

# Primjena informacijskih usluga temeljenih na lokaciji u sustavu javnih bicikala

---

**Poustecky, Saša**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*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:119:878029>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-18**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Saša Poustecky**

**PRIMJENA INFORMACIJSKIH USLUGA TEMELJENIH**  
**NA LOKACIJI U SUSTAVU JAVNIH BICIKALA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2015.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**DIPLOMSKI RAD**

**PRIMJENA INFORMACIJSKIH USLUGA TEMELJENIH  
NA LOKACIJI U SUSTAVU JAVNIH BICIKALA**

*Application of Location Based Information Services  
in the Public Bicycle System*

Mentor: izv. prof. dr. sc. Dragan Peraković  
Student: Saša Poustecky, 0135221261

Zagreb, 2015.

## PRIMJENA INFORMACIJSKIH USLUGA TEMELJENIH LOKACIJI U SUSTAVU JAVNIH BICIKALA

### SAŽETAK

Sustav javnih bicikala kao jedan od oblika javnog gradskog prijevoza donosi mnogo prednosti većim gradovima. Iako se taj ekonomski i ekološki prihvatljiv koncept već duže pokušava uvesti u gradove, tek je uvođenjem novih tehnologija uspio postati značajan oblik prometnog povezivanja mnogih svjetskih gradova. Problem dostupnosti i raspodjele bicikala kod modela baziranih na konvencionalnim postajama može se riješiti uvođenjem informacijskih usluga temeljenih na lokaciji koje omogućavaju modeliranje sustava bez biciklističkih postaja. Praćenjem lokacije i kretanja pojedinog bicikla ostvaruje se veća dostupnost usluge javnog biciklističkog sustava. Uvođenjem ovakvih oblika informacijsko komunikacijskih usluga u sustave javnih bicikala mogu se smanjiti troškovi uvođenja i održavanja sustava, te omogućiti cijeli niz indirektnih usluga koje za sve sudionike stvaraju dodatnu vrijednost.

**KLJUČNE RIJEČI:** sustav javnih bicikala; usluge temeljene na lokaciji; informacijsko komunikacijske usluge

## APPLICATION OF LOCATION BASED INFORMATION SERVICES IN THE PUBLIC BICYCLE SYSTEM

### SUMMARY

The public bicycle system as a form of public transportation brings many advantages for larger cities. Although economically and environmentally acceptable, this concept became relevant mode of transportation only after introduction of new technologies. The problem of the availability and distribution of bicycles in models based on conventional stations can be resolved through the introduction of location based services and by modeling the systems without a bicycle station. By tracking the location and movement of each bicycle it is possible to achieve greater availability of public bicycle system service. The introduction of such forms of information and communication services in public bicycle systems can reduce implementation and maintenance costs, and provide a variety of additional services, thus creating added value for all participants.

**KEYWORDS:** public bicycle sharing system; location-based services; information and communication services

## SADRŽAJ:

<b>1. Uvod</b> .....	1
<b>2. Sustavi lociranja mobilnih terminalnih uređaja</b> .....	3
2.1. Sustavi lociranja temeljeni na mreži ( <i>network-based</i> ).....	3
2.1.1. Princip lateracije .....	3
2.1.2. Metoda identificiranja ćelije .....	4
2.1.3. Razlika u vremenu dolaska signala.....	5
2.1.4. Kut dolaska signala .....	5
2.2. Sustavi temeljeni na mobilnom uređaju ( <i>handset-based</i> ).....	6
2.2.1. Sustavi za globalno pozicioniranje .....	6
2.2.2. Suradujući sustav mobilnih i GPS mreža.....	12
2.2.3. Metoda naprednog uočavanja vremenske razlike .....	12
<b>3. Usluge temeljene na lokaciji</b> .....	14
3.1. Segmentacija korisnika.....	16
3.2. Predviđanje kretanja korisnika u uslugama temeljenim na lokaciji .....	17
3.2.1. Predviđanje kretanja na osnovu trenutnih parametara kretanja .....	18
3.2.2. Predviđanje kretanja na osnovu prethodnog kretanja .....	19
3.2.2.1. Vjerojatnosni modeli .....	19
3.2.2.2. Umjetne neuronske mreže .....	20
3.3. Zahtjevi točnosti u okruženju lokacijski baziranih usluga .....	23
3.3.1. Nadzor uvjeta vožnje .....	25
3.3.2. Otkrivanje opasnosti na cesti .....	25
3.3.3. Mapa puta.....	25
<b>4. Prikaz sustava javnih bicikala</b> .....	26
4.1. Trenutno stanje u svijetu i Europi.....	27
4.2. Institucionalni dizajn biciklističkih sustava.....	31
4.2.1. Operatori .....	31
4.2.2. Ugovaranje.....	31
4.2.3. Troškovi i financiranje .....	32
4.3. Rad sustava javnih bicikala .....	34
<b>5. Primjena informacijskih usluga temeljenih na lokaciji u sustavu javnih bicikala</b> ...	39
5.1. Napredne informacijsko komunikacijske tehnologije i usluge.....	40
5.2. Određivanje pozicije bicikla .....	42
5.3. Kompozicija sustava.....	44
5.4. Arhitektura sustava i mogućnosti uporabe .....	46

5.5. Primjer nadogradnje informacijske usluge sustava javnih bicikala.....	50
<b>6. Zaključak .....</b>	<b>52</b>
Literatura .....	53
Popis kratica i akronima.....	56
Popis slika .....	57
Popis tablica .....	58
Popis grafikona.....	58

## 1. Uvod

Prometna infrastruktura u velikim gradovima oduvijek je prvenstveno bila podređena automobilskom prometu, no trend rasta prijevoznih troškova počinje prisiljavati sve veći broj stanovnika grada da zamijene svakodnevna putovanja privatnim automobilima nekim oblicima javnog prijevoza. Sustav javnih bicikala smanjuje prometne gužve i ublažava probleme koje stvara manjak parkirnih mjesta, smanjuje onečišćenje zraka i nadopunjava javni prijevoz.

Kako se korištenje takvog sustava povećava korisnici se suočavaju s nemogućnošću povrata bicikla, jer je stanica u kojoj žele vratiti bicikl već puna, a isto tako dolazi i do povremenog nedostatka bicikala u pojedinim postajama. Taj problem se pokušava rješavati preseljenjem bicikala na različite lokacije u gradu pomoću teretnih vozila što zahtjeva dodatne troškove u poslovanju, a jedino se uz racionalni pristup upravljanjem sustava mogu riješiti poteškoće vezane uz dostupnost bicikala i mogućnost povrata.

Usluge temeljene na lokaciji korisnika koriste mogućnost lociranja mobilnog terminalnog uređaja, te se u današnje vrijeme sve više koriste kod planiranja povećanja kvalitete usluge, a značajno i radi smanjenja troškova poslovanja. Praćenjem položaja mobilnih terminalnih uređaja moguće je predvidjeti kretanje korisnika, te na taj način kroz segmentaciju korisnika povećati kvalitetu postojećih usluga, te omogućiti nove i naprednije sadržaje.

Ovim radom prikazat će se prednosti tehnologije lociranja korisnika koju može pružiti operator informacijsko komunikacijske usluge, te mogućnosti korištenja tako dobivenih informacija u sustavu javnih bicikala, što korisniku usluge može pružiti dodatne pogodnosti, kao i ukupnu vrijednost za sve sudionike ovog lanca vrijednosti.

Ciljevi ovog rada usmjereni su na mogućnosti proširivanja primjene lokacijski temeljenih usluga, te prednosti koje one pružaju korisnicima i telekomunikacijskom operatoru. Isto tako analizom utjecaja lokacijski temeljenih usluga na prometni proces javnog biciklističkog sustava, identificirati i segmentirati korisničke zahtjeve, te kroz poboljšanje upravljanja sustavom javnih bicikala korisniku ponuditi nove usluge i sadržaje. Ovaj rad pod naslovom "Primjena informacijskih usluga temeljenih na lokaciji u sustavu javnih bicikala" koncipiran je kroz 6 poglavlja:

1. Uvod
2. Sustavi lociranja mobilnih terminalnih uređaja
3. Usluge temeljene na lokaciji

4. Prikaz sustava javnih bicikala
5. Primjena informacijskih usluga temeljenih na lokaciji u sustavu javnih bicikala
6. Zaključak

U drugom poglavlju opisani su sustavi, tj. načini za određivanje lokacije korisnika, odnosno korisničkog mobilnog uređaja, a naglasak je dan na danas najčešće korištenom GPS sustavu, kao i na budućim globalnim GNSS satelitskim navigacijskim sustavima.

Treće poglavlje objašnjava pojam usluga temeljenih na lokaciji kao jedan oblik primjene određivanja položaja, načine predviđanja kretanja i segmentacije korisnika, te zahtjeve koji se odnose na točnost lokacijski temeljenih sustava.

Četvrtim poglavljem obuhvaćen je i prikazan sustav javnih bicikala, kao i trenutno stanje postojećih sustava u svijetu i Europi, dok je u petom poglavlju dan posebni osvrt na mogućnosti primjene informacijskih usluga temeljenih na lokaciji u sustavima javnih bicikala.

Svrha ovog rada je da se primjenom suvremene tehnologije projektira informacijsko komunikacijska usluga primjenjiva na prometni sustav, koja korisnicima prometnog sustava pruža pouzdane informacije i dodatne pogodnosti, a telekomunikacijskim operatorima dodatnu vrijednost kroz poboljšanje upravljanja prometnim sustavom.



## 2. Sustavi lociranja mobilnih terminalnih uređaja

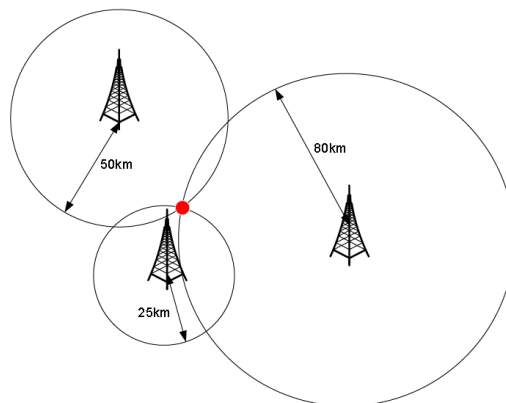
Prema mjestu na kome se određuje lokacija mobilne jedinice, sustave za lociranje možemo podijeliti na sustave s udaljenim određivanjem lokacije, tj. sustave temeljene na mreži (eng. *network-based*) i samolocirajuće sustave, tj. sustave oslonjene na mobilni uređaj (eng. *handset-based*). U slučajevima kada se pozicija samolocirajućeg prijemnika šalje na udaljenu lokaciju ili ako se kod sustava temeljenih na mreži pozicija prosljeđuje lociranom objektu radi se o sustavima s indirektnim određivanjem lokacije. S obzirom na ove podjele definirane su i metode koje se primjenjuju za lociranje mobilnog uređaja [1].

### 2.1. Sustavi lociranja temeljeni na mreži (*network-based*)

Kod sustava s udaljenim određivanjem lokacije prijemnici raspoređeni u prostoru mjere signal koji dolazi iz izvora kome se želi odrediti položaj. Izmjerene vrijednosti se šalju u centralnu jedinicu sustava, gdje se pomoću njih izračunava lokacija ciljnog objekta. Ključna razlika u odnosu na samolocirajuće sustave je u tome što je cjelokupna mreža koja sudjeluje u određivanju lokacije "svjesna" pozicije mobilnog predaja.

#### 2.1.1. Princip lateracije

Ovaj je princip zasnovan na korištenju fizikalnog svojstva elektromagnetskih valova. Valovi koji se kreću kroz određeni medij imaju konačnu brzinu te im je za prolazak potreban jako malen, ali ipak izmjerljiv odsječak vremena. To vrijeme proporcionalno je s duljinom prevaljenog puta te se, uz poznavanje brzine širenja valova, iz izmjerenog vremena prolaska može izračunati duljina prijeđenog puta [1].

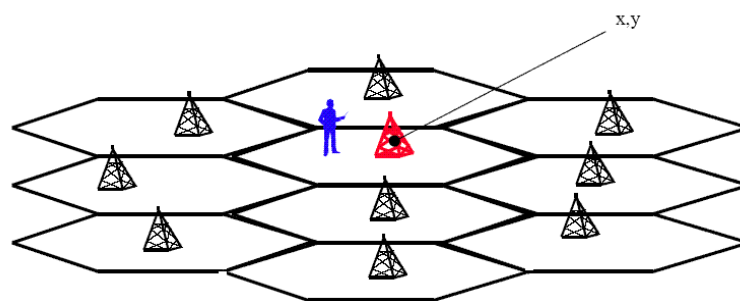


Slika 2.1. Pozicioniranje mobilnog uređaja korištenjem lateracije [4]

Nepoznata lokacija mobilne stanice nalazi se u presjeku tri kružnice koje su definirane skupom točaka za koje su rastojanja od tri fiksne točke konstantna, u konkretnom slučaju tri bazne stanice, što je vidljivo na slici 2.1. Iako mobilna stanica vrši mjerenje vremena prispjeća signala od obližnjih baznih stanica, ipak zahtjeva sinkronizaciju sa baznim stanicama koje učestvuju u postupku lateracije [2].

### 2.1.2. Metoda identificiranja ćelije

Mobilni uređaj koji se nalazi unutar jedne ćelije "svjestan" je njenog identifikacijskog broja (eng. *cell ID*). Pomoću tog broja iz mrežne infrastrukture može dobiti informaciju o geografskim koordinatama centroida (središnje točke) ćelije (slika 2.2.). Te koordinate u ovoj se metodi koriste kao koordinate mobilnog uređaja [1].



Slika 2.2. Cell ID lociranje [3]

Točnost određivanja lokacije na ovakav način ograničena je veličinom same ćelije u kojoj se korisnik nalazi. Metoda je većinom iskoristiva za pružanje jednostavnih usluga koje se često traže, jeftine su i ne zahtijevaju veliku točnost, poput upita o lokaciji najbližeg kina, ljekarne i slično [3]. S obzirom da točnost metode ovisi o veličini pojedine ćelije, tipične preciznosti metode identificiranja ćelije prikazane su tablicom 2.1.

Tablica 2.1. Preciznost metode identificiranja ćelije [1]

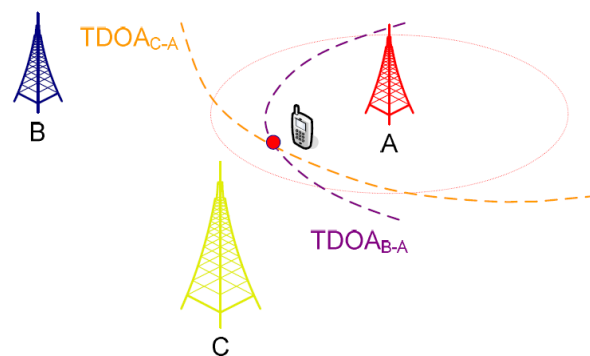
Područje	Preciznost (m)
Urbano	100 – 400
Suburbano	400 – 2000
Ruralno	1000 – 20000

### 2.1.3. Razlika u vremenu dolaska signala

Mjerenja vremena dolaska signala je također metoda iz grupe *network-based* jer mjerenja obavljaju bazne stanice. No, mjerenje se može obavljati i u mobilnom uređaju, iako to u praksi nije slučaj (čime bi se ova metoda uvrstila u *handset-based* grupu) [3].

Ova se metoda temelji na mjerenju razlike između vremena dolaska signala poslanog iz mobilne stanice u primarnu baznu stanicu i vremena dolaska istog signala u neku od susjednih baznih stanica (eng. *Time Difference of Arrival* - TDOA).

Izmjerena vremenska razlika, zbog principa lateracije, proporcionalna je razlici udaljenosti između mobilne stanice i odgovarajućih baznih stanica. Zbog toga svaka izmjerena vremenska razlika u prostoru definira hiperbolu na kojoj se zasigurno nalazi traženi objekt. Sjecište dviju takvih hiperbola određuje položaj mobilnog uređaja (slika 2.3.) [1].



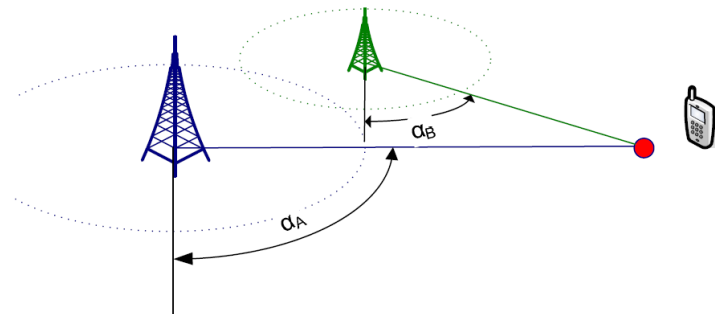
Slika 2.3. Pozicioniranje mobilnog uređaja mjerenjem razlike u vremenu dolaska signala [1]

Kod ove metode problem predstavlja sinkronizacija i kapacitet. Da su bazna stanica i mobilni uređaj potpuno sinkronizirani onda bi mjerenja vremena dolaska signala bila direktno povezana s lokacijom mobilnog uređaja. No, potrebna su bar 4 mjerenja u stvarnim uvjetima kako bi se odredila točna lokacija korisnika temeljem vremenske razlike u dva izvedena seta mjerenja. Ova metoda postiže točnost oko 300 metara [3].

### 2.1.4. Kut dolaska signala

Metoda se temelji na određivanju kutova dolaska signala (eng. *Angle of Arrival* – AOA) koji putuje od tražene mobilne stanice do barem dvije bazne stanice. Izmjereni kut, zajedno s poznatom pozicijom bazne stanice, jednoznačno određuje pravac na kome se nalazi odašiljač.

Dva takva pravca imaju točno jednu točku presjeka, koja određuje poziciju tražene mobilne stanice, što je vidljivo na slici 2.4. [1].



Slika 2.4. Pozicioniranje mobilnog uređaja mjerenjem kuta dolaska signala [1]

Ova metoda za točne rezultate zahtjeva liniju vidljivosti između mobilnog uređaja i baznih stanica. Potrebno je izvršiti mjerenja iz barem dvije bazne stanice, što predstavlja problem u urbanim područjima gdje rijetko postoji vidljivost između mobilnog uređaja i baznih stanica zbog mnoštva zgrada i sličnih prepreka. Točnost će dakle ovisiti o obliku terena koji okružuje korisnika, ali i o udaljenosti od baznih stanica. Preciznost u određivanju lokacije korisnika varira oko 300 metara [3].

## 2.2. Sustavi temeljeni na mobilnom uređaju (*handset-based*)

Kod samolocirajućih sustava prijemnik radi potrebna mjerenja na signalima dobivenim iz predajnika raspoređenih u prostoru i izmjerene vrijednosti koristi za određivanje svog položaja. Samolocirajući prijemnik je jedini u sustavu "svjestan" svoje pozicije i aplikacije koje se nalaze na istom mjestu mogu tu informaciju koristiti za donošenje određenih odluka (primjerice, za određivanje potrebnog smjera kretanja u navigaciji vozila). Najrašireniji ovakav sustav trenutno je satelitski sustav za pozicioniranje GPS (eng. *Global Positioning System*).

