukturom. Postoje vozila koja su opremljena tehnologijom koja komunicira sa semaforskim uređajem i emitira signal prema kojem semaforski uređaj nakon analiziranja signala odlučuje da li je vozilo prioritarno na raskrižju. Takvi sustavi nazivaju se samostalnim.

U prometnom sustavu se koriste različite tehnologije za komuniciranja infrastrukture i vozila. Zbog različitosti tehnologija dolazi do problema jer svaka tehnologija radi na drugi način. Tehnologije sljedeće generacije omogućavaju dvosmjernu komunikaciju bez obzira na različitost proizvođača, što bi riješilo jedan od glavnih problema zastarjelih tehnologija a i samim time unaprijedile prometni sustav. Veliki problem gradskog prometnog sustava kao što su zagušenja i gužve u vršnim satima prometne stručnjake ohrabruje koristeći kooperativne sustave zbog jednostavnosti upravljanja. Komunikacijska tehnologija kooperativnim sustavima

uvelike olakšava posao zbog točnih satelitskih izračuna o lokaciji vozila u stvarnom vremenu, te operaterima daje visoku kvalitetu informacija koje razmjenjuju s vozačima.

Primjer velikog europskog projekta za istraživanje i razvoj s ciljem dizajniranja, razvoja i testiranja kooperativnih sustava je CVIS (engl. *Cooperative Vehicle – Infrastructure System*). Projekt je podržan od strane Europske Komisije u okviru 6. okvirnog programa za istraživanje i razvoj. Svrha projekta je započeti revoluciju u mobilnosti za putnike i robu te potpunu rekonstrukciju u interakciji između vozača, vozila, robe i prometne infrastrukture. Projekt ima više od šezdeset partnera uključujući javne vlasti, softverske inženjere, stručnjake za cestovni promet, operatore javnog gradskog prijevoza, istraživačke institucije i mnoge druge. Kooperativni sustavi imaju razvijenu tehnologiju koja rješava prometne probleme kao što su: povećanje sigurnosti prometa, povećanje efikasnosti javnog gradskog prijevoza i prijevoza teških tereta, povećanje efikasnosti i kvalitete prometnog toka smanjenjem prometnog zagušenja te smanjenje emisija štetnih plinova koje utječu na promet[25].



Slika 14. Prikaz komunikacije između infrastrukture i vozila

[Izvor:<http://www.networkworld.com/article/2993888/security/six-key-challenges-loom-over-car-communication-technology.html>]

Na slici 14. je prikazan kooperativni sustav komunikacije infrastrukture i vozila, iz koje se vidi da je lokalni prometni ured temelj komunikacije sustava koji prikuplja i kasnije emitira signale i informacije korisniku. Glavni računalni uređaj (RSU) šalje podatke vozaču i lokalnom prometnom uredu. Vozilo signale prima preko uređaja koji se nalazi na automobilu te ih obrađuje i prikazuje na zaslonu, te tako vozača obavještava da je na semaforu crveno svjetlo. Podaci se šalju u lokalni prometni ured od kontrolora semafora do lokalnog prometnog ureda preko optičkih kablova.

U CVIS projektu postoje četiri primjera korištenja aplikacija:

- Aplikacija prioriteta: Prioritet se može pružiti određenim vozilima kao što su vozila hitnih službi ili javni gradski prijevoz u mreži, primjerice na raskrižjima ili na unaprijed definiranim segmentima cestovne prometnice. Aplikacija nalikuje na postojeće prioritetne aplikacije, ali se razlikuje u razini sofisticiranosti i rasponu primjene.
- Aplikacija opasnih tvari: Dostava robe može se pratiti na svim dionicama puta i vozila imaju prioritet na unaprijed definiranom sigurnom putu. U slučaju incidenta ili nesreće vozilo se može preusmjeriti ili lokalne vlasti mogu na vrijeme adekvatno reagirati na sam incident.
- Aplikacija poboljšane svijesti vozača: Sigurnosna aplikacija koja će obavijestiti vozače u roku od 5 sekundi oko relevantnih nepovoljnih situacija u dinamičnoj prometnoj situaciji (trenutnoj brzini ili drugim propisima, vremenu i slično).
- Aplikacija strateškog usmjeravanja vozila: Koristi se za usmjeravanje teretnih vozila, taksija ili osobnih vozila definiranjem puta putem prometnog centra o nekim događajima koji bi eventualno mogli zagušiti promet (nogometne utakmice, prosvjedi i slično) i ograničiti tok vozila. Ova strategija se koristi kako bi vozač mogao optimalno izračunati rutu, uzimajući u obzir smetnje na prometnici i dobiti informacije o alternativnom putu.

