

# Analiza sustava identifikacije i informiranja prometnih entiteta u prometnoj mreži

---

**Bratić, Krešimir**

**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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:091344>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Krešimir Bratić**

**ANALIZA SUSTAVA IDENTIFIKACIJE I INFORMIRANJA PROMETNIH  
ENTITETA U PROMETNOJ MREŽI**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2016.**

Zagreb, 20. travnja 2016.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Informacije i komunikacije**

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 3637**

Pristupnik: **Krešimir Bratić (0135229436)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Analiza sustava identifikacije i informiranja prometnih entiteta u prometnoj mreži**

### **Opis zadatka:**

Razvojem suvremenih informacijsko-komunikacijskih tehnologija moguće je poboljšati učinkovitost informacijskih sustava. Analizom sustava i tehnologija u funkciji identifikacije prometnih entiteta u prometnoj mreži moguće je ostvariti bolju informiranost svih dionika sustava. U radu je potrebno opisati karakteristike tehnologija s ciljem identifikacije i informiranja prometnih entiteta u prometnoj mreži.

Zadatak uručen pristupniku: 21. ožujka 2016.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

  
\_\_\_\_\_  
doc./dr. sc. Marko Periša

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

**Analiza sustava identifikacije i informiranja prometnih entiteta u prometnoj mreži**

**Analysis of Identification and Informing Systems of Traffic Entities in Traffic Network**

Mentor: doc. dr. sc. Marko Periša  
Student: Krešimir Bratić, 0135229436

Zagreb, rujan 2016.



# ANALIZA SUSTAVA IDENTIFIKACIJE I INFORMIRANJA PROMETNIH ENTITETA U PROMETNOJ MREŽI

## SAŽETAK

Razvojem tehnologije počinje primjena informacijsko-komunikacijske tehnologije za informiranje u prometu. Neke od najčešće korištenih tehnologija su *Bluetooth*, RFID, i NFC. U svijetu se razvijaju razni sustavi za povećanje sigurnosti u prometu, smanjenju vremena provedenog u prometu i olakšanju kretanja.

U završnom radu predložen je sustav za olakšanje kretanja vozila sa pravom prednosti prolaska kroz prometnu mrežu. Sustav se temelji na upotrebi *Bluetooth*, GPS i RFID tehnologije. Tehnologija je implementirana u vozilo i u prometnicu. Detekcija vozila se vrši putem RFID ili *Bluetooth* tehnologije dok je prijenos informacija izveden samo pomoću *Bluetooth* tehnologije. Sustav signalizacije na dionici prometne mreže prilagođava se u svrhu olakšanog prolaska vozila sa pravom prednosti prolaska.

KLJUČNE RIJEČI: *Bluetooth*; RFID; vozila sa pravom prednosti prolaska; informiranje u prometu; signalizacija u prometnoj mreži

# **ANALYSIS OF IDENTIFICATION AND INFORMING SYSTEMS OF TRAFFIC ENTITIES IN TRAFFIC NETWORK**

## **SUMMARY**

With the development of technology begins application of information and communication technology for informing traffic. Some of the most commonly used technologies are Bluetooth, RFID and NFC. The world is developing various systems to increase traffic safety, reducing time spent in traffic and facilitate movement.

In the final paper, a system for facilitating the movement of vehicles with priority passage through the transport network is proposed. The system is based on the use of Bluetooth, GPS and RFID technologies. The technology is implemented in the vehicle and the road infrastructure. Detection of vehicles is done via RFID or Bluetooth technology while transferring information is made using only Bluetooth technology. Signaling system on road infrastructure adjusts for easier passage of vehicles with priority passage.

**KEYWORDS:** Bluetooth; RFID; Vehicles with priority passing; Informing in traffic network; transport network signalisation

## SADRŽAJ

1	UVOD.....	0
2	ANALIZA RAZVOJA BEŽIČNE INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE .....	2
2.1	Infracrveni prijenos .....	3
2.2	<i>Bluetooth</i> tehnologija povezivanja .....	3
2.3	WiFi tehnologija prijenosa podataka.....	4
2.4	GPS tehnologija za određivanje lokacije .....	5
2.5	RFID tehnologija za identifikaciju.....	7
2.6	NFC tehnologija za identifikaciju.....	8
2.7	RTLS tehnologija za određivanje lokacije .....	8
3	ANALIZA SUSTAVA POHRANE I ZAPISA INFORMACIJA .....	10
3.1	<i>Bluetooth</i> tehnologija .....	10
3.1.1	<i>Bluetooth</i> odašiljač.....	11
3.1.2	Pohrana i zapis informacija na <i>Bluetooth</i> odašiljač .....	11
3.2	RFID tehnologija.....	13
3.2.1	RFID transponder .....	14
3.2.2	Pohrana i zapis informacija na RFID Transponder .....	14
3.3	NFC tehnologija.....	15
3.3.1	Način rada NFC tehnologije .....	15
3.3.2	Pohrana i zapis informacija na NFC Transponder .....	16
4	RAZVOJ TEHNOLOGIJE U PODRUČJU IDENTIFIKACIJE I INFORMIRANJA	17
4.1	Sydney Co-ordinated Adaptive Traffice System .....	17
4.2	Nedap.....	19
4.3	RFID i pošta .....	20

4.4	SMARTRAC .....	21
4.5	Pametna polica.....	23
4.6	Platforma za praćenje vozila .....	25
4.7	Zonith sustav za unutarnje pozicioniranje.....	26
4.8	RFID tehnologija identifikacije prtljažnih privjesaka .....	27
5	PRIJEDLOG ARHITEKTURE SUSTAVA IDENTIFIKACIJE I INFORMIRANJA PROMETNIH ENTITETA U PROMETNOJ MREŽI.....	30
5.1	Prijedlog koncepta sustava identifikacije i informiranja prometnih entiteta u prometnoj mreži .....	33
5.2	Zatečeno stanje u Gradu Zagrebu i okolici .....	34
5.3	Arhitektura predloženog sustava .....	35
5.3.1	Arhitektura sustava kod vozila sa pravom prednosti prolaska.....	35
5.3.2	Arhitektura prometnice.....	36
5.3.3	Arhitektura sustava unutar ostalih vozila u prometnoj mreži .....	37
5.4	Opis sustava primjenom UML notacije .....	38
5.4.1	Sekvencijalni dijagram .....	38
5.4.2	Dijagram aktivnosti.....	39
5.5	Primjena na zatečeno stanje .....	41
5.6	Mogućnost proširivanja rješenja .....	42
6	ZAKLJUČAK.....	44
	POPIS LITERATURE .....	45
	POPIS AKRONIMA I KRATICA.....	53
	POPIS STRANIH IZRAZA .....	55
	POPIS ILUSTRACIJA.....	57
	Popis slika .....	57
	Popis tablica .....	57



# 1 UVOD

Razvoj tehnologije i povećanje životnog standarda građana dovodi do učestalije uporabe motornih vozila u prometu. Smanjenjem cijene vozila, povećava se broj istih u svakodnevnom prometu. Povećanje broja vozila ima za posljedicu zagušenje u prometnoj mreži zbog kretanja vozila po neadekvatnim prometnicama i loše optimizacije prometnog toka.

U Zagrebu, glavnom gradu Republike Hrvatske, regulacija prometa izvedena je pomoću vizualne signalizacije i/ili policijskog djelatnika koji regulira prometni tok. Trenutno ne postoji adekvatan sustav za pametno upravljanje prometnim tokom u stvarnom vremenu. Do problema dolazi kada vozilo sa pravom prednosti prolaska nastoji proći dionicom prometnice na kojoj je zagušenje. Zbog zagušenja, vozilo sa pravom prednosti prolaska dolazi kasnije na odredište što dovodi do štetnih posljedica ako je riječ o hitnim službama. Ovaj završni rad prikazuje konceptualno rješenje izvedeno pomoću informacijsko-komunikacijske tehnologije kojim se optimizira prometni tok na postojećoj infrastrukturi. Cilj je brži i sigurniji protok vozila sa pravom prednosti prolaska.

Završni rad sastoji se od šest poglavlja. Uvodno poglavlje služi za uvođenje čitaoca u problematiku rada. U ovom poglavlju predstavljen je problem koji se nastoji riješiti. Drugo poglavlje u radu, Analiza razvoja bežične informacijsko-komunikacijske tehnologije, govori o najčešćim informacijsko-komunikacijskim tehnologijama korištenim u prometu. Kratko su opisane najbitnije značajke svake tehnologije. Treće poglavlje, Analiza sustava pohrane i zapisa informacija, detaljno opisuje bitne značajke tri tehnologije koje imaju mogućnost pohrane i zapisa informacija. U ovom poglavlju opisane su *Bluetooth*, RFID i NFC tehnologije. Četvrto poglavlje, Razvoj tehnologije u području identifikacije i informiranja, služi za upoznavanje sa postojećim rješenjima u svijetu vezanim uz upravljanje prometom uz pomoć informacijsko-komunikacijskih tehnologija. Navedeno je nekoliko rješenja za koja se zatim objasnilo princip rada, arhitektura i navedene su najbitnije značajke. Peto poglavlje naziva se Prijedlog arhitekture sustava identifikacije i informiranja prometnih entiteta u prometnoj mreži. U ovom poglavlju dan je konceptualni prijedlog rješavanja problema prolaska vozila sa

pravom prednosti prolaska u Zagrebu. Zadnje poglavlje u radu naziva se Zaključak i u njemu se nalazi sinteza svih analiziranih podataka.

## 2 ANALIZA RAZVOJA BEŽIČNE INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE

Pojam bežične informacijsko-komunikacijske tehnologije najlakše je objasniti ako se posebno razmotri značenje svakog dijela pojma.

Pojam bežičnih tehnologija koristi se za telekomunikacije gdje se informacija prenosi putem elektromagnetskih valova umjesto nekom vrstom fizičkog medija. Prijenos informacija putem akustičnih valova na frekvenciji iznad granice ljudskog sluha također spada u domenu bežičnog prijenosa informacija. Prvi prijenos informacija korištenjem tehnologije bežičnog prijenosa dogodio se početkom 20. stoljeća, kada se putem radiotelegrafije prenosio Morseov kod. Kasnije, modulacijom signala postignut je prijenos glasa i glazbe putem bežične veze. Takva tehnologija danas je poznata pod nazivom radio [1].

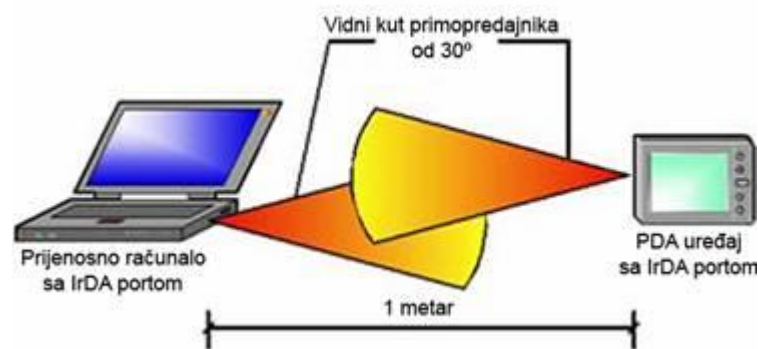
Pojam informacijske tehnologije odnosi se na upotrebu računala i podatkovnog prostora, računalne mreže i ostalih fizičkih uređaja, infrastrukture i procesa za stvaranje, obradu, skladištenje, zaštitu i razmjenu svih vrsta elektroničkih podataka. Informacijske tehnologije koriste nekoliko slojeva fizičke opreme, operativnih sustava i aplikativnih rješenja, u cilju izvršavanja gore navedenih funkcija. U današnje vrijeme arhitektura informacijske tehnologije oslanja se na računarstvo u oblaku (engl. *Cloud computing*) za pohranu i obradu podataka. Podaci u oblaku mogu se nalaziti na različitim lokacijama i biti dostupni većem spektru korisnika ili dostupni samo zatvorenom skupu ljudi kao što je slučaj u poslovnom okruženju [2].

Pojam komunikacijske tehnologije može se poistovjetiti s pojmom telekomunikacije. Telekomunikacija je proces odašiljanja, prijenosa, prijema i komutacija informacija. Informacije mogu biti govor, tekst, slika, videosignal i drugo. Prilikom prijenosa koristi se fizički ili bežični prijenosni medij. Komunikacija se može odvijati u jednom smjeru i kao takva ima naziv jednosmjerna, ili u oba smjera kada se naziva dvosmjerna komunikacija [3].

Analizom sva tri pojma dolazi se do zaključka kako su bežične informacijsko-komunikacijske tehnologije sve vrste tehnologija koje se koriste za telekomunikacije, prijenos podataka, obradu zvučnih i vizualnih informacija te mrežnu kontrolu funkcija nekog sustava, gdje se prijenos informacija odvija bežičnim putem [4].

## 2.1 Infracrveni prijenos

Infracrveni prijenos odnosi se na prijenos podataka bežičnim putem korištenjem svjetlosti kao medija za prijenos. Za prijenos se koristi elektromagnetski spektar zračenja nevidljiv ljudskom oku čije valne duljine su duže od vidljive svjetlosti ali kraće od valnih duljina koje se koriste za radio. Infracrveni prijenos primjenjuje se u razmjeni informacija između dva kompatibilna uređaja gdje jedan uređaj predstavlja odašiljač a drugi uređaj prijemnik. Infracrveni prijenos koristi se za prijenos podataka između dva računala, upravljanje kućnim uređajima, detekciju pokreta, detekciju vatre u prostoriji, navođenje vojnih raketnih sustava itd. [5]. Slika 2.1. prikazuje kut i udaljenost na kojoj djeluje infracrveni prijenos. Vidljivo je da se prijenos između prijenosnog računala i PDA uređaja može odvijati ako su oba u dometu, i ako je vidni kut primopredajnika 30 stupnjeva.



**Slika 2.1.** Prikaz prijenosa između dva uređaja [6]

Za pravilan rad i standardizaciju infracrvenog prijenosa podataka zadužena je IrDA (engl. *Infrared Data Association*) organizacija. IrDA je osnovana 1993. godine i cilj joj je standardizirati hardver i softver korišten u prijenosu podataka infracrvenim zračenjem [7].

## 2.2 Bluetooth tehnologija povezivanja

*Bluetooth* tehnologija razvijena je 1994. godine kao alternativa podatkovnim kablovima za prijenos podataka.

U odnosu na infracrveni prijenos podataka gdje se koriste svjetlosne zrake za prijenos podataka, *Bluetooth* tehnologija za prijenos koristi radio vezu. Naziv tehnologije uzet je iz prezimena Danskog kralja iz 10. stoljeća, Haralda Blåtanda, odnosno Haralda Bluetootha na Engleskom.

*Bluetooth* tehnologija je podržana od strane velikog broja terminalni uređaja u današnje vrijeme. Neki od uređaja prikazani su na slici 2.2.



**Slika 2.2.** Bluetooth uređaji [8]

*Bluetooth* tehnologija najčešću primjenu ima u prijenosu zvuka između računala i slušalica ili zvučnika. Osim navedenog, moguće ju je iskoristiti za prijenos podataka između dva uređaja, kontrolu uređaja, izgradnju senzora, izgradnju *Bluetooth beacona*, itd [9].

### 2.3 WiFi tehnologija prijenosa podataka

WiFi (engl. *Wireless Fidelity*) je tehnologija koja koristi radio valove kako bi omogućila mrežni pristup uređajima koji se nalaze unutar dometa odašiljača [10]. Prema WiFi Alliance organizaciji, WiFi je bilo koja bežična lokalna mreža (engl. *Wireless Local Area Network – WLAN*) koja se bazira na IEEE (engl. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) 802.11 standardima.

Rad WiFi tehnologije temelji se na nekoliko standarda. Svaki standard definira frekvenciju kod WiFi tehnologije. Svi standardi prikazani su tablicom 2.1.

**Tablica 2.1.** Prikaz WiFi standarda s odgovarajućim frekvencijama

IEEE 802.11 VARIJANTA	KORIŠTENA FREKVENCIJA
802.11a	5GHz
802.11b	2.4GHz
802.11g	2.4GHz
802.11n	2.4 & 5 GHz
802.11ac	ispod 6GHz
802.11ad	do 60 GHz
802.11af	ispod 1 GHz
802.11ah	700 MHz, 860MHz, 902 MHz itd.

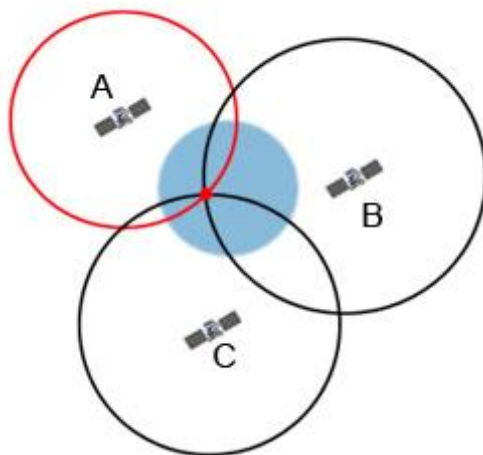
Izvor: [11]

Velik broj informacijsko-komunikacijskih uređaja ima mogućnost korištenja WiFi mreže, kao što su mobilni terminalni uređaji, operativni sustavi i kućne mreže, PDA (engl. *Personal Digital Assistant*) uređaji, itd. [12].