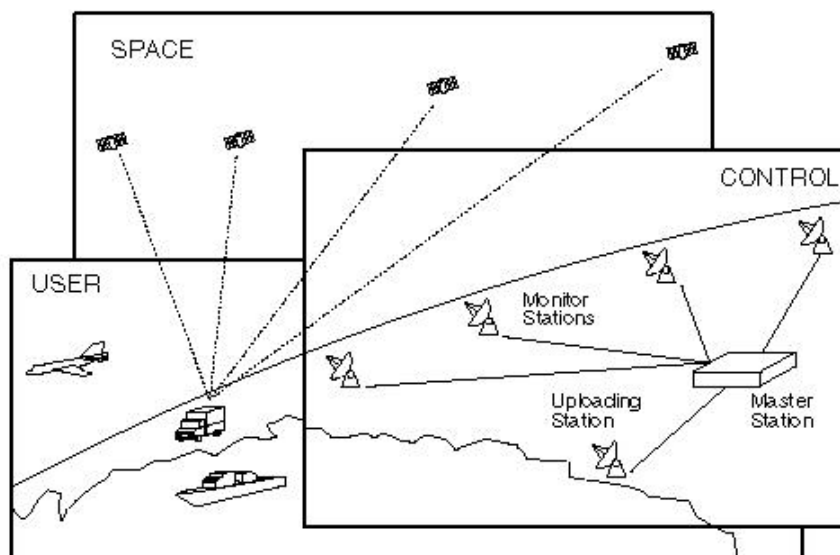
### 2.2.1. Sustavi za globalno pozicioniranje

Trenutno jedini potpuno funkcionalni sustav za globalno pozicioniranje je radionavigacijski sustav GPS (eng. *Global Positioning System*). GPS je sustav koji omogućava korisnicima na kopnu, moru i u zraku određivanje točnog položaja, brzine i vremena 24 sata dnevno, bez obzira na vremenske uvjete, bilo gdje na svijetu.

Sastoji se od satelita koje se nalaze u zemljinoj orbiti. Svaki od njih Zemlju obiđe dva puta u jednom danu i tijekom svog putovanja neprestano odašilje informaciju o svojoj elevaciji i točnoj poziciji. GPS prijemnik (mobilni uređaj) istovremeno prima signale s najmanje četiri satelita i mjeri vrijeme koje je prošlo dok su signali putovali od svakog od satelita do njega. Ovi podaci se, principom lateracije, transformiraju u geografske koordinate prijemnika [1].

Izračun pozicije temelji se na određivanju pseudoudaljenosti. Udaljenost između satelita i prijemnika može biti izračunata mjerenjem vremenskog kašnjenja između odaslanog satelitskog i prijemnikom primljenog signala. Vremensko kašnjenje multiplicira se brzinom svjetlosti da bi se odredila udaljenost satelit-prijemnik [3].

Sustav se sastoji od tri dijela: satelitskog (svemirskog; eng. *space*), nadzorno-upravljačkog (kontrolnog; eng. *control*) i korisničkog (engl. *user*) prikazanih slikom 2.5.



Slika 2.5. Segmenti globalnog sustava pozicioniranja [5]

**Satelitski** segment čine 24 satelita koji odašilju RF (engl. *radio frequency*) digitalnu poruku u kojoj su podaci o točnom vremenu i položaju satelita (engl. *ranging codes* i *navigation data message*).

**Nadzorno-upravljački** segment je mreža nadzornih stanica na zemlji koje kontinuirano prate putanju i odstupanja odaslanog vremena pojedinih satelita, te dobivene podatke prosljeđuju GPS satelitima, koji ih dalje emitiraju korisnicima.

**Korisnički** segment predstavljaju razni prijammnici koji temeljem podataka sa satelita određuju vrijeme i svoj položaj. Mjeri se vrijeme potrebno signalu za put satelit-prijamnik, odnosno uz pretpostavku širenja signala brzinom svjetlosti - udaljenost, a zatim se iz položaja pojedinih satelita računaju vlastiti položaj, brzina i vrijeme. Za mjerenje su potrebna barem 4 satelita (3 prostorne koordinate i vrijeme), a ukoliko je poznata jedna koordinata, npr. visina, dovoljna su 3 satelita [2].

Prihvatanje ovakvog sustava za npr. navigaciju u zrakoplovstvu, pomorstvu i povezanim aspektima ljudske aktivnosti ovisi o strogim sigurnosnim aspektima. Navigacijski sustav mora zadovoljiti više sigurnosnih zahtjeva.

**Točnost** (*accuracy*) predstavlja stupanj poklapanja između procijenjene ili izmjerene pozicije s pravom pozicijom u danom vremenu.

**Cjelovitost** (*integrity*) je mjera pouzdanosti utvrđene pozicije izražena kao vjerojatnost da sustav detektira i najavi stanje pri kojem je ukupna pogreška sustava veća od dopuštenih granica. Navigacijski bi sustav trebao omogućiti pravodobno upozorenje korisnicima kad se sustav ne bi smio rabiti za navigaciju.

**Raspoloživost** (*availability*) predstavlja postotak vremena u kojemu je sustav raspoloživ na području pokrivanja unutar zahtijevanih granica performansi, te su navigacijski signali dostupni za upotrebu.

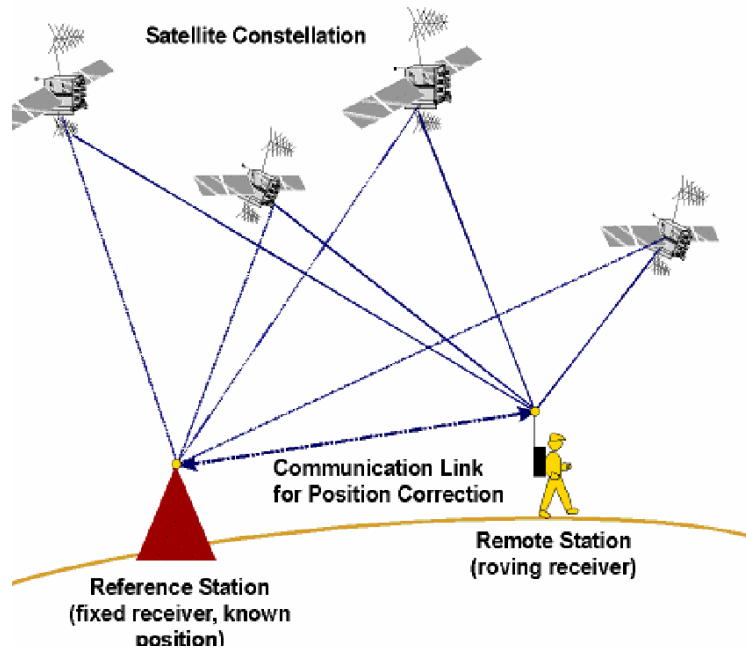
**Kontinuitet** (*continuity*) je mogućnost cjelokupnog sustava (uključujući sve elemente potrebne za održavanje pozicioniranja) da osigura funkcionalnost bez nenadanih prekida za vrijeme trajanja namjeravane operacije, npr. slijetanja zrakoplova ili uplovljavanja broda.

Gledajući uvjete koji se moraju zadovoljiti, GPS ne zadovoljava sve sigurnosne uvjete prilikom npr. svih faza plovljenja ili leta (prilikom uplovljavanja broda u luku ili prilikom slijetanja). Podaci koji se dobiju putem satelitske navigacije mogu se koristiti tek nakon što se usporede sa drugim sigurnijim navigacijskim sustavima. Za takve namjene koristi se diferencijski GPS (DGSP) koji uz pomoć diferencijskih korekcija povećava točnost pozicioniranja [6].

#### 2.2.1.1. Diferencijski sustav pozicioniranja (DGPS)

Metoda određivanja lokacije mobilnog uređaja nazvana diferencijski GPS (eng. *Differential GPS* - DGPS) koristi se kao metoda za poboljšanje preciznosti i integriteta postojećeg GPS sustava. Jedan od prijemnika je nadzorna točka odnosno referentna stanica (RS – *Reference Station*) čija pozicija je poznata, odnosno ona je georeferencirana. Ostali prijammnici (korisnici) moraju biti u blizini referentne stanice. Uvjet je da se nalaze u

vidokrugu sa referentnom stanicom budući da oni međusobno komuniciraju radio linkom VHF frekvencija, na koji veliki utjecaj imaju sve prepreke koje se nađu između njih (slika 2.6.).



Slika 2.6. Diferencijsko pozicioniranje [7]

Referentna stanica prima podatke o svojoj poziciji koje dobiva od satelita i uspoređuje s točnim podacima o svojoj poziciji budući da je georeferencirana. Na temelju navedenog računa pogrešku koju emitiraju sateliti i korekcijske podatke za izračun pozicije emitira dalje u okolinu drugim prijammnicima. GPS prijemnici u okolici referentne stanice računaju svoju poziciju uračunavajući korekcije koje emitira referentna stanica. Pritom je uvjet da i referentna stanica i mobilni GPS prijamnik koriste iste satelite [8].

Koncept ispravaka pogreške pomoću diferencijskog sustava svodi se na pretpostavku da će neki drugi GPS prijemnik u relativno bliskom položaju u odnosu na prvi (najkvalitetnije do desetak km) primiti identičnu pogrešku. Ako je taj drugi GPS prijemnik fiksiran na precizno izmjerenoj geodetskoj lokaciji, na osnovu poznate geografske pozicije i pozicije primljene sa GPS prijemnika može se izračunati pogreška pozicioniranja na mjestu fiksiranog GPS-a. Diferencijalna korekcija može se na neki način prenijeti do mjesta gdje se nalazi GPS prijemnik čiju poziciju određujemo te se primijeniti na poziciju dobivenu sa satelita i na taj način se eliminiraju pogreške. Koristi se jedan fiksni prijamnik na poznatim koordinatama (referentna ili bazna stanica) koji će iz poznatih koordinata izračunati parametre signala kojeg bi sa satelita trebalo primiti.

Bazne stanice će za svaki vidljivi satelit mjeriti pogrešku odaslanog vremena i brzinu njene promjene te tako i udaljenost od svakog satelita. Potom će uspoređivati izmjerene udaljenosti sa udaljenostima, koje je izračunala iz točnog položaja, te preko radijskih veza emitirati podatke o veličini pogrešaka, kao i potrebne korekcije. Razlika između izmjerene i izračunate vrijednosti naziva se diferencijalna korekcija. Korekcije se odašilju prema okolnim prijemnicima koji će ih obično primijeniti izravno na mjereni signal još prije računanja vremena i pozicije.

Diferencijalnom korekcijom postiže se točnost od nekoliko metara kod mjerenja u pokretu, a još i bolja za stacionarne aplikacije. Točnost pozicioniranja ovisi o kvaliteti mjerenja pseudoudaljenosti do satelita, te o točnosti položaja satelita u orbitama. Do pogrešaka mjerenja dolazi i zbog raznih utjecaja što je vidljivo u tablici 2.2.

Tablica 2.2. Usporedba pogrešaka kod GPS-a i DGPS-a [6]

Komponenta pogreške, tipično (po satelitu)	Standardni GPS (m)	Diferencijalski GPS (m)
Vrijeme u satelitu	1,5	0
Pogreške orbite	2,5	0
Ionosfera	5,0	0,4
Troposfera	0,5	0,2
Šum u prijammiku	0,3	0,3
Višestruki put	0,6	0,6
Ukupno	10,4	1,5

#### 2.2.1.2. Europski sustavi za pozicioniranje- EGNOS I GALILEO

Značaj satelitskog određivanja položaja se povećao nakon gašenja selektivne dostupnosti GPS sustava. Došlo je do poboljšanja kvalitete satelitskog određivanja položaja, pogotovo kad je ono bilo podržano primjenom diferencijalnih korekcija. No najveći problem je da GPS nema sustav izvješćivanja o pogreškama. U slučaju kvara sustava, GPS ne obavještava korisnika da se osloni na drugi navigacijski sustav. Zato GPS sustav nije dosegao status primarne navigacije.



## EGNOS

Europski geostacionarni navigacijski sustav EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*), koji je već operativan, prvi je europski pothvat u području globalnog navigacijskog satelitskog sustava (GNSS- *Global Navigation Satellite Systems*) i utire put za Galileo, nezavisni globalni satelitski navigacijski sustav koji se razvija u Europi. Kao korekcijski sustav zasnovan na satelitima (SBAS- *Satellite-Based Augmentation System*), EGNOS poboljšava točnost osnovnih satelitskih navigacijskih signala (prvenstveno GPS) u Europi. To čini GPS sustav pogodnim za kritične aplikacije kao što su sigurnost zrakoplovne ili pomorske plovidbe.

EGNOS je zajednički projekt Europske svemirske agencije (ESA- *European Space Agency*), Europske komisije i Eurocontrol-a, europske organizacije za sigurnost zračne plovidbe. Sustav EGNOS se sastoji od tri geostacionarna satelita i mreže zemaljskih postaja, čime postiže svoj cilj odašiljanja signala koji sadrže dodatne podatke o pouzdanosti i točnosti pozicioniranja signala poslanih od strane GPS sustava. To omogućuje korisnicima u Europi i izvan nje da utvrde svoju poziciju s točnošću unutar 1,5 metra, čime se mogu poboljšati postojeće ili razviti nove usluge. EGNOS također provjerava i "integritet" sustava, što podrazumijeva određivanje točnosti i pouzdanosti sustava [9].

EGNOS nudi tri usluge:

1. Otvorena usluga- besplatna i otvorena za svakoga s GPS uređajem koji podržava EGNOS
2. Usluga zaštite ljudskih života- šalje poruku upozorenja korisniku o svakoj smetnji u GPS signalu u roku od 6 sekundi. To je nužno kada se satelitska navigacija koristi u slučajevima u kojima su u pitanju ljudski životi. EGNOS je 2011. godine certificiran za civilno zrakoplovstvo
3. EGNOS-ova usluga pristupa podacima EDAS (*EGNOS Data Access Service*)- nudi podatke o EGNOS-u putem Interneta u stvarnom vremenu [10]

Međutim, ostaje problem što GPS (puni naziv NAVSTAR-GPS) ostaje pod vojnim nadzorom američkog Ministarstva obrane i formalno je i dalje vojni sustav. Nakon 11. rujna 2001., američka vlada se usprotivila europskim planovima, navodeći da bi to onemogućilo SAD da isključe globalni navigacijski satelitski sustav u vrijeme vojnih operacija. Takva reakcija SAD-a samo je uvjerala Europu da im je potreban vlastiti, neovisni sustav.

## GALILEO

Budući europski sustav globalne satelitske navigacije Galileo, nudit će samostalne usluge pozicioniranja, navigacije i tempiranja, te će biti interoperabilan s američkim GPS sustavom i ruskim sustavom GLONASS, zbog čega će moći ponuditi poboljšane kombinirane performanse. Galileo će se sastojati od 30 satelita, koji će kružiti iznad Zemlje na visini od približno 23 000 km i nudit će pet usluga:

1. Otvorena usluga- besplatna i otvorena za javnost
2. Javna regulirana usluga- sigurna usluga sa šifriranim signalima, koju će koristiti državna tijela
3. Usluga potrage i spašavanja- europski doprinos međunarodnom sustavu Cospas-Sarsat za potragu i spašavanje
4. Usluga zaštite ljudskih života- Galileo će zahvaljujući EGNOS-u biti dostupan i za zrakoplovstvo i pomorsku plovību, te dodatno poboljšati uslugu
5. Komercijalna usluga- vrlo precizni i pouzdani podaci za profesionalne korisnike [10,11]

### 2.2.2. Suradujući sustav mobilnih i GPS mreža

Glavni nedostatak primjene GPS-a je potreba za tzv. „čistom linijom pogleda“. Ukoliko se signalu na putu između GPS satelita i prijemnika nađe neka prepreka, signal neće moći doći do prijemnika i prijemnik neće moći odrediti svoju točnu lokaciju. Rješenje ovog nedostatka pronađeno je u tehnologiji koja se naziva A-GPS (eng. *Assisted GPS*). Ona, osim GPS odašiljača i prijemnika uključuje i mobilnu mrežu. Mreža baznih stanica daje procjenu njegove početne pozicije i dio dekodiranih podataka dobivenih sa satelita. Na taj način prijemnik može iskoristiti slabije signale i brže odrediti vlastiti položaj [1].

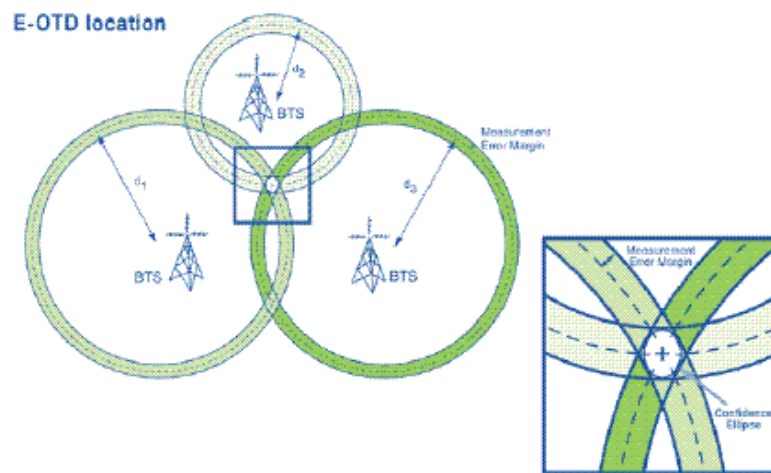
Assisted GPS kombinacija je metode naprednog uočavanja vremenske razlike (EOTD) koja je opisana u sljedećem poglavlju i klasičnog GPS-a i ova metoda postiže dobru točnost u pozicioniranju (unutar 5m) [3].

### 2.2.3. Metoda naprednog uočavanja vremenske razlike

Metoda naprednog uočavanja vremenske razlike (eng. *Enhanced Observed Time Difference – EOTD*) zasniva se na ideji koja je posve jednaka metodi razlike u vremenu dolaska signala. Jedina je razlika u činjenici da su zamijenjene uloge mobilne mreže i mobilne stanice. U ovom slučaju više baznih stanica sinkronizirano šalje signale, a mobilna stanica

mjeri razliku u vremenu njihova dolaska te na temelju izmjerenih podataka izračunava svoju geografsku poziciju u odnosu na poznate pozicije baznih stanica [1].

EOTD metoda pozicioniranja zasniva se na mjerenju vremena primjenom principa cirkularne i hiperboličke lateracije. U slučaju cirkularne lateracije, mobilna stanica vrši mjerenje vremena prispjeća signala (TOA) od obližnjih baznih stanica, dok u slučaju hiperboličke lateracije, mobilna stanica mjeri vremenske razlike prispjeća signala (TDOA) od obližnjih baznih stanica [2].