Aplikacije su najbitniji aspekt ovog projekta, ali naravno da postoje drugi jednako važni tehnološki aspekti koji CVIS uključuje kao što su pozicioniranje sa visokom točnošću, lokalne dinamičke karte, sustav za prikupljanje

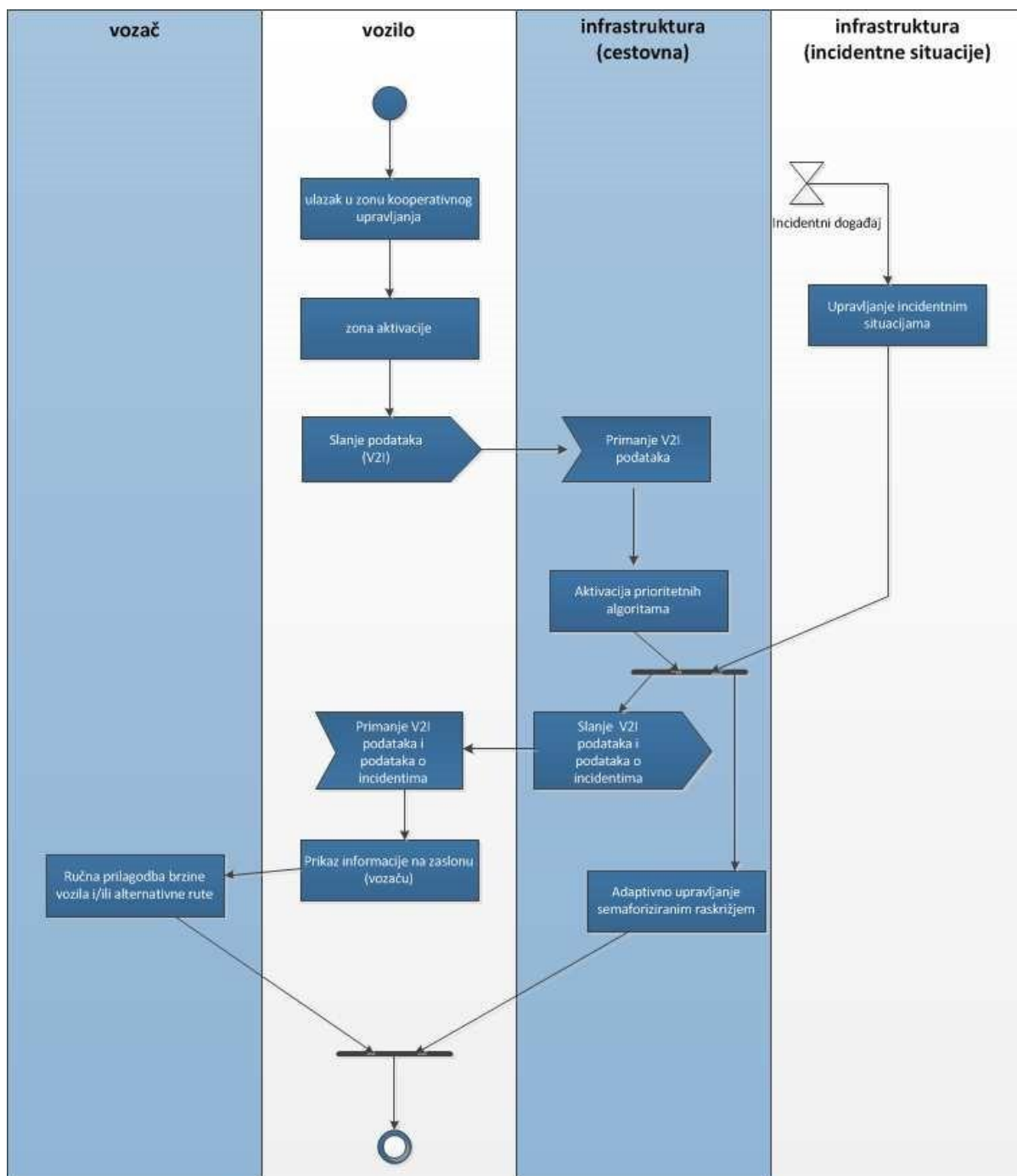
iobrađivanjepodataka o praćenju vozila u pokretu, detektori oznaka na cesti islično[25].

Nadogradnja sustava upravljanja JGP-a kooperativnim sustavom upravljanja

U okviru istraživanja za projekt ICSI (engl. *IntelligentCooperativeSensing for ImprovedTrafficEfficiency*) razmatrana je mogućnost razmjene proširenog skupa podataka između glavnih čimbenika prometnog sustava – vozila, vozača i infrastrukture[26].

