Usluge praćenja flote vozila pomoću satelitskih navigacijskih sustava

Stjepanović, Karla

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:038071

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Karla Stjepanović

USLUGE PRAĆENJA FLOTE VOZILA POMOĆU SATELITSKIH NAVIGACIJSKIH SUSTAVA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 14. ožujka 2017.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**
Predmet: **Mobilni komunikacijski sustavi**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 3845

Pristupnik: **Karla Stjepanović (0135233542)**
Studij: Promet
Smjer: Informacijsko-komunikacijski promet

Zadatak: **Usluge praćenja flote vozila pomoću satelitskih navigacijskih sustava**

Opis zadatka:

Opisati karakteristike satelitskih navigacijskih sustava s obzirom na točnost lociranja i raspoloživost te navesti njihova unaprjeđenja. Analizirati načine praćenja flote vozila i objasniti primjenu mobilnih mreža u cilju prikupljanja podatak o trenutnoj lokaciji vozila i bivšim lokacijama vozila. Objasniti mogućnost integracije sustava satelitskog praćenja vozila s osjetilima i komunikacijskim sustavima u vozilu. Definirati zahtjeve na infrastrukturu pružatelja usluge sustava za praćenje flote vozila.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

doc. dr. sc. Mario Muštra

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

USLUGE PRAĆENJA FLOTE VOZILA POMOĆU SATELITSKIH NAVIGACIJSKIH SUSTAVA

VEHICLE FLEET TRACKING SERVICES USING SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS

Mentor: doc. dr. sc. Mario Muštra

Studentica: Karla Stjepanović, 0135233542

Zagreb, 2017.

Sažetak

U suvremenom praćenju i upravljanju flotom vozila koriste se navigacijski sustavi i mobilne mreže. Primjena navigacijskih sustava omogućava trenutno dobivanje parametara o kretanju, odnosno o lokaciji objekta. U radu je napravljen pregled postojećih satelitskih navigacijskih sustava. Opisane su karakteristike sustava s obzirom na točnost lociranja i raspoloživost te su navedena njihova unaprjeđenja u odnosu na prijašnje sustave. Analiziran je način praćenja flote vozila i opisana je primjena mobilnih mreža u cilju prikupljanja podataka o trenutnoj lokaciji vozila. Objašnjena je mogućnost integracije sustava satelitskog praćenja vozila s osjetilima i komunikacijskim sustavom u vozilu. Definirani su i zahtjevi za infrastrukturom pružatelja usluge, odnosno arhitektura mobilnih mreža.

KLJUČNE RIJEČI: globalni navigacijski sustavi; sustav upravljanja flotom vozila; mobilne mreže

Summary

In contemporary monitoring and fleet management systems, navigation systems and mobile networks have an important role. The use of navigation systems allow geting current parameters, like position (location), of the desired objects. This work presents an overview of the existing satellite navigation systems. It describes their characteristics with regard to the accuracy of locating, availability and improvements over previous systems. Mobile networks provide information (of the current and past vehicle location) transfer in real time. Combined - vehicle fleet tracking and the use of mobile networks are described. Possibilities of integrating satellite navigation system with vehicle sensors and communication modul are explained. And the requirements for service provider system infrastructure, which are used for vehicle fleet tracking, are defined, i.e. mobile networks architecture.

KEYWORDS: global navigation satellite systems; fleet managment system; mobile networks

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Karakteristike globalnih satelitskih navigacijskih sustava 2

2.1. Usporedba sustava GPS, GLONASS, GALILO i COMPASS 5

2.2. Global Positioning System – GPS 6

2.2.1. Osnovni segmenti 6

2.2.2. Princip rada 8

2.2.3. Točnost lociranja 10

2.3. Unaprjeđenja GNSS sustava 12

2.3.1. Wide Area Augmentation System (WAAS) 12

2.3.2. European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) 13

3. Način praćenja flote vozila 14

3.1. Arhitektura FMS-a 15

3.1.1. On-Board Units (OBU) 16

3.1.2. Komunikacijski sustav 17

3.1.3. Centralni sustav 19

3.1.4. Korisnički sustav 20

3.2. Primjer sustava za satelitsko praćenje vozila 21

4. Osjetila i komunikacijski sustavi u vozilu 24

4.1. Definicija osjetila 25

4.2. Primjer osjetila unutar vozila (*EK-Fleet* sustav) 26

5. Primjena mobilnih mreža za prikupljanje podataka 28

5.1. Podjela mobilnih mreža 28

5.2. Prijenos informacija pomoću mobilnih mreža 31

6. Infrastruktura pružatelja usluge 33
6.1. Princip i komponente ćelijskog sustava 33
6.2. Infrastruktura 2G 35
6.3. Infrastruktura 3G 37
7. Zaključak 40
Literatura 41
Popis kratica 43
Popis slika 44
Popis tablica 45

1. Uvod

Sustavi za globalno pozicioniranje i navigaciju smatraju se, uz kompas, revolucionarnim otkrićima čovječanstva. Satelitski navigacijski sustavi imaju primjenu u gotovo svim djelatnostima, a posebno su važni u prometu i transportu. U sustavima upravljanja flotom vozila doprinose boljem upravljanju, kontroli, smanjenju troškova voznog parka i cijelom nizu drugih prednosti.

Svrha ovog završnog rada je dati uvid u postojeće satelitske navigacijske sustave, objasniti njihovu važnost za sustav današnjeg upravljanja flotom vozila. Prikazati ulogu mobilnih mreža koje se koriste u tom sustavu. Cilj ovog rada je prikazati potrebne elemete za rad sustava upravljanja flotom vozila. U ovom radu je na primjeru tvrtke „Elektrokem“ pojašnjena važnost i koristi primjene takvog sustava.

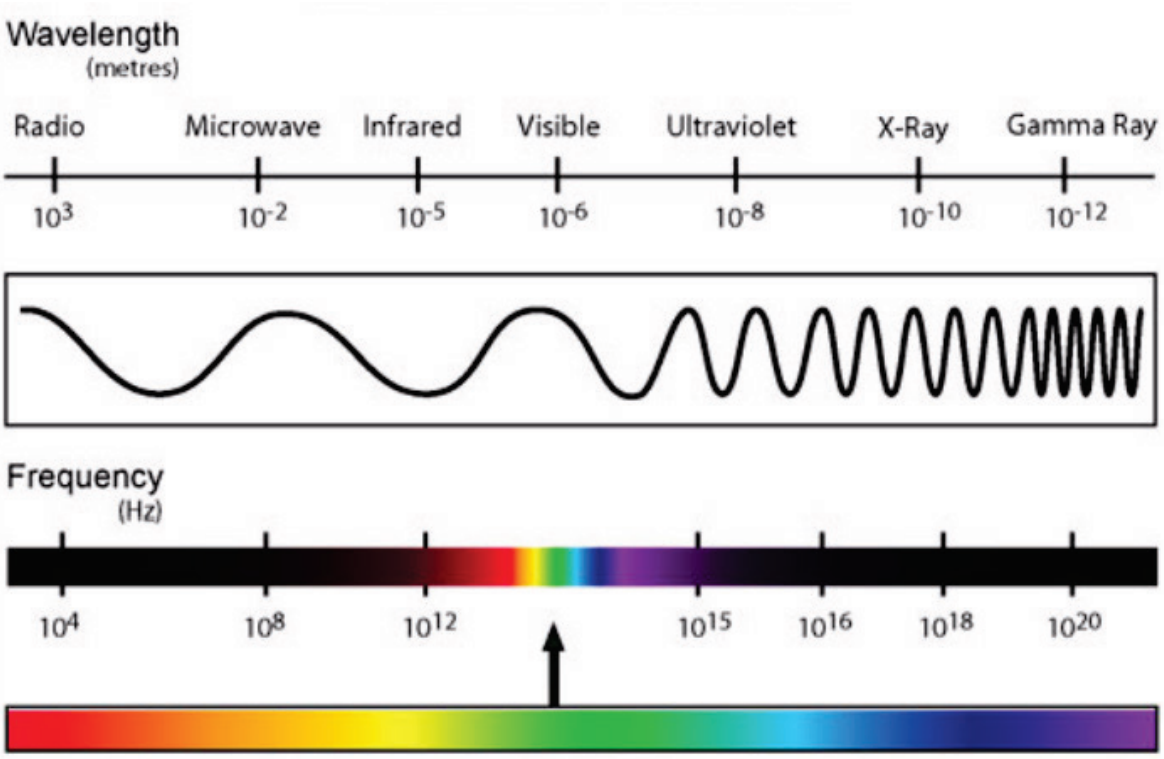
Rad je podijeljen u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Karakteristike globalnih satelitskih navigacijskih sustava
3. Način praćenja flote vozila
4. Osjetila i komunikacijski sustavi u vozilu
5. Primjena mobilnih mreža za prikupljanje podataka
6. Infrastruktura pružatelja usluge.

U drugom poglavlju opisane su karakteristike globalnih navigacijskih sustava s naglaskom na američki GPS kao najzastupljeniji globalni položajni sustav. Unutar drugog potpoglavlja opisane su mogućnosti točnog lociranja signala te unaprjeđenja satelitskih sustava za pozicioniranje. Treće poglavlje bavi se načinom, arhitekturom i komponentama koje su potrebne da bi sustav upravljanja flotom vozila mogao raditi. Dan je konkretan primjer tog sustava tvrtke „Elektrokem“. Četvrto poglavlje detaljnije prikazuje osjetila koja su potrebna za povezivanje s GPS-om. Kako bi se podaci mogli prenositi u realnom vremenu u središnji centralni sustav, uređaji moraju biti povezani s mobilnom mrežom. Mobilne mreže i način prijenosa informacija opisane su u petom poglavlju. Rad mobilnih mreža temelji se na dobro razvijenoj infrastrukturi koja je opisana u šestom poglavlju. Sedmo poglavlje odnosi se na zaključak i saznanja do kojih se došlo tijekom izrade ovog završnog rada.