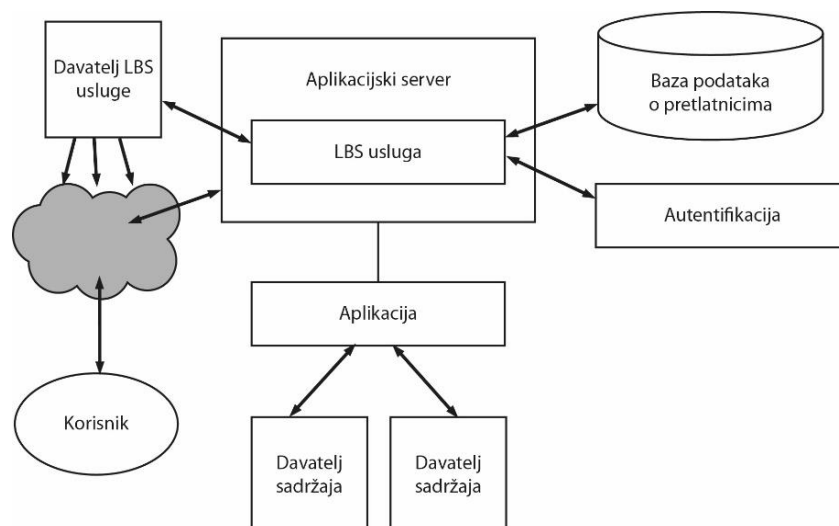
Slika 2.7. Metoda naprednog uočavanja vremenske razlike [3]

U praksi se koristi EOTD model u kojem moraju postojati bar 3 bazne stanice čiji će se signali pratiti (slika 2.7.). Točnost mjerenja će ovisiti o terenu, broju mjerenja koja se izvode itd., a preciznost rezultata će se kretati oko 100m. Ovaj model zahtjeva i preinake u software-u mobilnih uređaja koji onda sadrži naprednije algoritme procesiranja. Podaci se šalju na dodatnu obradu u uslužni centar [3].

### 3. Usluge temeljene na lokaciji

Usluge temeljene na lokaciji u današnje vrijeme sve se više koriste kod planiranja povećanja kvalitete usluge, a značajno i radi smanjenja troškova poslovanja. Većina primjena pozicioniranja može se svesti u područje usluga temeljenih na lokaciji- LBS (eng. *Location Based Services*). LBS se definira kao usluga koja koristi geografske informacije za posluživanje mobilnog korisnika. Drugim riječima, LBS je svaka aplikacija koja u svom radu koristi informaciju o trenutnoj poziciji mobilnog terminala.

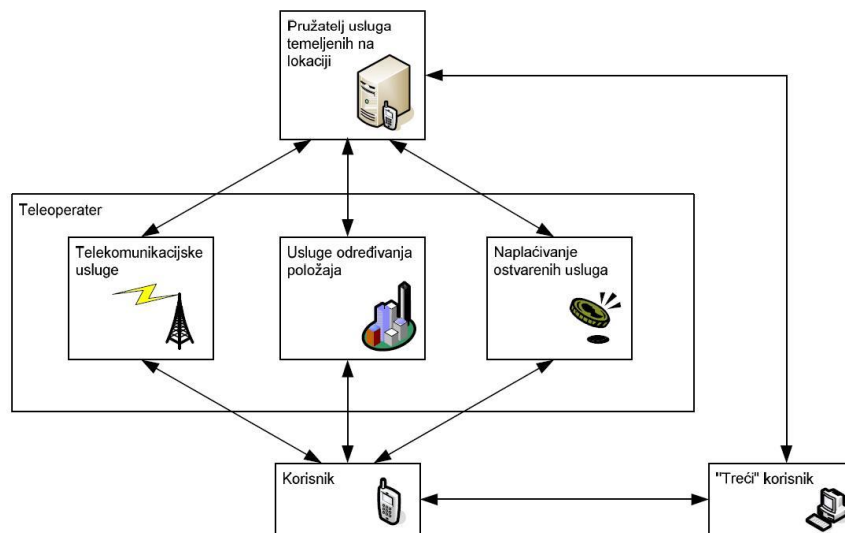
LBS usluge se nalaze na vrhu arhitekture informacijsko-komunikacijskog sustava bez utjecaja na usluge na nižim razinama, a razlikuju se prema vrsti usluge ponuđene pretplatniku, operatoru mreže i nuditelju usluga. Teško je odrediti točan referentni model arhitekture sustava koji jedinstveno opisuje komponente LBS usluge. Pojednostavljeni model prikazan je na slici 3.1.



Slika 3.1. LBS usluge u heterogenim mrežnim okruženjima [12]

Pojmom lokacijski bazirane usluge pokriveno je veliko područje koje obuhvaća mnoge sadržaje kao što su navigacija i orijentacija, informacijske usluge, praćenje djece i nemoćnih osoba, povećana sigurnost pretplatnika, pozivi u pomoć, promidžba, naplaćivanje usluga ovisno o trenutnom položaju, inteligentni transportni sustavi, upravljanje, poboljšanje performansi mobilne mreže [1,13]. Informacija o položaju može biti vrlo dobro iskorištena pri filtriranju relevantnih informacija kod npr. rezultata pretrage internetske tražilice. Ovakav postupak odmah pruža vrijednost korisniku tako da prikaže samo one rezultate pretrage koje su relevantne ovisno o položaju korisnika [4].

Unatoč tome što donosi mnogo novih mogućnosti, postoji i određena zabrinutost vezana uz utjecaj ove tehnologije na privatnost korisnika. Ako je korisnička lokacija dana na uvid neovlaštenim strankama, može doći do nekih zlonamjernih napada ili neugodnih situacija. Tvrtka koja se bavi promidžbom putem LBS-a mora od pružatelja mobilnih usluga dobiti informaciju o lokaciji njegovog korisnika. Vođenjem evidencije o promjeni lokacije pojedinog korisnika, može se načiniti njegov temeljit profil koji kasnije može biti korišten za marketing, ali i za različite vrste nadzora. Prikaz interakcije između davatelja i korisnika usluge temeljene na lokaciji prikazan je na slici 3.2. [1,13].



Slika 3.2. Prikaz interakcije između davatelja i korisnika usluge temeljene na lokaciji [1]

### 3.1. Segmentacija korisnika

Istraživanjem mogućnosti na tržištu možemo dobiti informacije o tržišnom potencijalu i mogućem udjelu neke usluge, informacije o postojećoj, te predviđanje buduće prodaje, kao i pronalaženje lokacija prodaje (distribucije) [14].

Tržišni segment je pojam kojim se označava grupa kupaca/korisnika koji imaju određena zajednička obilježja, koja su relevantna za tržište. Grupa korisnika na tržištu razlikuje se od ostalih segmenata po određenom kriteriju, ima iste ili vrlo slične potrebe, približno jednako reagira na tržišna kretanja, te se može mjeriti i kvantificirati [15].

Segmentacija je postupak kojim se ukupno tržište grupira u segmente prema ustanovljenim, potrebnim kriterijima, a nakon definiranja relevantnih obilježja pojedine grupe korisnika za koje je moguće kreirati različite usluge. Segmentacija tržišta je temelj za donošenje strateških odluka, kvalitetnom strategijom povećava se i kvaliteta usluge, a postiže se i znatna racionalizacija poslovanja [16].

Segmentacijom je moguće razviti specifične usluge prilagođene osobnim životnim stilovima grupe korisnika, a provodi se u nekoliko faza:

- Prikupljanje podataka o korisnicima- određivanje ponašanja korisnika i grupiranje korisnika prema:
  - utjecaju cijene usluge i tarifnog plana na aktivnost korisnika
  - korisničkim potrebama i uzorku korištenja
  - preferiranim kanalima komunikacije i programu vjernosti (lojalnost kupca)
- Analiza korisničkih podataka- analiza korisničke aktivnosti u vidu iskorištavanja korisničkog potencijala
- Stvaranje korisničkih profila- razumijevanje korisničkih potreba, te ponuda personaliziranih usluga [16]

Najčešće korišteni oblici segmentacije su zemljopisna, demografska, psihografska i bihevioralna segmentacija.

**Zemljopisna** segmentacija– podjela tržišta na razne zemljopisne jedinice (kontinenti, regije, zemlje, gradovi), kao i na temelju gustoće naseljenosti, klime i sl. Tvrtka može odlučiti raditi na jednom ili više zemljopisnih područja, ali mora obratiti pozornost na zemljopisne razlike [17,18].

**Demografska** segmentacija– tržišta su formirana u grupe prema varijablama kao što su: spol, dob, veličina obitelji, životni vijek obitelji, prihodi, obrazovanje, religija. Demografska segmentacija je najpopularnija osnova za segmentiranje tržišta, jer je demografske varijable

lako mjeriti. Prema demografskim varijablama najčešće razlikujemo potrebe, želje i stope korištenja [17,18].

**Psihografska** obilježja– podjela tržišta na grupe ljudi s istim ili sličnim statusom u društvu, životnim stilom, osobnim obilježjima [18]. Društveni status utječe npr. na preferencije prema automobilima, namještaju, odjeći, aktivnostima, dok će osobnost utjecati kod proizvoda kao što su cigarete, alkohol, kozmetika, osiguranja [17].

Segmentacija prema ponašanju (**bihevioralna**) – podjela tržišta u grupe prema potrošačevom znanju i stavovima, o proizvodima, upotrebi proizvoda ili reakcijama na proizvod. Bihevioralna segmentacija je najbolja za svrhovitu segmentaciju tržišta [17].

Prikupljanje i analiza podataka o korisnicima važne su faze u kreiranju kvalitetne usluge, a pronalaženje određenih uzoraka ponašanja može olakšati segmentaciju korisnika po grupama. Praćenjem položaja mobilnih uređaja moguće je predvidjeti kretanje korisnika, te ga time segmentacijski odrediti. Predviđanje kretanja je jedan od glavnih načina segmentacije korisnika informacijsko-komunikacijskih mreža koji može povećati kvalitetu postojećih usluga, te omogućiti nove i naprednije lokacijske usluge.

Uporaba pametnih telefona promijenila je način komuniciranja, a veliki dio postojećih usluga korisniku pruža informacije ovisno o trenutnoj lokaciji. Novije usluge lokaciju nadograđuju dodatnim znanjem o korisniku- poznavanjem konteksta korisnika. Kod lokacijski zavisnih usluga uz društveni, organizacijski, tehnološki ili vremenski aspekt, trenutna lokacija je temeljni aspekt konteksta korisnika.

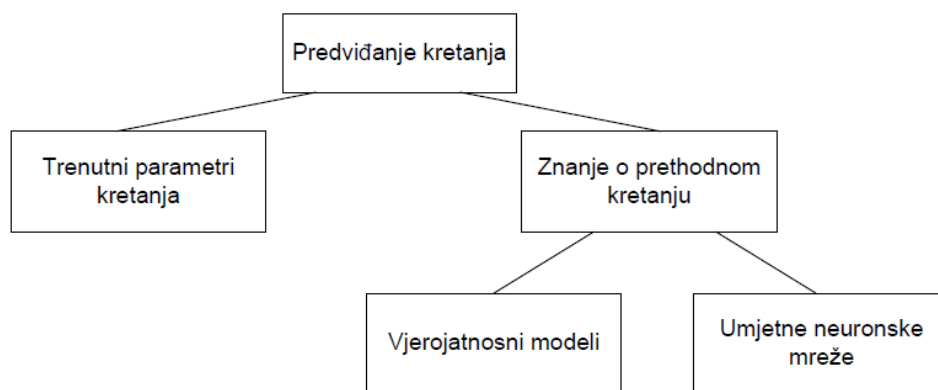
### 3.2. Predviđanje kretanja korisnika u uslugama temeljenim na lokaciji

Lokacijske usluge nove generacije više ne koriste samo trenutnu lokaciju korisnika kao glavno sredstvo za pružanje usluge, nego grade znanje o korisniku na različite načine, sa ciljem da usluga bude u mogućnosti prepoznati korisnički kontekst. Kontekst je definiran kao "bilo koja informacija koja se može iskoristiti kako bi opisali stanje u kojem se entitet nalazi" [19].

Kontekst može imati više aspekata kao društveni, organizacijski ili lokacijski aspekt, a samo jedan od ovih aspekata ne može graditi kontekst koji će biti upotrebljiv i zato je čistu lokacijsku informaciju potrebno proširiti dodatnim znanjem o korisniku. Temeljno obilježje lokacijskih usluga je lokacijski aspekt, odnosno lokacijska informacija, koju usluga može dobiti različitim metodama, a međusobno se razlikuju prema preciznosti i potrebnoj mrežnoj infrastrukturi. Važnost ostalih aspekata ovisi o traženoj funkcionalnosti usluge, a informacije

svojtvene tim aspektima se najčešće prikupljaju senzorskim mrežama, praćenjem navika korisnika, pa i intervencijama od strane samog korisnika.

Predviđanjem kretanja u uslugu se uvodi mogućnost proaktivnog djelovanja; usluga može unaprijed odrediti što i kada će korisnik htjeti, u odnosu na reaktivno djelovanje klasičnih usluga. Postoje dva koncepta predviđanja kretanja, koji se razlikuju prema određenim saznanjima o korisniku i to na osnovu trenutnih parametara kretanja, te na osnovu prethodnog kretanja. Podjela metoda za predviđanje kretanja prikazana je na slici 3.3.



Slika 3.3. Podjela metoda za predviđanje kretanja [19]

### 3.2.1. Predviđanje kretanja na osnovu trenutnih parametara kretanja

Podrazumijeva predviđanje u stvarnom vremenu, bez prethodnog znanja o korisniku. Kod metoda predviđanja kretanja korištenjem trenutnih parametara kretanja pretpostavlja se da mreža ima mogućnost očitavanja parametara kretanja korisnika kao što su brzina i smjer. Očitavanjem brzine, udaljenosti i smjera u realnom vremenu i na osnovu proračuna se predviđa odredište korisnika. Slična metoda koristi predviđanje radi rezervacije kanala. Nešto složenija metoda [20] pretpostavlja da se korisnik kreće ulicom i ima GPS uređaj koji šalje podatke sustavu za predviđanje. Zbog pretpostavke da se korisnik kreće ulicom je moguće preciznije predviđanje lokacije jer korisnik nema puno mogućih smjerova kojima se može kretati. Ova metoda spada u kategoriju RTB (*Road topology based*) metoda [19]. No, u slučaju da se korisnik ne kreće ulicom, predviđanje može imati veliku pogrešku.

Korištenje trenutnih parametara kretanja za predviđanje ima svojih prednosti i mana. Glavna prednost je to što sustav ne mora znati ništa o korisniku unaprijed, pa nije potrebno ni dugotrajno skupljanje podataka o korisniku, što ih čini bitno jednostavnijima od metoda zasnovanih na poznavanju prethodnog kretanja korisnika.



Najveći nedostatak takvih metoda jest što ne mogu predvidjeti kretanje za duži vremenski interval nego mogu predvidjeti samo sljedeću lokaciju, s obzirom da nemaju nikakvo znanje o korisniku. Drugi nedostatak jest što pretpostavljaju da mreža ima mogućnost očitavanja smjera i brzine što ne mora biti slučaj. Da bi mreža mogla mjeriti brzinu i smjer korisnika potrebno je ugraditi dodatne elemente u pristupnu mrežu, koji se općenito nazivaju entiteti za mjerenje lokacije LMU (*Location measurement units*) [19]. Uvođenje dodatnih entiteta u pokretnu mrežu može biti skupo, a i mreža se dodatno opterećuje, pa je upitna isplativost takve investicije. Posljednji nedostatak ovakvih metoda se pokazuje u obradi podataka i proračunu koji mogu biti vremenski dugotrajni, što može biti kritično zbog činjenice da se predviđanje izvodi u stvarnom vremenu.

### 3.2.2. Predviđanje kretanja na osnovu prethodnog kretanja

Predviđanje kretanja na osnovu prethodnog kretanja podrazumijeva "znanje" o prethodnom kretanju. Većina postojećih metoda se bazira na ovom konceptu. Osnovna postavka ovog koncepta je regularnost kretanja korisnika. Nekoliko studija o kretanju korisnika pokazalo je da većina korisnika pokazuje određenu razinu regularnosti u kretanju. Kako se svi korisnici ne kreću regularno u istoj mjeri, mnoge usluge definiraju klase korisnika prema regularnosti kretanja [19].

Metode bazirane na ovom konceptu se obično provode u dvije faze: prva je skupljanje uzoraka kretanja i interpretacija, a druga predviđanje. Pravilnom interpretacijom uzoraka stječe se znanje koje se zatim može primijeniti na predviđanje kretanja, koje također može biti izvedeno na nekoliko načina a uglavnom ovisi o načinu interpretacije uzoraka. Dubinska analiza podataka je područje koje se bavi izdvajanjem bitnih podataka iz velike količine podataka i može biti primijenjena na analizu uzoraka kretanja. Metode za analizu i interpretaciju uzoraka te predviđanje kretanja se mogu temeljiti na:

- vjerojatnosnim modelima
- umjetnim neuronskim mrežama

#### 3.2.2.1. Vjerojatnosni modeli

Mnogi istraživači zapisane uzorke analiziraju i interpretiraju vjerojatnosnim modelima. Pod vjerojatnosnim modelima podrazumijevaju se sve metode koje nisu temeljene na umjetnim neuronskim mrežama, a najčešće se temelje na statističkoj analizi snimljenih uzoraka. Kada se uoče vjerojatnosti kretanja korisnika pomoću njih se najčešće grade matrice prijelaza ili Markovljevi lanci [19].

Kod jednog od tipičnih primjera vjerojatnosnih modela gradi se matrica vjerojatnosti čije vrijednosti  $P(R1|R2)$  predstavljaju vjerojatnost prelaska korisnika na lokaciju R2 ako se nalazi na lokaciji R1. Navedena metoda [21] se koristi za ranije spomenute RTB usluge, koje podrazumijevaju kartu cesta, pa R1 i R2 zapravo predstavljaju moguće smjerove, a ne lokacije. Metoda je u ovom slučaju proširena uvođenjem dodatnog znanja o korisniku kako bi se poboljšalo predviđanje koje, između ostalog, može ovisiti i o vremenu dana (kretanje na posao i s posla), te o danu u tjednu (različiti putovi tijekom radnog dana i vikenda).

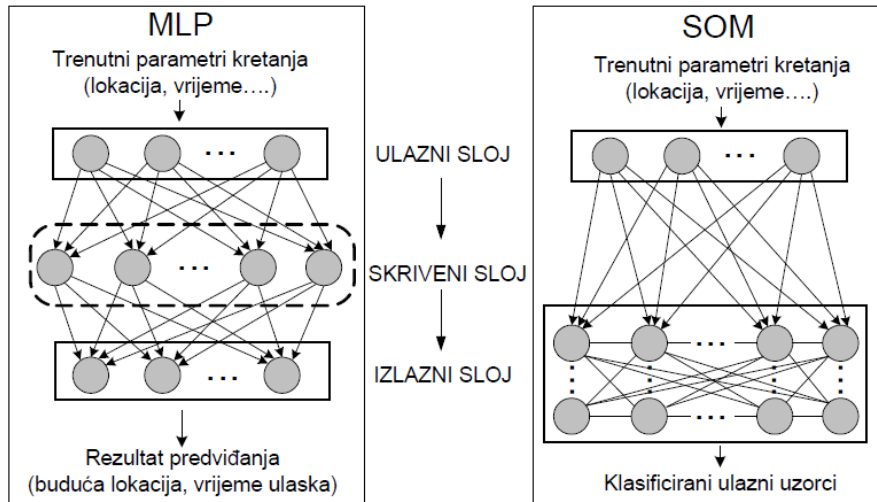
Kod nekih metoda [22] se određuju najčešće lokacije, odnosno skupine GPS koordinata (*clusters*), kojima se pridjeljuje značenje - primjerice: dom, fakultet i slično. Nakon toga se računaju vjerojatnosti prelaska između lokacija, odnosno podlokacija, i izvode se Markovljevi lanci prvog (za dvije lokacije) i drugog reda (za tri uzastopne lokacije). Problem kod ove metode jest određivanje optimalnog radijusa lokacije; pola milje je dovoljno malo za potrebe predviđanja kretanja, primjerice, na razini grada, ali je daleko previše za predviđanje lokacija na sveučilišnom kampusu.