## 2.4 GPS tehnologija za određivanje lokacije

GPS (engl. *Global Positioning System*) je sustav koji se sastoji od mreže satelita koji kontinuirano šalju informaciju prema prijemniku na Zemlji. Uz pomoć tih informacija moguće je precizno određivanje točne lokacije na karti Zemlje.

Metoda lociranja korištena kod GPS tehnologije poznata je kao trilateracija. Najlakše ju je objasniti ako se zamisli da se osoba nalazi negdje na Zemlji i okružena je s tri satelita. Ako je poznato da se osoba nalazi u dometu satelita A, sa slike 2.3, znači da se nalazi negdje u crvenom krugu. Prema udaljenosti od satelita B i satelita C moguće je odrediti točnu lokaciju na površini. Udaljenost se određuje koristeći vremensku komponentu, odnosno mjereći vrijeme potrebno signalu da dođe od satelita do objekta [13].



**Slika 2.3.** Određivanje lokacije objekta [13]

Sustav je razvijen od strane Ministarstva obrane SAD-a, a sastoji se od ukupno 24 satelita koji se nalaze na visini od približno 19 000 kilometara od površine Zemlje. Sateliti su opremljeni solarnim pločama kao izvorom napajanja i kruže orbitom brzinom približno od 11 000 kilometara na sat. Prikaz kruženja satelita oko planete Zemlje moguće je vidjeti na slici 2.4. Prvi satelit lansiran je u orbitu 1978. godine a zadnji 1994.



**Slika 2.4.** Prikaz satelita GPS sustava [14]

Prvotna namjena sustava za pozicioniranje bila je u vojne svrhe, a razvojem tehnologije namijenjene civilnim korisnicima, našao je primjenu u: automobilske navigaciji, planinarstvu, ribolovu, biciklizmu, itd. Razvojem mobilnih terminalnih uređaja, korištenje tehnologije za pozicioniranje se znatno povećalo [15].



## 2.5 RFID tehnologija za identifikaciju

RFID (engl. *Radio frequency identification*) pripada grupi tehnologija poznatijoj pod nazivom AIDC (engl. *Automatic Identification and Data Capture*). AIDC metoda automatski identificira objekte, prikuplja podatke vezane uz njih i pohranjuje te podatke u sustav s malo ili bez ljudske aktivnosti [16]. Objedinjuje upotrebu elektromagnetizma ili elektrostatike u području radijskih frekvencija na elektromagnetskom spektru. U industriji se primjenjuje kao zamjena za bar kod. Prednost RFID tehnologije u odnosu na bar kod je ta da RFID ne zahtijeva direktnu vidljivost da bi očitala kod [17].

Razmjena podataka odvija se između čitača i transpondera. Transponder, čiji primjer je moguće vidjeti na slici 2.5, nalazi se na proizvodnoj ambalaži i sadrži jedinstveni serijski broj.



**Slika 2.5.** Prikaz RFID transpondera [18]

Prva primjena RFID sustava dogodila se tokom Drugog svjetskog rata. Korištena je radarska tehnologija za identificiranje prilazećih letećih objekata. Problem je bio što nije bilo načina za raspoznavanje neprijateljskih od prijateljskih letjelica. Problem je djelomično riješen tako što su prijateljski zrakoplovi napravili krug oko svoje osi tokom povratka, čime se promijenio reflektirani signal, dajući do znanja bazi podrijetlo zrakoplova.

Kasnije je razvijen aktivni IFF (engl. *Identify Friend or Foe*) sustav koji se bazirao na ugradnji RFID sustava na svaki prijateljski zrakoplov. Kada je primio signal sa zemlje, počeo je odašiljati signal nazad koji ga je identificirao kao prijateljski leteći objekt. Time započinje daljnji razvoj RFID tehnologije [19].

## 2.6 NFC tehnologija za identifikaciju

NFC (engl. *Near Field Communication*) je vrsta bežične identifikacijske tehnologije slična RFID tehnologiji. Sastoji se od NFC transpondera i pisača/čitača. Kada NFC transponder, čiji primjer je moguće vidjeti na slici 2.6, dođe u blizinu aktivnog čitača, mali paket podataka se prenese između dva uređaja, odnosno između NFC transpondera i čitača [20].



**Slika 2.6.** Prikaz NFC transpondera [21]

NFC tehnologija održava interoperabilnost između više vrsta bežičnih komunikacijskih metoda kao što su *Bluetooth* i ostali NFC standardi. 2004. godine postignut je dogovor između kompanija Sony, Nokia i Phillips kojim se dogovara standard koji proizvođači moraju zadovoljiti prilikom izrade NFC kompatibilnih uređaja. Ovim dogovorom osigurano je da NFC ostane sigurna tehnologija koju je jednostavno koristiti [22].

NFC smatra se relativno novom tehnologijom sve zastupljenijom u proizvodnji mobilnih terminalnih uređaja. Pruža razmjenu kontakata, multimedijских sadržaja i drugih podataka između dva ista ili različita uređaja [23].

## 2.7 RTLS tehnologija za određivanje lokacije

RTLS (engl. *Real-time Location System*) je tehnologija koja se koristi za određivanje trenutne geografske lokacije nekog objekta, koji može biti bilo vozilo, predmet u industriji ili osoba.

RTLS se primjenjuje u zatvorenim prostorima, kada je GPS signal preslab za točno određivanje lokacije objekta [24].

RTLS tehnologija može prikupljati podatke pasivno i aktivno (automatski). Sastoji se od transpondera koji se nalaze na objektu koji se želi pratiti i čitača bežičnih signala koji te transpondere detektiraju i čitaju.

Za ostvarenje komunikacije između transpondera i čitača koriste se razne bežične tehnologije. Najpopularnije su WiFi, GPS, infracrveni prijenos i *Bluetooth* te aktivni i pasivni RFID sustavi.

Postavljanjem čitača na fiksne pozicije unutar nekog okruženja, lokaciju mobilnih transpondera moguće je odrediti analiziranjem više parametara u komunikaciji između čitača i transpondera [25].

Primjenu RTLS tehnologije moguće je vidjeti kod, [24]:

Praćenja voznog parka neke kompanije – RTLS sustav omogućuje kompaniji praćenje voznog parka, odnosno lokacije i brzine kretanja individualnog vozila, rutu kretanja i efikasnost vozača koji upravlja vozilom;

Navigacije – osnovne usluge navođenja od točke A do točke B. Spajanjem GPS tehnologije s mobilnom ćelijskom tehnologijom i mapama omogućiti će kompleksnije navigacijske usluge;

Praćenja opreme – korištenjem RFID tehnologije moguće je pratiti stanje i lokaciju opreme u skladištu neke kompanije;

Osobnog praćenja – uz pomoć GPS i RFID tehnologije moguće je pratiti svakog zaposlenika u kompaniji zasebno u cilju unaprjeđenja poslovanja;

Mrežne zaštite – ovisno o korisnikovoj lokaciji, pristup WiFi mreži može biti onemogućen koristeći WPA (*WiFi Protected Access*) zaštitu.

### 3 ANALIZA SUSTAVA POHRANE I ZAPISA INFORMACIJA

Od opisanih tehnologija u poglavlju 2, samo tehnologije *Bluetooth*, NFC i RFID imaju značajnu mogućnost skladištenja podataka, odnosno pohrane i zapisa informacija. Ostale tehnologije tu mogućnost nemaju ili se zasniva na prethodne tri tehnologije.

#### 3.1 *Bluetooth* tehnologija

*Bluetooth* je tehnologija bežičnog prijenosa podataka. Podaci se prenose koristeći radio valove male snage na frekvenciji od 2.45 GHz (prijenos se izvodi između 2.402 i 2.480 GHz). Frekvencija na kojoj *Bluetooth* tehnologija funkcionira određena je od strane međunarodnog (engl. *International*) dogovora o uporabi industrijskih, znanstvenih i medicinskih uređaja (*international agreement for the use of industrial, scientific and medical devices – ISM*).

Kako bi se spriječila interferencija uzrokovana zbog drugih bežičnih tehnologija u okolini, *Bluetooth* tehnologija koristi snagu odašiljanja od približno 1 mW čime je doseg odašiljanja ograničen na deset metara. Dodatnom sprječavanju interferencije doprinosi činjenica da *Bluetooth* tehnologija koristi tehniku skokova po dijelu frekvencije (engl. *Spread- spectrum frequency hopping*). Ta tehnika radi na način da se podaci između dva ili više (maksimalno osam) uređaja odjednom razmjenjuju u više frekvencija. Uređaji koriste 79 različitih frekvencija koje izmjenjuju 1600 puta u sekundi [26].

Modulacija signala kod *Bluetooth* tehnologije izvedena je kao GFSK (*Gaussian frequency shift keying*). Frekvencija nosioca je promijenjena. Binarna jedinica prikazana je kao pozitivna devijacija frekvencije dok je binarna nula prikazana kao negativna devijacija frekvencija. Modulirani signal propušten je kroz filter kako bi se osiguralo da širina pojasa bude što bliže 1 MHz, kako ne bi došlo do interferencija sa ostalim kanalima [27].

### 3.1.1 Bluetooth odašiljač

Bluetooth odašiljač, čiji primjer je moguće vidjeti na slici 3.1., bežični je uređaj načinjen od integriranog kruga, baterije koja ga napaja i antene putem koje prima i šalje podatke. Osnovna namjena mu je da periodički emitira podatke o svojoj lokaciji i unaprijed zapisane podatke koji se nalaze u memoriji čipa.



Slika 3.1. Bluetooth odašiljač [28]

Bluetooth odašiljač bazira se na Bluetooth tehnologiji s niskom potrošnjom energije (engl. *Bluetooth Low Energy* – BLE). Certificiran je za rad na dvije BLE tehnologije. Prva tehnologija je iBeacon predstavljena od strane Apple korporacije 2013. godine. Druga tehnologija je Eddystone predstavljena od strane Google korporacije 2015. godine [29].

### 3.1.2 Pohrana i zapis informacija na Bluetooth odašiljač

Zapis informacija na Bluetooth odašiljač moguće je objasniti kroz sliku 3.2.



Slika 3.2. Prikaz redoslijeda zapisa informacija na Bluetooth odašiljač [30]

Potrebno je pokrenuti aplikaciju za zapisivanje informacija i uključiti *Bluetooth* na terminalnom uređaju. Nakon pretraživanja okoline u potrazi za odašiljačima, odabrati željeni uređaj i spojiti se na njega. Zatim je potrebno odabrati željene vrijednosti i osvježiti ih kako bi se dobile trenutne vrijednosti. Na kraju, potrebno je unijeti nove karakteristike, pohraniti uneseno i od spojiti se od uređaja [30].

Informacije koje se zapisuju i odašilju standardizirane su kroz formate *iBeacon* i *Eddystone*.

Prema *iBeacon* formatu, informacija se dijeli na četiri dijela [31]:

UUID – 16 bajtni niz koji služi za raspoznavanje grupe odašiljača. Primjerice, ako kompanija A koristi odašiljače, svi ti odašiljači bi imali isti UUID;

Major – 2 bajtni niz koji služi za raspoznavanje manjeg dijela grupe odašiljača. Primjerice, ako kompanija A u jednom skladištu ima pet odašiljača, svi oni bi imali isti Major;

Minor - 2 bajtni niz koji služi za raspoznavanje točno određenog odašiljača. Primjerice, odašiljač na određenom dijelu opreme u skladištu kompanije A bi imao unikatni Minor;

Tx snaga – Vrijednost koja pokazuje udaljenost od odašiljača. Radi na način da je Tx snaga signala na udaljenosti od jedan metar od uređaja. Tu vrijednost je potrebno tvornički upisati u odašiljač kao referentnu točku pri određivanju udaljenosti.

Drugi format zapisa i odašiljanja informacija je *Eddystone*. Prema njemu, informacija se dijeli na [32], [33]:

UID – 16 bajtni niz za identifikaciju odašiljača. Dijeli se na:

Naziv (engl. *Namespace*) – 10 bajtni niz, slično kao UUID kod *iBeacon* formata, služi za identifikaciju grupe odašiljača;

Primjer (engl. *Instance*) – 6 bajtni niz, slično kao Major i Minor kod *iBeacon* formata, služi za raspoznavanje individualnih odašiljača;

URL – služi za zapis URL (engl. *Uniform Resource Locator*);

TLM – podatak o zdravlju odašiljača. Sadrži informacije o naponu baterije, temperaturi i ukupnom vremenu rada odašiljača te broju paketa odaslanih od zadnjeg paljenja ili reseta odašiljača.

EID – Ephemeral ID je podatak dizajniran za sigurnost. Služi za zaštitu od dvije vrste napada

*Hijacking/Piggybacking* – kada neka aplikacija koristi tuđu infrastrukturu za prezentiranje sadržaja korisnicima;

*Spoofing* – kada aplikacija napravi kopiju uređaja spojenog na infrastrukturu i spremi ju na drugu lokaciju.

## 3.2 RFID tehnologija

RFID sustav sastoji se od tri komponente: Antene, čitača i transpondera. Antena koristi frekvenciju radio valova za slanje signala koji aktivira transponder. Kada je transponder aktiviran, šalje podatke nazad prema anteni. Ti podaci se koristi za pobudu programabilnog logičkog kontrolera. Pobuda izaziva akciju. Akcija može biti jednostavno otvaranje vrata ili nešto složeno kao što je pristup bazi za prijenos novaca [17].

RFID koristi tehnologiju povratnog radijskog signala (engl. *Backscatter*) za komunikaciju između pasivnih transpondera. Primljeni radio val od čitača reflektira se nazad, najčešće na frekvenciji signala nosioca. Reflektirani signal je moduliran za prijenos podataka. Koriste se FSK (*Frequency Shift Keying*) i PSK (*Phase Shift Keying*) modulacija [34].

RFID sustavi dijele se prema frekvencijama na kojima rade. Prema tome, mogu se podijeliti na niskofrekventne, visokofrekventne i ultra visokofrekventne sustave.

Niskofrekventni RFID sustavi rade na frekvencijama ispod 300kHz, 125-134 kHz. Domet očitavanja im je manji od pola metra. Prijenos podataka je relativno spor i često nije moguće očitati više tagova odjednom. Primjenjuju se kod obilježavanja kućnih ljubimaca, imobilizacije vozila, kontrolu pristupa i slično. Prednost im je manji utrošak energije i veća sposobnost emitiranja signala kroz razne materijale, na manjim udaljenostima.

Visokofrekventni RFID sustavi rade na frekvenciji od 13.56MHz. Oni djeluju na udaljenosti od približno jedan metar. Koriste se kod kontrole pristupa, kontrole prtljage, plaćanja, u knjižnicama, transportu i slično. Najčešće su korišteni sustavi a prednost im je cijena naspram niskofrekventnih RFID sustava.



Ultra visokofrekventni RFID sustavi rade na frekvencijama iznad 300MHz, od 850-950MHz i više od 2.45GHz. Očitavanje se vrši od četiri do pet metara uz brži protok podataka. Zbog većeg doseg a čitanja, potrošnja energije je veća, a transmisija kroz materijale slabija. Koriste se za skeniranje transportnih pakiranja na ulazu i izlazu iz skladišta [35].

### **3.2.1 RFID transponder**

RFID transponder je sustav koji se sastoji od integriranog kruga, antene i ovisno o vrsti transpondera, izvora napajanja. Služi za identifikaciju određenog objekta [16].

Ovisno o vrsti napajanja, moguće ih je podijeliti na aktivne transpondere, semi-pasivne transpondere i pasivne transpondere. Aktivni transponderi napajaju se putem interne baterije i mogu odašiljati na udaljenosti do čak nekoliko kilometara. Semi-pasivni transponder ima bateriju kojom se napaja integrirani krug, dok za komunikaciju koristi energiju čitača. Pasivni tagovi napajaju se putem indukcije. Do indukcije dolazi kada se transponder nalazi u polju djelovanja čitača. Transponder prima signal putem svoje antene te napaja integrirani krug koristeći energiju koju primi. Zatim dolazi do povezivanja transpondera i čitača radi izmjene informacija. Prednost pasivnih transpondera je gotovo neograničen radni vijek jer ne ovise o trajanju baterije.