2. Karakteristike globalnih satelitskih navigacijskih sustava

Satelitska navigacija[1] općenito se bavi problemom vođenja pokretnog objekta od polazišta do odredišta najpovoljnijom rutom (najkraćom, najsigurnijom i najekonomičnijom) pomoću prijama i odašiljanja signala putem satelita[2]. Osnova satelitskih komunikacija su elektomagnetski valovi, koje emitiraju sateliti. Za satelitske komunikacije koristimo frekvencijsko područje od oko 1 GHz (područje mikrovalova) [1]. Na slici 1 prikazan je raspon elektro-magnetskog spektra. A područje radiovalova i mikrovalova, može se predočiti skalom sa slike 2. Na slici 1 prikazana je valna duljina u metrima i frekvencija u hercima. Valna duljina i frekvencija su obrnuto proporcionalne veličine. Što znači da se povećanjem frekvencije smanjuje valna duljina i obrnuto.

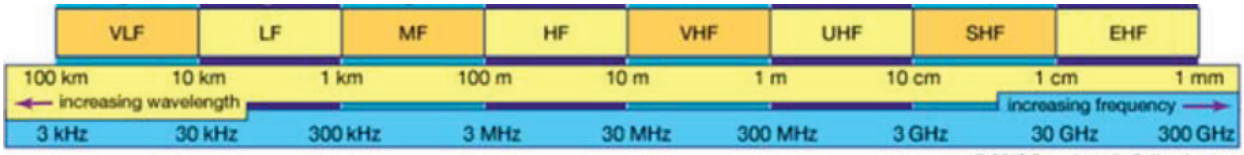


Slika 1. Elektromagnetski spektar [2]

[1] navigacija (lat. *navigatio*: plovidba, vožnja)

[2] Satelit (lat. *satelles*: pratilac) općenito predstavlja prirodno ili umjetno tijelo koje kruži oko drugog tijela dovoljno velike mase i centar mase sustava je blizu centra mase masivnijeg tijela. Odnosno, satelit je tijelo koje pod utjecajem gravitacijske sile kruži oko planeta. Navigacijski sateliti su umjetni sateliti koje je osmislio i izgradio čovjek.

Za satelitsku navigaciju koristi se područje radio i mikro valova. Taj dio elektromagnetskog spektra se u literaturi označava kao „radio frekvencijski spektar“. Podjela tog spektra je vidljiva na slici 2. Za satelitsku navigaciju i rad mobilnih mreža koriste se područja „UHF, SHF“.



Slika 2. Radio frekvencijski spektar [3]

Područje od 300 MHz do 3000 MHz (3 GHz) i 10 cm - 100 cm može se nazvati područje „ultra kratkog vala“, ako gledamo valnu duljinu. A kratica UHF (engl. *Ultra High Frequency)* znači područje „ultra visokih frekvencija“ ako gledamo frekvenciju. Predstavlja frekvencijski dio spektra koji se koristi za mobilnu telefoniju (GSM, UMTS,..)[3], satelitski prijenos i rad radara. Interval od 3 GHz do 30 GHz, 1 cm - 10 cm se naziva „super kratki val“, odnosno područje „super visokih frekvencija“ (engl. *Super High Frequency*, SHF). Koristi se za satelitske komunikacije.

Navigacijski sateliti su sustavi koji omogućuju prijenos podataka uz pomoć kojih prijenosni prijamnici na Zemlji mogu precizno odrediti svoj položaj. Sustav TRANSIT je prvi operativni satelitski navigacijski sustav. Financirala ga je američka ratna mornarica. Glavna uloga tog sustava bila je osigurati točnu navigaciju za američke podmornice te testirati izvedivost pomorske i zračne plovidbe u svim vremenskim uvjetima. Transit 1A lansiran je 17. rujna 1959. godine [4].

Primjer sustava koji koristi navigacijske satelite je globalni položajni sustav[4]. Koristi se pri navigaciji zrakoplova, brodova, automobila i sl. Postoje dva potpuno operativna sustava globalna navigacijska satelitska sustava (engl. *Global Navigation Satellite System*, GNSS), to su GPS i GLONASS, dok su ostali navedeni u pripremi da postanu globalno operativni [5]:

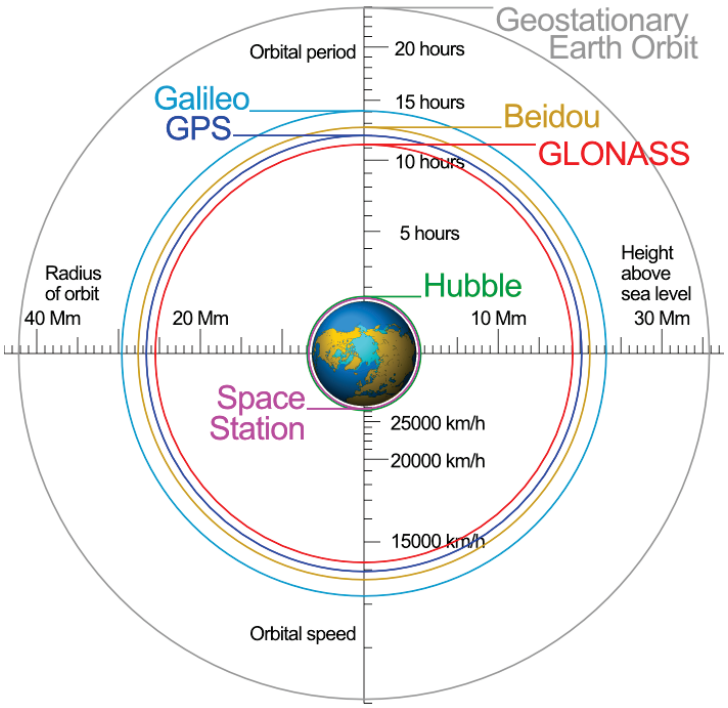
- GPS (engl. Global Positioning System, Amerika)
- GLONASS (rus. GLObalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, Rusija)
- GALILEO (Prema talijanskom znanstveniku - Galio Galilei, Europa)
- BEIDOU/COMPASS (BeiDou navigacijski satelitski sustav, Kina).

[3] Objašnjeno u poglavlju 5 i 6.

[4] Koriste se još i izrazi: globalni navigacijski satelitski sustav ili satelitski navigacijski sustavi.

Zemlje koje, također, razvijaju svoje (regionalne) satelite su Indija, Japan i Francuska. GNSS omogućuje praćenje i navigaciju objekata s velikom točnošću koja se koristi u vojne i civilne svrhe. Sustav pruža informacije o pozicijama korisnika, a koristi se različitim djelatnostima kao što su: transport (lokacija vozila, određivanje smjera, kontrola brzine, sustav vođenja, itd.), društvene usluge, pravosudni sustav i usluge carine, sustavi traženja i spašavanja, itd. [6]

Globalna pokrivenost za svaki satelitski sustav postiže se konstelacijom[5] od 24 do 30 satelita koji se nalaze u srednjoj Zemljinoj orbiti[6] (engl. *Medium Earth Orbit,* MEO). MEO se, općenito, nalazi na udaljenosti od 2.000 km od površine Zemlje do 35.786 km. GNSS sustavi su prema slici 3 smješteni u MEO orbiti nakon koje se nalazi geostacionarna orbita (engl. *Geostationary Earth Orbit*, GEO) na visini od 35786 km. GEO orbita je, također, značajna za GNSS sustave, jer se u njoj nalaze satelitski sustavi poboljšanja točnosti lociranja [7].



Slika 3. Orbitalni smještaj GNSS i drugih sustava [8]

[5] Konstelacija (lat.). 1. Skup, skupina, raspored. 2. astr. prividan međusobni položaj nebeskih tijela na nebeskoj sferi, os. položaj Sunca, planeta i Mjeseca međusobno i u odnosu na zviježđa. 3. Skupina zvijezda stajačica koja tvori postojanu i samostalnu figuru na nebu; zviježđe.

[6] Orbita (lat., *orbis*: krug) 1. U astronomiji i astronautici, putanja po kojoj se giba svemirsko tijelo manje mase u gravitacijskom polju svemirskoga tijela veće mase.

2.1. Usporedba sustava GPS, GLONASS, GALILO i COMPASS

U tablici je dan prikaz glavnih parametara koji su potrebni za rad GNSS sustava.