BBS (*Behavior-based strategy*) je metoda [23] kojom se želi smanjiti količina prometa prilikom dolaska poziva (*paging*), pomoću predviđanja kretanja. Princip predviđanja je sličan ostalim uslugama iz ovog područja: u zapisima o kretanju se uočava regularnost na temelju koje sustav predviđa u kojem području će se korisnik nalaziti da bi mu mogao dodijeliti resurse. Kretanje ljudi može se promatrati kao kombinacija periodičnog kretanja koje je zemljopisno ograničeno sa naizgled slučajnim skokovima u korelaciji s njihovim društvenim mrežama [24]. Mobilnost može biti oblikovana i našim društvenim odnosima [25], pa će tako biti više vjerojatno da ćemo posjetiti mjesta koja su naši prijatelji i ljudi slični nama posjetili u prošlost. Osim toga, mobilnost je vjerojatno također ograničena geografski po udaljenosti koja se može preći unutar jednog dana [26].

#### 3.2.2.2. Umjetne neuronske mreže

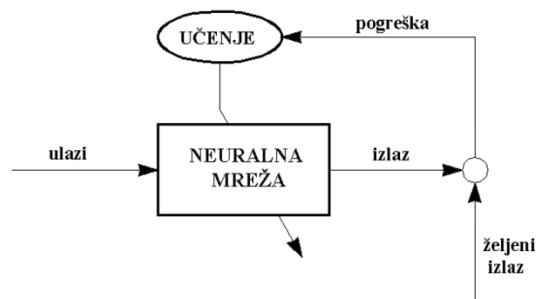
Umjetne neuronske mreže se često primjenjuju u svrhu raspoznavanja uzoraka pa su zato prikladne i za analizu uzoraka prikupljenih zapisivanjem kretanja korisnika, čime se omogućuje predviđanje kretanja. Njihova glavna prednost je sposobnost razlučivanja odnosa između složenih uzoraka, koje bi čovjek ili druga metoda teško mogli uočiti. Umjetna neuronska mreža se, općenito, sastoji od ulaznog, skrivenog i izlaznog sloja. Svaki sloj se sastoji od neurona, osnovne građevne jedinice mreže, koji su međusobno povezani granama (slika 3.4.). Neuron radi na način da ulaznu funkciju  $x$  pretvara u vrijednost  $y$  prema nelinearnoj funkciji  $F(X)$ . Kod sustava sa umjetnim neuronskim mrežama uvijek postoje dvije

faze: učenje uzoraka i primjena. Učenjem mreža uočava specifičnosti u svakom uzorku na temelju kojih ih međusobno razlikuje, a u fazi primjene klasificira uzorke. Neuronskih mreže dijelimo na mreže sa nadziranom učenjem i mreže sa nenadziranom učenjem [19].



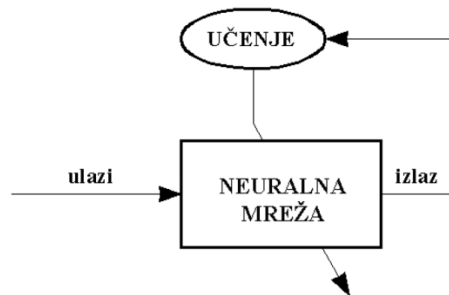
Slika 3.4. Primjeri umjetnih neuronskih mreža [19]

Nadzirano učenje (slika 8.) je učenje kod kojeg razvijatelj mreže u fazi učenja definira koji ulazi odgovaraju kojim izlazima mreže. Tada će mreža raditi na način da za definirani ulaz aktivira definirani izlaz. No, prednost umjetnih neuronskih mreža jest sposobnost generalizacije što znači da će spomenuta mreža davati izlaze i za uzorke koji nisu bili uključeni u učenje, ovisno o njihovoj sličnosti sa uzorcima uključenim u učenje. Uspoređuju se vrijednosti izlaznih veličina sa željenim vrijednostima izlaznih veličina. Računaju se pogreške, te iteracijski računaju nove vrijednosti težinskih koeficijenata dok se ne zadovolji kriterij pogreške [27].



Slika 3.5. Nadzirano učenje neuronske mreže [27]

Nenadzirano učenje (slika 3.5.) podrazumijeva da mreža sama definira izlaze, odnosno aktivira skupine neurona u izlaznom sloju ovisno o uzorku na ulazu. Ovakva mreža će za slične ulazne uzorke aktivirati bliske (susjedne) neurone, dok će za različite ulaze aktivirati potpuno različite neurone izlaznog sloja. Dovode se ulazne varijable, mreža podešava težine po definiranom algoritmu, a "slični" ulazi trebaju aktivirati izlaz jednog te istog neurona [27].



Slika 3.6. Nenadzirano učenje neuronske mreže [27]

Nadzirano učenje se koristi kada znamo što želimo postići u smislu klasifikacije ulaznih uzoraka, odnosno kada želimo stvoriti vlastite grupe uzoraka. Nenadzirano učenje se najčešće koristi za razlikovanje ulaznih uzoraka samo po njihovim karakteristikama, bez dodatne klasifikacije koju bi mogli uvesti u slučaju nadziranog učenja (slika 3.6.)

Kod jedne od metoda [28] korisnici se svrstavaju u tri kategorije prema regularnosti kretanja, te se na temelju toga odlučuje da li je uopće moguće predvidjeti kretanje korisnika i s kojom vjerojatnošću. Nakon zapisivanja korisničkog kretanja, mreže se uče određenim algoritmom za svaki dan u tjednu i stvaraju se profili korisnika koji u ovom kontekstu podrazumijevaju navike u kretanju tokom jednog dana. Ako se korisnik primjerice, svaki radni dan kreće jednakim putovima, a vikendom različitim, onda će za njega postojati dva profila. Nakon učenja, mreža predviđa u kojoj će ćeliji korisnik biti u koje vrijeme, tako da izlazi neuronske mreže predstavljaju ćelije, vjerojatnost i vrijeme u koje bi korisnik trebao biti u tim ćelijama prema uzorcima iz faze učenja, uz ovisnost o profilu kretanja. Ciljana primjena ove metode jest smanjivanje troškova upravljanja lokacijom. Vrlo slična metodu koristi se u svrhu predviđanja kretanja korisnika po kući, kako bi se mogla optimizirati potrošnja energije.

Jedna od prednosti umjetnih neuronskih mreža je njihova mogućnost generalizacije [19]. No, generalizacija ponekad može imati neželjene posljedice, ovisno o uzorcima koji se klasificiraju, pa se tako može dogoditi da mreža zaključi da su uzorci slični iako to zapravo u stvarnom svijetu nisu. Hibridni modeli umjetnih neuronskih mreža koji se temelje na

neuronskim mrežama potpomognutim vjerojatnosnom analizom podataka, pokazali su se kao najbolji kod uočavanja regularnosti u velikim količinama podataka o kretanju korisnika.

Predviđanje kretanja korisnika je važan oblik segmentacije korisnika na vlastitom tržištu, a u uvjetima sve oštrije konkurencije i sa razvojem tehnologija u budućnosti biti će sve važniji faktor u projektiranju informacijsko-komunikacijskih usluga.

### 3.3. Zahtjevi točnosti u okruženju lokacijski baziranih usluga

Točnost određivanja položaja od posebnog je značaja u kontekstu zahtjeva za točnošću određivanja položaja određenih specifikacijama LBS usluga. Položajno temeljene usluge čine skupinu telekomunikacijskih usluga koje istražuju znanje o položaju i kombiniraju ga sa isporukom sadržaja vezanih uz lokaciju. Jedan od glavnih problema u razvoju LBS-a je održavanje stabilne kvalitete usluge, koja se u potpunosti temelji na pouzdanom pozicioniranju. Bitno pitanje za razvoj optimalnog LBS sustava je koliko precizna mora biti lokacijski bazirana usluga da bi pružila korisnu informaciju. Dobiveni rezultati eksperimentalnih provjera uspoređuju se s rezultatima standardnog GPS određivanja položaja i sa zahtjevima na točnost koji određuju kvalitetu lokacijski baziranih usluga. [29]

Točnost pozicioniranja je jedan od četiri osnovna parametra pozicioniranja koji su ranije spomenuti u 2. poglavlju. U praksi, točnost pozicioniranja je predstavljena kao horizontalna procjena pogreške pozicioniranja za svaki uzorak pozicioniranja. Tablica 3.1. prikazuje zahtjeve za tri različita nivoa izvedbe pozicioniranja.

Tablica 3.1. Osnovni zahtjevi izvedbe pozicioniranja za LBS usluge [29]

(vrijednosti za min. 95% vremenskog perioda)	Točnost pozicioniranja (m)
Niski nivo izvedbe pozicioniranja	100
Standardni nivo izvedbe pozicioniranja	30
Visoki nivo izvedbe pozicioniranja	10

Zahtjevi za točnost položaja nisu isti u svim područjima. Ruralna i nenaseljena područja neće zahtijevati visoki nivo točnosti, dok će se u urbanim područjima ona biti od ključne važnosti zbog potencijalno velike koncentracije usluga. Tvrtka Ericsson je razvila shemu nivoa točnosti pozicioniranja za koje smatra da su nužni za različite vrste aplikacija vezanih uz lokacijski bazirane usluge (tablica 3.2.) [30].

Tablica 3.2. Primjeri zahtjeva za točnost pozicioniranja za određene aplikacije [30]

Aplikacija	Zahtjev za točnost	Aplikacija	Zahtjev za točnost
Vijesti	Nizak	Igranje	Srednji
Usmjeravanje	Visoki	Elektronska trgovina	Srednji do visoki
Informacije o prometu	Nizak	Hitni slučajevi	Visoki
Točke interesa	Srednji do visoki	Prijevoz osjetljive robe	Visoki
Oglašavanje	Srednji do nizak	Praćenje djece	Srednji do visoki
Navigacija vozila	Srednji do visoki	Praćenje ljubimaca	Srednji do visoki
Navigacija osoba	Visoki	Elektronska naplata cestarine	Srednji do visoki
Telefonski imenik	Srednji do visoki	Sustav javnog upravljanja	Srednji do visoki
Upravljanje voznim parkom	Nizak	Daljinsko upravljanje radnom snagom	Nizak
Praćenje vozila	Srednji do visoki	Lokalno oglašavanje	Srednji do visoki
Praćenje imovine	Visoki	Naplata osjetljiva na lokaciju	Srednji do nizak

Primjer različitih zahtjeva točnosti položajno temeljenih usluga može se vidjeti preko tri tipične telematske usluge u cestovnom prometu opisane u tablici 3.3. Usluge se razlikuju osim po točnosti položaja razlikuju i prema parametrima učestalost pristupa, te vremenskoj točnosti (osjetljivost na kašnjenje) [31].

Tablica 3.3. Približni zahtjevi točnosti za telematske usluge u cestovnom prometu [31]

Usluga	Točnost položaja (m)	Vremenska točnost	Učestalost pristupa
Nadzor uvjeta vožnje	100	nekoliko minuta	kontinuirano
Otkrivanje opasnosti na cesti	10	više dana	povremeno
Mapa puta	100	ispod sekunde	povremeno

### 3.3.1. Nadzor uvjeta vožnje

Vremenske pojave i odgovarajući uvjeti na cesti obično pokrivaju veća područja. Osim toga, većina upozorenja i ograničenja brzine moraju se postaviti ispred opasnih uvjeta. Dakle, visoko precizne informacije o poziciji nisu potrebne, rezolucija od oko 100m segmenta ceste bi trebala biti dovoljna za većinu slučajeva. Također uvjeti se ne mijenjaju vrlo naglo, pa se mogu tolerirati ažuriranja s nekoliko minuta kašnjenja. Kako bi se otkrile promjene u uvjetima vožnje potreban je kontinuirani pristup informacijama o poziciji.

### 3.3.2. Otkrivanje opasnosti na cesti

Budući da ova aplikacija prikuplja dugoročniju statistiku, kašnjenje podataka nije toliko od značaja i zahtjevi za vremensku točnost su niski. Na primjer, bilo bi korisno razlikovati noćne i dnevne situacije ili vršni prometni sat tijekom sredine dana. Međutim, ključne su precizne informacije o lokaciji da bi se označile opasne točke kao što su raskrižja ili pješački prijelazi.

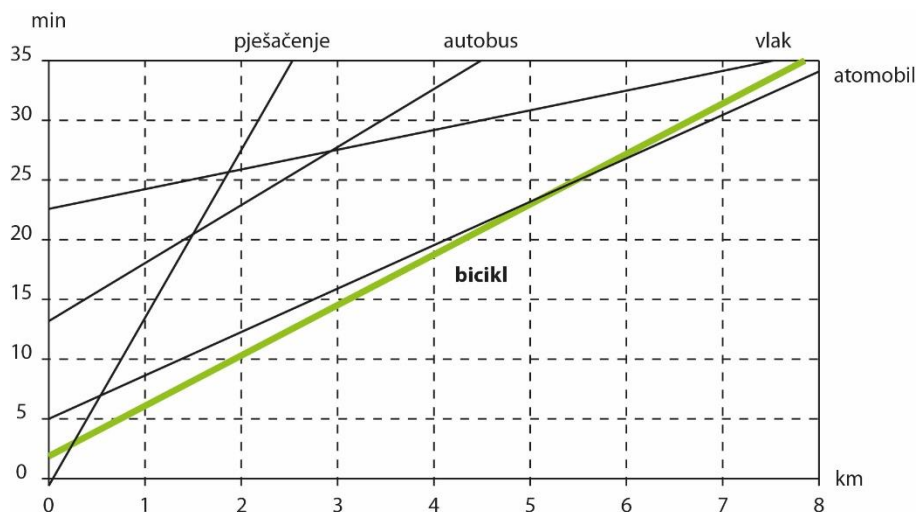
### 3.3.3. Mapa puta

Vozači mogu zatražiti informacije vezane za njihovu trenutnu lokaciju iz LBS sustava. Na primjer, vozač može tražiti kartu područja ili obližnje hotele. Trenutna lokacija može se automatski dobiti od GPS senzora sustava za navigaciju vozila. Vrijeme odziva tih usluga je vrlo važno, pa stoga ovaj program zahtijeva visoku vremensku točnost. S druge strane, informacija o položaju može se dati sa srednjom točnosti. Točnost od oko 100m trebala bi biti dovoljna za dobivanje tražene informacije o poziciji. Informacije o položaju daju se tek povremeno, kako vozač izdaje zahtjeve. Ako se takvi sustavi koriste za navigaciju, informacije o položaju se mogu se davati češće.

#### 4. Prikaz sustava javnih bicikala

Nakon dugog razdoblja dominacije automobilske prijevoza, javni gradski prijevoz u mnogim dijelovima svijeta ponovno dobiva na važnosti i stavlja se kao prioritet u razvoju urbanih sredina. Sa aspekta upravljanja gradom, masovni javni prijevoz ima brojne prednosti u odnosu na pojedinačno korištenje automobila. To osobito vrijedi za gradske centre u kojima automobili guše i usporavaju promet, te bukom i ispušnim plinovima uvelike narušavaju kvalitetu zdravlja i života građana. Također, izraženi problem u gradskom prometu je ogromna količina prostora koje su automobili tijekom godina uzurpirali kroz stalno povećanje njima namijenjenih parkirališnih i cestovnih površina. Masovni javni prijevoz, poput autobusa, tramvaja i prigradske željeznice, u pogledu nametanja prostoru mnogo je ekonomičniji, a osobito je ekonomičniji u pogledu omjera prevezenih putnika i potrošnje energije. S obzirom na cijenu goriva i druge troškove života, za očekivati je da će u narednom periodu broj putnika u privatnom individualnom prijevozu biti u značajnom opadanju.

Sustav javnih bicikala donosi velike prednosti svakom gradu. Smanjuje prometne gužve i ublažava probleme koje stvara manjak parkirnih mjesta, smanjuje onečišćenje zraka i time povoljno djeluje na zdravlje ljudi, potiče fizičku aktivnost stanovništva i nadopunjava javni prijevoz. Uvođenje sustava javnih bicikala i njegovo održavanje ne stvara gradovima velike troškove, a donosi značajne koristi. U nekim gradovima i danas se biciklom najbrže stiže do cilja u vrijeme prometnih gužvi (grafikon 4.1.).



Grafikon 4.1. Usporedba različitih transportnih modova za kraća putovanja [32]



Javni bicikli su oblik prijevoza koji se, u gradovima u kojima je uveden, pokazao kao iznimno popularno prijevozno sredstvo i relativno jeftin način za rješavanje problema prometnih gužvi. Uz to, za taj se oblik individualnog javnog prijevoza može bez pretjerivanja reći da je jeftiniji i zdraviji od ostalih dok je istovremeno ekološki prihvatljiviji, a u uvjetima tipičnih gradskih gužvi je dovoljno brz da bude usporediv s automobilima. Osim što je brz, jednostavan i fleksibilan, vrijednost ovakvog sustava osobnog prijevoza unutar grada kao prijevozne alternative očituje se kroz javnu i osobnu ekonomičnost (novac, vrijeme i prostor). Umanjuje opseg motornog prometa i negativne efekte, doprinosi općoj mobilnosti i dostupnosti, obogaćuje prometnu infrastrukturu, podiže održivost jeftinog prometovanja za sve građane, potiče intermodalno prometovanje, povoljno utječe na čistoću zraka i smanjenje buke u gradu, a putem doprinosa zdravlju građanstva dovodi i do smanjenja troškova za javno zdravstvo.

Koncept javnog sustava bicikala poznat je već gotovo pola stoljeća, no tek su uvođenjem napredne tehnologije u posljednjih nekoliko godina, javni bicikli uspjeli postati nezanemariv element prometne i kulturne slike sve većeg broja svjetskih gradova.

#### 4.1. Trenutno stanje u svijetu i Europi

Danas postoji preko 600 sustava javnog biciklističkog prijevoza diljem svijeta, a neki od najvećih koriste i više desetaka tisuća bicikala u svom sustavu. Većina javnih biciklističkih sustava dizajnirana je na način da se umanju rizik i potpuno praznih i potpuno punih stanica za bicikle. Stanice variraju po broju bicikala prema očekivanom volumenu iznajmljivanja na određenoj lokaciji, kao i prema interesnim točkama ili dnevnoj frekvenciji povećanja/smanjenja interesa u određenim periodima. Biciklističku postaju nadzire sustav za upravljanje u stvarnom vremenu. Premda postoje aplikacije za pametne mobilne uređaje koje prikazuju obližnje stanice sa brojem dostupnih bicikala, kod većine sustava tehnologija je takva da kada bicikl izađe sa stanice više nije moguće odrediti njegovu poziciju. U vršnim satima korištenja to može dovesti do potpuno netočne slike o raspodjeli bicikala, te time i do neželjenih slučajeva potpuno pune/prazne stanice.

Javni su se bicikli u gradovima diljem svijeta dokazali kao veoma uspješan koncept. Unatoč svojoj naizgled visokoj početnoj cijeni, sva iskustva pokazuju da beneficije za gradove i građane daleko nadmašuju taj trošak. Štoviše, u brojnim je primjerima interes javnosti u tolikoj mjeri podcijenjen da zapravo postoje dobri izgledi da javni bicikli postanu profitabilan oblik prijevoza.