Jedni od najčešće korištenih transpondera su EAS (engl. *Electronic Article Surveillance*) transponderi. To su RFID transponderi koji ne sadrže nikakve posebne informacije. Njihova svrha je osiguravanje proizvoda od krađe u trgovini. To rade na način da obavještavaju sustav o svojoj prisutnosti u trenutku prolaska kroz signalno frekvencijsko polje. Prilikom prolaska kroz polje, aktivira se alarm. Sustav je obaviješten da je u tijeku krađa nekog artikla, ali ne zna o kojem artiklu je riječ [35].

### **3.2.2 Pohrana i zapis informacija na RFID Transponder**

Zapis informacije na RFID transponder može biti izveden na tri načina. Prvi način je zapis informacije u „*Read only*“ obliku. Taj način predstavlja najjednostavniji oblik

RFID-a gdje se jednom zapisani podaci više ne mogu ažurirati. Koristi se kod zapisa serijskih brojeva proizvoda.

Drugi način naziva se „*Write once, read only* (WORM)“ i spada u prvu klasu RFID-a. Kod te klase proizvode se transponderi bez ikakvih podataka. Korisnik ima mogućnost zapisa informacije samo jednom, prilikom čega transponder postaje „Read only“ dokument.

Zadnji način naziva se „*Read/write*“ i spada u napredniji oblik RFID-a. Korisnik ima mogućnost mijenjati sadržaj zapisan na transponder koliko god puta želi [35].

### **3.3 NFC tehnologija**

NFC (engl. *Near field Communication*) je bežična tehnologija nastala evolucijom od RFID tehnologije. Bazira se na upotrebi NFC transpondera s antenom i čitača. Kada je NFC transponder aktiviran od strane drugog transpondera/čitača, odvija se prijenos malog paketa podataka između ta dva sustava. Za prijenos nije potrebno uparivanje dva sustava. Integrirani krug koristi malu količinu energije za prijenos podataka i zbog toga je puno efektivniji u odnosu na druge bežične sustave [20].

#### **3.3.1 Način rada NFC tehnologije**

NFC tehnologiju moguće je koristiti za induciranje električne struje u pasivnim komponentama što dovodi do toga da NFC transponderi/komponente ne moraju imati vlastiti izvor napajanja. Prijenos podataka izvodi se na frekvenciji od 13.56 MHz pri brzini od 106, 2012 ili 434 kbit/s.

Signal se modulira sa ASK (Amplitude Shift Keying). Za kodiranje signala pri prijenosu podataka koriste se dvije vrste modulacije. Najčešća modulacija naziva se Manchester format kodiranja i modulira samo 10% signala. U slučaju da je riječ o aktivnom uređaju koji odašilje podatke pri brzini od 106 kbps, koristi se Miller format kodiranja, kojim se kodira 100% signala [36].

NFC tehnologija radi u tri načina prijenosa. Prvi način je peer-to-peer pri kojem dva uređaja razmjenjuju podatke. Drugi način je čitanje/pisanje gdje aktivan uređaj prikuplja podatke od pasivnog uređaja. Treći način koristi uređaj kao beskontaktnu kreditnu karticu [37].

### **3.3.2 Pohrana i zapis informacija na NFC Transponder**

NFC transponder je sustav koji se sastoji od integriranog kruga na kojem je pohranjena mala količina podataka, i antene koja služi za napajanje uređaja i prijenos podataka. Količina podataka koju je moguće pohraniti na uređaj ovisi o vrsti transpondera. Standardni transponder sadrži memoriju dovoljnu za pohranu URL (engl. *Uniform Resource Locator*), [32], adrese od 41 znakova dok novi NTAG213 transponder može pohraniti URL od 132 znaka. Podaci pohranjeni na transponder zapisuju se u NDEF (*NFC Data Exchange Format*) [38], formatu.

Prilikom zapisa informacija na NFC transponder moguće je zaključati transponder kako se zapisane informacije ne bi mogle mijenjati. Za većinu transpondera to moguće napraviti samo jednom nakon čega više nije moguće otključati transponder [39].

## 4 RAZVOJ TEHNOLOGIJE U PODRUČJU IDENTIFIKACIJE I INFORMIRANJA

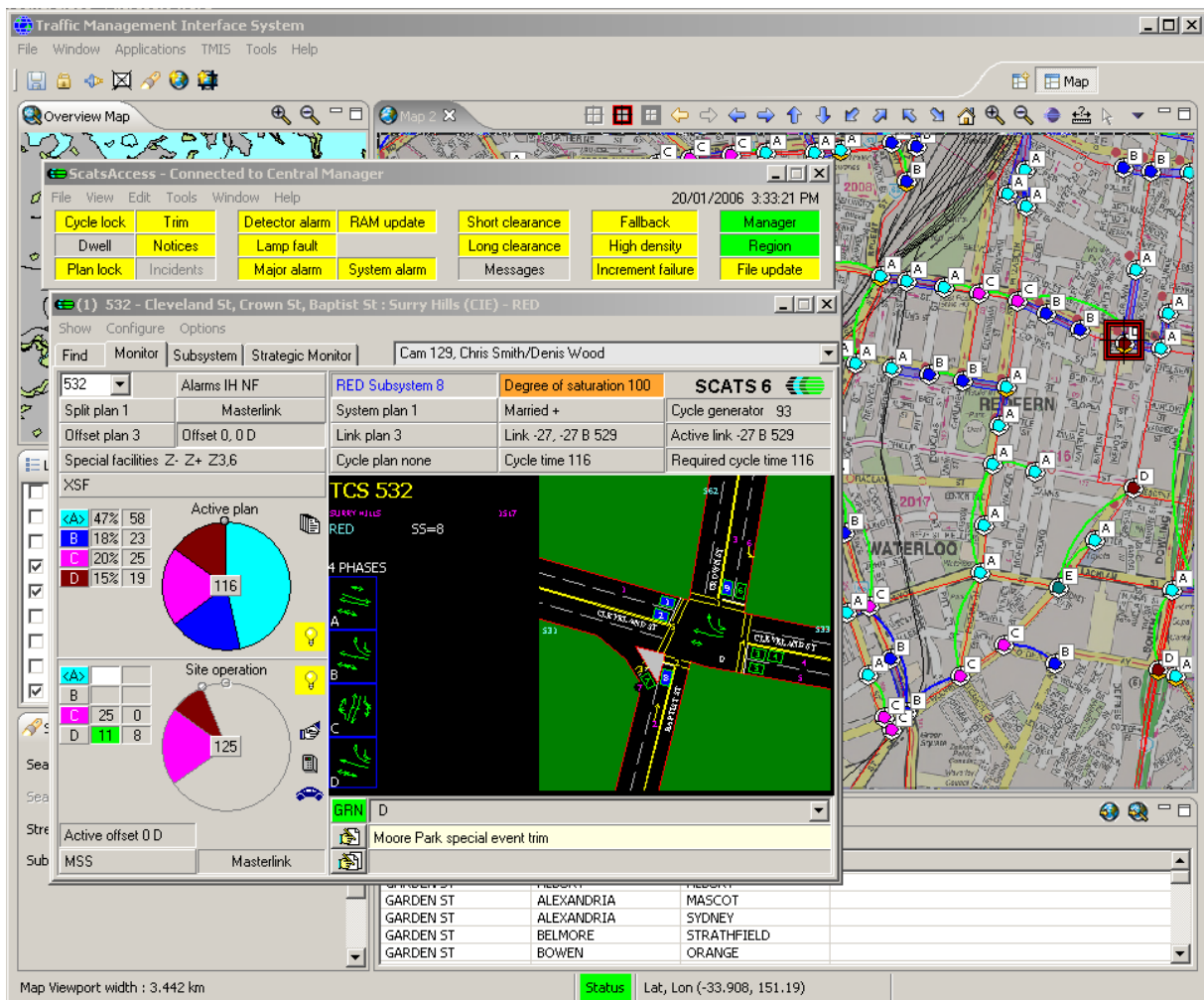
Razvojem informacijsko-komunikacijske tehnologije započinje primjena iste u prometu. Cilj joj je povećati sigurnost u prometu kao i veći protok vozila kroz prometnu mrežu. Diljem svijeta javljaju se razna rješenja za uočene probleme, a neka od njih biti će opisana u ovom poglavlju.

Rješenja se baziraju na identifikaciji i informiranju prometnih entiteta. Pojam prometni entitet potrebno je razlikovati od transportnog entiteta. Transportni entitet je objekt (ljudi, roba, informacije) koji se transportira. Transportni entitet je adaptiran na prometni entitet (cestovna vozila, brodovi, zrakoplovi itd) koji putuje po prometnici. U informacijsko-komunikacijskom prometu, transportni entitet predstavlja informaciju koja je implementirana u signal koji ju prenosi. Signal predstavlja prometni entitet [40].

### 4.1 Sydney Co-ordinated Adaptive Traffic System

SCATS (*Sydney Co-ordinated Adaptive Traffic System*) razvijen je s ciljem povećanja propusnosti vozila kroz prometnu mrežu, smanjenje kašnjenja i redukciju broja zaustavljanja vozila. Sustav je razvijen od strane Ureda za ceste i promet Novog Južnog Walesa i trenutno se smatra jednim od najnaprednijih sustava za kontrolu prometnog toka. SCATS se koristi u preko pedeset gradova u svijetu, uključujući većinu glavnih gradova Australije, Singapore, Kuala Lumpur, Jakarta, Manila, Shanghai, Hong Kong, Teheran, Qatar, Mexico City, Detroit, Minneapolis, Dublin i Auckland.

SCATS ne zahtjeva ljudsko osoblje u svakodnevnom radu. Ipak, operateri koji rade na sustavu imaju trenutni pristup svim informacijama u sustavu, stanju sustava i kvarovima u sustavu kao što je vidljivo na slici 4.2. Glavno obilježje SCATS sustava je prilagodba na trenutno stanje u prometu. Sustav se može prilagoditi nenadanom događaju, kao što je zastoj zbog vremenskih uvjeta, sportskog ili kulturnog događaja i slično, u cilju povećanja propusnosti prometne mreže.



**Slika 4.1.** Sučelje SCATS sustava [41]

SCATS sustav upravlja radom semafora mijenjajući fazu svakog semafora posebno. SCATS sustav djeluje na tri razine. Prva razina je vezana uz kutije koje se nalaze u blizini semafora a sadrže hardverske komponente kojima sustav prikuplja informacije o trenutnom stanju u prometu na tom području. Prikupljene informacije proslijeđuje se na drugu razinu, odnosno razinu regionalnih računala. Sustav se sastoji od 12 regionalnih računala, od kojih svako može obraditi podatke sa 128 raskršća istovremeno. Svako računalo, ovisno o lokaciji na kojoj se nalazi, sadrži unaprijed unesene podatke o prometnim rutama kojima upravlja. Regionalna računala spojena su s glavnim računalom za nadzor sustava, koje se nalazi u centru za upravljanje prometom. Pomoću nadzornog računala, osposobljeni operateri mogu unositi izmjene u sustav za dodatnu optimizaciju prometnog toka, odnosno mogu premostiti automatsku kontrolu sustava nad prometnom mrežom.

Prednosti primjene SCATS sustava nad prometnom mrežom vidljive su kroz smanjenje vremena trajanja putovanja, smanjenja broja zaustavljanja vozila i sukladno tome smanjenja potrošnje goriva. Uz to, smanjeno je vrijeme čekanja na semaforima za pravo prolaza (zeleno svjetlo). Uz navedene prednosti, SCATS još smanjuje učestalost prometnih nesreća i težinu istih doprinoseći sigurnijem kretanju kroz prometnu mrežu [42], [43].

## 4.2 Nedap

*Nedap Identification Systems* je kompanija koja se specijalizirala za izdavanje tehnoloških rješenja za identifikaciju prometnih entiteta na daljinu i kontrolu prolaza u gradovima. Razvoj tehnologija se bazira na razvoju identifikacijskih sustava i mobilnih rješenja koja optimiziraju, nadgledaju i upravljaju tokom vozila i ljudi u prometnoj mreži [44].

Sustav upravljanja vozila podržava tri platforme:

- TRANSIT: Mikrovalni RFID čitači sa transpondera s baterijskim napajanjem;
- uPASS: UHF čitači s pasivnim transponderima;
- ANPR: čitači registarskih pločica.

TRANSIT platforma služi za povećanje sigurnosti parametra identifikacijom vozila i vozača. Sustav radi na frekvenciji od 2.45 Ghz i koristi polu-aktivne transpondere s baterijama. Služi za detekciju i identifikaciju taksija, autobusa, vozila hitne pomoći, kamiona i ostalih uređaja koji zahtijevaju svakodnevnu identifikaciju. Prednost sustava je vidljiva u identifikaciji vozila i vozača istovremeno. Isto je moguće postići upotrebom Booster 2G tehnologije koja čita normalne kartice za kontrolu pristupa (Legic, HID, MIFARE itd), i podatke o vozaču i vozilu šalje u središnji kontrolni sustav.

uPASS čitači rade na frekvenciji od približno 900 Mhz i predstavljaju jeftino rješenje za identifikaciju vozila. Sustav se koristi za detekciju vozila s pristupom određenim parkiralištima, kao što su privatna parkirališta ili parkirališta namijenjena određenim korisnicima.

ANPR je tehnologija identifikacije vozila putem registarskih oznaka. Primjenjuje se u slučaju kada vozilo nije moguće označiti nekog vrstom transpondera, odnosno kada nije moguće koristiti druge tehnologije identifikacije. Sustav se sastoji od kamere za detekciju registarske pločice i softverskog rješenja koji obrađuje podatke sa kamere. Služi za slobodan prolaz vozila bez potrebe za zaustavljanjem (engl. *Barrier free*) i kontrolu prolaza vozila.

Uz kontrolu prolaza, Nedap Identification Systems razvila je i sustav za kontrolu parkiranih vozila. Sustav se zove SENSIT i sastoji se od senzora implementiranih u svako parkirno mjesto. Senzori mjere vrijeme koje je vozilo provelo na parkirnom mjestu i pokazuju trenutno zauzeće parkirnog mjesta. Dodatna svrha sustava je smanjiti količinu prometa u gradovima. SENSIT sustav omogućuje informiranje vozača o dostupnim parkirnim mjestima te na taj način skraćuje vrijeme traženja parkirnog mjesta, što rezultira redukcijom prometnog opterećenja i zagađenja okoliša nastalog radom motora [45].

### **4.3 RFID i pošta**

U prosincu 2015. godine, Njemačka pošta (njem. *Deutsche Post*, DP) započela je s primjenom EPC (*Electronic Product Code*) visokofrekventne RFID tehnologije u poštanskom prometu. Sustav sačinjen od RFID čitača i transpondera omogućuje korisniku usluge praćenje statusa poslana pošiljke.

Sustav je razvijen u svrhu praćenja malih paketa koje je teže pratiti u odnosu na velike pakete. Trenutno ne postoji standardizirani internacionalni bar kod za označavanje malih pošiljaka i zbog toga je potrebno pošiljke ručno skenirati. Zbog rastućeg broja pošiljaka poslanih svakodnevno, javlja se potreba za automatskim sustavom praćenja paketa.

Prilikom slanja pošiljke, pošiljka se označava sa jednim od dva podržana transpondera, ovisno o veličini paketa koji se šalje. Trenutno su podržani transponderi N044044B1U i AZ-9662 koji se razlikuju po vrsti implementiranog integriranog kruga. Pošiljatelj unosi identifikacijski broj na web stranicu putem koje prati kretanje pošiljke.



Sustav se trenutno primjenjuje u šesnaest država: Austriji, Belgiji, Danskoj, Francuskoj, Grčkoj, Mađarskoj, Italiji, Luksemburgu, Nizozemskoj, Norveškoj, Portugalu, Španjolskoj, Švedskoj, Švicarskoj, Velikoj Britaniji i Sjedinjenim Američkim Državama. U tim državama, RFID čitači implementirani su u poštanske objekte i omogućuju praćenje pošiljke čim stigne na obradu u objekt [46].

#### 4.4 SMARTRAC

Njemački proizvođač automobila Audi uveo je sustav za praćenje vozila na traci tokom izgradnje koji se bazira na RFID tehnologiji. Sustav je implementiran 2013. godine u tvornici u Győru, Mađarska. Sastoji se od druge generacije EPC (engl. *Electronic product code*) UHF *DogBone* transpondera koji daju informaciju o trenutnoj lokaciji i stanju svakog vozila pojedinačno te skupni čitača koji te transpondere očitavaju [47].

Praćenje vozila započinje u završnoj fazi izrade vozila, nakon što se na vozilo montiraju kotači. Sa unutarnje strane prednjeg branika postavlja se UHF SMARTRAC *DogBone* transponderi sa Impinj Monza 4QT umetkom vidljivim na slici 4.3.



**Slika 4.2.** Impinj Monza 4QT umetak [48]

Na transpondere se automatski zapisuje identifikacijski broj vozila (engl. *Vehicle identification number* – VIN) i dodatni identifikacijski broj kojeg koriste postaje za sklapanje vozila. Dodatni identifikacijski broj služi za neometano odvijanje posla u slučaju poteškoća s lokalnom mrežom.