Pri upravljanju gradskim prometnim sustavom moguće je postojeći sustav nadograditi kooperativnim konceptom radi poboljšanja sustava javnog gradskog prijevoza (dodjelom prioriteta vozilima javnog gradskog prijevoza). Suradnja (engl. *cooperation*) između vozila JGP-a i upravljačkog sustava (glavni prometni centar) ključan je u razvoju novih sustava upravljanja prometom budući da ti podsustavi više ne djeluju samostalno, nego „suraduju“ u cilju poboljšanja kvalitete gradskog prometnog sustava u cjelini.

Koncept kooperativnog upravljanja uz dodjelu prioriteta vozilima javnog gradskog prijevoza predstavljen je na slici 15.[27].



Slika 15. Osnovni koncept rada kooperativnog upravljanja uz dodjelu prioriteta vozilima JGP-a prikazan dijagramom toka

[Izvor: Mandžuka, S., Gregurić, M., Novačko, L.: Mogućnosti primjene upravljanja priljevnim tokovima na zagrebačkoj obilaznici, Peti hrvatski kongres o cestama, Hrvatsko društvo za ceste - ViaVita, Dubrovnik, 2011.]

Poboljšano vozilo javnog gradskog prijevoza ulazi u kooperativnu zonu upravljanja (dionica gradske mreže sa dva ili više semaforizirana raskrižja) te se aktivira način kooperativnog upravljanja i vozilo šalje glavnom prometnom centru prošireni skup podataka

o lokaciji samog vozila, broju putnika u vozilu, vrijednosti kašnjenja za definiranim voznim redom, itd. Time se ostvaruje V2I (engl. *V2I – Vehicle-To-InfrastructureCommunication*) komunikacija između glavnog prometnog centra (engl. *TMC – Traffic Management Centre*) i samog vozila. Na temelju primljenih podataka glavni prometni centar donosi odluku o potrebi za aktivacijom prioriternih strategija, te odabire najpovoljniju tehniku dodjele prioriteta u odnosu na stvarnu prometnu situaciju.

U slučaju incidentnih situacija na samoj dionici kooperativnog upravljanja, bilo da se radi o zagušenju ili o prometnim nezgodama, što direktno utječe na vrijeme putovanja kod vozila javnoga gradskoga prijevoza, vozač dobiva podatke o nastalim događajima (incidentima), te eventualno alternativne pravce vožnje, očekivano vrijeme kašnjenja do sljedećeg stajališta, itd. Vozač na osnovu dobivenih podataka samovoljno donosi odluku o alternativnom pravcu vožnje i/ili prilagođava brzinu vozila kako bi se prioritetni prolazak semaforiziranim raskrižjem izvršio[28].

Na taj način se mogućnosti adaptivnog upravljanja mogu proširiti dodatnim informacijama koje do sada neki sustavi ne podržavaju – uz osnovne informacije o broju linije javnog gradskog prijevoza, kašnjenju prema definiranom voznom redu moguće je upravljačkom sustavu pružiti informacije o učestalosti prolaska linije javnoga gradskoga prijevoza, dolasku sljedećeg vozila, trenutnom broju putnika u vozilu, parametrima cestovnog prometa (rep čekanja po privozima, zauzeće pojedinog privoza, itd.).

Može se zaključiti da se ostvaruje „suradnja“ unutar cijeloga prometnog sustava, a takav napredni sustav omogućuje promatranje vozača, vozila i infrastrukture kao jedinstvenog prometnog sustava, a ne kao skup triju odvojenih podsustava.

7.ZAKLJUČAK

Cilj ovog završnog rada bio je objasniti arhitekturu naprednih sustava upravljanja prometom. Rastući zahtjevi za transportom te prometna zagušenja dovode do razvoja novih inovativnih pristupa u rješavanju problema mobilnosti. Jedno od rješenja prometnih problema dolazi razvojem i promjenom inteligentnih transportnih sustava (ITS). Inteligentni transportni sustavi omogućavaju poboljšanje prometnih problema primjenom raznih tehnologija, koje nam omogućavaju veću sigurnost, učinkovitost, pouzdanost i smanjenje utjecaja na okoliš i društvo.

Kompleksne sustave je potrebno promatrati s više stajališta, te je zbog toga i došlo do ključnog razvoja u prometnim, transportnim i komunikacijskim sustavima, gdje arhitektura predstavlja opći okvir za efikasnost dizajniranja tih sustava. Razvoj arhitekture pruža korisnicima povezivanje različitih aspekata i operativnih funkcioniranja tijekom cijelog životnog ciklusa. Početak samog razvoja arhitekture polazi od jasnih i definiranih korisničkih zahtjeva, nakon čega slijedi istraživanje funkcionalnog aspekta kojim se definiraju funkcije neophodne za zadovoljenje zahtjeva korisnika.