Nužni koraci za što uspješnije uvođenje bicikala kao sredstva za prijevoz, a ne samo rekreaciju uključuju: međusobno povezivanje postojećih biciklističkih staza i proširenje biciklističke mreže, restriktivan redizajn prometne regulacije za motorizirani promet putem mjera smirivanja i usporavanja prometa (pretvaranje ulica u jednosmjerne, izmještanje prolazećeg prometa iz rezidencijalnih četvrti na rubne arterijalne rute, stvaranje slijepih ulica i sl.), prilagodbu križanja na način da se pruži prednost pješacima i biciklima, integriranje i povezivanje bicikala s javnim prijevozom, osiguranje kvalitetnih parkirališta za bicikle.

Masovni sustavi za dijeljenje bicikala (eng. *bike-sharing*) su već iznimno popularni u Europi i Kini. Španjolska npr., ima 132 različita programa, Italija 104, Kina 79, Njemačka 43 i Francuska 37. Slični sustavi postali su toliko popularni da zagovornici tvrde da je to najbrže rastući način javnog prijevoza u ljudskoj povijesti [33].



Slika 4.1. Javni bicikli "Bixi", Montreal [34]

Najpoznatija tri reprezentativna primjera sustava javnih bicikala su "Ve'Lib" (Pariz, Francuska), Bicing (Barcelona, Španjolska) i Bixi (Montreal, Kanada; slika 4.1.). U sva je tri primjera prije implementacije projekta provedena iscrpna studija i temeljita priprema za sustav koja je obuhvaćala i prilagodbu prometne regulacije i cestovne infrastrukture, dok je potpora javnosti bila velika već od same najave uvođenja.

Osim standardnih sustava javnih bicikala (Call a Bike, Velib, Bixi, Bicing, Velopop), razvijeni su i sustavi sa novim tehničko-operativnim karakteristikama (Smooove i Ubicycle).

Prema modelima financiranja primjeri sustava u svijetu su javno-privatna partnerstva (JC Decaux, Clear Channel), te vlasništvo javnih poduzeća (DB, gradovi Montpellier, Avignon, Denver) [34].

Javni biciklistički sustavi do sada su dostupni na pet kontinenta, uključujući 712 gradova sa preko 800 000 bicikala. Zadnjih nekoliko godina, tradicionalno poznate europske sustave premašili su biciklistički sustavi u Kini, od kojih su najveći u gradovima Wuhan i Hangzhou, pa sa oko 90 000 i 60 000 bicikala predstavljaju jedne od najvećih u svijetu [33].

Europska unija potiče zamjenu prijevoznih sredstava u većim gradovima s ciljem poboljšanja kvalitete života i zaštite okoliša. U idealnom slučaju, gradovi bi trebali biti u mogućnosti pružiti uslugu kratkoročnog iznajmljivanja visoko kvalitetnih bicikala sa fleksibilnim lokacijama preuzimanja i vraćanja, koje su povezane s lokalnim javnim prijevozom. Proces bi trebao biti jednostavan i prihvatljiv za krajnje korisnike, kako bi ponudio alternativu vozilima s emisijom štetnih plinova, a zadržala se mobilnost u gradovima. Stoga ovakvi biciklistički sustavi predstavljaju rastuće tržište, ali je potrebno dulje razdoblje prije nego postanu uobičajena pojava.

U sklopu programa EuroTest, 2012. godine su provedeni i objavljeni rezultati usporedbe javnih sustava iznajmljivanja bicikala u europskim gradovima. Hrvatska nije sudjelovala u testiranju, jer u trenutku njegove provedbe nijedan od gradova (Zagreb, Split, Varaždin i dr.) koje su u Hrvatskom autoklubu razmatrali za nominaciju nema organizirane javne gradske sustave iznajmljivanja bicikala. Postoje samo pojedine privatne tvrtke koje nude bicikle u najam. Spomenute gradove tek očekuje uređivanje infrastrukture i usklađivanja sa cestovnim prometom i pješačkim stazama i prijelazima.

U testiranju je ukupno uspoređeno 40 javnih biciklističkih sustava u 18 zemalja, a glavne kategorije testiranja bile su pristupačnost, informacije, jednostavnost postupka te sami bicikli (slika 4.2).

Grad	Sustav	udlo u ocjeni					ukupna ocjena	Grad	Sustav	udlo u ocjeni					ukupna ocjena
		35%	26%	25%	14%	100%				35%	26%	25%	14%	100%	
(F) Lyon	vélo'v	++	++	++	○	++	(IRL) Dublin	dublinbikes	○	+	++	○	+		
(F) Pariz	Vélib'	++	+	++	+	+	(A) Beč	Citybike Wien	○	+	+	○	+		
(B) Brussels	Villo!	+	++	++	+	+	(CH) Biel	velopot	+	-	+	++	+		
(D) Berlin	Call a Bike	+	+	++	++	+	(CH) Lausanne	velopass	+	+	○	○	+		
(D) Stuttgart	Call a Bike	+	+	++	++	+	(CH) Lugano	velopass	○	+	○	○	○		
(L) Luxembourg	vel'oH!	+	++	++	○	+	(DK) Aarhus	Aarhus bycykel	+	+	+	--	○		
(E) Valencia	Valenbisi	+	+	+	+	+	(I) Parma	Punto Bici Bike Sharing	○	+	+	○	○		
(D) Hamburg	StadtRAD Hamburg	○	+	++	++	+	(GB) London	Barclays Cycle Hire	○	○	+	○	○		
(I) Milan	BikeMi	○	++	++	○	+	(PL) Wrocław	WRM nextbike	○	-	++	+	○		
(I) Turin	[TO]BIKE	+	++	+	+	+	(DK) København	Bycyklen i København	+	-	++	--	○		
(E) Seville	SEVICI	+	+	+	○	+	(N) Oslo	Smartbike	-	+	+	○	○		
(F) Marseille	le vélo	+	+	++	○	+	(F) Strasbourg	Vélib'	○	-	+	○	○		
(D) Munich	Call a Bike	○	+	+	++	+	(E) Saragossa	Bizi	--	+	+	○	○		
(D) Cologne	Call a Bike	○	+	+	++	+	(S) Stockholm	Stockholm City Bikes	--	++	+	○	○		
(D) Nuremberg	Norisbike	+	+	+	+	+	(E) Barcelona	Bicing	--	++	○	○	○		
(B) Antwerp	Velo-Antwerpen	○	++	+	○	+	(I) Bari	BARINBici	-	-	○	○	-		
(D) Leipzig	nextbike	○	+	+	○	+	(P) Aveiro	BUGA	○	-	--	○	-		
(SLO) Ljubljana	Bicikelj	○	++	+	○	+	(NL) Utrecht	OV-fiets	--	-	--	○	--		
(CZ) Prag	HOMEPORT Praha	○	+	+	+	+	(NL) Amsterdam	OV-fiets	--	-	--	○	--		
(A) St. Pölten	nextbike	○	++	+	○	+	(NL) Hag	OV-fiets	--	-	--	○	--		

Ocjena: ++ jako dobro, + dobro, ○ prihvatljivo, - loše, -- jako loše

Slika 4.2. Test javnih biciklističkih sustava u europskim gradovima, (EuroTest 2012) [izvor: HAK]

Operatori bi trebali osigurati mrežu postaja i dovoljno velik broj bicikala. Također je ključno povezivanje s lokalnim javnim prijevozom npr. lociranjem biciklističkih postaja pokraj stajališta javnog prijevoza, usklađivanje cijena i informacija ili zajedničke kartice za putnike. Ne smije se ograničavati korištenje usluga za određene skupine ljudi, npr. samo za stanovnike pojedinog grada ili prema skupini korisnika. Cijene (tarife) moraju biti razumljive i atraktivne za sve skupine korisnika. Treba osigurati jednostavno korištenje i omogućiti da se bicikli mogu vratiti na sve lokacije. Točne informacije na licu mjesta, na internetskim stranicama, kao i putem pokretne mreže i to barem na engleskom jeziku su od ključne važnosti, kao i različite mogućnosti za upis i uplatu, posebno za spontane korisnike. Potrebno je osigurati samo sigurne, dobro održavane i udobne bicikle, a oglašavanje ograničiti na razumnu mjeru. Vlasti bi trebale uvesti javne sustave iznajmljivanja bicikala u većem broju gradova, te uniformirati pravila na nacionalnoj razini. Isto tako poticati povezivanje s javnim gradskim prijevozom integracijom informacijskih sustava, usklađivanjem cijena ili uvođenjem zajedničkih korisničkih kartica.

## 4.2. Institucionalni dizajn biciklističkih sustava

### 4.2.1. Operatori

Generalno gledano operatori biciklističkih sustava u Europi mogu se podijeliti u pet glavnih kategorija:

- Tvrtke za oglašavanje, tvrtke za opremanje cestovne infrastrukture ili druge javne uslužne tvrtke (npr. JCDecaux, Clear Channel, Cemusa);
- Javne ili privatne prijevoznice tvrtke (npr. Call a Bike - DB Rent, EFFIA, Veolia);
- Tvrtke kojima su sustavi javnih bicikala osnovna djelatnost (npr. Nextbike, Bicincittà, C'entro- Bici);
- Operatori lokalne uprave (npr. Vitoria-Španjolska);
- Udruge, zadruge (npr. Greenstreet-Gothenburg, Chemnitzer Stadtfahrrad).

Među njima, prva dva se odnose na velike sustave, a dok su zadnja dva karakteristika malih sustava [35].

### 4.2.2. Ugovaranje

Ugovori se razlikuju u pogledu vlasništva infrastrukture i duljine lanca vrijednosti za svaku ugovornu stranu, a uobičajen je ugovor između lokalne uprave i operatora biciklističkog sustava. Vrste ugovora se na taj način mogu podijeliti u četiri glavne kategorije (tablica 4.1.). Najčešći tip ugovora je model infrastrukture i rada za koji je odgovoran jedan operator.

Tablica 4.1. Načini ugovaranja javnih biciklističkih sustava [35]

	Infrastruktura	Rad
Opcija A1	Operator	
Opcija A2	Operator A	Operator B
Opcija B	Operator	Lokalna uprava
Opcija C	Lokalna uprava	Operator

Lokalne vlasti sklapaju ugovor s vanjskim tvrtkama za provedbu infrastrukture, kao i za rad biciklističkog sustava. U slučaju kada je odabran jedan operator za infrastrukturu i rad, on je vlasnik infrastrukture i snosi rizik poslovanja. Lokalne vlasti plaćaju iznos po jedinici vremena (npr. godine).

Uvođenje infrastrukture i rad mogu se izvesti i sa dva ili više odvojenih operatora. U tom slučaju se povećava potreba za koordinacijom među izvođačima, no mogu se ostvariti pozitivni učinci u smislu učinkovitosti, ako su izabrani stručnjaci u pojedinom specijaliziranom području.

#### 4.2.3. Troškovi i financiranje

Troškovi i financiranje su ključni problemi sustava javnih bicikala. Moraju se uzeti u obzir dvije različite točke gledišta, koje se često miješaju: troškovi ulaganja i rada biciklističkog sustava (sa operativne točke gledišta); te troškovi koji proizlaze u svezi s ugovaranja s operatorom (iz pogleda lokalne vlasti).

Glavni troškovi iz operativnog stajališta mogu se podijeliti u dvije glavne kategorije: infrastruktura i uvođenje, te troškovi rada.

Ovisno o konfiguraciji sustava, troškovi uvođenja u velikim sustavima mogu povećati jediničnu cijenu po biciklu, zbog troškova gradnje postaja većih kapaciteta, što je vidljivo u tablicama 4.2. i 4.3. Troškovi uvođenja obično se amortiziraju tijekom trajanja ugovora ili tijekom vijeka trajanja sustava, u slučaju da lokalna uprava djeluje bez pomoći vanjskog operatora.

Tablica 4.2. Primjer - troškovi uvođenja biciklističkog sustava "Bicing", Barcelona [35]

Infrastruktura i implementacija	Udio u ukupnim troškovima
Implementacija biciklističkih postaja (terminali, priključne točke i tehnologija zaključavanja, planiranje stanica, zemljani radovi i kabliranje)	70%
Bicikli	17%
Servisne i logističke djelatnosti	6%
Komunikacije	5%
Administracija	2%

Konfiguracija sustava sa postajama koje ne trebaju zemljane radove (npr. stanice pogonjene solarnom energijom ili baterijama), a pogotovo modeli sustava bez biciklističkih postaja, mogu uvelike smanjiti troškove uvođenja i održavanja u odnosu na modele bazirane na konvencionalnim postajama.

Tablica 4.3. Primjer - troškovi održavanja "Bicing" sustava, Barcelona [35]

Troškovi održavanja	Udio u ukupnim troškovima
Preraspodjela bicikala	30%
Održavanje bicikala	22%
Održavanje postaja	20%
Informatička podrška*	14%
Administracija	13%
Zamjena (bicikli, stanice)	1%

---

**\*Informatička podrška**

*"Back-end" opisuje sve IT sustave koji se izvode na strani operatora i nevidljivi su za kupca (nadzor postaja, planiranje preraspodjele, upravljanje kvarovima, upravljanje korisničkim podacima, naplata)*

*"Front-end" opisuje sve IT sustave sa mogućnostima korištenja i interakcije za kupce i potencijalne korisnike. (registracija, najam, informacije, plaćanje)*

### 4.3. Rad sustava javnih bicikala

Osnovni princip skoro svih sustava u svijetu je gotovo identičan: korisnici plaćaju članarinu, preuzimaju bicikl koji je zaključan u stalku za bicikl ili elektroničkoj priključnoj stanici, te vraćaju bicikl na bilo koju dostupnu stanicu u sustavu. Opseg svakog programa, varira od grada do grada. Osnovne karakteristike sustava javnih bicikala:

- korištenje bicikla za jednosmjerni osobni prijevoz ili kao dopunski sustav javnog gradskog prijevoza
- samoposlužni korisnički pristup uzimanja i vraćanja bicikla – napredna tehnologija omogućuje pristup sustavu bez posredničkog osoblja, brzo, jednostavno i sigurno
- brz i jednostavan postupak uzimanja bicikla – registracija korisnika unutar jedne minute uz korištenje suvremenih tehnoloških rješenja
- mreža posudbenih točaka – korisnik uzima i vraća bicikl s jedne od umreženih postaja
- registracija korisnika i polaganje depozita
- gustoća mreže – gustoća postaja s razmakom od 300 do 400 metara
- besplatno početno korištenje (najčešće pola sata) – poticanje korištenja pretplate na dnevnoj i tjednoj bazi

Temelj sustava sačinjava razmjerno gusta mreža od nekoliko desetaka do nekoliko stotina posebnih postaja za parkiranje, odnosno unajmljivanje ovih posebno dizajniranih bicikala (slika 4.3.).



Slika 4.3. Korištenje servisa javnih bicikala u europskim gradovima [36]



Poželjno je da mreža ovih postaja bude što gušća kako bi udaljenost do bilo kojeg odredišta na obuhvaćenom području grada bila što manja. Osobito je važno da se takve parkirne postaje nalaze u prometnijim dijelovima grada, poput okretišta i terminala javnog prijevoza, mjesta križanja prometnijih linija javnog prijevoza te posjećenijih javnih prostora poput trgova, tržnica i slično. Iskustva iz Pariza govore da idealna međusobna udaljenost između najbližih stanica iznosi oko 250 do 350 metara, dok kapacitet svake postaje ovisi o lokaciji, no uglavnom varira između 15 i 40 parkirnih mjesta.

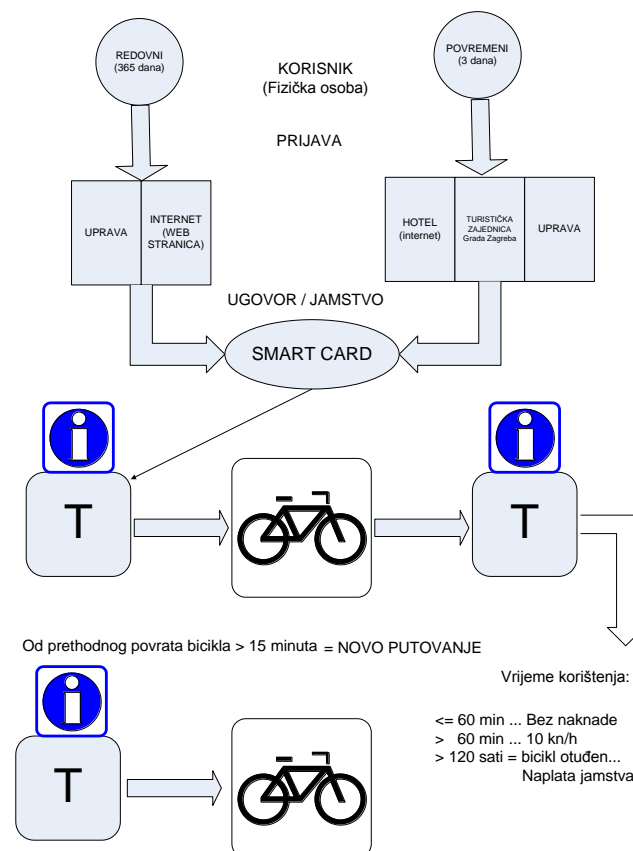
Uvjet koji korisnici moraju zadovoljiti kako bi dobili pravo i mogućnost upotrebe javnih bicikala jest da se registriraju pri tvrtki ili organizaciji koja upravlja sustavom, te da plate članarinu ili pretplatu koja može biti dnevna, tjedna, mjesečna ili godišnja. Unajmljivanje se može obaviti pomoću Interneta, mobitela ili posebne magnetske ili čip-kartice i to na bilo kojoj parkirnoj postaji u gradu. Na njima korisnici mogu besplatno unajmiti bilo koji raspoloživi bicikl na kojemu se mogu odvesti do bilo koje druge takve postaje u gradu. Tamo ostavljaju bicikl zaključan elektronskom bravom, kako su ga prvotno i našli, a računalni sustav automatski bilježi da je bicikl vraćen i da stoji na raspolaganju drugim korisnicima (slika 4.4.).



Slika 4.4. Funkcioniranje standardnog sustava javnih bicikala [34]

Korisnici mogu ponovno posuditi bilo koji bicikl određeni period nakon vraćanja, pa tako i onaj koji su maloprije vratili, ako je taj još na raspolaganju. Pred korisnicima, osim ovoga, ne postoji neko drugo ograničenje dnevnog broja mogućih posudbi bicikla. Istovremeno, dok god pojedina posudba traje najviše pola sata, korisnici osim članarine za upotrebu sustava neće platiti ništa. Tek cijena posudbe koja traje dulje od pola sata kumulativno raste za određeni iznos svakih dodatnih pola sata. Razlog tome je što je glavna svrha ovih bicikala strogo utilitaristička; javni bicikli trebali bi biti funkcionalna zamjena ostalim oblicima prijevoza, dostupan za što veći broj putovanja što većeg broja građana, a ne bi se trebali upotrebljavati kao tipičan rent-a-bike servis, za besciljnu rekreativnu vožnju, zabavu i slično. Pretpostavka je da će korisnik kojeg čeka "kazna" za prekoračenje vremena besplatne posudbe, biti manje sklon monopoliziranju bicikla, te će bolje paziti da bicikl što prije vrati na predviđeno parkirno mjesto u blizini svog odredišta, gdje će bicikl biti na raspolaganju drugim putnicima.