Unutar djela tvornice zaduženog za sklapanje vozila postavljeno je približno 50 RFID čitača te su čitači dodatno postavljeni na ulaz i izlaz iz skladišta kao što je vidljivo na slici 4.4. Radnici u tvornici opremljeni su sa Nordic ID Merlin ili Agilox AGX DOT 300 ručnim čitačima.



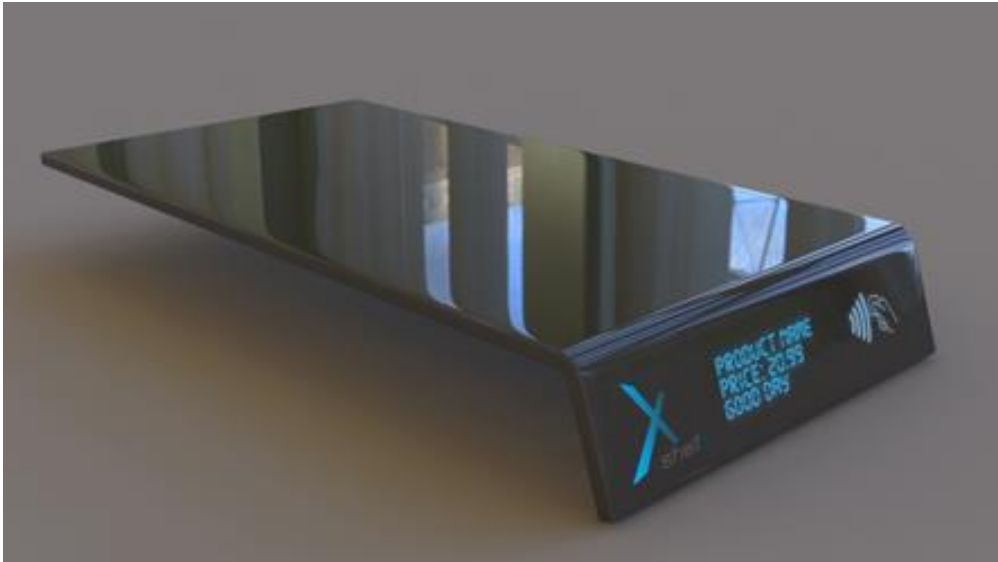
**Slika 4.3.** RFID čitač na izlazu iz skladišta [49]

Nakon završetka sklapanja, vozilo je podvrgnuto raznim testovima kojima se osigurava kvalitetu. Odrađeni test evidentira se zapisom na transponder smješten na vozilu. U konačnici, ako je vozilo spremno za isporuku, premješta se na parkirno mjesto u skladištu. Vozač vozila označuje parkirno mjesto kao zauzeto očitanjem transpondera koje se nalazi na vozilu i transpondera koji se nalazi na parkirnom mjestu. Podaci o cijelom procesu šalju se u centralni sustav putem WiFi veze. Ako WiFi veza nije dostupna, podaci se pohranjuju u uređaj sve dok se veza ponovno ne uspostavi.

Pravovremena identifikacija vozila i slanje te informacije u centralni sustav dovodi do povećanja efikasnosti u radu. Također omogućuje veću transparentnost u proizvodnji, kao i smanjenje vremena potrebnog za izradu jednog vozila od početka proizvodnje do trenutka kada je spreman za isporuku (engl. *End-to-end*). Audi u planu ima implementaciju istog rješenja u tvornice u Njemačkoj, Belgiji i Meksiku [50].

## 4.5 Pametna polica

Pametna polica (engl. Smart shelf) je polica u trgovini opremljena RFID čitačem. RFID čitač može biti implementiran kao dio police ili ugrađen iza, iznad ili ispod standardne police. Prikaz pametne police sa zaslonom za informiranje korisnika vidljiv je na slici 4.8.



**Slika 4.4.** Pametna polica sa zaslonom za informiranje korisnika [51]

RFID čitač analizira okolinu i podatke proslijeđuje centralnom sustavu. Praćenjem RFID transpondera koje se nalaze na artiklu, sustav omogućuje uvid u kupovne navikne kupaca i tako omogućuje unaprjeđenje korisničke podrške uz povećanje prodaje.

Ugradnjom RFID čitača na police ili postavljanje police sa već ugrađenim RFID čitačima postižu se određeni učinci. Neki od najvažnijih učinaka su: automatska obavijest o potrebi nadopunjavanja police, obavijest o krivo postavljenom artiklu, zadnja poznata lokacija artikla i rok trajanja istog, podatak o zainteresiranosti korisnika za određeni artikl i informacije o artiklu dostupne korisnicima.

Automatska obavijest o potrebi nadopunjavanja police potencijalno je najbitnija stavka kod RFID pametnih police. Čitač prepoznaje kada broj jedne vrste artikala padne ispod određene granice i tu informaciju šalje u centralni sustav. Informaciju je moguće proslijediti na mobilne RFID uređaje čime trgovci pravovremeno mogu reagirati na

manjak artikla. Sustav je moguće dizajnirati tako da se nabavka robe iz centralnog skladišta obavlja automatski.

Prilikom kupovine kupci često uzmu neki artikl sa police i kasnije se odluče kako im isti ne treba. Tada artikl vrata na drugu lokaciju od one na kojoj su isti uzeli. Sustav je u stanju registrirati takav događaj i obavijestiti trgovca o postojećoj lokaciji artikla i lokaciji na kojoj bi se artikl trebao nalaziti. Ta informacija bitna je za artikle koji zahtijevaju posebne uvjete za očuvanje kvalitete, kao što je primjerice hrana.

Zadnja poznata lokacija artikla doprinosi smanjenju broja ukradenih artikala. RFID sustav detektira blagajnu kao zadnju lokaciju artikla, i ako artikl nije plaćen, smatra se ukradenim. Uz pomoć nadzornih kamera moguće je identificirati kradljivca i omogućiti trgovcima da uvedu bolju zaštitu artikala.

Obavijest o roku trajanja bitna je stavka kod RFID sustava pametnih policia. Polica identificira artikl kojem ističe ili je istekao rok trajanja i o tome obavještava trgovca. Trgovac pravovremeno miče taj artikl iz prodaje. Time se smanjuje vrijeme koje je trgovac proveo pregledavajući rokove trajanja na svim artiklima.

Informacija o zainteresiranosti kupca za određen artikl daje trgovcu uvid u potražnju za robom koju prodaje. Primjerice, kada kupac podigne artikl, pametna polica registrira taj događaj i informaciju šalje u centralni sustav. Isti artikl moguće je pratiti kroz trgovinu. Sustav je u stanju detektirati da li je artikl vraćen na policu, kupljen ili naknadno zamijenjen nekim drugim artiklom. Takva informacija prikazuje ponašanje kupca u trgovini i može se upotrijebiti za strateški razmještaj artikala u trgovini u cilju povećanja prodaje.

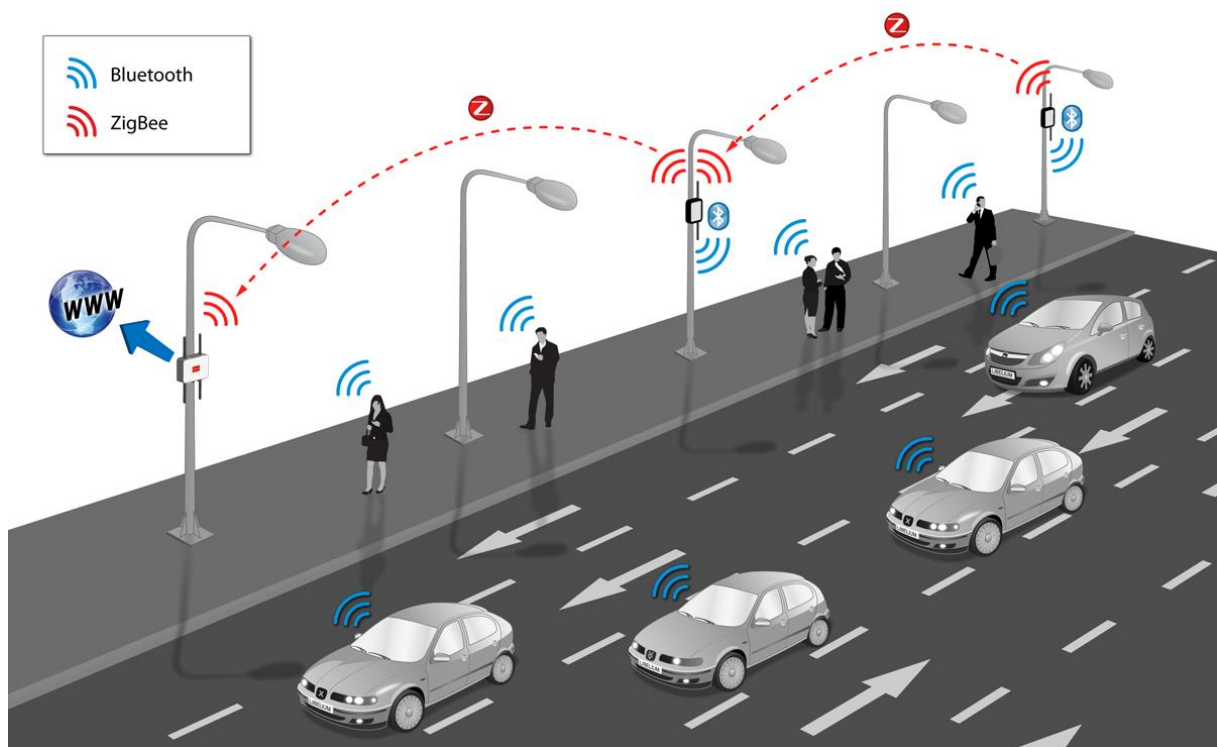
Uz RFID čitač, pametna polica mogla bi biti opremljena informacijskim zaslonom. Kada kupac podigne artikl, na zaslonu se prikazuju informacije o podignutom artiklu. Prikazane informacije bi mogle biti zemlja podrijetla, vrijeme kada je artikl proizveden i način kako je prevezen do trgovine, sadržaj artikla, materijali korišteni pri izradi, upozorenja i slično.

Pretpostavlja se da će većina budućih trgovina biti opremljena sa RFID pametnim policama. Također, pretpostavka je da će takva tehnologija poboljšati prodaju, povećati efikasnost, unaprijediti korisničku podršku, smanjiti broj krađa i pomoći trgovcima u vođenju trgovine [52].

## 4.6 Platforma za praćenje vozila

Informacije o kretanju pješaka i vozila u prometnoj mreži neophodne su za efektivno funkcioniranje prometnog sustava u gradovima. Za prikupljanje navedenih informacija potrebno je identificirati pješaka ili vozilo te pratiti njegovo kretanje kroz prometnu mrežu. Kompanija Libelium 2011. godine predstavila je sustav temeljen na sensorima koji prikupljaju podatke o kretanju pješaka i vozila uz pomoć *Bluetooth* i *ZigBee* tehnologija.

Platforma prikuplja podatke o kretanju *Bluetooth* uređaja na ulici, cesti ili pješačkom kolniku. Sposobna je raspoznati korisnički mobilni terminalni uređaj od uređaja ugrađenih u vozilo. Prikupljeni podaci sa senzora šalju se na server putem *ZigBee* tehnologije, a prikaz prijenosa moguće je vidjeti na slici 4.7.. Podaci pristigli na server se obrađuju u cilju adresiranja problema zagušenja cestovne ili pješačke prometne mreže.



**Slika 4.5.** Prikaz komunikacije unutar sustava [53]

Upotrebom istog sustava moguće je odrediti prosječnu brzinu kretanja vozila tako da se izmjeri vrijeme koje je prošlo između prolaska vozila kraj dva senzora. Brzina se

izračunava kao derivacija puta po vremenu, gdje put predstavlja udaljenost između dva senzora.

Sustav se bazira na radio ploči za Wasmote i u stanju je detektirati do 250 *Bluetooth* kompatibilnih uređaja istovremeno u krugu od 10 do 50 metara. Wasmote je bežična platforma otvorenog koda. Stvorena je u cilju povezivanja senzora u IoT okruženju [54]. Koristi se *Adaptive Frequency Hopping* (AFH) tehnologija kako bi se izbjegla interferencija između *Bluetooth*, ZigBee i WiFi uređaja koji funkcioniraju na frekvenciji od 2.4 GHz.

Sustav omogućuje prikupljanje podataka iz okoline u cilju stvaranja pametnog okruženja. Prikupljene informacije pomažu vozačima izbjeći zagušenja u prometu kroz davanje stvarno vremenskih informacija o stanju u prometu. Slično tome, praćenje pješaka omogućuje poboljšanje rada zrakoplovnih luka, šoping centara i turističkih destinacija. Prikupljeni podaci također mogu poslužiti kao pomoć pri stvaranju evakuacijskog plana u slučaju nezgode [53].

#### 4.7 Zonith sustav za unutarnje pozicioniranje

Zonith Indoor Positioning System (akronim IPS) može locirati i pratiti bilo koji digitalni zvuk, Android mobilni terminalni uređaj, DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*) uređaj ili WiFi mobilni terminalni uređaj ukoliko je *Bluetooth* „uvijek prepoznatljiv“ (engl. *Always discoverable*) funkcija uključena. Sustav radi tako da se svakom *Bluetooth* kompatibilnom uređaju doda identifikacijski ključ (engl. *Identification Key*, ID) i prati se njegovo kretanje kako mijenja lokaciju. Praćenje se izvodi uz pomoć *Bluetooth* odašiljača, čiji primjer je moguće vidjeti na slici 4.9., tako da se lokacija na kojoj se uređaj zadnji put registrirao i udaljenost koju je napravio od te lokacije.



Slika 4.6. Bluetooth odašiljač [55]

Sustav je u stanju raditi u tandemu sa drugim sustavima. Primjer takvog rada je kada se Zonith Indoor Positioning upari sa Alarm Control sustavom. Alarm Control sustav osigurava da se obavijest o pokretanju alarma dostavi automatski, efikasno i pouzdano prema osobi kojoj je namijenjena. Obavijesti se dostavljaju ovisno o dobu dana i kvalifikacijama osobe ovisno o zadatku koji je potrebno obaviti [56]. Takav tandem dva sustava omogućava pravovremenu reakciju na situaciju kada se zaposlenik nalazi u opasnosti, dajući nadzorniku sustava točnu informaciju o zadnjoj lokaciji zaposlenika u opasnosti.

Druga funkcionalnost sustava je u tome što se može iskoristiti za podjelu radne okoline na više zona. Kada korisnik uđe u određenu zonu, *Bluetooth* odašiljači u toj zoni registriraju njegov dolazak, odnosno dolazak njegovog uređaja. Bilježi se vrijeme ulaska, vrijeme provedeno u toj zoni i vrijeme izlaska iz zone. Uz pomoć Alarm Control sustava, nadzornik dobiva obavijest ako zaposlenik pristupi zoni za koju nema ovlasti. Isto tako, zoni je moguće dodijeliti status sigurne zone. Kada zaposlenik pristupi kritičnoj zoni, aktivira se Centralised Lone Worker (CLW) aplikacija koja osigurava sigurnost zaposlenika. Sigurna zona radi suprotno od toga. Kada zaposlenik pristupi sigurnoj zoni, primjerice kantini ili kafiću, CLW aplikacija se automatski isključi [57].

#### **4.8 RFID tehnologija identifikacije prtljažnih privjesaka**

Samo uslužni kiosci za registraciju putnika i prtljage (engl. *Common Use Self Service*, CUSS) predstavljaju zajedničku platformu zračnih prijevoznika koji pružaju putnicima 24 satnu mogućnost registracije. Platforma sadrži sklopovlje (engl. *Hardware*), software, sustav za nadzor (engl. *Monitoring System*), instalacije i uslugu registriranja putnika s prijavom prtljage ili bez. Sustav uključuje ispis 2D bar kodne ukrajne propusnice, čitanje elektronske putovnice, čitanje referentnog broja zrakoplovne karte i slično. Implementacija samo uslužnih kioska za registraciju putnika i prtljage smanjuje troškove poslovanja, optimizira poslovanje uvođenjem zajedničke platforme zračnik prijevoznika i decentralizira točke registracije u zračnim lukama. Navedeno povoljno utječe na smanjenje zagušenja putničkih tokova prilikom registracije na klasičnim šalterima za registraciju putnika i prtljage. Spomenuta



zagušenja mogu uzrokovati kašnjenja zrakoplova u odlasku i neregularnost s prtljagom.

Korištenjem RFID tehnologije moguće je identificirati određeni objekt (prtljagu) na nekoj udaljenosti korištenjem elektromagnetske izmjene. Primjena RFID tehnologije u industriji zračnog prometa podrazumijeva korištenje RFID identifikacijskih prtljažnih privjesaka, čiji primjer je moguće vidjeti na slici 4.10., i čitača umjesto postojećih bar kodova.