Tehnologija ima važnu ulogu u svakom aspektu realizacije naprednih sustava upravljanja prometom kako u Hrvatskoj tako i u Europi. Korištenjem tehnologije kooperativnih sustava omogućuje se na inteligentan način upravljati sustavima korištenjem računala i računalnih programa na gradskoj razini. Uporabom određene tehnologije izravno se povećava učinkovitost samih sustava. Važnu ulogu u razvitku naprednih sustava ima informacijsko-komunikacijska tehnologija, koja zbog svojih mogućnosti uvelike olakšava upravljanje automatskim sustavima.

Učinkovitost primjene ITS sustava možemo vidjeti u Europi i Hrvatskoj te zaključiti kako ovakvi sustavi imaju pozitivne učinke u upravljanju prometa, jer smanjuju broj prometnih nezgoda, što je glavna zadaća svih prometnih sustava.

LITERATURA

- [1] Bošnjak, I.: *Inteligentni transportni sustavi 1*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [2] ISO 14813–1:2007 – *Intelligent transport systems – Reference Model Architecture for the ITS sector – Part 1: ITS Service Domains, Service Groups and Services*, 2007.
- [3] Miroslav Vujić: *Komunikacijska ITS arhitektura*, materijali za predavanja iz kolegija *Arhitektura inteligentnih transportnih sustava*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, ak. godina 2012/13.
- [4] *Strategies for Improved Traveler Information* MULTISYSTEMS, INC. Cambridge, MA
- [5] Regan M., Oxley J., Godley S., Tingvall C.; *Intelligent transport systems: Safety and human factors issues*, RACV, 2001.
- [6] Naputak o prometno – tehničkim pravilima i uvjetima za daljinsko usmjeravanje i vođenje prometa na državnim cestama, članak 2., Narodne novine, broj 54/03
- [7] *ITS Handbook 2000, Recommendations from the World Road Association (PIARC)*
- [8] *Traffic Engineering, Fourth edition*, Roger P. Roess, Elena S. Prassas, William R. McShane
- [9] *Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske 2011. – 2020. godine*
- [10] Jiang, R., Chung, E., Lee, J., *Variable Speed Limits: Conceptual Design for Queensland Practice* Smart Transport Research Centre, Faculty of Built Environment and Engineering Queensland University of Technology (2011.)
- [11] Bošnjak, I., Mandžuka, S., Šimunović, Lj.: *Mogućnosti inteligentnih transportnih sustava u poboljšanju stanja sigurnosti u prometu*, Zbornik radova: *Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo*, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 2007.
- [12] Chaudhary, N.A., Messer, C.J.: *Freeway On-Ramp Design Criteria for Ramp Meters with Excessive Queue Detectors*, Transportation Research Record 1796, 2003
- [13] Chaudhary, N.A., Zongzhong, T., Messer, C.J., Chu, C.L.: *Ramp metering algorithms and approaches for Texas*, Texas Transportation Institute The Texas A&M University System College Station, Texas 77843-3135, 2004

- [14] <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/GSM>
- [15] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Dlanovnik>
- [16] Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine.
- [17] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-60-2008-08-11.pdf>
- [18] Various Authors: "Developing Traveler Information Systems Using the National ITS Architecture", U. S. Department of Transportation; Intelligent Transportation Systems Joint Program Office, 1998.
- [19] National Research Council (U.S.). Transportation Research Board: "Improving Public Transportation Technology Implementations and Anticipating Emerging Technologies", Transit Cooperative Research Program, report 84, E-Transit: Electronic Business Strategies for Public Transportation, vol. 8, 2008., str. 11-21.
- [20] <http://www.rijeka.hr/Default.aspx?art=12844>
- [21] http://www.rijekapromet.hr/hr/automatsko_upravljanje_prometom/5/16
- [22] <http://led-elektronika.hr/proizvodi/softver/prometni-sustavi/>
- [23] <http://automobili.dnevnik.hr/novosti/savjeti/sto-je-enc-elektronska-naplata-cestarine>
- [24] Flint, D.: Electronic Toll Collection: An Introduction and Brief Look at Potential Vulnerabilities, *SANS Institute InfoSec Reading Room*, 2004., str. 4.
- [25] Cooperative Urban Mobility, Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems (CVIS)
- [26] Intelligent Cooperative Sensing for Improved Traffic Efficiency, projektna dokumentacija
- [27] Vujić, M.: Sustav dinamičkih prioriteta za vozila javnoga gradskoga prijevoza u automatskom upravljanju prometom, doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2013.
- [28] Mandžuka, S., Gregurić, M., Novačko, L.: Mogućnosti primjene upravljanja priljevnim tokovima na zagrebačkoj obilaznici, Peti hrvatski kongres o cestama, Hrvatsko društvo za ceste - ViaVita, Dubrovnik, 2011.