Primjer sličnog koncepta predstavljen je u Zagrebu 2008. godine pod imenom "ZG-bike" (slika 4.5.). Projekt bi u početku trebao imati 20-tak postaja i oko 400 bicikala, ali do danas nije došlo do njegove realizacije [36].



Slika 4.5. Shema korištenja bicikla u "ZG-biciklu" [36]

Veliki problem kod većine javnih biciklističkih sustava predstavljaju vandalizam i krađa. Kako bi se obeshrabrili kradljivci koji su "zaboravili" vratiti bicikl, u slučaju nevraćenog bicikla od korisnika se naplaćuje određeni depozit koji je osiguran prilikom registracije korisnika. Zbog razmjerno visoke cijene svakog pojedinog bicikla, koji pored uobičajene opreme za gradsku vožnju ima i sustav za elektronsko zaključavanje, pun iznos cijene bicikla koji bi se naplatio korisnicima koji ukradu ili izgube bicikl bio bi, za prosječne građane, vjerojatno preskup i demotivirajući. Zato je izuzetno bitno da se građane senzibilizira s čitavim projektom, te da im se osvijesti potreba čuvanja bicikala od krađe i vandala.

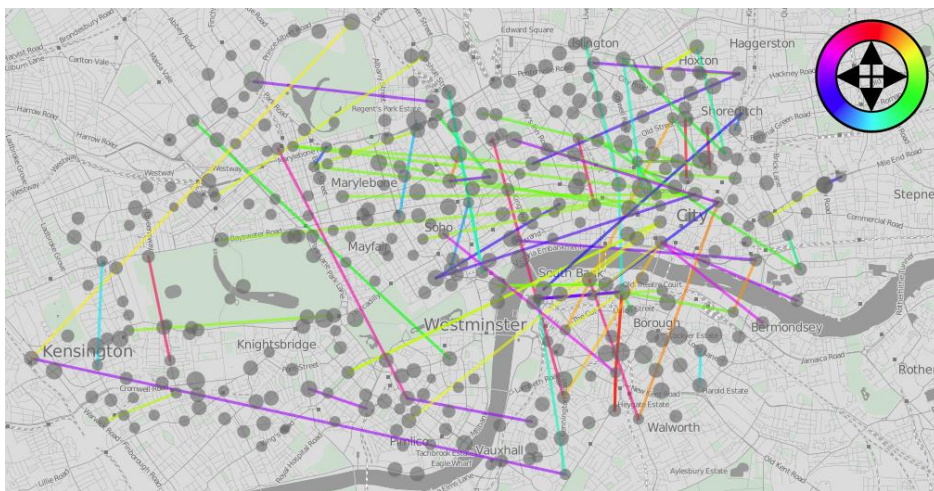


Slika 4.6. Konstrukcija javnog bicikla [34]

Upravo radi borbe protiv vandalizma i kradljivaca svi su bicikli prepoznatljivog izgleda, te se niti jedan dio bicikla ne može odstraniti bez posebnog alata, a čak ni tada kradljivcima ne mogu mnogo koristiti, jer dijelovi ovih bicikala nisu kompatibilni niti s jednim tipičnim modelom bicikla. Također, kao što je odmah vidljivo na slici 4.6., ovi bicikli nisu zamišljeni za vožnju po šumama i poljima, nego samo po gradskom asfaltu, pa su adekvatno i opremljeni: imaju udobno sjedalo, dinamo i svjetla, košaricu, blatobrane, široke kotače, glatke gume i mali broj brzina.

Iako je koncept javnih bicikala doživio nepodijeljenu podršku i veliki odaziv korisnika u mnogo gradova širom svijeta gdje je isproban, pojavile su se i određene poteškoće vezane uz provođenje zamišljenih projekata. Analiza je pokazala da se korisnici ponekad suočavaju s nemogućnošću povrata bicikla, jer je stanica u kojoj žele vratiti bicikl već puna. Sljedeći problem je povremeni nedostatak bicikala u pojedinim postajama, što je također dovodi do

nezadovoljstva korisnika. Ti problemi se najčešće rješavaju razmještanjem bicikala na različite postaje u gradu, no racionalni pristup upravljanju sustavom javnih bicikala zahtjeva razvijanje praktičnih algoritamskih rješenja i matematičkih modela koji nam ukazuju koju postaju bicikla treba napuniti, a koju isprazniti, te kada to treba učiniti. U malim gradovima sa stotinjak mjesta pohrane bicikala, to nije veliki problem i uvijek se može riješiti uz pomoć ljudske radne snage, dok je jedino učinkovito rješenje u većim gradovima upravljanje uz pomoć računalnih programa (slika 4.7.). Ispituju se načini usmjeravanja i raspoređivanja kamiona za premještanje vozila, kao i dizajniranje ostalih operativnih elemenata i unutar sustava.



Slika 4.7. Vizualizacija korištenja i protoka javnih bicikala u Londonu [37]

## 5. Primjena informacijskih usluga temeljenih na lokaciji u sustavu javnih bicikala

Različite potrebe u različitim vremenima dovode do različitih rješenja. Putnici i vozači se žele kretati brže, jeftinije, sigurnije, jednostavnije, udobnije, pouzdano, te sa više informacija. Prijevozni operateri žele pružiti uslugu koja je učinkovitija i profitabilna, dok regulatori traže manje zagušenja u prometu, manje zagađenja i manje potrošnje energije. Međutim, kašnjenja, potrošnja energije, te zagađenje zraka uzrokovano zagušenjem prometa sve se više povećavaju, prisiljavajući vlasti da se suoče sa poteškoćama u financiranju prometne infrastrukture koja može zadovoljiti potražnju. Konvencionalni transport usredotočen je na učinkovito kretanje vozila koristeći strategije izgradnje cesta, poboljšanje cestovne mreže i sustave upravljanja transportom (*Transportation System Management - TSM*) [38]. Ipak, fokus najnovijih ciljeva sustava upravljanja prometom pomaknut je na tranzitno-orijentirani i ne-motorizirani održivi prijevoz i to kroz upravljanje potražnjom prijevoza (*Transportation Demand Management - TDM*) i inteligentne transportne sustave (*Intelligent Transportation System - ITS*) [38].

Ovi novi trendovi u transportu ne pronalaze rješenja kroz nove transportne modalitete i infrastrukturu, nego su označili promjenu paradigme u inovativna rješenja transportnih problema i potreba. Novi izazovi i buduća kretanja u prijevozu uključuju pitanja kako koristiti i dijeliti transportne objekte na učinkovitiji način, te kako angažirati nove ICT tehnologije kako bi se putnicima pružile informacije u stvarnom vremenu.

Temeljna premisa koncepta javnih bicikala je održivi prijevoz. On se razlikuje od tradicionalnih oblika iznajmljivanja bicikala, koji se uglavnom orijentirani na korištenje za slobodno vrijeme i rekreaciju: mogu se "iznajmiti" na jednom mjestu, a onda vratiti tamo ili na neko drugo mjesto; pružaju brz i jednostavan pristup; imaju različite poslovne modele; koriste primijenjenu tehnologiju (smart kartice i/ili mobilni uređaji); često dizajnirani kao dio sustava javnog prijevoza. Naknada za iznajmljivanje je u većini sustava temeljena na naplati naknade za vremenski period, a prvih pola sata je najčešće besplatno. Stanice za preuzimanje i povratak bicikla rade 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu. One su strateški postavljene u pravilnim intervalima diljem grada, što ih čini lako dostupnima sa postaja javnog prijevoza, kao i sa uredskih i trgovačkih područja.

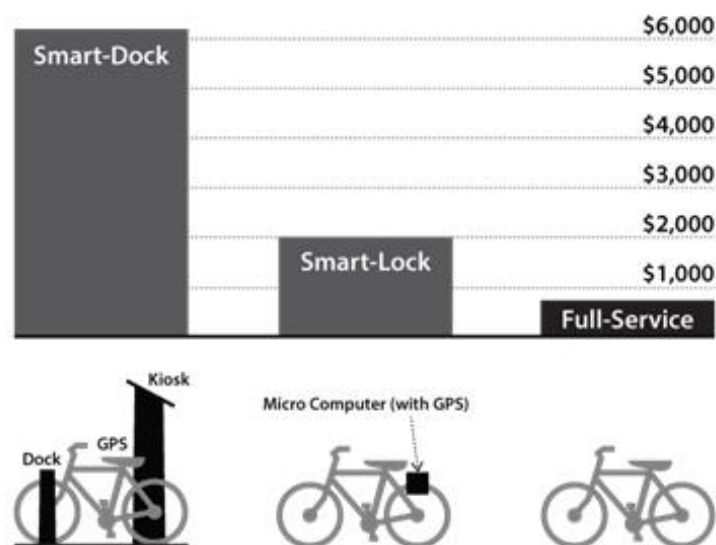
Najnoviji sustavi rade s naprednim tehnologijama i pružaju korisnicima informacije o dostupnosti bicikala u realnom vremenu. Ovi "pametni" sustavi javnih bicikala pružaju kariku koja nedostaje između postojećih točaka javnog prijevoza i željene destinacije, nudeći novi oblik mobilnosti koji nadopunjuje postojeći sustav javnog prijevoza.

Sustavi javnih bicikala doživljavaju sve veće usvajanje u velikim gradovima diljem svijeta. U tim sustavima, korisnik može podići i vratiti bicikl na određenu postaju za dijeljenja bicikla s konačnim brojem parkirnih mjesta (dokova). Nažalost, ponašanje korisnika rezultira prostornom neravnotežom bicikla tijekom vremena. Ravnoteža sustava često je karakterizirana neprihvatljivo niskom dostupnošću bicikala ili praznim dokovima. Stoga operatori provode rebalans bicikla.

Kako bi se izbjegao problem nedostatka bicikala na jednom mjestu i prepunih postaja na drugom, optimizacija preseljenja javnih bicikala je potpomognuta korištenjem novih tehnologija radi određivanja položaja bicikala i njihovog premještanja u određenom razdoblju.

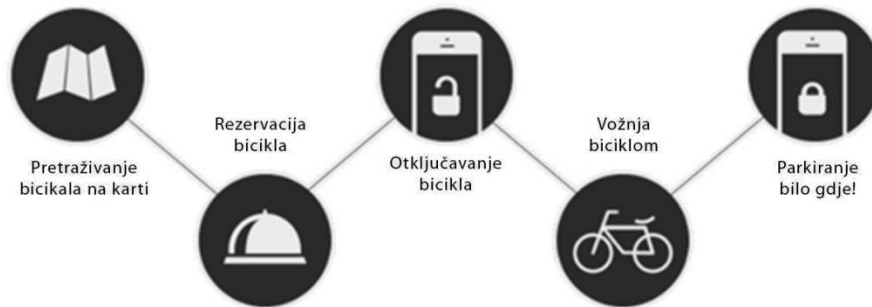
### 5.1. Napredne informacijsko komunikacijske tehnologije i usluge

Korisnik nekog transportnog sustava ne voli nesigurnost na svom putu. Ako može dobiti personaliziranu, trenutnu informaciju o prometu i javnom prijevozu ili rješenja koja mu pomažu donijeti odluku na putu prema njegovom odredištu, on će imati mnogo manje neizvjesnosti u tom procesu. Shvaćanje mogućnosti pojma trenutne mobilnosti zahtijeva sveobuhvatne informacije o mjestu i odredištu za svakog korisnika, informacije o mjestu i statusu za sve moguće vrste prijevoza, kao i uređaje za prikupljanje, objavljivanje i korištenje ovih informacija na temelju potreba korisnika. Pojam trenutne mobilnosti izvediv je kao primjena od nedavno popularnog koncepta upravljanja velikim podacima (*"Big Data" management*).



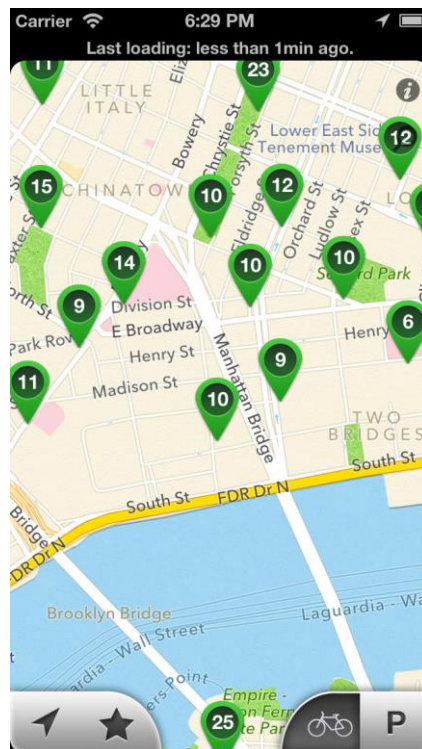
Slika 5.1. Snižavanje troškova sustava ugradnjom "smart-lock" tehnologije [42]

Isto tako, kako bi se sustav javnih bicikala pojednostavio i pojeftinio potrebno je promijeniti uobičajen način korištenja na način da se bicikli uzimaju i vraćaju u postaje. To se može postići na način da sami bicikli dolaze s ugrađenim bravama ("smart-lock" sistemi, slika 5.1.) i jedinicama za određivanje položaja.



Slika 5.2. Pojednostavljeni prikaz usluge korištenja javnih bicikala [43]

Takvim pristupom usluga korištenja javnih bicikala može biti vrlo jednostavna (slika 5.2.); ona nudi pretraživanje bicikala pomoću karte lokalnog područja, na kojoj se mogu vidjeti svi bicikli koji su ponuđeni za korištenje (slika 5.3.).



Slika 5.3. Aplikativno rješenje usluge korištenja javnih bicikala [44]

Pojedini bicikl se može rezervirati na neko vrijeme, preuzeti na lokaciji i otključati. Nakon korištenja bicikl se može zaključati bilo gdje i kao takav će biti spreman za sljedećeg korisnika (Slika 5.4.).



Slika 5.4. Zaključavanje bicikla pomoću "smart-lock" sistema [35]

## 5.2. Određivanje pozicije bicikla

GPS uređaj daje pozicije u WGS84 koordinatama, koje se temelje na Svjetskom geodetskom sustavu za određivanje GPS pozicije na Zemlji. Prije mapiranja mjesta na cesti, te se koordinate trebaju pretvoriti u koordinate koje se temelje na lokalnom referentnom sustavu za određivanje pozicije na karti.

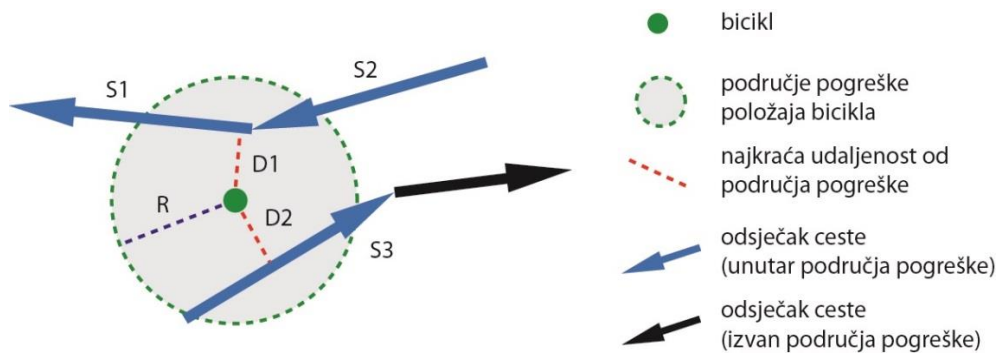
Položaj bicikla nije od neke koristi ako ga se ne poveže s mapom cestovne mreže. Na taj se način dobiva brza informacija za taj segment ceste, kao i mogućnost da se utvrdi put između trenutne i prethodne pozicije. Vrlo je važan algoritam koji traži podudarni segment ceste za svaku primljenu poziciju bicikla, jer se može dobiti više prometnih informacija korištenjem putanje kretanja bicikala.

Zbog velikog broja cestovnih segmenata i bicikala, sustav ima samo djelić sekunde pri izboru nekoliko potencijalnih cestovnih segmenata, te stoga mora biti vrlo precizan i što je još važnije, mora biti vrlo brz. Sustav pohranjuje segmente ceste u strukturne prostorne podatke kako bi se olakšao postupak usklađivanja mjesta na cesti. Područja obuhvaćena pojedinim geografskim objektom unaprijed se izračunavaju i koriste kao indeks za brzo pretraživanje.

Svaki put kada se dobije položaj bicikla, sustav izračunava područje oko mjesta gdje se mogući cestovni segmenti mogu nalaziti, a zatim vadi skupove cestovnih segmenata koji odgovaraju tom području koristeći njihova geografska svojstva. Ti cestovni segmenti moraju

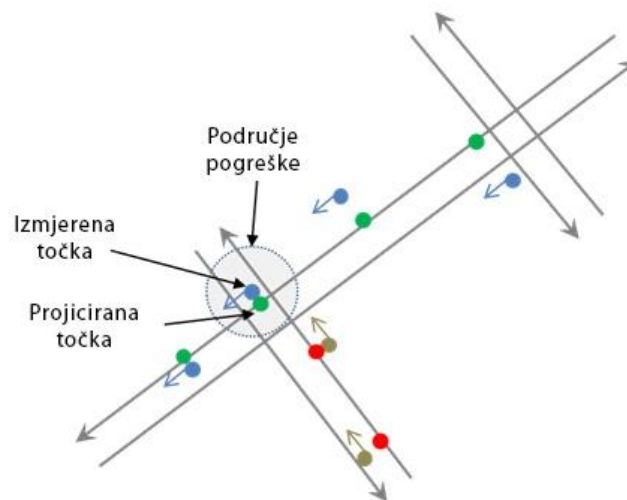


proći kroz proces selekcije prije no što se izabere onaj koji se najbolje podudara za položajem bicikla. Slika 5.5. prikazuje osnovni princip izbora ceste u ovisnosti o lokaciji.



Slika 5.5. Proračun izbora ceste u ovisnosti o lokaciji bicikla  
 Napomena: Autor se poziva na izvor 41; sliku je izradio sam, ali je podatke pronašao u izvoru 41.

Segment ceste na kojem se bicikl nalazi biti će onaj koji ima sličan smjer i najkraću udaljenost od lokacije bicikla (slika 5.6.).



Slika 5.6. Usklađivanje GPS točaka sa mapom cestovne mreže  
 Napomena: Autor se poziva na izvor 45; sliku je izradio sam, ali je podatke pronašao u izvoru 45.

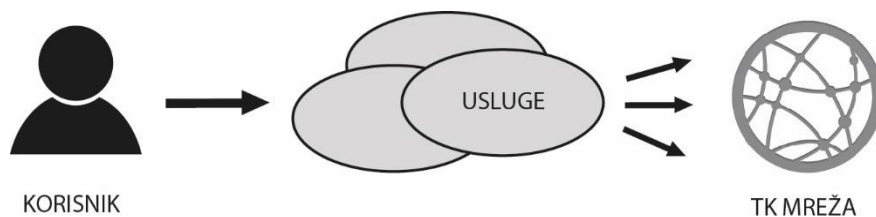
Za izračun brzine putovanja, mora biti poznata putanja bicikla između dva izmjerena vremena. S obzirom na početak i kraj putovanja, najkraći put koji spaja dvije točke izračunava se primjenom algoritama za pronalaženje koji sustavu omogućavaju obradu više tisuća bicikala u kratkom vremenu.