Tablica 1. Karakteristike GNNS-a

Karakteristike	**GPS**	**GLONASS**	**GALILEO**	**COMPASS**
Prvo lansiranje	veljača, 1978.	listopad, 1982.	prosinac, 2005.	travanj, 2007.
Potpuno operativni od	veljača, 1995.	1996. - 2011.	do 2020. god.	od 2020. god.
Osnivanje	javno	javno	javno i privatno	javno
Nominalni br. satelita	24	24	27	27
Orbitalne ravnine	6	3	3	3
Nagib orbite	55°	64.8°	56°	55°
Velika poluos	26.560 km	25.508 km	29.601 km	21.500 km
Separacija orbitalnih ravnina	60°	120°	120°	-
Razdoblje revolucije	11h 57,96 min	11h 15,73 min	14h 4,75 min	12h 35 min
Geodetski ref. sustav	WGS-84	PE-90	GTRF	CGS2000
Vremenski sustav	GPS *time*, UTC (USNO)	GLONASS *time*, UTC (SU)	Galileo System time	Bei Dou System Time (BDT)
Kodiranje	CDMA	FDMA	CDMA	CDMA
Broj frekvencija	3-L1,L2,L5	1(2)-G1,G2,G3	3(4)-E1,E6,E5	3-B1,B2,B3
Frekvencija [MHz]	L1: 1.575,420 L2: 1.227,600 L3: 1.176,450	G1: 1.602,000 G2: 1.246,000 G3: 1.204,704	E1: 1.575,420 E6: 1.278,750 E5: 1.191,795	B1: 1.575,420 B2: 1.191,795 B3: 1.268,520

Izvor: [9]

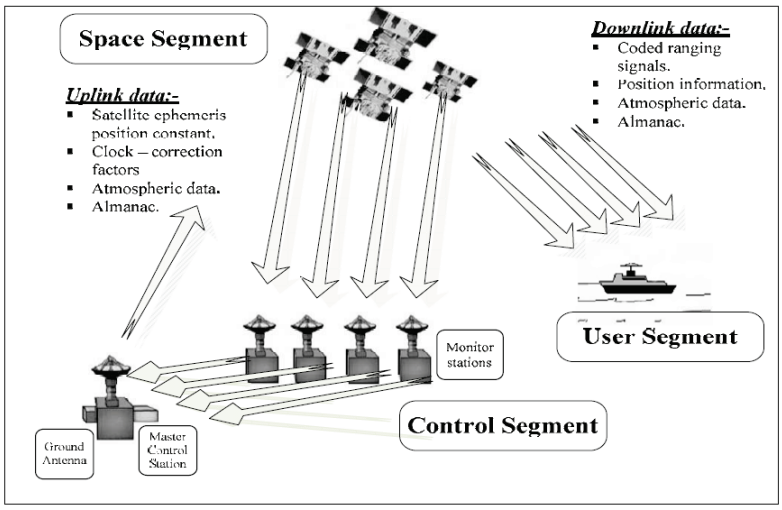
2.2. Global Positioning System – GPS

Ministarstvo obrane Sjedinjenih Američkih Država razvilo je globalni satelitski sustav za određivanje pozicije, engl. *Global Positioning System,* GPS. Dodijelilo mu je službeno ime, engl. *Navigation Satellite Timing and Ranging GPS,* NAVSTAR GPS. Sustav u izvornoj inačici ima 24 aktivna satelita i 3 rezervna satelita. Svaki od satelita otprilike dva puta obiđe Zemlju u vremenskom periodu od 24 sata u vrlo preciznoj orbiti. Odnosno, jednom obiđe Zemlju svakih 12 sati. GPS usklađuje, odnosno sinkronizira vrijeme svih korisnika s GPS sistemskim vremenom, koje je predstavljeno kao univerzalno vrijeme (engl. *Coordinated Universal Time*, UTC). Sateliti šalju šifre (kodove) rangiranja i navigacijske podatke na dvije frekvencije koristeći tehniku nazvanu „višestruki pristup s kodnom raspodjelom“ (*Code Division Multiple Access*, CDMA). Kodovi se šalju na dvije frekvencije: L1 (1.575,42 MHz) i L2 (1.227,6 MHz). Svi sateliti koriste iste frekvencije za prijenos, ali su za svaki satelit ti kodovi ortogonalni [10].

2.2.1. Osnovni segmenti

Na slici 4 prikazan je smjer slanja navigacijskih i kontrolnih poruka između pojedinih segmenata sustava. GPS sustav (kao i ostali navedeni GNSS) sastoji se od tri komponente prikazane na slici:

- svemirske
- kontrolne
- korisničke.



Slika 4. Komponente GPS-a [5]

Svemirsku komponentu čine sateliti, od 24 do 32 satelita u MEO orbiti na visini od oko 20 200 km. Sateliti su raspoređeni u 6 orbitalnih ravnina, sa po 4 satelita u svakoj orbitalnoj ravnini, inklinacija[7] orbitalnih ravnina je 55°, sa međusobnim razmakom 60° po geografskoj dužini. Napajanje satelita se omogućuje pomoću solarne energije (koriste solarne panele koje su postavljene na satelit) ili veoma snažnih baterija koje se koriste kao rezerva. GPS sateliti imaju po četiri atomska sata, koja nisu usklađena s vremenskim zonama na Zemlji, nego se njihovo međusobno usklađivanje vrši iz zemaljskih kontrolnih stanica. Sateliti prikazani na slici 4 odašilju radio signale iz svemira.

Kontrolna komponenta služi za nadziranje satelita putem niza postaja. Upravljačko središte nalazi se u zračnoj bazi u Colorado Springs-u. Tamo se prosljeđuju svi podaci i sinkroniziraju atomski satovi svih satelita. Prema slici 4 vidljivo je da se ovaj segment sastoji od tri dijela:

- 4 nadgledne stanice (engl. *Monitor Stations,* MS) - primaju podatke od satelita i šalju ih glavnoj kontrolnoj stanici
- 1 glavna nadzorna postaja (engl. *Master Control Station,* MCS) - vrši korekciju satelitskih podatka i šalje ih natrag GPS-satelitima
- Zemaljska stanica (engl. *Ground Antenna*) - prati orbite satelita (visinu, položaj i brzinu). Zemaljska stanica za praćenje šalje glavnoj kontrolnoj stanici orbitalne informacije, koja šalje satelitima ispravljene podatke.

Korisničku komponentu čine GPS prijamnici. To mogu biti navigacijski uređaji koji se nalaze u brodovima, automobilima, mobilnim telefonima, satovima i sl. Iako primarno ovu komponentu čine uređaji razvijeni za vojnu (engl. *Precise Positioning Service,* PPS) i civilnu namjenu (engl. *Standard Positioning Service*, SPS). Svaki GPS prijamnik sastoji se od prijamne antene (koja može biti unutarnja ili vanjska), ulaznog kruga prijamnika, vrlo stabilnog i preciznog sata, zaslona koji će prikazati sve podatke neophodne za navigaciju (koordinate, zemljopisnu kartu, brzinu objekta u kretanju itd. Uporabom „Almanac-a“[8] (vremenski raspored svakog satelita i njihove orbite), koji je spremljen u memoriji računala prijamnika, prijamni GPS uređaj može odrediti udaljenost i poziciju svakog GPS satelita. Pri uporabi GPS prijamnika veoma je bitno da vidljivost bude dobra, odnosno da prijamnik ne bude zaklonjen prirodnim ili drugim preprekama [6].

[7] Inklinacija (lat. *inclinatio*: naginjanje) - općenito: kut između ravnine u kojoj se nalazi putanja tijela i neke referentne ravnine.

[8] Podaci o položaju satelita u bilo kojem trenutku nazivaju se podacima almanaha.

2.2.2. Princip rada

Određivanje položaja temelji se na mjerenju vremena potrebnog da satelitski signal prijeđe udaljenost od satelitske antene do antene korisničkog prijamnika. U svemiru je vrijeme odašiljanja mikrovalova određeno poznatom brzinom svjetlosti koja u vakuumu iznosi $C = 299\,792\,458\ \mathrm{m/s}$, dok na Zemlji GPS prijamnik mjeri vrijeme potrebno mikrovalnom signalu da stigne na određenu lokaciju. Na osnovi izračunate udaljenosti od barem tri (u praksi četiri) satelita metodom trilateracije[9] izračunava se pozicija prijamnika [1]. Tom metodom određuje se trodimenzionalna pozicija korisnika. S obzirom da GPS prijamnik nije usklađen GPS vremenom, koristi se četvrto mjerenje pseudoudaljenosti (objašnjeno u nastavku). To omogućava da se izračuna četvrta nepoznanica – odstupanje sata prijamnika [11].

Svaki satelit emitira jedinstveni kod koji omogućuje GPS-prijamniku da identificira signale. Pomoću kodiranih signala računa se vrijeme putovanja signala od satelita do GPS-prijamnika na Zemlji (vrijeme dolaska). To vrijeme pomnoženo brzinom svjetlosti daje udaljenost od satelita do GPS-prijamnika. Svaki satelit emitira radio signale male snage na nekoliko frekvencija (kod GPS-a su označene su s L1, L2 itd.). GPS sateliti emitiraju GPS signale na dvije frekvencije UHF-pojasa:

- L1 – 1.545,42 MHz
- L2 – 1.227,6 MHz.

Ova dva nosioca L1 i L2 osiguravaju da signal bude robustan usprkos ionosferskim efektima (objašnjeno u potpoglavlju 2.2.3.) i vremenskim uvjetima. Satelit prenosi korisniku kodirane informacije o vremenima njihovih satova i pozicijama pomoću L1 i L2 signala. Postoje dva tipa kodiranja signala nosioca. To su (engl. *Coarse Acquisition Code*, C/A) i (engl. *Precise Code,* P).

Prvi korak u određivanju pozicije prijamnika je utvrditi koje satelite koristiti u mjerenjima. A prijamnik uvijek koristi sve satelite koje može "vidjeti". To ovisi o geometriji između svakog satelita[10] [9]. Mogućnost satelita da pokriju cjelokupnu Zemljinu površinu postignuta je pomoću presjeka sfera opisanih oko satelita. Tako imamo tro-dimenzionalni položaj točke na Zemlji. Četvrta varijabla koja je potrebna za određivanje položaja je T. Varijabla

[9] Trilateracija (prema kasnolat. *trilaterus*: trostran), određivanje položaja točaka u mreži međusobno povezanih trokuta mjerenjem duljina stranica trokuta. Određivanje položaja gl. točaka (trigonometara) pri geodetskoj izmjeri podjelom površine Zemlje na trokute i mjerenjem dužina svih triju stranica trokuta. Usp. triangulacija.