POPIS SLIKA

Slika 1. Tok razvoja arhitekture

Slika 2. Primjer logičke arhitekture

Slika 3. Aspekti ITS arhitekture

Slika 4. ITS kao nadogradnja klasičnom prometnom sustavu

Slika 5. Prikaz *speed limit control* sustava u Grčkoj

Slika 6. Prikaz VSL sustava implementiranog u okolici Londona

Slika 7. Prikaz priljevnog toka bez upravljanja i sa upravljanjem *rampmetering*-om

Slika 8. Prikaz VMS sustava u Češkoj

Slika 9. Prikaz toka informacija korištenjem TMC sustava

Slika 10. Personal Digital Assistant (PDA)

Slika 11. Promjenjivi svjetlosni znak

Slika 12. Centar za automatsko upravljanjem prometom u Rijeci

Slika 13. Elektronička naplate cestarine

Slika 14. Prikaz komunikacije između infrastrukture i vozila

Slika 15. Osnovni koncept rada kooperativnog upravljanja uz dodjelu prioriteta vozilima JGP-a prikazan dijagramom toka

POPIS KRATICA

AUP – automatsko upravljanje prometom

CVIS –(engl. *Cooperative Vehicle –Infrastructure System*) –kooperativni sustav vozilo – infrastruktura

DMS – (engl. *Dynamic Message Sign*) – promjenjivi svjetlosni znak

ENC – elektronička naplata cestarine

EUROTAP –(engl. *European Tunnel Assessment Programme*) –istraživački projekt o sigurnosti tunela

GPRS - (engl. *General Packet Radio Service*) -paketna, bežična podatkovna komunikacijska usluga
GPS –(engl. *Global Positioning System*) –globalni pozicijski sustav

GSM –(engl. *Global System of Mobile*) -globalni sustav pokretnih komunikacija

ISO –(engl. *International Organization for Standardization*) –međunarodna organizacija za standardizaciju
ITS –(engl. *Intelligent Transportation Systems*) –inteligentni transportni sustavi

ICSI - (engl. *Intelligent Cooperative Sensing for Improved Traffic Efficiency*) – inteligentni kooperativni načini za poboljšanje učinkovitosti u prometu
JGP – javni gradski prijevoz

PDA – (engl. *Personal Digital Assistant*) – osobni digitalni pomoćnik

PIC – prometno informacijski centar

RDS – (engl. *Radio Data System*) – radiopodatkovni sustav

RSU – (engl. *Roadside Unit*) – cestovni uređaj

RTT – (engl. *Round-Trip Time*) – ukupno vrijeme putovanja

RWS – (engl. *Road Weather Sign*) – vremenski prometni znak

TCC – (engl. *Traffic Control Centre*) – prometni kontrolni centar

TCM – (engl. *Traffic Message Channel*) – stanica za prometne poruke

TMC - (engl. *Traffic Management Centre*) –centar za upravljanje prometom

VMS –(engl. *Variable Message Sign*) – promjenjivi prometni znak

VSL – (engl. *Variable Speed Limits*) – promjenjivo ograničenje brzine

METAPODACI

Naslov rada: Analiza naprednih sustava upravljanja prometom

Student: Ivan Vidović

Mentor: dr.sc. Miroslav Vujić

Naslov na drugom jeziku (engleski): Analysis of Advanced Traffic Management Systems

Povjerenstvo za obranu:

- Prof. dr. sc. Sadko Mandžuka predsjednik
- Dr. sc. Miroslav Vujić mentor
- Dr. sc. Pero Škorput član
- Doc. dr. sc. Edouard Ivanjko zamjena

Ustanova koja je dodijelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za inteligentne transportne sustave

Vrsta studija: Preddiplomski

Studij: ITS i logistika (npr. Promet, ITS i logistika, Aeronautika)

Datum obrane završnog rada: _____

Napomena: pod datum obrane završnog rada navodi se prvi definirani datum roka obrane.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni 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 _____ završnog rada pod naslovom **Analiza naprednih sustava upravljanja prometom**

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

U Zagrebu, 6.9.2016

Studentica:

Ivan Vidović
(potpis)