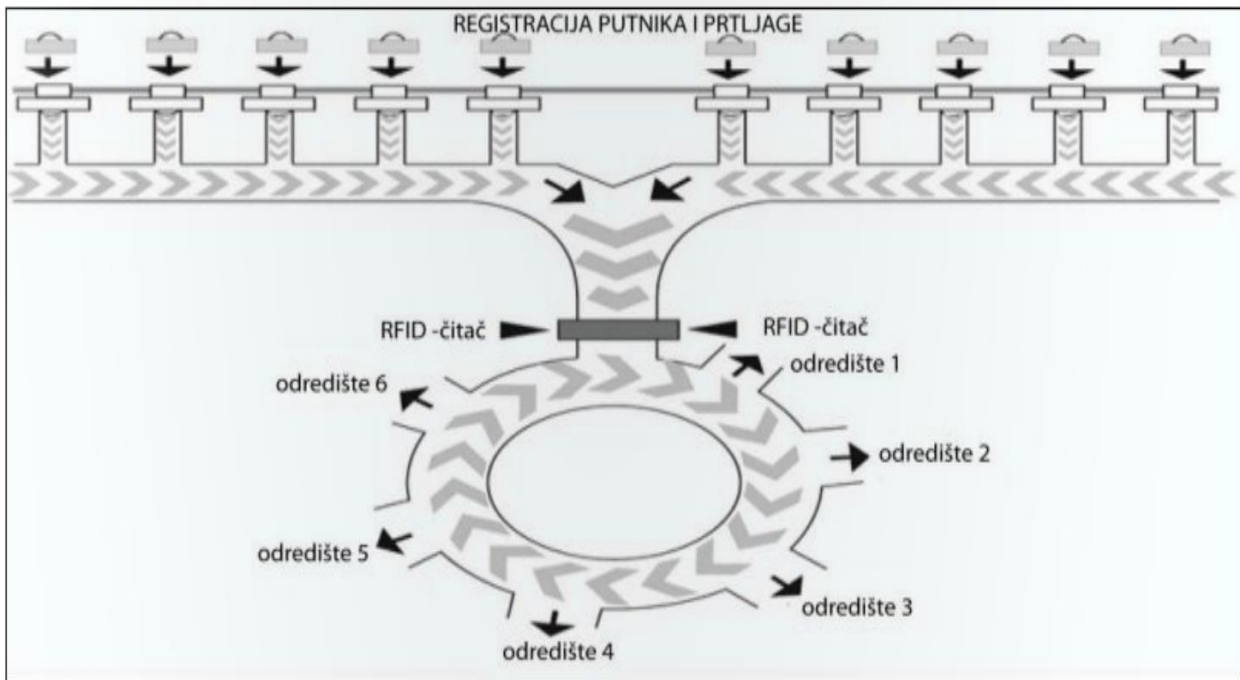


**Slika 4.7.** RFID identifikacijski prtljažni privjesak [58]

Za pravilan rad RFID sustava za označavanje prtljage potrebno je imati pet osnovnih komponenti. Prva komponenta je RFID privjesak kojim se označava prtljaga. Drugu i treću komponentu čine čitač i antena koji taj privjesak očitavaju. Zadnje dvije komponente čine komunikacijska infrastruktura i programi koji njome upravljaju.

Prednosti RFID u odnosu na tehnologiju bar kodova su mogućnosti čitanja preko prepreke, npr. kontejner. Tehnologija omogućuje istovremeno čitanje više RFID privjesaka pod uvjetom da su u dometu RFID čitača (1.5m). Ispisani bar kodni prtljažni privjesci imaju vrijednost očitavanja 95%. Tijekom prihvata, otpreme i prijenosa ta vrijednost otpada na oko 70%. U tom slučaju, javlja se potreba za ručnim očitavanjem, čime se javlja gubitak vremena i troškovi vezani uz rizik kašnjenja prtljage. Također, može doći do propuštanja letova ili pogrešnog ukrcaja. Prednost RFID prtljažnih privjesaka je u zadržavanju visoke kvalitete čitljivosti od 95% tijekom obavljanja tih radnji (prihvata, otpreme i transporta).





**Slika 4.8.** Kretanje prtljage kroz sustav čitača [59]

Prema slici 4.11., kojom je prikazano funkcioniranje RFID tehnologije u prtljažnim tokovima prihvata i otpreme prtljage u zračnoj luci, nakon registracije, prilikom pristizanja u sortirnicu, putnička prtljaga označena sa RFID prtljažnim privjescima pokretnim trakama dolazi do „vrata“ koja su u funkciji fiksnih RFID čitača. Čitanjem podataka sa privjeska, RFID čitač na vratima čita ukupne podatke sadržane u identifikatoru koji se nalazi u memoriji RFID integriranog kruga. Identifikator sadrži podatak kojim se odabire odredište za ukrcaj. Prtljaga prolazi kroz vrata čitača bez zastoja prilikom čitanja, čime se smanjuje vrijeme potrebno za prolaz, koje je kritično u ovoj točki prihvata i otpreme prtljage, u odnosu na tehnologiju bar koda. Svaka pojedinačna prtljaga usmjerava se na jedan od odredišnih izlaza. Izlazi sa slike su odredišta označena brojevima od 1 do 6. Dolaskom prtljage na ispravna ukrcajna odredišta kreću operacije ukrcaja prtljage u kontejnere ili kolica za određene destinacije i dovoz prtljage pred odlazni zrakoplov.

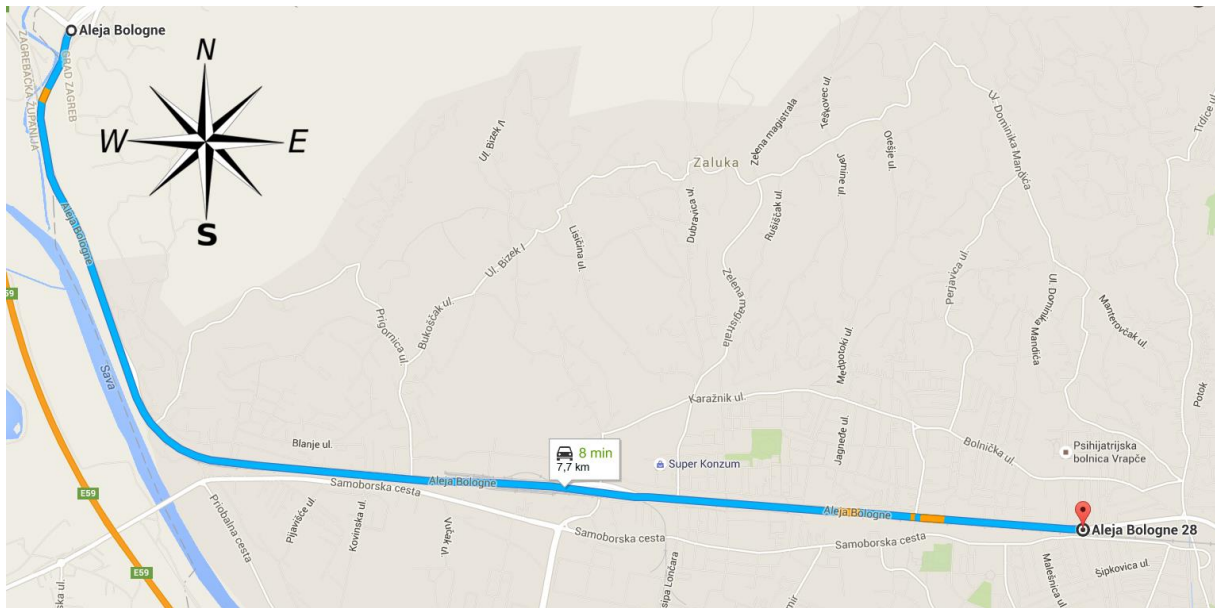
Zbog navedenih prednosti, implementacija RFID tehnologije smanjuje broj neregularnosti s prtljagom. Najveći značaj te tehnologije vidljiv je u velikim zračnim lukama koje predstavljaju glavne svjetske putničke transferne sustave u kojima je koncentriran najveći broj neregularnosti s prtljagom [60].

## **5 PRIJEDLOG ARHITEKTURE SUSTAVA IDENTIFIKACIJE I INFORMIRANJA PROMETNIH ENTITETA U PROMETNOJ MREŽI**

Prijedlog sustava za identifikaciju i informiranje prometnih entiteta u prometnoj mreži baviti će se problemom prolaska vozila sa pravom prednosti prolaska na određenom dijelu prometnice u Gradu Zagrebu. Problem je uočen od strane autora empirijskim pristupom. Koncept sustava rješava problem zagušenja i omogućuje nesmetan prolazak vozila primjenom suvremene informacijsko-komunikacijske tehnologije.

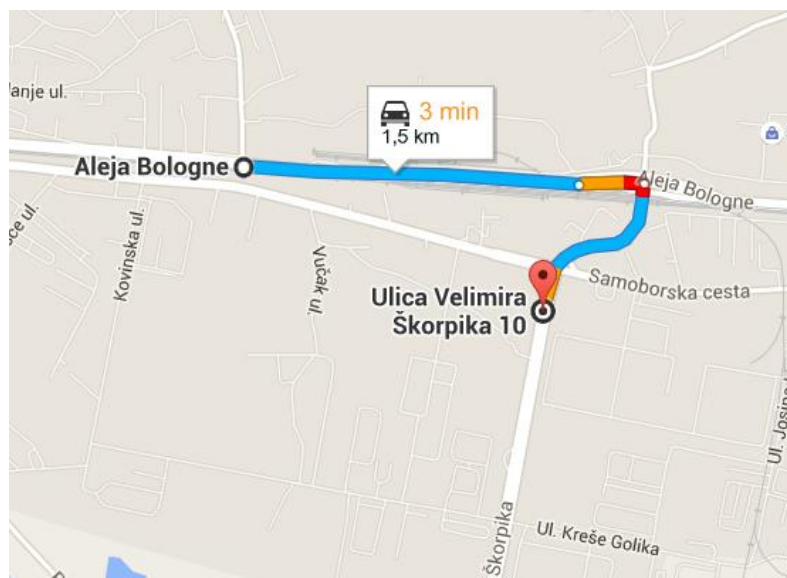
Vozila sa pravom prednosti prolaska definirana su člankom 149. Zakona o sigurnosti prometa na cestama (ZSPC), prema kojem na vozila službe hitne pomoći, vatrogasne službe, unutarnjih poslova i vojne policije, kad posebnim uređajima daju svjetlosne ili zvučne znakove, ne primjenjuju se odredbe ovoga Zakona o ograničenju brzine (članak 52. – 55.), o propuštanju vozila i prednosti prolaska (članak 57.), o zabrani pretjecanja i obilaženja kolone vozila ili na pješačkom prijelazu ili prelaženju iz trake u traku (članak 70. stavak 1. točka 1., članak 74. i članak 75. stavak 1.), o zabrani presijecanja kolone pješaka (članak 89.) obvezi vezivanja sigurnosnim pojasom (članak 163.) te zabrani upotrebe mobitela (članak 196. stavak 3.). Iznimno, uz uvjet da je to neophodno potrebno, a vodeći računa o sigurnosti drugih sudionika u prometu, na vozila s prednošću prolaska ne primjenjuju se ni odredbe o strani kretanja vozila (članak 46. – 48. a kada je obustavljen promet i članak 49.), uključivanju u promet (članak 45. stavak 1.) i o zaustavljanju i parkiranju te polukružnom okretanju (članak 79. stavak 1., članak 80. stavak 1. i 3., članak 82. stavak 1. točka od 1. do 11., članak 83., članak 12. stavak 4. i članak 140.). Kad vozilo unutarnjih poslova i vojne policije upotrebom plavih svjetala osigurava prolaz jednom vozilu ili koloni vozila koja se kreću iza njega, vozači su dužni obratiti pažnju i na vozila kojima se osigurava prolaz, propustiti ih i, prema potrebi, zaustaviti svoja vozila dok ta vozila ne prođu [61].

Dio prometnice obuhvaćen konceptom sustava nalazi se na zapadnom dijelu Zagreba, na Aleji Bologne. Aleja Bologne, prikazana slikom 5.1. proteže se s istoka na zapad, od željezničke postaje Vrapče na istoku do ulice Jareka donjeg na zapadu i duljine je približno 7.7 km. Obuhvaćena je i ulica Dolec na sjeveru te ulica Velimira Škorpika koja se prostire južno od Aleje Bologne.



**Slika 5.1.** Prikaz Aleje Bologne

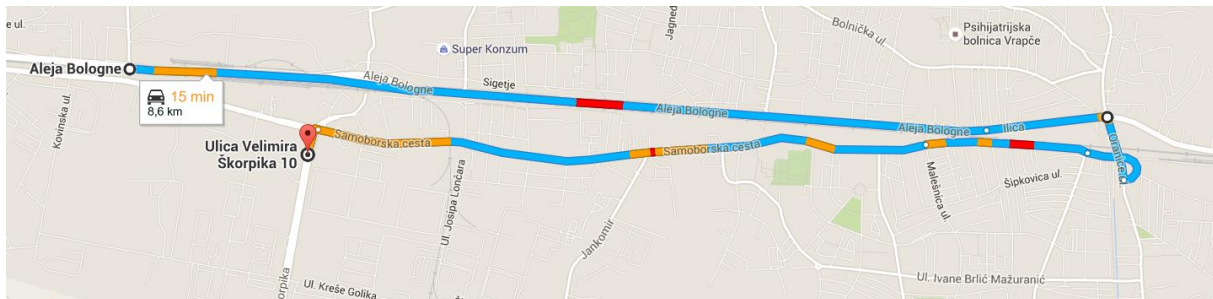
Problem se javlja kada vozilo sa pravom prednošću prolaska mora pristupiti dijelu Zagreba južno od Aleje Bologne. Ako se vozilo nalazi na Aleji Bologne, postoje tri moguća načina za pristup južnom dijelu grada. Prvi način prikazan slikom 5.2. prikazuje najkraći put do južnog dijela Zagreba, u ovom primjeru duljine tek 1.5 km. Primjer prikazuje zamišljenu točku gdje se vozilo nalazi u trenutku kretanja (na slici 5.2. označenu kao „Aleja Bologne“) i završnu točku kao odredište (na slici označenu kao „Ulica Velimira Škorpika 10“). Dvije točke pokazuju početak dionice gdje se javlja problem prolaska, i kraj dionice gdje problem prestaje.



**Slika 5.2.** Prvi mogući način dolaska do odredišta

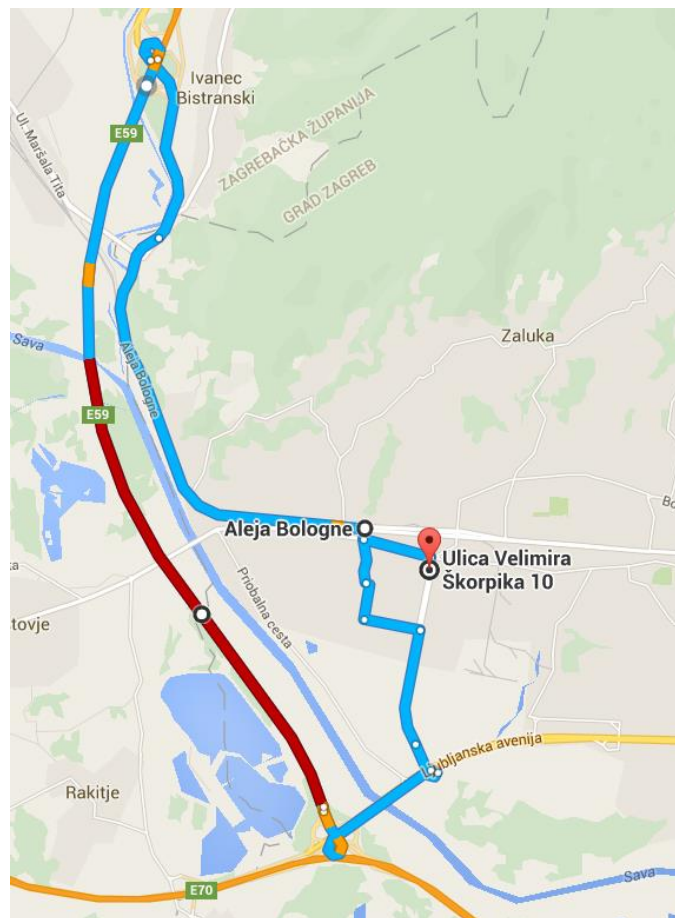
Tim putem javlja se zagušenje u prometu zbog neoptimalnog rada semafora. Koncept se bazira na optimizaciji tog načina pristupa južnom dijelu grada.

Drugi način pristupa prikazan je slikom 5.3. Sa slike je vidljivo da se put između dvije točke produljio za 7.1 km i iznosi 8.6 km.