[10] Odnosi se na relativan položaj satelita u nekom trenutku.

T predstavlja točno vrijeme pomoću kojeg nalazimo položaj neke točke u prostoru. Sustav određuje točan položaj zahvaljujući vrlo preciznom mjerenju lokalnog vremena, pri čemu GPS prijamnik izračunato vrijeme pretvara u lokaciju na Zemlji [6]. Koristi se zbog korekcije grešaka koje se javljaju kao posljedica nesinkroniziranosti GPS vremena i sistemskog vremena. Prijamnik, dakle, treba odabrati najmanje četiri satelita, od kojih su tri satelita potrebna za izračunavanje položaja u 3D-u, to su (X, Y, Z) koordinate (geografska širina, duljina i nadmorska visina). Četvrti satelit je potreban za izračunavanje vremena Δt (četvrtog potrebnog parametra). Δt je potreban kako bi riješio problem sinkronizacije koji uzrokuje pogreška sata prijamnika (odnosno, odstupanje sata GPS prijamnika od sistemskog vremena). Onda prijamnik treba utvrditi pseudoudaljenost za svaki satelit. Kod koji emitira satelit naziva se "pseudoslučajni kod". Pseudoudaljenost p_i odstupa od stvarne udaljenosti r_i zbog pogreške ϵ koja se događa iz više razloga: ionosferske refrakcije, pogreške u satu prijamnika, pojeve višestrukih propagacija GPS signala [9].

$$r_i = p_i + \epsilon. \tag{1}$$

Na slici 5 prikazana je metoda trilateracije. Nakon definiranja satelitskih raspona, prijamnik mora definirati poznatu poziciju vektora za svaki satelit i kao $r_i = [X_i, Y_i, Z_i]^{\mathrm{T}}$ pomoću orbitalnih parametara koji su uključeni u primljenu navigacijsku poruku, te izračunati nepoznati vektor položaja prijamnika $r_u = [x\ y\ z]^{\mathrm{T}}$ koristeći pseudoudaljenost p_i i izračunate Kartezijeve koordinate (X_i, Y_i, Z_i) za svaki satelit i prikazano u jednadžbi (2), gdje je C brzina svjetlosti, Δt vremenski pomak između sata prijamnika i satelita, do kojeg dolazi zbog utjecaja nesavršenosti satova na prijamniku i satelitu (vrijeme između sata prijamnika i GPS vremena) [9].

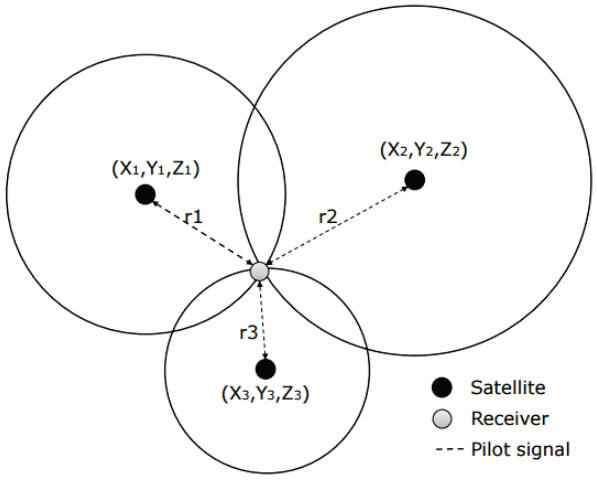
$$p_i = \sqrt{((X_i - x)^2 + (Y_i - y)^2 + (Z_i - z)^2)} + C \cdot \Delta t \tag{2}$$

Varijabla Δt sadrži sljedeće elemente [11]:

$$\Delta t = \left(\Delta t_p - \Delta t_{si}\right) + \Delta t_{ai} \tag{3}$$

gdje su:

- Δt_p – odstupanje sata u prijamniku
- Δt_{si} – odstupanje sata na satelitu
- Δt_{ai} – pogreška zbog utjecaja atmosfere na širenje radio valova.



Slika 5. Metoda trilateracije [9]

Iz jednadžbe (2) proizlazi da je pozicija prijamnika dana Kartezijevim koordinatama. Ovako izračunate koordinate (Kartezijeve koordinate) se pretvaraju u geodetske koordinate. Geodetski sustav predstavlja lokaciju na zemlji pomoću geografske širine, geografske dužine i nadmorske visine. Geodetski sustav koji GPS koristi zove se WGS-84 [9]. Model koristi prijamnik u transformaciji Kartezijevih koordinata satelitske pozicije u geodetske koordinate.

2.2.3. Točnost lociranja

Pri određivanju koordinata satelita potrebno je da uređaj ima dobar prijam signala koje mu šalju sateliti. Odnosno, da nema fizičkih ili drugih vrsta zapreka koje bi spriječile da signal sa satelita dođe do GPS uređaja (prijamnika). Na primjer: u šumi, u tunelima, podzemnim garažama ili specifičnim geografskim lokacijama gdje GPS nije u mogućnosti odrediti lokaciju željenog objekta. Izvore glavnih pogrešaka pri određivanju dometa signala te odstupanja zbog pogreški vidimo u tablici 2. GPS-prijamnici sadrže pogreške pri određivanju položaja, a točnost lociranja ovisi o više različitih čimbenika kao što su [9], [5]:

1. ***Karakteristike medija u kojem se širi EM val*** - satelitski signal usporava kada prolazi kroz atmosferu. Razlikujemo dvije vrste kašnjenja:
   - *Ionosfersko*[11] - tokom transmisije GPS signala kroz ionosferu gdje je dominantan čimbenik gustoća elektrona.
   - *Troposfersko*[12] - u troposferi je faktor ometanja vodena para i atmosferski tlak.

[11] Ionosfera je električni vodljivi sloj Zemljine atmosfere na visini od 60 do 400 km.

2. ***Orbitalne pogreške*** - moguće je povremeno odstupanje satelita u orbiti zbog gravitacijske sile. Kako bi se izbjegla pogreška „orbitalnih podataka“ redovito se kontroliraju i prate pozicije satelita. Ispravljeni podaci se nalaze u tzv. podacima „efemerida“ koji se emitiraju u navigacijskoj poruci. Pogreške efemerida predstavljaju netočnosti u izvještaju o položaju satelita.
3. ***Pogreške sata prijamnika*** - atomski satovi koji se nalaze u satelitima su veoma skupi i preveliki za GPS-prijamnik. Iz tog razloga se u prijamnik ugrađuju satovi lošije kvalitete koji nisu toliko precizni (npr. kvarcni sat).
4. ***Višestruki put signala (Multipath propagation)*** - događa se kad se GPS-signal reflektira od objekata, kao što su zgrade ili planine prije nego što stigne do prijamnika. To povećava vrijeme putovanja signala.
5. ***Geometrija satelita/zasjenjivanje*** - odnosi na relativan položaj satelita u nekom trenutku. Idealna geometrija satelita je kad su sateliti smješteni pod velikim kutom relativno jedan u odnosu na drugi. Nepovoljna geometrija nastaje kad su sateliti smješteni na pravcu ili su tijesno grupirani. Učinak ove pojave obično se izražava (engl. *Geometric Dilution of Precision,* GDOP) faktorom.
6. ***Broj vidljivih satelita*** - bolja točnost se može postići što većim brojem satelita koje prijamnik može "vidjeti". Zgrade, prirodne zapreke poput planina mogu blokirati prijam signala, uzrokujući pogreške u položaju ili mogu sasvim onemogućiti određivanje položaja.

Tablica 2. Izvori pogrešaka pri određivanju dometa signala

Izvor pogreške	Pogreška
Ionosfera (engl. *Ionosphere*)	7 metara
Troposfera (engl. *Troposphere*)	0,6 m
Pogreške efemerida (engl. *Ephemeris error*)	2-3 m
Pogreške satelitskog sata (engl. *Satellite clock error*)	1-2 m
Višestruki put signala (engl. *Multipath*)	1-2 m (veoma ovisno o okruženju)
Šum prijamnika (engl. *Reciver noise*)	1-2 m

Izvor: [9]

[12] Troposfera je najniži sloj atmosfere, koji u umjerenim širinama doseže približno do 11 km, u polarnim predjelima do 6 km, a u tropima i do 20 km.

2.3. Unaprjeđenja GNSS sustava

Sateliti koji se nalaze u GEO orbiti koriste se za telefoniju, prijenos podataka, radio i televizijsko emitiranje itd. Takvi sateliti su u grupaciji EUTELSAT, INTELSAT, INMARSAT [11]. Oni predstavljaju dopunu satelitskim navigacijskim sustavima. Sustav Inmarsat[13] (engl. *International Mobile Satellite System*) sastoji se od 11 satelita u geostacionarnoj orbiti, od kojih 4 satelita omogućuju globalnu pokrivenost. Ovu mrežu rabe mnoge države i organizacije na područjima gdje nije moguće uspostaviti pouzdanu komunikacijsku mrežu. Inmarsat-sateliti omogućuju postizanje strogih zahtjeva pouzdanosti, cjelovitosti informacija i navigacijskih podataka [12].