Rekonstitucijom podataka o brzini dobivaju se informacije o brzini za cestovne segmente gdje nema podataka. To osigurava da korisnici neprestano dobivaju pouzdane informacije o brzini. Rekonstitucija podataka o brzini se postiže ili korištenjem povijesnih

podataka (vremenski bazirana rekonstitucija) ili pomoću podataka iz susjednih cesta (prostorno bazirana rekonstitucija). Kod vremenski bazirane rekonstitucije, pretpostavlja se da je trenutna brzina prometa jednaka povijesnoj brzini prometa od zadnjih nekoliko minuta. Kod prostorno bazirane rekonstitucije, koriste se uzorci brzine susjednih segmenata ceste da bi se izračunala trenutna brzina prometa.

### 5.3. Kompozicija sustava

Tradicionalni mrežno orijentirani pogled na informacijsko komunikacijske usluge definiran je na način da telekomunikacijska mreža nudi usluge koje imaju svoje pretplatnike. Nasuprot tome, suvremeno gledanje je korisničko orijentirano, tj. ide u smjeru da korisnici svojim korisničkim zahtjevima pristupaju uslugama koje koriste mrežne kapacitete (slika 5.7.).



Slika 5.7. Suvremeni pristup informacijsko-komunikacijskim uslugama

*Napomena: Autor se poziva na izvor 16; sliku je izradio sam, ali je podatke pronašao u izvoru 16.*

U provedbi rješenja nekog sustava, sudionici iznose svoje potrebe i pokazuju svoje zanimanje, te doprinose svojim znanjem i vještinama. Sudionici (dionici; eng. stakeholders) su osobe, skupine ili institucije čije potrebe i interesi mogu doprinijeti rješavanju nekog problema. [32]

#### **Krajnji korisnik**

Osnovni sudionik u lancu vrijednosti od kojeg kreće potražnja za određenom uslugom. Korisnik zahtjeva uslugu korištenja bicikla i koristi aplikaciju koju mu nudi sustav putem pokretne mreže.

#### **Operator pokretne mreže**

Operator pokretne mreže je pravna ili fizička osoba koja pruža ili je ovlaštena pružati javnu komunikacijsku uslugu u pokretnoj mreži ili davati na korištenje javnu komunikacijsku pokretnu mrežu ili povezanu opremu. U kontekstu informacijskih usluga temeljenih na

lokaciji operator pokretne mreže pruža uslugu lociranja korisnika, te nadzire i održava informacijsko-komunikacijske sustave koji sudjeluju u procesu lociranja korisnika.

### **Davatelj usluge biciklističkog sustava**

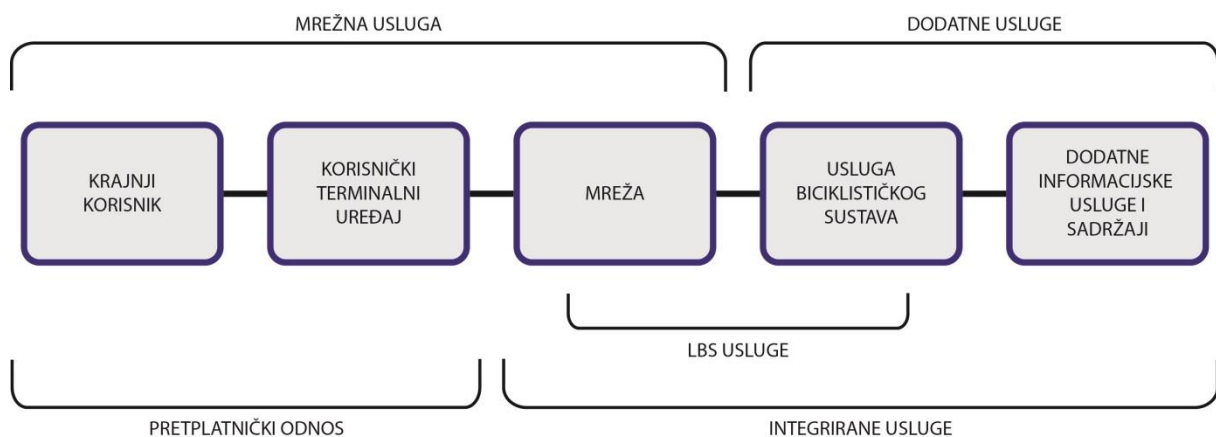
Nudi uslugu korištenja javnog biciklističkog sustava kao odgovor na potražnju na tržištu ili potrebu za učinkovitijim javnim gradskim prijevozom. Bavi se upravljanjem sustavom, razmještajem i servisom bicikala.

Davatelj usluge također kreira sustav, kao i aplikaciju za korištenje sustava. Aplikacija nudi upravljanje informacijama o poziciji bicikala, te daje mogućnost rezervacije, privremenog zaustavljanja i otpuštanja bicikla.

### **Davatelji dodatnih usluga**

Predstavljaju sudionike koji su indirektno zainteresirani za uključivanje u javni biciklistički sustav, te da kao partneri ili podugovaratelji pružaju razne vrste informacija, usluga i proizvoda na temelju prodajnih i marketinških aktivnosti. Informacije mogu biti one o stanju u prometu ili trenutnom vremenu, kao i prognozi za neki kraći period koji je od interesa za krajnjeg korisnika sustava. Oglašavati se mogu razne vrste usluga i proizvoda, koji su povezani sa lokacijom, tj. kretanjem korisnika, kao i sa obrascima ponašanja korisnika.

Vrijednosni lanac je dosta fragmentiran sa dionicima koji na razne načine sudjeluju u dizajniranju i razvoju sustava, kao i u ponudi usluga i proizvoda (slika 5.8.).



**Slika 5.8. Vrijednosni lanac usluge korištenja sustava javnih bicikala**

*Napomena: Autor se ne poziva na izvor jer slika nije preuzeta, niti napravljena u skladu s nekim izvorom (autor je sam načinio ovu sliku)*

Korisnik je u pretplatničkom odnosu sa operatorom pokretne mreže. S druge strane operator mobilne mreže posjeduje opremu i tehnologiju za pozicioniranje, koju osigurava za davatelja usluge biciklističkog sustava.

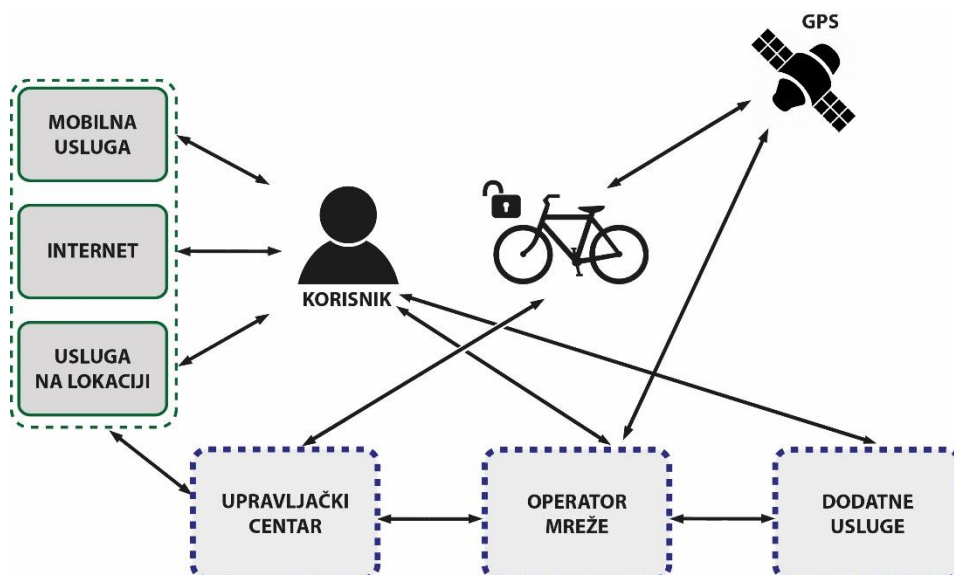
Korisnik daje zahtjev za uslugama biciklističkog sustava, a time i uslugama temeljenim na lokaciji. Koristeći te usluge stvara vrijednost za sebe, no da bi usluga bila održiva mora istovremeno stvarati vrijednost i za pružatelja usluge mobilne mreže kao i za davatelja usluge biciklističkog sustava.

Prema tome na drugoj strani davatelj usluge biciklističkog sustava nudi uslugu reklamiranja dodatnih usluga i proizvoda povezujući tako korisnika sa davateljima dodatnih usluga, kao i ponuđenim proizvodima. S obzirom da je davateljima dodatnih usluga i proizvoda u interesu da povećaju vlastiti promet, oni na taj način smanjuju cijenu korištenja biciklističkog sustava, te time stvaraju dodatnu vrijednost za korisnika, kao i za davatelja usluge biciklističkog sustava putem ostvarene naknade za reklamiranje.

U konačnici davatelj usluge biciklističkog sustava ima dodatni interes u prikupljanju podataka o korisničkim navikama i profilima, koje može ponuditi drugim stranama u svrhu unapređenja njihovog poslovanja, kao i drugim tvrtkama koje se bave direktnim marketingom.

#### 5.4. Arhitektura sustava i mogućnosti uporabe

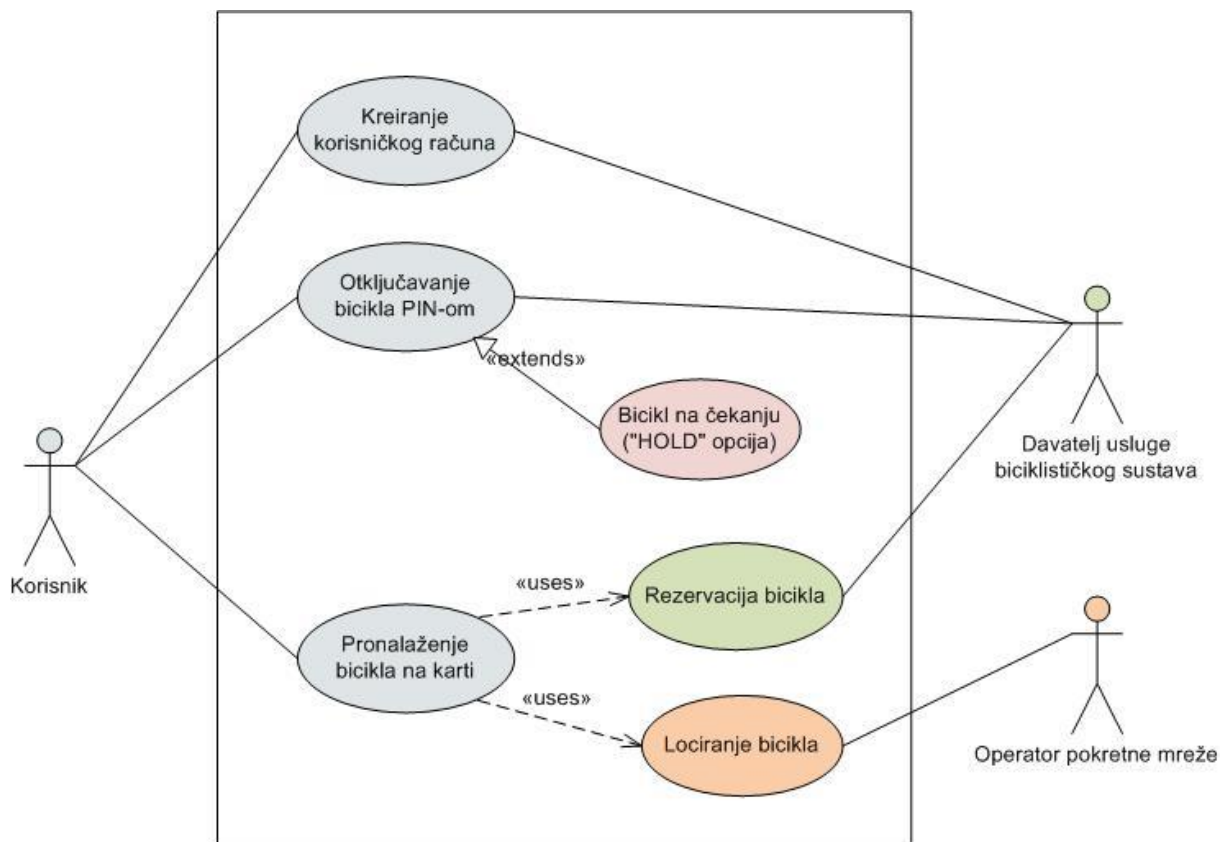
Sustav se sastoji od upravljačkog centra, javnih bicikala, korisnika, te aplikacije dostupne putem mobilnog uređaja, Interneta ili fiksnih točaka po gradu. Upravljački centar je uglavnom odgovoran za pozadinsko upravljanje funkcijama sustava, što uključuje upravljanje informacijama o biciklima, upravljanje otpremom i kretanjem bicikala, te upravljanje informacijama o korisnicima (slika 5.9.).



Slika 5.9. Arhitektura sustava

*Napomena: Autor se ne poziva na izvor jer slika nije preuzeta, niti napravljena u skladu s nekim izvorom (autor je sam načinio ovu sliku)*

Sustav je dizajniran tako da korisnicima pruža slobodu pronalaženja i korištenja bilo kojeg bicikla u blizini koristeći aplikaciju na mobilnom uređaju (slika 5.10).



Slika 5.10. Dijagram slučaja uporabe

*Napomena: Autor se poziva na izvor 46; sliku je izradio sam, ali je podatke pronašao u izvoru 46.*

Korisnik pomoću mobilnog uređaja (Interneta) korištenjem aplikacijskog sustava daje zahtjev za kreiranjem korisničkog računa. Unosi osobne podatke, koji će naknadno služiti za identifikaciju korisnika kod prijave u sustav (autentifikacija ulaznom lozinkom). Prijavom u sustav evidentira se korištenje usluge od strane određenog korisnika.

Nakon prijave u sustav, korisnik daje zahtjev za lociranjem i pronalaženjem najbližeg bicikla. Otvaranjem preglednika na pretraživaču mobilne aplikacije vidljivi su mu svi raspoloživi bicikli u određenom krugu s obzirom na veličinu pretraživanja.

Sustav može ponuditi razne varijante usluga s obzirom na bicikla koji se odabire, te obzirom na unesene parametre puta:

- besplatno za određeni početni period korištenja,
- povoljnije za definiranje lokacije odredišta od strane korisnika,

- povoljnije za odabir ponuđene rute putovanja,
- povoljnije ili besplatno za korištenje reklamnih i maloprodajnih usluga,
- bonus besplatno vrijeme za prijavu nedostataka/kvara na biciklu,
- bonus besplatno vrijeme za davanje informacija o stanju u prometu i sl.

Sustav također može ponuditi optimalna rješenja za neku određenu točku- kombinacije sa korištenjem više bicikala ili drugih oblika javnog prijevoza (gradski autobus, gradska željeznica, taxi i sl.), a naplatiti će određeni iznos samo u slučaju korištenja nakon određenog perioda vremena, te za korištenje nepovoljnih određujućih lokacija.

Korisnik rezervira odabrani bicikl (rezervacija čeka u kraćem periodu), te ga preuzima, otključava pomoću PIN broja dobivenog putem aplikacije i koristi. Korisnik može napraviti i kraće zaustavljanje kada je to potrebno, na način da uključi opciju "hold" na sustavu za zaključavanje bicikla. Na taj način osigurava da drugi korisnici sustava ne mogu uzeti bicikl tijekom tog perioda zaustavljanja.

Završetkom korištenja bicikla korisnik se odjavljuje iz sustava, te time aktivira automatski sustav za zaključavanje na biciklu, a bicikl se u pregledniku sustava prikazuje kao slobodan za korištenje. U slučaju da se korisnik ne odjavi iz sustava, a pritom ne uključi "hold" opciju, nakon određenog kraćeg vremena sustav će naplatiti određeni iznos sa računa korisnika. Time se sprječava nesavjesno ostavljanje bicikala.

U koliko je korisnik na početku vožnje definirao određenu točku ili koristi točno određenu povoljnu rutu putovanja, bicikl je cijelo vrijeme prisutan u pregledniku aplikacije sa trenutnom pozicijom u stvarnom vremenu, te procijenjenim vremenom dolaska na određeno mjesto. Na taj način drugi korisnici mogu ocjenjivati isplativost čekanja na dolazeći bicikl. Rezervacija takvog bicikla traje sve do dolaska na određenu poziciju prethodno definiranu od strane prvog korisnika.

Većina putovanja tijekom kupnje pokriva udaljenosti koje se lako mogu pokriti hodanjem ili vožnjom biciklom. Iako biciklisti tijekom svakog posjeta trgovini manje kupuju (u usporedbi s korisnicima automobila), oni češće odlaze u kupnju. Istraživanja pokazuju da je opseg prodaje po biciklistu mjesečno veći od onog korisnika automobila. [32]

Davatelj usluge sustava javnih bicikala može u suradnji sa pružateljima dodatnih usluga ponuditi svojim korisnicima korištenje raznih usluga. Temeljem međusobnog ugovora, mogu se ponuditi razne vrste usluga, koje će se putem sustava reklamirati i nuditi korisnicima na temelju njihove pozicije. Takve usluge mogu biti direktno vezane uz putovanje biciklom kao npr. stanje u prometu ili kratkoročna prognoza vremena, ali mogu biti vezane i uz široku

ponudu raznih usluga koje su interesantne korisniku sustava. Osim usluga, reklamirati se mogu i fizički proizvodi koji se prodaju u obližnjim trgovinama koje su smještene uz rutu putovanja korisnika.

U slučaju da korisnik iskoristi ponudu usluga ili proizvoda koji se nude putem sustava ostvaruje određene pogodnosti tijekom putovanja biciklom tako da u nekim slučajevima putovanje može biti jeftinije, a u nekima čak i besplatno bez obzira na vrijeme ili dužinu korištenja.

Sustav prati poziciju korisnika u stvarnom vremenu i na temelju određenog plana puta, unesene lokacije odredišta, kao i predviđanjem na temelju trenutne pozicije ili segmenata puta, nudi spomenute usluge i proizvode. Kontinuiranim praćenjem ponašanja korisnika sustav može segmentirati pojedinog korisnika i ponuditi mu specifične usluge i proizvode koji su temeljeni ili na lokaciji ili na utvrđenim obrascima ponašanja pojedinog korisnika. Ako neki korisnik npr. prolazi određenom rutom i kupuje određeni proizvod svakoga dana, sustav ga obavještava o ponudi takvih i sličnih proizvoda u okolici, a zainteresirani trgovci mogu ponuditi popuste u slučaju da korisnik odluči koristiti njihove usluge (slika 5.11.).



Slika 5.11. Mogućnosti reklamiranja proizvoda i usluga  
*Napomena: Autor se ne poziva na izvor jer slika nije preuzeta, niti napravljena u skladu s nekim izvorom (autor je sam načinio ovu sliku)*

Na ovaj način može biti kreirano mnoštvo raznih varijanti međusobnih odnosa, gdje se za sve sudionike u vrijednosnom lancu stvara dodatna vrijednost.