**Slika 5.3.** Drugi mogući način dolaska do odredišta

Treći način pristupa prikazan slikom 5.4. predstavlja najdulji put između dvije točke i povećava udaljenost za 18.5 km, odnosno iznosi 19.8 km.



**Slika 5.4.** Treći mogući način dolaska do odredišta

Vozilo kao što je vozilo hitne pomoći ili vatrogasno vozilo odnosno vozilo policije ima za cilj u što kraćem mogućem roku pristupiti određenoj lokaciji. Autor rada je prisustvovao situaciji kada je vozilo hitne pomoći trebalo pristupiti južnom dijelu Zagreba kao u slučaju kod prvog načina pristupa, no nije bilo u mogućnosti pristupiti brzo i efektivno zbog zagušenja u prometu.

## **5.1 Prijedlog koncepta sustava identifikacije i informiranja prometnih entiteta u prometnoj mreži**

Koncept sustava identifikacije i informiranja prometnih entiteta u prometnoj mreži opisan ovim radom koristiti će informacijsku-komunikacijsku opremu i instrumente u svrhu optimizacije prometne rute radi olakšanog i ubrzanog kretanja vozila sa pravom prednošću prolaska. Koncept se zasniva na upotrebi GPS tehnologije za praćenje vozila sa pravom prednosti prolaska, RFID tehnologije za identifikaciju vozila u prometnoj mreži i *Bluetooth* tehnologije za određivanje udaljenosti vozila sa pravom prednosti prolaska u odnosu na referentnu točku. Uz određivanje udaljenosti od referentne točke, *Bluetooth* tehnologija služi za obavješćavanje vozača o stanju u prometnoj mreži, odnosno kretanju vozila sa pravom prednosti prolaska ako se ista kreću istom rutom kao i spomenuti vozač.

Prema konceptu, svako vozilo sa pravom prednosti prolaska opremljeno je uređajem koji objedinjuje GPS, RFID i *Bluetooth* funkcionalnosti. Uređaj je postavljen na mjesto na vozilu gdje se ne može oštetiti ili ukloniti i zaštićen je od vanjskih vremenskih uvjeta. Lokacija postavljanja uređaja ovisi o vrsti vozila. Za informiranje vozača u prometu koristi se pametni mobilni terminalni uređaj korisnika povezan sa sustavom već implementiranim u vozilu.

Uz uređaje postavljene na, odnosno unutar vozila, zasebni uređaji postavljaju se na svaki rasvjetni stup uz dionicu prometnice na kojoj je potrebna optimizacija prometnog toka. Postavljeni uređaji sadrže *Bluetooth*, i ovisno o potrebi, RFID funkcionalnosti. Također, na semafor se ugrađuje sličan uređaj koji uz navedene funkcionalnosti ima mogućnosti upravljanjem rada semafora.



U slučaju da vozilo ne sadrži uređaj za prihvatanje informacija putem *Bluetooth* veze, informiranje je moguće ostvariti ispisom informacija na zasebnom zaslonu postavljenom uz dionicu prometnice na kojoj se vrši optimizacija prometa.

## 5.2 Zatečeno stanje u Gradu Zagrebu i okolici

Grad Zagreb nema implementiran sustav za identifikaciju i informiranje korisnika u prometu. Postoji implementiran sustav koji se sastoji od kamere za nadzor brzine. Kamere mogu identificirati vozilo, ali u ovom trenutku ta informacija služi na naplatu kazni vozačima koji se ne pridržavaju prometnih propisa. Uz kamere za nadzor brzine, postavljene su i kamere za identifikaciju vozila u slučaju prolaska kroz raskršće za vrijeme zabrane prolaska (crveno svjetlo na semaforu).

Sustavom za informiranje u prometu mogao bi se smatrati semafor sa zaslonom koji prikazuje vrijeme do iduće promjene faze semafora. Primjer takvog semafora prikazan je slikom 5.5., a sličan semafor postavljen je u centru Zaprešića, nedaleko od Grada Zagreba.



**Slika 5.5.** Prikaz semafora sa odbrojanjem vremena [62]

Osim navedenih kamera, u neposrednoj blizini Grada Zagreba, postavljen je brojač prometa koji mjeri broj vozila koja su prošla tom dionicom prometnice. Sustav

je postavljen u blizini Ivanca Bistranskog, udaljen nekoliko kilometara od granice Grada Zagreba, a može se smatrati sustavom za detekciju prolaska vozila.

### **5.3 Arhitektura predloženog sustava**

Dio rada kojim se opisuje arhitektura predloženog sustava sastojat će se od arhitekture sustava sa naglaskom na vozilo sa pravom prednosti prolaska, arhitekture dionice prometnice na kojoj se optimizacija vrši i arhitekture sustava unutar ostalih vozila u prometnoj mreži. Istodobno djelovanje sva tri navedena sustava doprinosi optimizaciji prometne mreže i smanjenju vremena putovanja vozila sa pravom prednošću prolaska između polazišta i odredišta.

#### **5.3.1 Arhitektura sustava kod vozila sa pravom prednosti prolaska**

Dio sustava implementiran u vozilo temelji se na pametnom uređaju ugrađenom unutar vozila koje prikuplja, obrađuje i odašilje podatke iz okoline. Uređaj se sastoji od integriranog kruga sa *Bluetooth* funkcionalnostima, integriranog kruga sa RFID funkcionalnostima, GPS prijemnika, BMS-a (engl. *Battery management system*) i upravljačke ploče sa softverskim rješenjem koje upravlja svim komponentama. Svaki od sustava za slanje i primanje podataka koristi aktivnu antenu radi povećanja dometa odašiljanja/primanja informacija.

Uređaj je spojen na napajanje vozila čime je omogućen nesmetan rad u svakom trenutku bez potrebe za baterijama. Dodatno, uređaj sadrži ugrađenu bateriju koja napaja komponente kada je vozilo ugašeno, a primjenjuje se u trenutku kada je potrebno pratiti status flote ugašenih vozila u garaži ili parkiralištu. BMS upravlja napajanjem uređaja i prilagođava ulazni napon na vrijednost koju zahtijevaju komponente unutar uređaja.

Uređaj se spaja na CAN (engl. *Controller Area Network*), [63], priključak unutar vozila. Time je omogućeno prikupljanje podatka o vozilu i sustavima unutar njega. Uređaj prikuplja podatke o brzini kretanja vozila, polazištu i odredištu te trenutnoj

lokaciji vozila. Ti podaci se obrađuju i odašilju na vanjski prijemnik putem *Bluetooth* veze.

Dodatno, moguće je pratiti podatke o temperaturi unutar i izvan vozila, stanju vozila (stanju motora, podvozja itd.), broju putnika u vozila, stanju putnika u vozilu ako je riječ o vozilu hitne pomoći, količini vode u spremniku ako je riječ o vatrogasnom vozilu, itd. S obzirom na to da je uređaj modularan, količina prikupljenih podataka ovisi samo o broju senzora ugrađenih u vozilo.

Informiranje vozača unutar vozila izvedeno je vizualnim putem pomoću zaslona ugrađenog u vozilo. Informiranje je moguće izvesti i zvučnim putem ako je isto potrebno.

### **5.3.2 Arhitektura prometnice**

Arhitektura sustava implementiranog u prometnicu temelji se na četiri podsustava. Prvi podsustav temelji se na uređaju ugrađenom na rasvjetni stup uz prometnicu. Taj uređaj sadrži integrirane krugove sa RFID i *Bluetooth* funkcionalnostima, BSM i upravljačke ploče. Kao i kod uređaja ugrađenog u vozilo sa pravom prednosti prolaska, komunikacijski dio uređaja opremljen je aktivnim antenama. Ovaj dio podsustava služi da registrira vozilo prilikom prolaska i poveže uređaj u vozilu i uređaj u stupu putem *Bluetooth* veze. Ovakva vrsta uređaja postavlja se na početku prometnice na kojoj se vrši optimizacija, s obzirom da je potrebno samo jedno spajanje na vozilo, dok se ostali prijenos odvija putem *Bluetooth* veze.

Drugi dio podsustava sličan je prvim dijelom. Razlika je u tome što uređaj ugrađen u stup ne sadrži RFID čitač, nego informacije o vozilu prima od prvog stupa gdje je već odrađena registracija vozila i uparivanje između uređaja. Veza se uspostavlja između susjednih stupova i između stupa i vozila.

Treći dio podsustava ugrađuje se u semafor i sličan je drugom dijelu podsustava, s razlikom da upravljačka ploča implementirana u uređaj ima sposobnost analize pristiglih podataka i upravljanja fazom rada semafora. Faza semafora mijenja se kako bi omogućila nesmetan prolaz vozilu sa pravom prednošću prolaska.



Zadnji, odnosno četvrti dio podsustava sastoji se od zaslona postavljenom na određenom dijelu prometnice. Kao i prethodna tri podsustava, zaslon sadrži uređaj sa *Bluetooth* funkcionalnostima, BSM i upravljačku ploču. Koristi se vizualno informiranje, a moguće je pokazati informacije kao što su: stanje u prometu, informacije o prometnoj nezgodi, prolazak vozila sa pravom prednosti prolaska, vrijeme do promjene faze rada semafora, ali i dodatne informacije kao što su: vremenska prognoza, stanje na cestama, radovi na putu, itd. Kao i kod sustava unutar vozila, ovaj sustav je modularnog dizajna i izlaz ovisi o broju ulaza, odnosno senzora.

### **5.3.3 Arhitektura sustava unutar ostalih vozila u prometnoj mreži**

Za ostala vozila u prometnoj mreži smatra se da su to privatna ili javna vozila u privatnom vlasništvu ili vlasništvu kompanije, koja sudjeluju u prometu, a na njih se ne primjenjuju pravila o pravu prednosti prethodno navedena u ovom radu. To mogu biti: osobni automobil, motor, autobus, dostavno ili teretno vozilo itd.

Informiranje se odvija uporabom pametnog mobilnog terminalnog uređaja koji se spaja na sustav ugrađen unutar automobila. Na uređaj se instalira aplikacija putem koje se mobilni terminalni uređaj i svjetlosni stup sa implementiranim uređajem povezuju. Nakon povezivanja, odvija se razmjena informacija između uređaja na stupu i mobilnog terminalnog uređaja. Sve informacije dostupne su putem zaslona ugrađenog u vozilo ili putem zvučnika unutar vozila. Informacije koje korisnik primi slične su informacijama koje nudi zaslon postavljen uz prometnicu.

Osim informiranja korisnika u vozilu, sustav ima mogućnost informiranja ostalih sudionika u prometu. Primjerice, mobilni terminalni uređaj u vozilu može detektirati prometnu nesreću, i ovisno o GPS lokaciji i broju sudionika u sudaru, poslati informaciju susjednom rasvjetnom stupu. Ta informacija prosljeđuje se do najbližeg raskršća gdje nadolazeći vozači imaju informaciju o prometnoj nesreći i pravovremeno mogu promijeniti smjer kretanja kako bi izbjegli zastoje uzrokovan istom.

Kao i kod prethodnih sustava, i ovaj sustav je modularno izrađen. Količina informacija dostupnih korisniku ovisi isključivo o broju senzora.

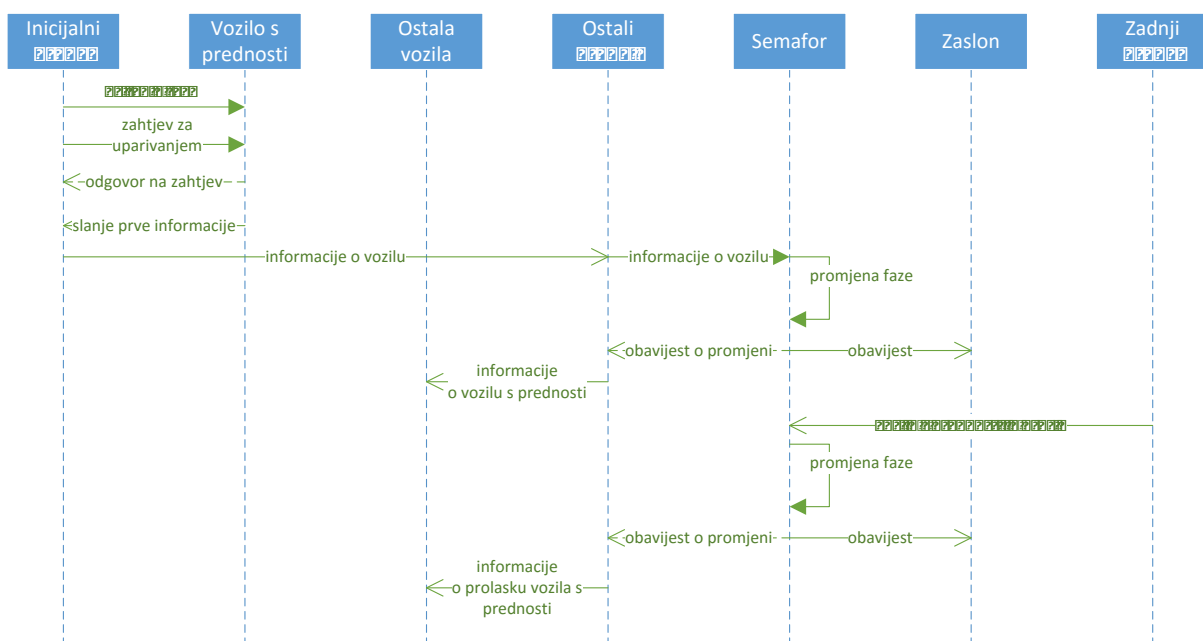
## 5.4 Opis sustava primjenom UML notacije

Rad sustava najlakše je objasniti upotrebom UML (*Unified Modeling Language*) dijagrama. UML je standardni jezik za modeliranje sustava sa grafičkim notacijama. Koristi se za opis, dizajn i dokumentaciju procesa, struktura i ponašanja objekata sustava.

Za prikaz rada koncepta opisanog ovim radom, koristiti će se sekvencijalni dijagram i dijagram aktivnosti. Sekvencijalni dijagram koristi se za opis toka prijenosa informacija unutar sustava, dok dijagram aktivnosti služi za prikaz aktivnosti određenih dijelova sustava [64].

### 5.4.1 Sekvencijalni dijagram

Slikom 5.6. prikazan je sekvencijalni dijagram. Dijagram se sastoji od inicijalnog uređaja koji predstavlja uređaj koji se nalazi na prvom stupu na dijelu prometnice gdje se vrši optimizacija prometnog toka, vozila sa pravom prednošću prolaska, ostalim vozilima u prometu, ostalim uređajima na stupovima, uređaju na semaforu, informacijskom zaslonu i zadnjem uređaju na završetku prometnice.