Pod „unaprjeđenjem GNSS-a“ smatra se poboljšanje točnosti, cjelovitosti (integriteta)[14], pouzdanosti i dostupnosti GNSS sustava. To se postiže integracijom različitih dodatnih sustava s GNSS-om. Kratica SBAS (engl. *Satellite Based Augmentation System*) predstavlja sustave koji s pomoću satelita odašilju korekcijske podatke i podatke o integritetu satelitskih sustava. Koriste se kako bi povećali točnost i pouzdanost određivanja položaja, odnosno uklonili nedostatke GNSS-a. Pod te sustave ubrajamo satelitske i zemaljske postaje za korekciju pogrešaka. Ovdje su navedeni neki primjeri:

- (engl. *Wide Area Augmentation System*, WAAS), SAD
- (engl. *European Geostationary Navigation Overlay Service*, EGNOS), Europa
- (engl. GPS *Aided Geo Augmented Navigation*, GAGAN), Indija
- (engl. *Multi-functional Satellite Augmentation System*, MSAS), Japan.

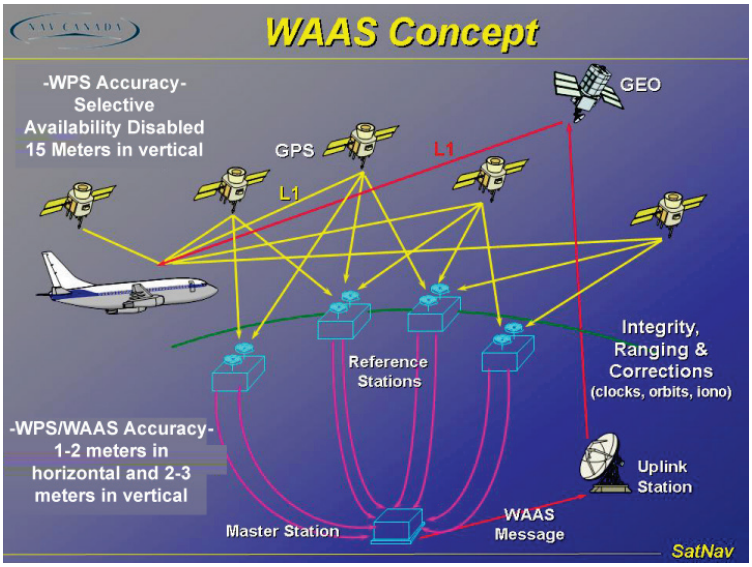
2.3.1. Wide Area Augmentation System (WAAS)

WAAS sustav pokriva područje Sjeverne Amerike. Sastoji se od desetaka zemaljskih stanica (*ground stations*) i nekoliko geostacionarnih satelita. Predstavlja unaprijeđenje GPS sustava, a glavna namjena poboljšanje i korištenje GPS-a prilikom preciznog navođenja zrakoplova u svrhu zaštite putnika i smanjenja kašnjenja. Omogućuje vrlo precizno određivanje položaja tako da pogreške budu manje od tri metra [13]. Arhitektrura WAAS-a prikazana je na slici 6. U glavnoj stanici se navigacijski signal sinkronizira s referentnim vremenom. Taj signal se

[13] INMARSAT predstavlja globalni satelitski komunikacijski sustav koji se koristi za potrebe pomorstva, zrakoplovstva i kopnenog prometa.

[14] Integritet navigacijskog sustava predstavlja mogućnost pružanja pravovremenih upozorenja kada signal koji se odašilje sadrži pogrešne podatke.

emitira prema geostacionarnom satelitu na uzlaznoj frekvenciji (*uplink*). Na Inmarsat-satelitu navigacijski se signal frekvencijski transponira i emitira korisnicima na frekvenciji L1 i do navigacijskih zemaljskih stanica u C-pojasu [12]. Za postizanje kompatibilnosti WAAS-signala potrebne su minimalne modifikacije sklopova GPS-prijamnika. Unutar signala se nalaze poruke koje generira WAAS-operater i namijenjene su kompatibilnim GPS-prijamnicima. Poruke koje služe za informiranje o cjelovitosti funkcioniranja satelitskoga navigacijskog sustava.



Slika 6. WAAS koncept, [13]

2.3.2. European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS)

EGNOS je Europski sustav koji se koristi kako bi se poboljšala točnost satelitskih navigacijskih signala. Sustav osigurava WADGPS (engl. *Wide Area* DGPS[15]) uslugu za cijeli europski kontinent u stvarnom vremenu. Sastoji se od tri geostacionarna satelita iznad istočnog dijela Atlantika i Europe, mreže od oko 40 zemaljskih stanica i četiri kontrolna centra. Zemaljske stanice primaju satelitske signale američkog sustava za globalno pozicioniranje (GPS) i potom preko primopredajnika[16] koji se nalaze na geostacionarnim satelitima prosljeđuju korisnicima informacije o točnosti i pouzdanosti tih signala (trebaju osigurati dodatno mjerenje pseudoudaljenosti). Zahvaljujući tome korisnici mogu odrediti svoj položaj sa greškom od samo dva metra, umjesto deset kad bi koristili samo GPS [12].[17]

[15] *Differential* GPS – također, predstavlja jedan od sustava poboljšanja GPS-a.

[16] primopredajnik ili transponder

3. Način praćenja flote vozila

Sustav za upravljanje voznim parkom (engl. *Fleet Management (System)*, FM(S))[18] prikuplja, pohranjuje i pruža informacije o trenutnom stanju vozila i tereta, povijesti rute i aktivnosti vozača. Glavna područja primjene ovog sustava su: sigurnost u prometu, sigurnost tereta, mogućnost boljeg nadziranja flote, upravljanje prometom i zaštita okoliša [14]. Za upravljanje voznim parkom potrebna je informacijsko-komunikacijska tehnologija u vozilu. Ona omogućuje poveznanost između vozila i centralnog sustava. Ostvaruje uz pomoć mobilnih mreža. Upravljanje flotom podrazumijeva dio informacijskog sustava za potporu u odlučivanju u tvrtkama koje se bave prijevozom roba i ljudi. Flota u ovom kontekstu predstavlja skupinu službenih vozila. Može se raditi o teretnim i dostavnim vozilima, autobusima, zrakoplovima, taksijima itd. [16]. Kod pokretnih objekata potrebno je poznavati pozicije vozila u određenim vremenskim trenutcima. To se može ostvariti na tri načina [17]:

- identifikacijom vozila u određenim točkama mreže
- lociranjem vozila resursima ćelijskih mreža
- lociranjem vozila GNSS modulom u vozilu.

Identifikacija vozila u određenim točkama mreže označava se kraticom AVI (engl. *Automatic Vehicle Identification*). AVI identificira vozilo u fiksnim točkama mreže, a izvor podataka je vozilo koje se kreće. Druga dva načina se označavaju kraticom AVL (engl. *Automatic Vehicle Location*). FMS je jedan od načina primjene AVL-a. Termin FCD (engl. *Floating Car Data*) objedinjuje prikupljanje podataka i AVL (tj. lociranje vozila resursima ćelijskih mreža i GNSS modulom) [17]. FCD predstavlja pokretno osjetilo (objekt) koje je opremljeno modulom za satelitsku navigaciju i lociranje te modulom za komunikaciju (predstavlja primjer korištenja GNSS-a). Postoji još nekoliko načina određivanja (barem približne) geografske pozicije SIM kartice. Postoji i više metoda određivanja pozicije pokretnog uređaja od strane samog operatora. Važna metoda je ona bazirana na identifikacijskoj oznaci same ćelije (engl. *cell ID*) pokretne mreže na čiju se baznu stanicu pokretni uređaj spaja. Taj podatak je vidljiv sa samog pokretnog uređaja. On može, ako se putem neke pokretne aplikacije pošalje davatelju FM usluga, biti temelj okvirnog određivanja položaja ako su pružatelju FM usluga poznate geografske lokacije baznih stanica [16].

S obzirom na to da je sustav praćenja flote vozila telematički sustav, potrebno je definirati taj pojam. Telematika je znanstvena disciplina koja se bavi slanjem, primanjem i

[18] U stručnoj literaturi koja je pretežito na engleskom jeziku koristi se izraz *Fleet Management (System), FM* te će se taj termin koristiti u idućim poglavljima.