## 5.5. Primjer nadogradnje informacijske usluge sustava javnih bicikala

Korištenje ovakvih vrsta informacijskih usluga može se vidjeti na primjeru aplikacije "Modeify" američke konzultantske tvrtke Conveyal, koja je specijalizirana za "open source" tehnološka rješenja u transportnom sektoru. Modeify je planer za multimodalna putovanja koji korisnicima olakšava donošenje odluka o načinu putovanja. Vršiti se analiza troškova, utjecaja na okoliš, uštede vremena i zdravstvenih beneficija kako bi se pronašla putovanja koja donose prednosti i korisniku i zajednici (slika 5.12.) [47].

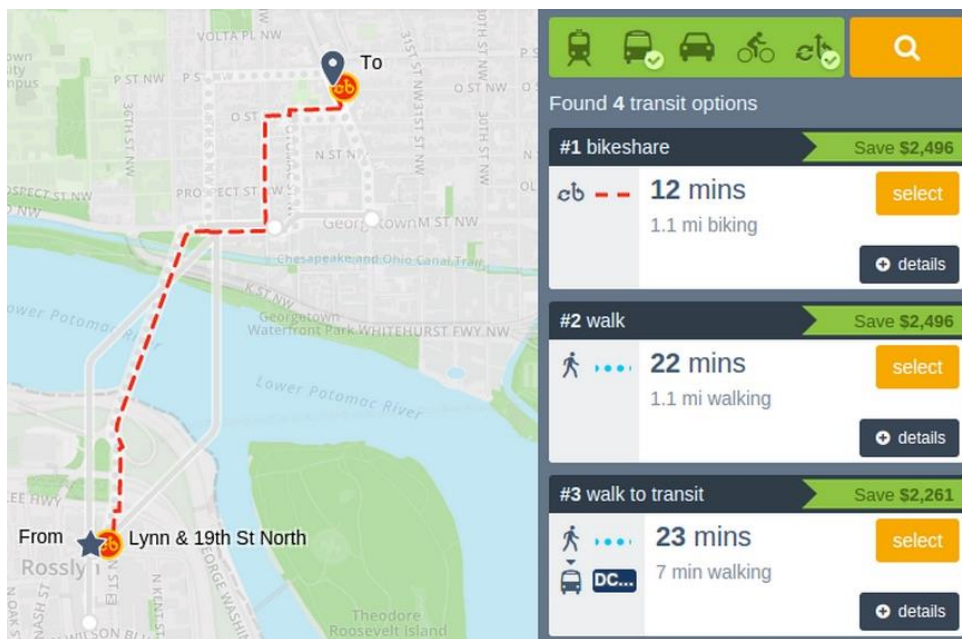
			
	26 min	Free	None
	27 min	\$2.15	0.72 mi
	17 min	\$13.05	None
	42 min	\$1.60	0.11 mi
	73 min	Free	3.6 mi

Slika 5.12. Primjer transportnih opcija koje nudi planer Modeify [47]

Korisnicima se pruža mogućnost sagledavanja i onih putnih mogućnosti koje inače ne bi bile očite. Temeljno usmjeravanje je u potpunosti multimodalno i pokriva javni prijevoz, hodanje, biciklizam i vožnju, s naglaskom na "rideshare" opcije (dijeljenje prijevoza). Mogućnosti prijevoza izražene su na način koji je razumljiv novim korisnicima, s naglaskom na strukturu glavnog putovanja, a ne na specifične rute. Prikazane su kombinacije transportnih modova (npr. biciklizam do autobusnog prijevoza) gdje je to prikladno. Pružajući jasan i sažet pregled mogućnosti, korisnici imaju kontekst koji im je potreban da bi bili donosili informirane odluke o putovanju [47].



Dostupnost opcije korištenja sustava javnih bicikala može se koristiti u planiranju svakodnevnih putovanja kao što su npr. kraća poslovna putovanja unutar grada. Kako opcija javnih bicikala može u nekim slučajevima i prepoloviti vrijeme putovanja u gradskim sredinama, korisnik neće potrošiti dobar dio svog radnog vremena samo na putovanje. Osim toga takva opcija će donijeti i određene uštede u poslovanju.



Slika 5.13. Mogućnosti ostvarivanja vremenskih i finansijskih ušteda- aplikacija Modefy [48]

Temelj izgradnje održivog TDM (*Transportation Demand Management*) programa je učenje kako putnik donosi odluke na temelju raspoloživih informacija. Napredne tehnologije i alati poput Modefy-a omogućuju lokalnim vlastima i transportnim tvrtkama da bolje shvate dizajn svojih transportnih mreža, vizualiziraju potrebne promjene na njihovoj infrastrukturi, te usmjere te informacije u otvorenu integriranu platformu. Takve informacije otkrivaju ponašanje korisnika transportnog sustava i analizu internih programa koji zajednički omogućavaju učinkovitije i informirano planiranje [48].

## 6. Zaključak

Informacijsko komunikacijske tehnologije postale su važan pokretač svakodnevnog života i ekonomske aktivnosti, nudeći širok spektar alata koji mogu stvoriti nove mogućnosti. Velika većina ljudi u Europi danas koristi računala i mobilne uređaje kao uobičajenu svakodnevnu aktivnost za različite svrhe.

Povećanjem mogućnosti postojećih sustava, kao i projektiranjem i izgradnjom novih globalnih sustava za određivanje položaja, svakodnevno raste i ponuda novih informacijsko komunikacijskih usluga temeljenih na lokaciji.

Uvođenje informacijsko komunikacijskih usluga temeljenih na lokaciji u sustave javnih bicikala uvelike smanjuje troškove izgradnje i održavanja takvih sustava s obzirom da praćenje položaja pojedinog bicikla omogućava modele sustava bez postaja za bicikle. Isto tako, uslugom praćenja svakog pojedinog bicikla u stvarnom vremenu dobiva se dinamička slika kretanja bicikala, te time mogućnost boljeg upravljanja sustavom, kao i dodatne pogodnosti za korisnike.

Unapređenjem usluga postojećih javnih biciklističkih sustava boljim upravljanjem, te približavanjem usluge korisniku moguće je identificirati potencijalne korisničke zahtjeve za novim informacijsko komunikacijskim uslugama i sadržajem.

Integracijom novih informacijsko komunikacijskih tehnologija u prometne sustave javnih bicikala može se potaknuti i povećati korištenje tog oblika ekonomski i ekološki prihvatljivog transportnog moda, te na taj način doprinijeti razvoju održivog prometnog sustava.

## Literatura

- [1] CARNet CERT: Mogućnosti primjene i zlouporabe pozicioniranja korisnika u GSM mrežama, LSS-FER, 2008.
- [2] Simić M. Principi pozicioniranja u radio sistemima, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, 2012.
- [3] Štefanac, I. Sustavi za pozicioniranje i veza s mobilnim uređajima, FOI, 2006.
- [4] Jovović, I. Razvoj sustava za prilagodbu informacija temeljenih na lokaciji korisnika, FPZ, 2009.
- [5] Dixon J. Henlich O. Mobile Robot Navigation [slika na Internetu]. [Citirano: lipanj, 2015.] Dostupno sa: [http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise\\_97/journal/vol4/jmd/](http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_97/journal/vol4/jmd/)
- [6] Elektronički navigacijski uređaji i sustavi (nastavni separati), Sveučilište u Dubrovniku, 2009.
- [7] Gracin, T. Differential GPS, FER, 2006.
- [8] Markežić, I. Predavanja i vježbe iz kolegija Lokacijski i navigacijski sustavi, FPZ, 2013.
- [9] European Space Agency [Internet]. [citirano: lipanj, 2015.] Dostupno sa: <http://www.esa.int>
- [10] European Space Expo 2015 [Internet]. [citirano: lipanj, 2015.] Dostupno sa: <http://ec.europa.eu/eu-space-expo>
- [11] European GNSS Agency [Internet]. [citirano: lipanj, 2015.] Dostupno sa: <http://www.gsa.europa.eu>
- [12] Pontikakos C., Glezacos T., Tsiligiridis T. Location-based services: architecture overview, Agricultural University of Athens, 2005.
- [13] Husnjak S. Razvoj aplikacije za mobilne uređaje u funkciji podsjetnika temeljenog na lokaciji korisnika, FPZ, 2010.
- [14] Jurčević M. Osnove marketinga i nove koncepcije (separati i predavanja iz kolegija Tehnologijski marketing i menadžment), FPZ, 2014.
- [15] Segmentacija tržišta [Internet]. [citirano: lipanj, 2015.] Dostupno sa: [www.icweb.hr](http://www.icweb.hr)
- [16] Peraković, D. Predavanja i vježbe iz kolegija Projektiranje informacijsko komunikacijskih usluga, FPZ, 2014
- [17] Bakan R. Segmentacija i pozicioniranje [Internet]. Visoka škola za menadžment, Virovitica [citirano: siječanj, 2015]. Dostupno sa: [www.vsmti.hr/](http://www.vsmti.hr/)
- [18] Blažević Z. Istraživanje i segmentacija tržišta [Internet]. Visoka škola za menadžment, Virovitica [citirano: siječanj, 2015]. Dostupno sa: [www.vsmti.hr/](http://www.vsmti.hr/)

- [19] Vuković, M. Predviđanje kretanja korisnika u lokacijski zavisnim uslugama, Zavod za telekomunikacije, FER, 2014.
- [20] Y. Hsueh D. Lee. A bandwidth reservation scheme based on road information for the next generation cellular networks. *IEEE Trans. Veh. Technol.*, 2004.
- [21] Hassan A. Karimi and Xiong Liu. A predictive location model for location-based services. In *GIS '03: Proceedings of the 11th ACM international symposium on Advances in geographic information systems*, NY, USA, 2003. ACM
- [22] Ashbrook D. Learning significant locations and predicting user movement with gps, 2002.
- [23] J.T Horng C.Y. Ke H.K. Wu, M.H. Jin. Personal paging area design based on mobile's moving behaviors. *Proceedings of INFOCOM*, 2001.
- [24] Cho E., Myers S.A., Leskovec J. Friendship and mobility- user movement in location-based social networks, Stanford University, 2011.
- [25] Goldenberg J., Levy M. Distance is not dead: Social interaction and geographical distance in the internet era. *Arxiv*, 2009.
- [26] Gonzalez M. C., Hidalgo C. A., Barabasi A.L. Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, 2008.
- [27] Bolf, N. Primjena neuronskih mreža u kemijskom inženjerstvu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb
- [28] Quintero A. A user pattern learning strategy for managing users' mobility in umts networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2005.
- [29] Filjar R., Bušić L., Kos T. A Case Study of DGPS Positioning Accuracy for LBS [Internet]. 2007. [citirano: lipanj, 2015]. Dostupno sa: <http://hrcak.srce.hr/file/20825>
- [30] Schiller J., Voisard A. Location-Based Services [Internet]. San Francisco, USA, 2004. [citirano: lipanj, 2015]. Dostupno sa: <http://books.google.hr>
- [31] Gruteser M., Grunwald D. Anonymous Usage of Location-Based Services Through Spatial and Temporal Cloaking, University of Colorado, 2003.
- [32] Više autora: Priručnik za planiranje biciklističkog prometa u urbanim sredinama, Mobile 2020-EU Project, 2012.
- [33] O'Brien O. Bike Share Map, UCL CASA [Internet]. [citirano: lipanj, 2015]. Dostupno sa: <http://bikes.oobrien.com>
- [34] Širola D. Sustav javnih bicikala, Udruga Bicikl, Zagreb - Partner grada Zagreba na projektu CIVITAS ELAN, 2010.
- [35] Više autora: Optimising Bike Sharing in European Cities- OBIS, 2011.

- [36] Gledec M. Program uvođenja biciklističkog servisa u gradu Zagrebu, ISIP – MG, d.o.o., Istraživanja i projekti u prometu, 2009.
- [37] McKone J. The Future of Sustainable Urban Mobility: Switch to IT Networks [slika na Internetu]. prosinac, 2010. [citirano: lipanj, 2015]. Dostupno sa: <http://thecityfix.com/future-of-sustainable-urban-mobility-switch-to-it-networks/>
- [38] Feng, C. New prospects of transportation mobility, National Chiao Tung University, Taipei, Taiwan, 2014
- [39] Hall J. Li Y. Smith A. Wong I. Feasibility Study of Electric Bicycle Sharing in the Xiasha, China, 2014
- [40] Parkes SD. Marsden G. Shaheen SA. Cohen AP. Understanding the Diffusion of Public Bikesharing Systems: Evidence from Europe and North America. Journal of Transport Geography, 2013.
- [41] Više autora: Sharing Urban Transport Solutions, LTA Academy, Land Transport Authority, Singapore, 2009
- [42] Chernetz J. Hoboken Announces Unprecedented "Hybrid" Bike Share Model [Internet]. travanj, 2013. [citirano: srpanj, 2015]. Dostupno sa: <http://blog.tstc.org/2013/04/23/hoboken-announces-unprecedented-hybrid-bike-share-model/>
- [43] Donkey Republic bike share service, Copenhagen, Denmark [slika na Internetu]. [Citirano: srpanj, 2015.] Dostupno sa: <http://www.donkeyrepublic.com/>
- [44] Univelo Boston- Hubway, application [slika na Internetu]. [citirano: srpanj, 2015.] Dostupno sa: <https://itunes.apple.com/au/app/univelo-boston-hubway/id659521552?mt=8>
- [45] Map-matching GPS points to the road network [slika na Internetu]. [citirano: srpanj, 2015.] Dostupno sa: <http://gis.stackexchange.com/questions/143909/map-matching-gps-points-to-the-road-network>
- [46] Gold H. Separati i predavanja iz kolegija "Analiza i modeliranje prometnih sustava", Zagreb, 2009.
- [47] Modeify- open source tools for Transportation Demand Management [Internet]. [citirano: kolovoz, 2015.] Dostupno sa: <http://modeify.com>
- [48] Conveyal- open source technology for the transport sector [Internet]. [citirano: kolovoz, 2015.] Dostupno sa: <http://conveyal.com>

## Popis kratica i akronima

TDOA	(Time Difference of Arrival) razlika u vremenu dolaska signala
AOA	(Angle of Arrival) kut dolaska signala
GPS	(Global Positioning System) sustav za globalno pozicioniranje
DGPS	(Differential Global Positioning System) diferencijski sustav pozicioniranja
RS	(Reference Station) referentna stanica
EGNOS	(European Geostationary Navigation Overlay Service) Europski geostacionarni navigacijski sustav
GNSS	(Global Navigation Satellite Systems) globalni navigacijski satelitski sustav
SBAS	(Satellite-Based Augmentation System) korekcijski sustav zasnovan na satelitima
ESA	(European Space Agency) Europska svemirska agencija
EDAS	(EGNOS Data Access Service) usluga pristupa podacima sustava EGNOS
A-GPS	(Assisted Global Positioning System) surađujući sustav mobilnih i GPS mreža
EOTD	(Enhanced Observed Time Difference) napredno uočavanje vremenske razlike
LBS	(Location Based Services) usluge temeljene na lokaciji
RTB	(Road Topology Based) metoda previđanja kretanja korisnika temeljena na uličnoj mreži
LMU	(Location Measurement Units) elementi pristupne mreže za mjerenje lokacije
BBS	(Behavior-Based Strategy) metoda previđanja kretanja temeljena na ponašanju korisnika
TSM	(Transportation System Management) sustav upravljanja transportom
TDM	(Transportation Demand Management) upravljanje potražnjom prijevoza
ITS	(Intelligent Transportation System) inteligentni transportni sustavi

## Popis slika

- Slika 2.1. Pozicioniranje mobilnog uređaja korištenjem lateracije [4]
- Slika 2.2. Cell ID lociranje [3]
- Slika 2.3. Pozicioniranje mobilnog uređaja mjerenjem razlike u vremenu dolaska signala [1]
- Slika 2.4. Pozicioniranje mobilnog uređaja mjerenjem kuta dolaska signala [1]
- Slika 2.5. Segmenti globalnog sustava pozicioniranja [5]
- Slika 2.6. Diferencijsko pozicioniranje [7]
- Slika 2.7. Metoda naprednog uočavanja vremenske razlike [3]
- Slika 3.1. LBS usluge u heterogenim mrežnim okruženjima [12]
- Slika 3.2. Prikaz interakcije između davatelja i korisnika usluge temeljene na lokaciji [1]
- Slika 3.3. Podjela metoda za predviđanje kretanja [19]
- Slika 3.4. Primjeri umjetnih neuronskih mreža [19]
- Slika 3.5. Nadzirano učenje neuronske mreže [27]
- Slika 3.6. Nenadzirano učenje neuronske mreže [27]
- Slika 4.1. Javni bicikli "Bixi", Montreal [34]
- Slika 4.2. Test javnih biciklističkih sustava u europskim gradovima, (EuroTest 2012) [HAK]
- Slika 4.3. Korištenje servisa javnih bicikala u europskim gradovima [36]
- Slika 4.4. Funkcioniranje standardnog sustava javnih bicikala [34]
- Slika 4.5. Shema korištenja bicikla u "ZG-biciklu" [36]
- Slika 4.6. Konstrukcija javnog bicikla [34]
- Slika 4.7. Vizualizacija korištenja i protoka javnih bicikala u Londonu [37]
- Slika 5.1. Snižavanje troškova sustava ugradnjom "smart-lock" tehnologije [42]
- Slika 5.2. Pojednostavljeni prikaz usluge korištenja javnih bicikala [43]
- Slika 5.3. Aplikativno rješenje usluge korištenja javnih bicikala [44]
- Slika 5.4. Zaključavanje bicikla pomoću "smart-lock" sistema [35]
- Slika 5.5. Proračun izbora ceste u ovisnosti o lokaciji bicikla [41, autor]
- Slika 5.6. Usklađivanje GPS točaka sa mapom cestovne mreže [45, autor]
- Slika 5.7. Suvremeni pristup informacijsko-komunikacijskim uslugama [16, autor]
- Slika 5.8. Vrijednosni lanac usluge korištenja sustava javnih bicikala [autor]
- Slika 5.9. Arhitektura sustava [autor]
- Slika 5.10. Dijagram slučaja uporabe [46, autor]
- Slika 5.11. Mogućnosti reklamiranja proizvoda i usluga [autor]
- Slika 5.12. Primjer transportnih opcije koje nudi planer Modeify [47]
- Slika 5.13. Mogućnosti ostvarivanja vremenskih i finansijskih ušteta- aplikacija Modeify [48]

#### Popis tablica

Tablica 2.1. Preciznost metode identificiranja ćelije [1]

Tablica 2.2. Usporedba pogrešaka kod GPS-a i DGPS-a [6]

Tablica 3.1. Osnovni zahtjevi izvedbe pozicioniranja za LBS usluge [29]

Tablica 3.2. Primjeri zahtjeva za točnost pozicioniranja za određene aplikacije [30]

Tablica 3.3. Približni zahtjevi točnosti za telematske usluge u cestovnom prometu [31]

Tablica 4.1. Načini ugovaranja javnih biciklističkih sustava [35]

Tablica 4.2. Primjer - troškovi uvođenja biciklističkog sustava "Bicing", Barcelona [35]

Tablica 4.3. Primjer - troškovi održavanja "Bicing" sustava, Barcelona [35]

#### Popis grafikona

Grafikon 4.1. Usporedba različitih transportnih modova za kraća putovanja [32]