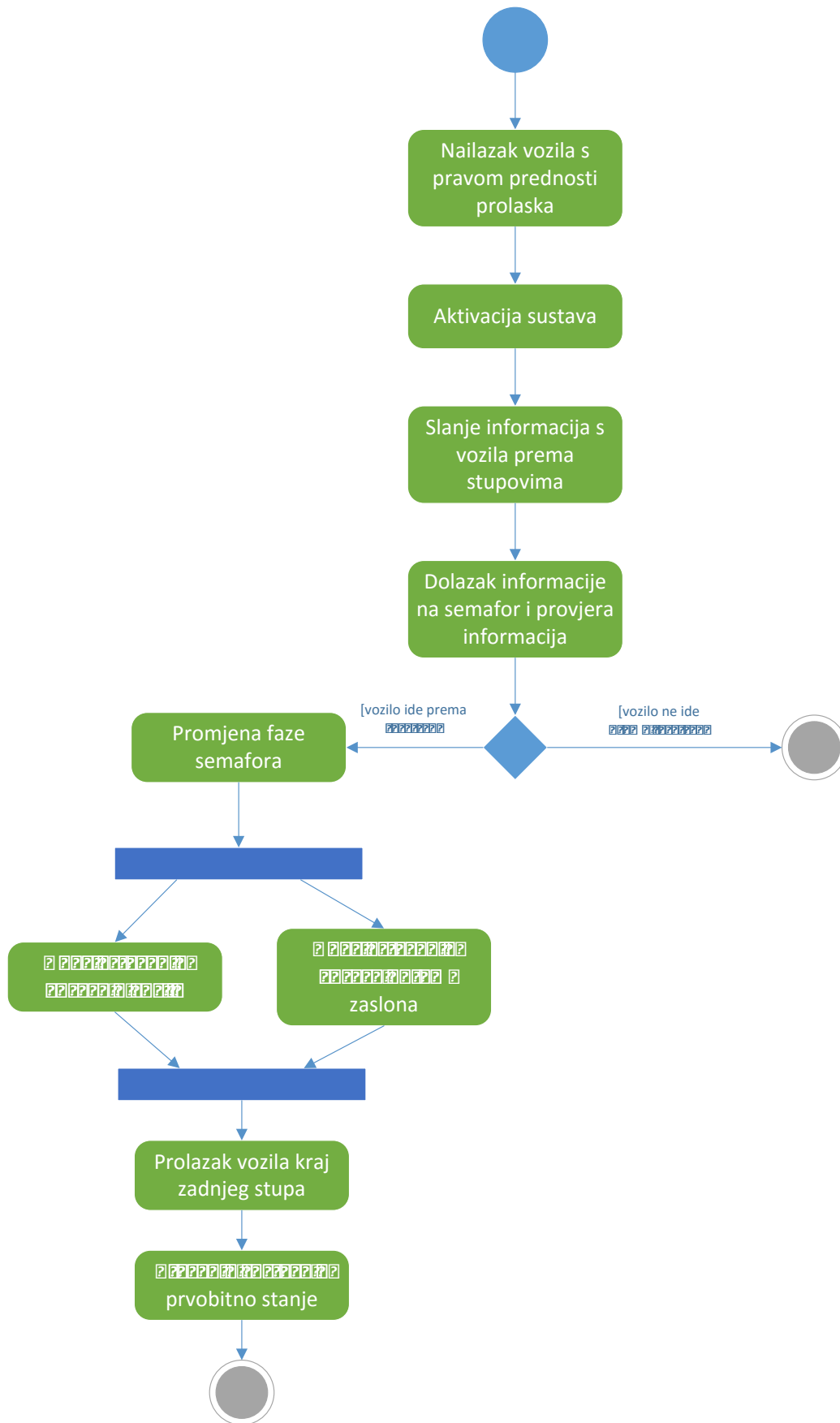


Slika 5.6. Sekvencijalni dijagram

Prema dijagramu, nailaskom vozila na dio prometnice na kojem se vrši optimizacija prometnog toka, uređaj na prvom stupu detektira RFID transponder koji se nalazi na vozilu sa pravom prednošću prolaska. Razmjenom informacija dolazi do uparivanja prvog uređaja i vozila te razmjena informacija putem *Bluetooth* veze. Istim načinom prijenosa informacija, informacije se prenose do semafora gdje se vrši analiza i obrada pristiglih informacija i ovisno o potrebi, mijenja faza rada semafora. Obavijest o promjeni faze i razlogu za time šalje se do svakog stupa na dijelu prometnice i, preko stupa, do ostalih vozila u prometu. Istovremeno obavijest se prosljeđuje na informacijski zaslon gdje se ispisuje. Kada vozilo prođe dio prometnice na kojoj se vrši optimizacija prometnog toka, zadnji uređaj na stupu detektira prolazak i šalje informaciju semaforu o tom događaju. Na semaforu se mijenja faza i sustav se vraća u normalno stanje. Obavijest o toj promjeni ispisuje se na informacijski zaslon postavljen uz prometnicu, i šalje se do ostalih vozila u prometu.

#### **5.4.2 Dijagram aktivnosti**

Slikom 5.7. prikazan je dijagram aktivnosti. Dijagramom je prikazan slijed događaja u cilju optimizacije sustava, kao i opcije koje postoje unutar istog.



**Slika 5.7.** Dijagram aktivnosti

Prema dijagramu aktivnosti, nailazak vozila aktivira sustav i šalje informacije na semafor putem stupova. Na semaforu se vrši provjera pristiglih informacija i donosi se odluka o promjeni faze rada semafora. Ako se vozilo sa pravom prednošću prolaska ne kreće prema raskršću na kojem se vrši optimizacija sustav ostaje nepromijenjen.

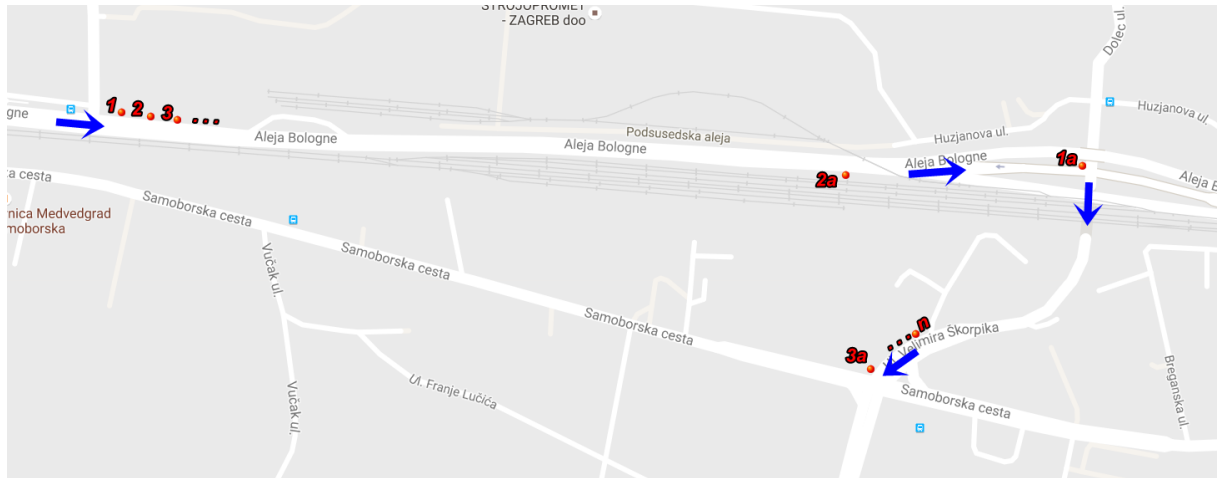
Ako se vozilo sa pravom prednošću prolaska kreće prema raskršću, mijenja se faza rada semafora i istovremeno se vrši obavještanje vozača u vozilu i obavještanje vozača putem informacijskog zaslona. Prolazak vozila s prednošću prolaska kroz raskršće gdje se vrši optimizacija prometa uzrokuje vraćanje sustava u prvobitno stanje.

## **5.5 Primjena na zatečeno stanje**

Primjena koncepta biti će prikazana s obzirom na zatečeno stanje na prethodno spomenutoj prometnici. Zbog zagušenja u prometu uzrokovanim neoptimalnom fazom rada semafora, najčešće u jutarnjim satima zbog odlaska na posao, vozilo s prednošću prolaska nije u mogućnosti proći tom dionicom puta.

Koncept opisan ovim radom rješava taj problem primjenom informacijsko-komunikacijske tehnologije implementirane u infrastrukturu i vozilo. Sustav je u stanju prepoznati broj vozila na dijelu prometnice i detektirati zagušenje u prometu uzrokovano većim brojem vozila. U trenutku nailaska vozila sa pravom prednosti prolaska, sustav se spaja na uređaj u vozilu, i ovisno o prioritetu i smjeru kretanja

vozila, mijenja fazu semafora kako bi propustio sva vozila koja stvaraju zastoje. Time je osiguran nesmetan prolazak vozila sa pravom prednosti prolaska.



**Slika 5.8.** Prikaz opreme na dionici

Prvi uređaj implementiran u rasvjetni stup prikazan brojem 1 na slici 5.8. služi za identifikaciju vozila sa pravom prednosti prolaska i ostvarenje veze između vozila i sustava. Informacija o smjeru kretanja prenosi se do semafora prikazanom brojem 1a, gdje se mijenja faza radi propuštanja vozila. Istovremeno, na zaslonu za informiranje vozača, prikazanom brojem 2a pojavljuje se informacija o prisutnosti vozila sa pravom prednosti prolaska i upozorava se na povećan oprez. Rasvjetni stupovi, označeni od 1 do n na slici prate kretanje vozila i ovisno o potrebi, šalju dodatne informacije određenim korisnicima u vozilima. Time se nastoji smanjiti vrijeme reagiranja vozača, što dodatno utječe na smanjenje vremena potrebnog za dolazak vozila sa pravom prednosti prolaska na odredište.

Nakon prolaska vozila, stup prikazan brojem 3a detektira siguran prolazak vozila sa pravom prednosti prolaska, i šalje informaciju o tome ostatku sustava. Sustav se vraća u standardni režim rada, kao što je bio prije nadolaska vozila sa pravom prednosti prolaska.

## 5.6 Mogućnost proširivanja rješenja

Koncept sustava izveden je u modularnom obliku. Uz nadogradnju postojećih dijelova sustava, moguće je proširiti funkcionalnosti dodavanjem novih uređaja.

Nadogradnju sustava moguće je izvršiti zamjenom postojećih dijelova sustava. Zamjenu je moguće izvršiti kao zamjenu hardverskog dijela i zamjenu softverskog dijela. Dolaskom novih tehnologija mijenjaju se uređaji na stupovima i uređaji na semaforu. Dio sustava koji se nalazi u ostalim vozilima u prometu moguće je ažurirati kada se uređaj spoji na vanjsku mrežu. Ažuriranjem softvera omogućuje se postojećem uređaju primanje i razumijevanje podataka od strane novo implementiranih uređaja u sustavu.

Proširivanje funkcionalnosti postiže se dodavanjem senzora i zamjenom, odnosno nadogradnjom, postojećih uređaja novim koji pružaju više mogućnosti. Moguće je izvršiti zamjenu cijelog uređaja ili nadograditi neki njegov dio.

Jedna od mogućnosti proširivanja sustava je integracija s cloudom, gdje se cloud koristi kao termin za pohranu i obradu podataka na nekoj udaljenoj lokaciji. Navedeno je izvedivo implementacijom GSM modula u postojeći uređaj ili zamjena postojećeg uređaja za model koji sadrži GSM modul. Zbog međusobne povezanosti uređaja, dovoljno je nadograditi jedan uređaj na dionici prometnice na kojoj se vrši optimizacija. Sav prijenos podataka prema cloudu odvijao bi se preko tog jednog uređaja. Povezivanje odvojenih sustava u jedan veliki sustav preko centralnog sjedišta omogućilo bi bolju optimizaciju prometa i nesmetan prolaz vozila s prednošću prolaska od točne polazišta do odredišne točke.

Druge mogućnosti proširivanja sustava svode se na implementaciju novih senzora u postojeći sustav. Primjer takvih senzora je senzor koji detektira kvar na vozilu. Sustav bi bio u stanju prepoznati kvar i o tome obavijestiti vozača. Na taj bi se način, korištenjem informacijsko-komunikacijskih tehnologija, smanjio broj prometnih nezgoda uzrokovanih sudjelovanjem neispravnog vozila u prometu.

## 6 ZAKLJUČAK

Tijekom odvijanja prometa u svakodnevnom okruženju, dolazi do zagušenja. To zagušenje doprinosi kašnjenju vozila sa pravom prednosti prolaska. Iz rada je vidljivo da postoje razna rješenja za kontrolu prometnog toka. Upravljanje prometom dovodi do veće propusnosti, sigurnosti i smanjenog vremena dolaska. Također, vidljivo je da glavni grad Republike Hrvatske nema uveden sličan sustav sustav.

Ovim radom predložen je koncept sustava koji rješava problem zagušenja na dionicama prometnica koje su dizajnirane i izgrađene u vrijeme kada prometni tok nije bio na današnjoj razini. Sustav se bazira na primjeni informacijsko-komunikacijske tehnologije u cilju upravljanja prometom.

Dolaskom vozila sa pravom prednosti prolaska na dionicu prometnice gdje je potrebna optimizacija, sustav se prilagođava trenutnoj situaciji u prometu i olakšava prolaz vozilu. U trenutku kada vozila sa pravom prednosti prolaska nema u blizini, sustav služi za informiranje ostalih vozila o trenutnom stanju u prometu, ali i daje ostaje informacije potrebne za pravilno funkcioniranje prometne mreže.

Predloženi koncept sustava razvijen je kao univerzalan sustav i moguće ga je primijeniti na više vrsta prometnica uz male ili nikakve izmjene. Također, sustav je izveden modularno čime je osigurana jednostavna nadogradnja sustava i održavanje sustava u trenutku potrebe.



## POPIS LITERATURE

- [1] R. Margaret , »Wireless,« travanj 2006. [Mrežno]. Available: <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/wireless>. [Pokušaj pristupa 9 svibanj 2016].
- [2] M. Rouse, 2015. [Mrežno]. Available: <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/IT>. [Pokušaj pristupa 9 svibanj 2016].
- [3] 2012. [Mrežno]. Available: <http://proleksis.lzmk.hr/48523/>. [Pokušaj pristupa 9 svibanj 2015].
- [4] [Mrežno]. Available: <https://www.techopedia.com/definition/24152/information-and-communications-technology-ict>. [Pokušaj pristupa 9 svibanj 2016].
- [5] M. Rouse, 2007. [Mrežno]. Available: <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/infrared-transmission>. [Pokušaj pristupa 11 svibanj 2016].
- [6] [Mrežno]. Available: <http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2005/mijic/slike/infracrveni3.jpg>. [Pokušaj pristupa 29 Kolovoz 2016].
- [7] M. Rouse, 2007. [Mrežno]. Available: <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/IrDA>. [Pokušaj pristupa 11 svibanj 2016].
- [8] [Mrežno]. Available: <http://www.ni.com/cms/images/devzone/tut/mnjepkpa40549.jpg>. [Pokušaj pristupa 24 Kolovoz 2016].
- [9] 2016. [Mrežno]. Available: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/bluetooth>. [Pokušaj pristupa 11 svibanj 2016].

- [10] aakai1056 i ChristinaCCM, 2016. [Mrežno]. Available: <http://ccm.net/faq/298-what-is-wifi-and-how-does-it-work>. [Pokušaj pristupa 11 svibanj 2016].
- [11] [Mrežno]. Available: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/80211-channels-number-frequencies-bandwidth.php>. [Pokušaj pristupa 29 Kolovoz 2016].
- [12] V. Beal. [Mrežno]. Available: [http://www.webopedia.com/TERM/W/Wi\\_Fi.html](http://www.webopedia.com/TERM/W/Wi_Fi.html). [Pokušaj pristupa 11 svibanj 2016].
- [13] [Mrežno]. Available: <http://www.physics.org/article-questions.asp?id=55>. [Pokušaj pristupa 20 Kolovoz 2016].
- [14] [Mrežno]. Available: [http://cdn.nuvation.com/wp-content/uploads/2013/11/GPS\\_satellite\\_constellation-300x300.jpg](http://cdn.nuvation.com/wp-content/uploads/2013/11/GPS_satellite_constellation-300x300.jpg). [Pokušaj pristupa 24 Kolovoz 2016].
- [15] [Mrežno]. Available: <http://www8.garmin.com/aboutGPS/>. [Pokušaj pristupa 20 svibanj 2016].
- [16] [Mrežno]. Available: <http://www.abr.com/what-is-rfid-how-does-rfid-work/>. [Pokušaj pristupa 6 lipanj 2016].
- [17] M. Rouse, 2007. [Mrežno]. Available: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/RFID-radio-frequency-identification>. [Pokušaj pristupa 6 Kolovoz 2016].
- [18] [Mrežno]. Available: <http://materijali.grf.unizg.hr/media/RFID%20tehnologija.pdf>. [Pokušaj pristupa 24 Kolovoz 2016].
- [19] M. Roberti, 2005. [Mrežno]. Available: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>. [Pokušaj pristupa 17 Kolovoz 2016].
- [20] F. Cameron, 2015. [Mrežno]. Available: <http://www.techradar.com/news/phone-and-communications/what-is-nfc-and-why-is-it-in-your-phone-948410>. [Pokušaj pristupa 20 svibanj 2016].

- [21] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: <http://blog.ebv.com/wp-content/uploads/2014/12/NFC-Temperature-Patch-Reference-Design--320x320.png>.
- [22] [Mrežno]. Available: <http://www.nearfieldcommunication.org/about-nfc.html>. [Pokušaj pristupa 20 svibanj 2016].
- [23] [Mrežno]. Available: <http://www.mobilnionline.com/m-Vesti/vesti/nfc-nova-tehnologija-nacin-placanja.html>. [Pokušaj pristupa 20 svibanj 2016].
- [24] M. Rouse i P. DeBeasi. [Mrežno]. Available: <http://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/real-time-location-system-RTLS>. [Pokušaj pristupa 21 svibanj 2016].
- [25] 2009. [Mrežno]. Available: [http://www.clarinox.com/docs/whitepapers/RealTime\\_main.pdf](http://www.clarinox.com/docs/whitepapers/RealTime_main.pdf). [Pokušaj pristupa 21 svibanj 2016].
- [26] C. J. L. Franklin. [Mrežno]. Available: <http://electronics.howstuffworks.com/bluetooth2.htm>. [Pokušaj pristupa 23 svibanj 2016].
- [27] I. Poole, »Bluetooth radio interface, modulation, & channelsl,« [Mrežno]. Available: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/bluetooth/radio-interface-modulation.php>. [Pokušaj pristupa 29 kolovoz 2016].
- [28] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: <http://floranext.terraforma.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2015/06/beacon-flower-shop.png>.
- [29] [Mrežno]. Available: <http://www.blueupbeacons.com/>. [Pokušaj pristupa 23 svibanj 2016].
- [30] [Mrežno]. Available: <http://developer.iotdesignshop.com/tutorials/corebluetooth-and-the-beaconmanager-app/>. [Pokušaj pristupa 23 svibanj 2016].
- [31] [Mrežno]. Available: <http://www.ibeacon.com/what-is-ibeacon-a-guide-to-beacons/>. [Pokušaj pristupa 23 svibanj 2016].