čuvanjem informacija uz pomoć telekomunikacijskih uređaja. Sastavljena iz informatičke i komunikacijske tehnologije te objedinjuje područja telekomunikacija i informatike. Može se reći da predstavlja vezu između modernih informacijskih tehnologija i najnovijih dostignuća u telekomunikacijama. Pojam telematike predstavlja objedinjavanje automobilske industrije, računalstva, informatike, bežičnih komunikacijskih tehnologija i satelitskih sustava za globalno pozicioniranje. Postoji veliki broj različitih telematskih sustava. Svaki od tih sustava sastoji se od tri osnovne komponente: hardverske komponente, komponente za prijenos podataka i upravljačkog programa (softvera) [18]:

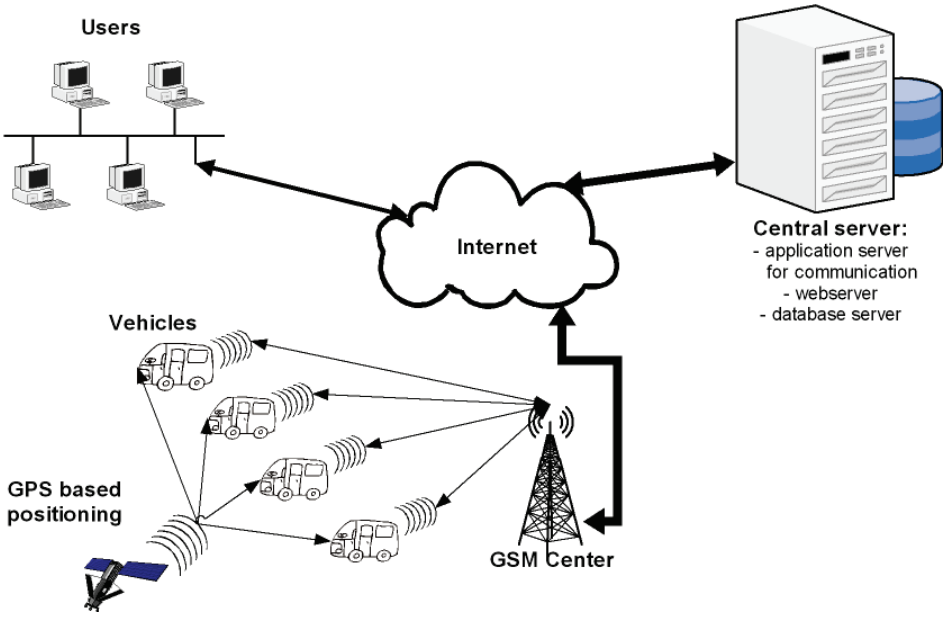
1. Hardver - uređaji koji su fizički postavljeni na vozilu i pomoću kojih se vrši prikupljanje podataka.
2. Prijenos podataka - način na koji se svaki podatak koji je prikupljen prenosi sa vozila do centra za prikupljanje podataka.
3. Upravljački program - način na koji se ovi prikupljeni podaci pretvaraju u niz korisnih informacija koje su potrebne za uspješno poslovanje poduzeća.

Za rad tog sustava potrebna je i odgovarajuća infrastruktura za prijenos informacija iz vozila do centra upravljanja i obrnuto. To je infrastruktura za komunikaciju putem mobilnih mreža. Sustav telematike omogućuje i davanje obavijesti vozaču o optimalnom smjeru vožnje. U tom slučaju vozilo i udaljeni centralni sustav moraju biti mrežno povezani.

3.1. Arhitektura FMS-a

Pomoću (engl. *Fleet Management,* FM) sustava moguće je u bilo kojem trenutku znati lokaciju vozila te istovremeno promatrati kretanje flote (*on-line)*. Radni parametri (potrošnja energije, aktivnost i radno vrijeme vozača, itd.) mogu se „sumirati“ poslije vrednovanja podataka pohranjenih u centru (*off-line*) te po želji prikazati u grafičkom, tekstualnom ili nekom drugom obliku [14]. Arhitektura sustava za upravljanje flotom vozila prikazana je na slici 7. Obično se sastoji od tri glavna podsustava:

1. *On-Board Units*, OBU
2. centralni server
3. korisnička računala.



Slika 7. *Fleet Management System* arhitektura [14]

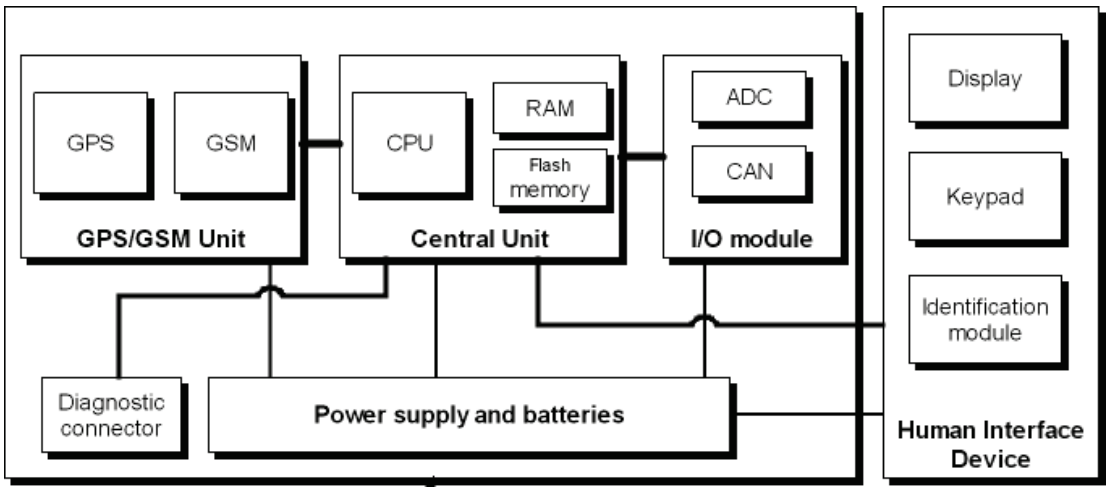
Rad sustava koji je opisan slikom je sljedeći: *on-board* jedinice (OBU) mjere operativne parametre vozila, odnosno podatke o performansama vozila (brzina, potrošnja goriva, stanje motora, stajanja, ubrzanja itd.) i njegov položaj (uz pomoć GPS-a). Ovi parametri se šalju u centralni poslužitelj (*server*) na aktualizaciju prethodno definiranih podataka. *On-board* jedinice komuniciraju sa središnjim poslužiteljem putem mobilnih sustava, a ulazni podaci se pohranjuju u bazu podataka [14].

3.1.1. On-Board Units (OBU)

OBU (engl. *On Board Units*) predstavlja najvažniji dio telematičkog sustava u vozilu. To je elektronička jedinica koja očitava i memorira podataka sa vozila. Obavlja analizu podataka sa GPS prijamnika i vrši kontrolu prijenosa podataka. Sastoji se od logičkih sklopova za određivanje lokacije, nadzor vozila, govornu i podatkovnu komunikaciju [15]. GPS i/ili GLONASS sustavi za pozicioniranje su integrirani zajedno s GSM/UMTS modemom[19]. Šalju podatke za pozicioniranje istovremeno (*on-line)* na centralni računalni poslužitelj. Jedinice u vozilu sastoje se od sljedećih glavnih jedinica što je i vidljivo na slici 8 [14]:

[19] Ove kratice objašnjene su u poglavlju 5.

- GSM/GPS modul
- središnje jedinice (*central unit*)
- uređaja za sučelje (*human interface device*)
- dijagnostički punjač (*diagnostic adapter*)
- I/O modul
- jedinica za napajanje i pozadinske baterije.



Slika 8. Opća arhitektura *on-board* jedinice [14]

3.1.2. Komunikacijski sustav

Sustav u realnom vremenu (*On-line*) upravljanja voznim parkom zahtijeva visok stupanj pouzdanosti i cjelovitost prijenosa podataka. Kako bi se to postiglo sustavi upravljanja flotom vozila koriste mobilne mreže. Poput javne GPRS ili neke druge generacije mreže.[20] Općenito postoje tri moguće tehnologije prijenosa:

- komutacija poruka (pr. SMS)
- komutacija[21] kanala (*circuit-switched*)
- komutacija paketa (*packet-switched*).

[20] objašnjeno u 5. i 6. poglavlju

[21] komutacija ili prospajanje

Danas se najčešće koristi komunikacija koja se ostvaruje paketnim prospajanjem. Najraširenija je GPRS (engl. *General Packet Radio Service*) i EGPRS (engl. *Enhanced* GPRS) koja osigurava veću propusnost. U 3G mrežama mogu se koristiti UMTS i HSDPA (objašnjeno u 5. i 6. poglavlju), ali ove tehnologije nisu u općoj uporabi (u svim mjestima) u sustavima za upravljanje flotom zbog malog područja pokrivanja i visoke cijene uređaja [14]. Prednosti paketno komutiranih tehnologija su sljedeće:

- kontinuirana veza
- veća pojasna širina *(bandwidth*)
- troškovi bazirani na količini prenesenih podataka (*data amount based costs*).

U slučaju nedostupnosti GPRS usluge, kao rezerva može se koristiti i GSM (SMS prijenos). Na primjer, slanje upozorenja vozaču izravno na mobilni telefon. Primjer komunikacijskog sustava koji može biti izgrađen na principu OSI modela je prikazan u tablici 3.

Tablica 3. Komunikacijski sustav prema OSI modelu

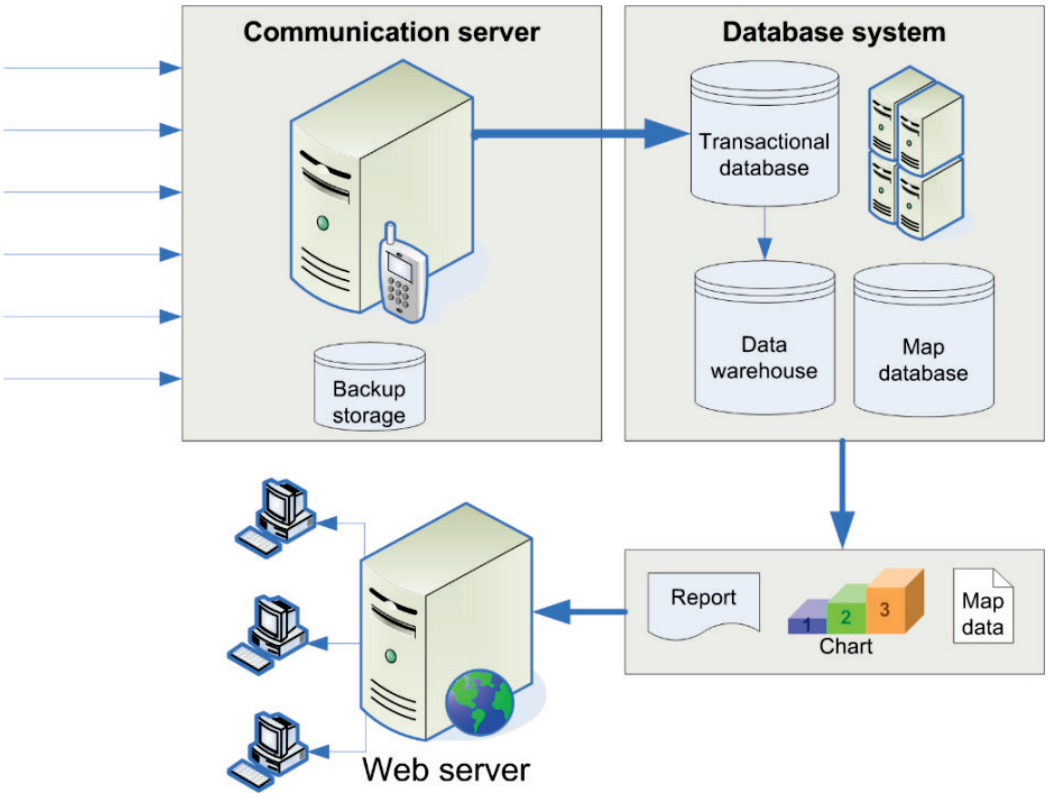
OSI model	**Korišteni protokol ili usluga**
Aplikacijski sloj	XML bazirani protokol
Prezentacijski sloj	UTF8
Sloj sesije	TCP socket (priključak)
Transportni sloj	Transmission Control Protocol (TCP)
Mrežni sloj	Internet Protocol (IP)
Sloj veze podataka	GPRS, Ethernet
Fizički sloj	GSM, 100BASE-TX

Izvor: [14]

3.1.3. Centralni sustav

Središnji ili centralni sustav koji je prikazan na slici 9 sastoji se od komunikacijskog poslužitelja ili servera i baze podataka. *On-board* jedinice komuniciraju s komunikacijskim poslužiteljem. Podaci se prenose prema poslužitelju kada je uređaj za praćenje povezan i, naravno, kada je mobilna mreža dostupna. Kada mreža nije dostupna uređaj pohranjuje podatke u internoj memoriji i pohranjene podatke kasnije prenosi u server, kada mreža opet postane ponovno dostupna. Centralni sustav je zadužen za obavljanje sljedećih zadataka [14]:

- prijam podataka
- provjera podataka (sintaktički, semantički, *checksum*)
- smještaj u bazu podataka
- identifikacija vozača
- slanje parametara prema OBU
- ažuriranje softvera.



Slika 9. Arhitektura središnjeg sustava [14]

Komunikacijski poslužitelj povezuje se na sustav koja sadrži tri glavne baze podataka:

- transakcijsku bazu podataka (engl. *transactional database*)
- „skladište podataka“ (engl. *data warehouse*)
- baze digitalnih karti (engl. *map database*).

Zadatak transakcijskih baza podataka je primanje podataka iz komunikacijskog servera. Podaci se prenose do skladišta podataka gdje se izvršava filtriranje i ponovnih obrada podataka. Korisnici mogu pristupiti izvješćima u obliku grafikonima, teksta, itd. te kartografskim podacima preko „*web*“ korisničkog sučelja.

3.1.4. Korisnički sustav

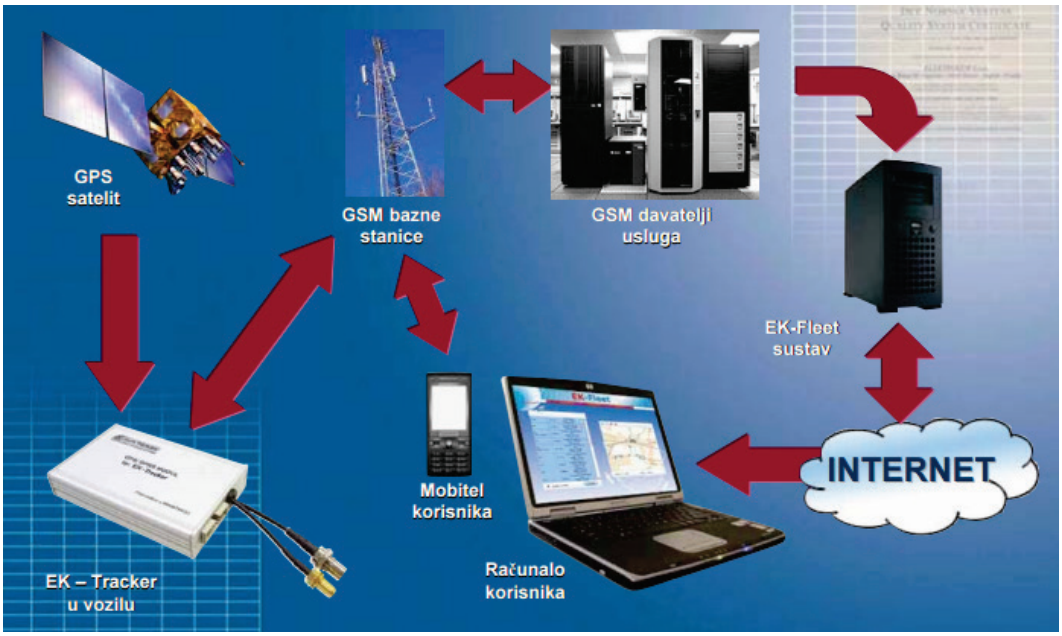
Korisnički sustav prikazuje geografske podatke vozila na karti i podatke o vozilu. Korisničko sučelje vozaču omogućava komunikaciju sa udaljenim računalnim sustavom FM-a. Tu spada navigacijski uređaj koji se sastoji od ekrana osjetljivog na dodir ili na sustav upravljanja komandama na volanu. Odnosi se i na elektronički modul koji daje instrukcije vozačima u vezi s odredištem. Može ih davati grafički, verbalno ili korištenjem oba načina. Ova usluga može biti ostvarena i preko mobilnih telefona koji posjeduju GPS modul. Navigacijski uređaj je povezan s OBU. Na taj način vozači primaju upute i preko odgovarajućeg terminala šalju odgovore i druge informacije do baze podataka [18]. Važna funkcija ovog modula je prikaz karte s trenutnom pozicijom vozila, rute i uputa za vožnju vozaču vozila te prikaz rute [16].

Komunikacijski modul je električna i softverska komponenta koja se nalazi unutar vozila. Predstavlja posrednika između opreme u vozilu i komunikacijske mreže. Omogućava povezanost na mrežu (npr. Internet) ili (engl. *Virtual Private Network*, VPN). Komunikacijski modul obavlja više različitih funkcija: prikupljanje podataka iz samog vozila, komunikacija s ostalim modulima, slanje i primanje podataka od računalnog sustava pružatelja FM usluga pokretnom mrežom. U svrhu prikupljanja podataka o vozilu komunikacijski modul je spojen direktno na CAN sabirnicu [16]. Terminalni uređaji za vozače predstavljaju *handheld* uređaje koji su sastavljeni od ekrana i tipkovnice. U terminalni komunikacijski uređaj mogu se unositi podaci vezani za putovanje i teret koji se prevozi, razlog kretanja ili zaustavljanja zbog opskrbe gorivom ili radi obavljanja intervencija na vozilu ili gužve u prometu, količina dotočenog goriva ili troškovi [18].

3.2. Primjer sustava za satelitsko praćenje vozila

Postoji mnogo različitih sustava za satelitsko praćenje vozila od različitih firmi. To su firme poput: Digitalni tahograf d.o.o., Mireo d.d., Mobilisis d.o.o, Tahograf d.o.o. A jedan od takvih sustava je EK- Fleet. EK-Fleet je telematički sustav koji je izradila tvrtka Elektrokem d.o.o. iz Hrvatske. To je sustav za satelitski nadzor i praćenje vozila. Omogućuje GPS satelitsko praćenje vozila odnosno neprekidni satelitski nadzor velikog broja vozila. Može se raditi o vozilima, plovilima, građevinskim strojevima ili nekim drugim pokretnim i nepokretnim objektima [19]. Satelitsko praćenje vozila osim lociranja, nadgledanja i upravljanja vozilima u realnom vremenu (stalne kontrole voznog parka) omogućuje i arhiviranje prikupljenih podataka u svrhu njihovog naknadnog pretraživanja i generiranja različitih vrsta izvještaja. Sustav za satelitsko praćenje vozila EK-Fleet objedinjuje GPS praćenje vozila odnosno pozicioniranje vozila i GPRS tehnologiju prijenosa podataka s modernom informatičkom tehnologijom (internet, server-klijent tehnologija, baze podataka) i vektorskom cestovnom kartografijom. Na slici 10 prikazane su glavne komponete sustava [19]:

- *EK-Tracker* uređaja s GPS i GSM antenom
- EK-Dispatch servera
- EK-Web i EK-SMS modula
- vektorske karte.



Slika 10. Arhitektura EK Fleet sustava [19]

Sustav EK-Fleet radi tako što koristi EK-Tracker uređaj s GPS/GSM antenom koji je ugrađen u vozilo i povezan s različitim senzorima i CAN sabirnicom unutar vozila.[22] Spajanjem na upravljačko računalo motora putem CAN sabirnice omogućuje očitavanje podataka vezanih za vožnju i rad motora. To su: brzina kretanja vozila, broj okretaja motora, trenutnu i prosječnu potrošnju goriva, razinu goriva u rezervoaru, pritisak i razinu ulja, stanje svjetala i cijeli niz drugih podataka. Ti podaci mogu biti poslani (zajedno s najvažnijim podacima - koordinatama geografske lokacije vozila) u računalni sustav pružatelja FM usluga ako krajnji korisnik tako želi [16].