- [32] [Mrežno]. Available: <https://docs.oracle.com/javase/tutorial/networking/urls/definition.html>. [Pokušaj pristupa 23 svibanj 2016].
- [33] [Mrežno]. Available: <http://developer.estimote.com/eddystone/>. [Pokušaj pristupa 23 svibanj 2016].
- [34] P. Sorrells, »Passive RFID Basics,« [Mrežno]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00680b.pdf>. [Pokušaj pristupa 29 Kolovoz 2016].
- [35] [Mrežno]. Available: <http://materijali.grf.unizg.hr/media/RFID%20tehnologija.pdf>. [Pokušaj pristupa 7 Kolovoz 2016].
- [36] I. Poole, »NFC Modulation & RF Signal,« [Mrežno]. Available: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/nfc/near-field-communications-modulation-rf-signal-interface.php>. [Pokušaj pristupa 29 Kolovoz 2016].
- [37] M. Egan, 2015. [Mrežno]. Available: <http://www.pcadvisor.co.uk/how-to/mobile-phone/what-is-nfc-how-nfc-works-what-it-does-3472879/>. [Pokušaj pristupa 16 lipanj 2016].
- [38] [Mrežno]. Available: <http://nfcpy.readthedocs.io/en/latest/topics/ndef.html>. [Pokušaj pristupa 16 lipanj 2016].
- [39] [Mrežno]. Available: [http://kimtag.com/s/nfc\\_tags](http://kimtag.com/s/nfc_tags). [Pokušaj pristupa 16 lipanj 2016].
- [40] D. B. Ivan Bošnjak, u
- [41] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: <http://www.aldridgetrafficcontrollers.com.au/Images/UserUploadedImages/229/TMISSCATSAccessDisplayFull.png>.
- [42] [Mrežno]. Available: <http://www.tyco-its.com/products-and-services/urban-traffic-control/scats>. [Pokušaj pristupa 23 Lipanj 2016].

- [43] 2014. [Mrežno]. Available: <https://www.mainroads.wa.gov.au/OurRoads/Facts/ITS/Pages/SCATS.aspx>. [Pokušaj pristupa 23 Lipanj 2016].
- [44] [Mrežno]. Available: <http://www.nedapidentification.com/about-us/>. [Pokušaj pristupa 26 Lipanj 2016].
- [45] [Mrežno]. Available: <http://www.nedapidentification.com/solutions/vehicle-identification/>. [Pokušaj pristupa 26 Lipanj 2016].
- [46] C. Swedberg. [Mrežno]. Available: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?13855/2>. [Pokušaj pristupa 30 Lipanj 2016].
- [47] [Mrežno]. Available: <http://www.epc-rfid.info/>. [Pokušaj pristupa 26 Lipanj 2016].
- [48] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: <https://www.smartrac-group.com/dogbone.html>.
- [49] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: <https://www.smartrac-group.com/advancement-through-technology-audi-cars-carrying-smartrac-tags.html>.
- [50] C. Swedberg. [Mrežno]. Available: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?12496/>. [Pokušaj pristupa 26 Lipanj 2016].
- [51] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: [http://www.chaindrugreview.com/\\_assets/image/ShelfX%20Smart%20Shelf\\_WEB.jpg](http://www.chaindrugreview.com/_assets/image/ShelfX%20Smart%20Shelf_WEB.jpg).
- [52] S. Syrjälä, 2012. [Mrežno]. Available: <http://www.rfidarena.com/2012/9/13/%E2%80%9Csmart-shelves%E2%80%9D-the-store-shelf-of-the-future.aspx>. [Pokušaj pristupa 3 Srpanj 2016].

- [53] Libelium, 2011. [Mrežno]. Available: [http://www.libelium.com/vehicle\\_traffic\\_monitoring\\_bluetooth\\_sensors\\_over\\_zigbee/#!/prettyPhoto](http://www.libelium.com/vehicle_traffic_monitoring_bluetooth_sensors_over_zigbee/#!/prettyPhoto). [Pokušaj pristupa 29 Lipanj 2016].
- [54] »Waspote - Wireless Sensor Networks Open Source Platform,« [Mrežno]. Available: <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/waspote/>. [Pokušaj pristupa 29 Kolovoz 2016].
- [55] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: <http://zonith.com/wp-content/uploads/ZONITH-Bluetooth-Position-Beacon-Datasheet.pdf>.
- [56] [Mrežno]. Available: <http://zonith.com/products/acs/>. [Pokušaj pristupa 5 Srpanj 2016].
- [57] [Mrežno]. Available: <http://zonith.com/products/ips/>. [Pokušaj pristupa 5 Srpanj 2016].
- [58] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: [http://r2.aviationpros.com/files/base/image/CAVC/2012/08/16x9/1280x720/100719-2-luggage-rfid-tags-9\\_10762085.jpg](http://r2.aviationpros.com/files/base/image/CAVC/2012/08/16x9/1280x720/100719-2-luggage-rfid-tags-9_10762085.jpg).
- [59] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: [https://issuu.com/kvaliteta.net/docs/13shdmk\\_baresic\\_nove-tehnologije-u-optimizaciji-pu](https://issuu.com/kvaliteta.net/docs/13shdmk_baresic_nove-tehnologije-u-optimizaciji-pu).
- [60] S. Barešić, 2012. [Mrežno]. Available: [https://issuu.com/kvaliteta.net/docs/13shdmk\\_baresic\\_nove-tehnologije-u-optimizaciji-pu](https://issuu.com/kvaliteta.net/docs/13shdmk_baresic_nove-tehnologije-u-optimizaciji-pu). [Pokušaj pristupa 5 Srpanj 2016].
- [61] 2008. [Mrežno]. Available: <http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/339713.html>. [Pokušaj pristupa 8 Srpanj 2016].
- [62] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: <https://www.stemark.hr/wp-content/uploads/2015/04/traffic-lights-countdown-timer-installed-on-the-existing-traffic-lights.jpg>.

- [63] S. Corrigan, 2008. [Mrežno]. Available: <http://www.ti.com/lit/an/sloa101a/sloa101a.pdf>. [Pokušaj pristupa 14 Srpanj 2016].
- [64] [Mrežno]. Available: <http://www.uml-diagrams.org/>. [Pokušaj pristupa 27 Srpanj 2016].
- [65] [Mrežno]. Available: <http://www.technovelgy.com/ct/technology-article.asp>. [Pokušaj pristupa 20 svibanj 2016].
- [66] [Mrežno]. Available: <http://www.tagnology.com/hr/rfid/sto-je-rfid.html>. [Pokušaj pristupa 20 svibanj 2016].
- [67] C. Faulkner, 2015. [Mrežno]. Available: <http://www.techradar.com/news/phone-and-communications/what-is-nfc-and-why-is-it-in-your-phone-948410>. [Pokušaj pristupa 16 lipanj 2016].
- [68] V. Beal. [Mrežno]. Available: <http://www.webopedia.com/TERM/U/URL.html>. [Pokušaj pristupa 16 lipanj 2016].
- [69] M. Sax, 2013. [Mrežno]. Available: <https://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/road-solutions/urban/infrastructure/traffic-regulation-and-safety-technology-in-tunnels.pdf>. [Pokušaj pristupa 20 Lipanj 2016].
- [70] A. SCHWARTZ, 2011. [Mrežno]. Available: <http://www.fastcompany.com/1768031/midtown-motion-could-eliminate-nyc-traffic-jams>. [Pokušaj pristupa 22 Lipanj 2016].
- [71] M. Rouse. [Mrežno]. Available: <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/location-based-service-LBS>. [Pokušaj pristupa 29 Lipanj 2016].
- [72] F. D. Ralph Robinson, 2013. [Mrežno]. Available: <http://www.umtri.umich.edu/our-results/publications/multipath-spat-broadcast-project>. [Pokušaj pristupa 29 Lipanj 2016].

[73] [Mrežno]. Available: [http://www.ocrttech.com/dgr\\_recognition.html](http://www.ocrttech.com/dgr_recognition.html). [Pokušaj pristupa 19 Srpanj 2016].

[74] 24 Kolovoz 2016. [Mrežno]. Available: <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/97024/102940.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

[75] 2016. [Mrežno]. Available: <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/97024/102940.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Pokušaj pristupa 29 Lipanj 2016].



## POPIS AKRONIMA I KRATICA

akronim ili kratica	prijevod ili opis
RFID	Radio frequency identification
NFC	Near Field Communication
PDA	Personal Digital Assistant
IrDA	Infrared Data Association
WiFi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
GPS	Global Positioning System
SAD	Sjedinjene Američke države
AIDC	Automatic Identification and Data Capture
IFF	Identify Friend or Foe
RTLS	Real-time Location System
WPA	WiFi Protected Access
ISM	international agreement for the use of industrial, scientific and medical devices
GFSK	Gaussian frequency shift keying
BLE	Bluetooth Low Energy
URL	Uniform Resource Locator
TLM	podatak o zdravlju odašiljača
EID	podatak dizajniran za sigurnost
FSK	Frequency Shift Keying
PSK	Phase Shift Keying
EAS	Electronic Article Surveillance
WORM	Write once, read only
ASK	Amplitude Shift Keying
NDEF	NFC Data Exchange Format
SCATS	Sydney Co-ordinated Adaptive Traffic System
NEDAP	kompanija koja se specijalizirala za izdavanje tehnoloških rješenja za identifikaciju prometnih entiteta na daljinu i kontrolu prolaza u gradovima
DP	Deutsche Post
EPC	Electronic Product Code
VIN	Vehicle identification number
ZigBee	Tehnologija za prijenos podataka
IoT	Internet of things
AFH	Adaptive Frequency Hopping
IPS	Indoor positioning system
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
ID	Identification Key
CLW	Centralised Lone Worker

CUSS	Common Use Self Service
ZSPC	Zakon o sigurnosti prometa na cestama
BMS	Battery management system
CAN	Controller Area Network
UML	Unified Modeling Language

## POPIS STRANIH IZRAZA

strani izraz	prijevod ili opis
Cloud computing	Računarstvo u oblaku
Infrared Data Association	Udruga za standardizaciju infracrvenog prijenosa
Beacon	Odašiljač
Wireless Fidelity	Akronim: WiFi
WiFi Alliance	WiFi organizacija/udruga
Wireless Local Area Network	Bežična lokalna mreža
Institute of Electrical and Electronics Engineers	međunarodna neprofitna profesionalna organizacija za uznapredovanje tehnologije vezane sa elektricitetom
Personal Digital Assistant	Osobni digitalni asistent
Global Positioning System	Globalni sustav za pozicioniranje
Radio frequency identification	Identifikacija bazirana na radijskim frekvencijama
Automatic Identification and Data Capture	Automatska identifikacija i prikupljanje podataka
Identify Friend or Foe	Identificiranje prijatelja i neprijatelja
Near Field Communication	Komunikacija na blizinu
Real-time Location System	Sustav za lociranje u stvarnom vremenu
WiFi Protected Access	algoritam za sigurnu komunikaciju putem IEEE 802.11 bežičnih mreža
international agreement for the use of industrial, scientific and medical devices	Međunarodni dogovor za uporabu industrijskih, znanstvenih i medicinskih aparata/uređaja
Spread- spectrum frequency hopping	Skokovi po dijelu frekvencije
Gaussian frequency shift keying	Gaussova digitalna frekvencijska modulacija
Bluetooth Low Energy	Bluetooth tehnologija s niskom potrošnjom energije
Namespace	Naziv
Instance	Primjer
Uniform Resource Locator	Adresa podataka na internetu
Hijacking/Piggybacking	kada neka aplikacija koristi tuđu infrastrukturu za prezentiranje sadržaja korisnicima
Spoofing	kada aplikacija napravi kopiju uređaja spojenog na infrastrukturu i spremi ju na drugu lokaciju
Backscatter	Povratni radarski signal
Frequency Shift Keying	Frekvencijska modulacija
Phase Shift Keying	Fazna modulacija
Electronic Article Surveillance	Elektronički nadzor artikla
Read only	Samo čitanje
Write once, read only	Jednom zapisana informacija se može samo čitati
Read/write	Čitanje/pisanje

Amplitude Shift Keying	Modulacija amplitude
peer-to-peer	Razmjena informacija između uređaja
Sydney Co-ordinated Adaptive Traffic System	Sustav za povećanje propusnosti vozila kroz prometnu mrežu, smanjenje kašnjenja i redukciju broja zaustavljanja vozila
Nedap Identification Systems	kompanija koja se specijalizirala za izdavanje tehnoloških rješenja za identifikaciju prometnih entiteta na daljinu i kontrolu prolaza u gradovima.
Barrier free	Nepostojanje zapreke
Deutsche Post	Njemačka pošta
Electronic Product Code	Elektronički kod za pošiljke
Vehicle identification number	Broj za identifikaciju vozila
End-to-end	Od kraja do kraja
Smart shelf	Pametna polica
Adaptive Frequency Hopping	Prilagodba frekvencije radi smanjenja interferencije
Zonith Indoor Positioning System	Sustav za praćenje u zatvorenim prostorima
Digital Enhanced Cordless Telecommunications	Digitalno unaprijeđena bežična komunikacija
Always discoverable	Uvijek prepoznatljiv
Identification Key	Identifikacijski ključ
Alarm Control	Kontrola alarma
Centralised Lone Worker	aplikacija koja osigurava sigurnost zaposlenika
Common Use Self Service	Samo uslužni kiosci za registraciju putnika i prtljage
Hardware	Računalno sklopovlje
Monitoring System	Sustav za nadzor
Battery management system	Sustav za upravljanje baterijama
Controller Area Network	Priključak unutar vozila
Unified Modeling Language	standardni jezik za modeliranje sustava sa grafičkim notacijama

# POPIS ILUSTRACIJA

## Popis slika

Slika 2.1. Prikaz prijenosa između dva uređaja .....	3
Slika 2.2. Bluetooth uređaji .....	4
Slika 2.3. Određivanje lokacije objekta .....	6
Slika 2.4. Prikaz satelita GPS sustava .....	6
Slika 2.5. Prikaz RFID transpondera .....	7
Slika 2.6. Prikaz NFC transpondera .....	8
Slika 3.1. <i>Bluetooth</i> odašiljač .....	11
Slika 3.2. Prikaz redoslijeda zapisa informacija na <i>Bluetooth</i> odašiljač .....	11
Slika 4.2. Sučelje SCATS sustava .....	18
Slika 4.3. Impinj Monza 4QT umetak .....	21
Slika 4.4. RFID čitač na izlazu iz skladišta .....	22
Slika 4.7. Prikaz komunikacije unutar sustava .....	25
Slika 4.8. Pametna polica sa zaslonom za informiranje korisnika .....	23
Slika 4.9. Bluetooth odašiljač .....	26
Slika 4.10. RFID identifikacijski prtljažni privjesak .....	28
Slika 4.11. Kretanje prtljage kroz sustav čitača .....	29
Slika 5.1. Prikaz Aleje Bologne .....	31
Slika 5.2. Prvi mogući način dolaska do odredišta .....	31
Slika 5.3. Drugi mogući način dolaska do odredišta .....	32
Slika 5.4. Treći mogući način dolaska do odredišta .....	32
Slika 5.5. Prikaz semafora sa odbrojanjem vremena .....	34
Slika 5.6. Sekvencijalni dijagram .....	38
Slika 5.7. Dijagram aktivnosti .....	40
Slika 5.8. Prikaz opreme na dionici .....	42

## Popis tablica

Tablica 2.1. Prikaz WiFi standarda s odgovarajućim frekvencijama .....	5
--	---

## METAPODACI

**Naslov rada:** Analiza sustava identifikacije i informiranja prometnih entiteta u prometnoj mreži

**Student:** Krešimir Bratić

**Mentor:** doc. dr. sc. Marko Periša

**Naslov na drugom jeziku (engleski):** Analysis of Identification and Informing Systems of Traffic Entities in Traffic Network

**Povjerenstvo za obranu:**

- izv. prof. dr. sc. Dragan Peraković, predsjednik
- doc. dr. sc. Marko Periša, mentor
- doc. dr. sc. Ivan Grgurević, član
- izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj, zamjena

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

**Zavod:** Zavod za informacijsko komunikacijski promet

**Vrsta studija:** Preddiplomski

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

**Datum obrane završnog rada:** 13.09.2016.

**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 sustava identifikacije i informiranja prometnih entiteta**  
u prometnoj mreži

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

U Zagrebu, 5.9.2016.

Student/ica:

(potpis)