Uređaj prati podatke sa senzora, CAN sabirnice (prijeđeni put, potrošnja goriva, nivo spremnika) te brzinu, smjer i lokaciju vozila GPS navigacijskim sustavom. Podaci se preko GPRS-a šalju u centralni *EK-Dispatch server*. *EK-Dispatch server* prikuplja i obrađuje podatke iz svih vozila i pohranjuje ih u bazu podataka. Uređaj se sastoji od procesora, GPS prijamnika, GPRS modula, memorijskog modula, i baterije. *EK-Tracker* uređaj unutar vozila može biti povezan sa CAN sabirnicom i senzorima za broja okretaja motora, otvaranja vrata tovarnog prostora, temperature motora i tovarnog prostora [19]. Mogućnosti EK-Fleet sustava za satelitsko praćenje prikazane su u tablici 4. Iz baze podataka sustava za satelitsko praćenje vozila moguće je generirati nekoliko vrsta izvještaja. Oni ovise o broju parametara koji se pomoću senzora (objašnjeno u poglavlju 4) mjere na točno određenim mjestima u vozilu. Izvještaji mogu biti prikazani u obliku teksta, tablice ili grafikona. Također, mogu se generirati za određeno razdoblje, za jedno ili odabranu skupinu vozila odnosno vozača. Izvještaji su dio EK-Fleet sustava za satelitsko praćenje vozila koji je podložan promjenama tj. mjerenjem novih parametara, generiraju se i novi izvještaji. Svi izvještaji i grafikoni prikazani na ekranu računala mogu se otisnuti i arhivirati. Izvještaji se izdaju za određene bitne parametre, primjer: povijest kretanja vozila, mjerenje nivoa goriva u spremniku, (grafički) prikaz stajanja unutar vožnje, usporedni prikaz prijeđenog puta i utrošenog vremena, (grafički) prikaz broja okretaja motora i brzine, (grafički) prikaz kretanja temperature [19].

[22] *Controller Area Network* (CAN sabirnica) je standardizirana sabirnica koja se nalazi u vozilima. Sabirnica CAN koristi protokol putem kojeg komuniciraju uređaji u vozilu.

Tablica 4. Mogućnosti EK-Fleet sustava za satelitsko praćenje

1. Prikaz pozicije vozila u realnom vremenu.
2. Identifikacija vozača
3. Prikaz povijesti kretanja vozila u tekstualnom i grafičkom obliku - po vozilu i posebno po vozaču
4. Generiranje putnih naloga
5. Očitavanje i pohrana broja okretaja motora brzine kretanja vozila, radnih sati motora i prijeđenih kilometara vozila
6. Mjerenje potrošnje goriva
7. Mjerenje nivoa goriva u spremniku
8. Kontrola temperature tovarnog prostora i otvaranja vrata tovarnog prostora
9. Generiranje zvučnog signala o prekoračenju unaprijed određene brzine, broja okretaja motora i sl. u vozilu i centru za praćenje
10. Mogućnost unosa i pregleda svih fiksnih i varijabilnih troškova vozila i vozača
11. Podsjetnik za servis, unos servisnih parametara vozila (servisni intervali) i dodatnih parametara (npr. maksimalni broj okretaja motora, maksimalna. brzina)
12. Generiranje raznih tipova izvještaja, u pisanom i grafičkom obliku (po vozaču i po vozilu za određeni vremenski period)
13. Praćenje načina vožnje (preko broja okretaja motora, brzine i potrošnje) i na osnovu toga donošenje ocjene o radu vozača

Izvor: [19]

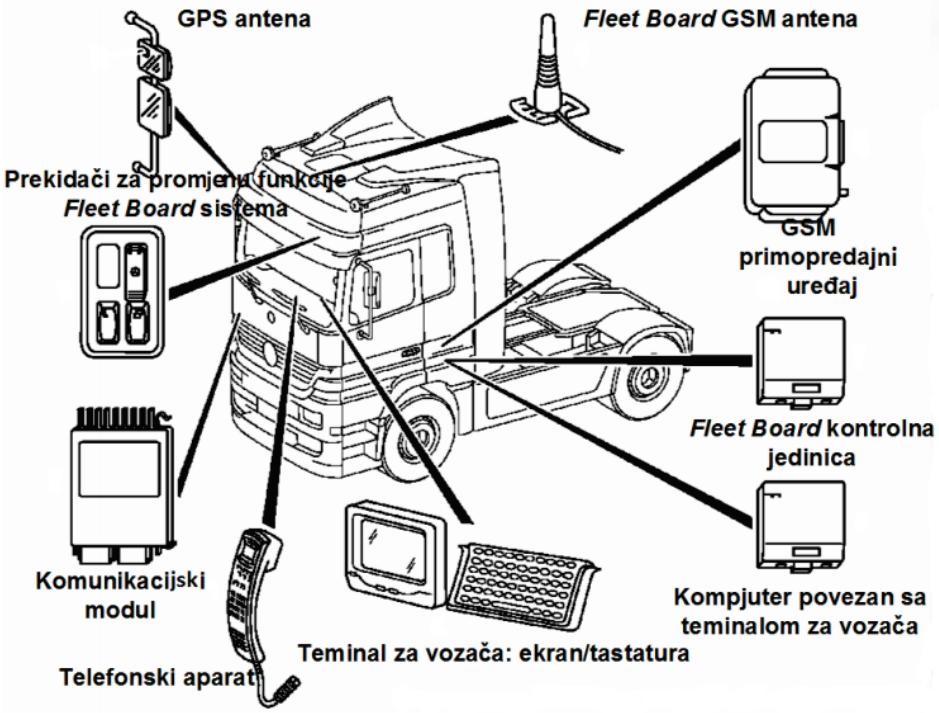
4. Osjetila i komunikacijski sustavi u vozilu

OBU uređaj (engl. *On Board Unit*) sadrži navigacijski i komunikacijski modul, a služi za stalno praćenje vozila i komunikaciju sa centralnim sustavom. Osnovni podaci o prostornoj i vremenskoj poziciji vozila dobivaju se pomoću GNSS modula koji omogućava lociranje vozila. Vozilo je opremljeno i komunikacijskim modulom. Komunikacijski modul u vozilu putem bežične komunikacijske mreže šalje poruke u centar za obradu podataka. Kao pokretni objekti najčešće se koriste vozila koja su dio neke flote vozila, primjerice taksi službe, vozila JGP-a[23] i vozila za distribuciju roba. Za obradu i prezentaciju lokacijski baziranih informacija koristi se geografski informacijski sustav (GIS) sa pripadnim prometnim slojem (digitalnim zemljovidom prometne mreže) [17]. GIS je sustav za upravljanje prostornim podacima. To je računalni sustav koji vrši prikupljanje, spremanje, obradu, analiziranje i prikazivanje geografskih informacija. Općenito, GIS je oruđe koje koriste "pametne karte" pomoću kojih korisnici imaju mogućnost postavljanja interaktivnih upita od strane korisnika, analiziranje prostornih informacija i uređivanje podataka.

Praćenje vozila postignuto je ugradnjom GPS uređaja za praćenje u vozilo, koji se napaja iz automobilskog akumulatora. Međutim, danas se, u svrhu praćenja vozila, mnogo kompanija odlučuje za pametne mobilne terminalne uređaje. To je ostvarivo iz razloga što“pametni” telefoni sadrže modul za lociranje, stoga se upotrebljava termin FPD (engl. *Floating Phone Data*). Naziv se odnosi na “pametne” telefone koji šalju GNSS podatke. Za lociranje vozila mogu se koristiti i resursi ćelijskih mreža što nazivamo CFCD (engl. *Cellular Floating Car Data*) [17].

FleetBoard sustav predstavlja telematički Internetski servis razvijen u svrhu kvalitetnijeg upravljanja voznim parkom. Koristi se kao podsjetnik o redovnim servisima, tekstualno komuniciranje, utvrđivanje lokacije vozila, izradu plana rada za pojedine prijevozne puteve, obavještavanje klijenata i sl. [15]. Kako bi taj sustav uspješno obavljao svoju svrhu potrebna je telematika unutar vozila, a to su osjetila odnosno senzori unutar pokretne jedinice te komunikacijski modul čiji je primjer dan i opisan na slici 11.

[23] JPG – javni gradski prijevoz



Slika 11. Komponente FleetBoard sustava na transportnoj jedinici [15]

GPS antena je sa jedne strane povezana sa *Fleetboard* računalom vozila. Pomoću nje je moguće odrediti trenutnu lokaciju vozila. Podaci koji se pohranjuju na ovo računalo mogu odmah biti raspoloživi vlasniku vozila, a njihov prijam i slanje se vrši putem GSM mreže. Podaci koji se prenose pohranjuju se u *fleetboard* serveru. Ti podaci su dostupni vlasniku vozila preko Interneta uz unos odgovarajuće šifre za pristup. Na taj način vlasnik vozila ima uvid u stanje vozila u svakom trenutku. Vlasnik vozila, također, ima mogućnost naknadnog preuzimanja podataka i utvrđivanja stanja pojedinih komponenti vozila priključivanjem dijagnostičkog aparata.

4.1. Definicija osjetila

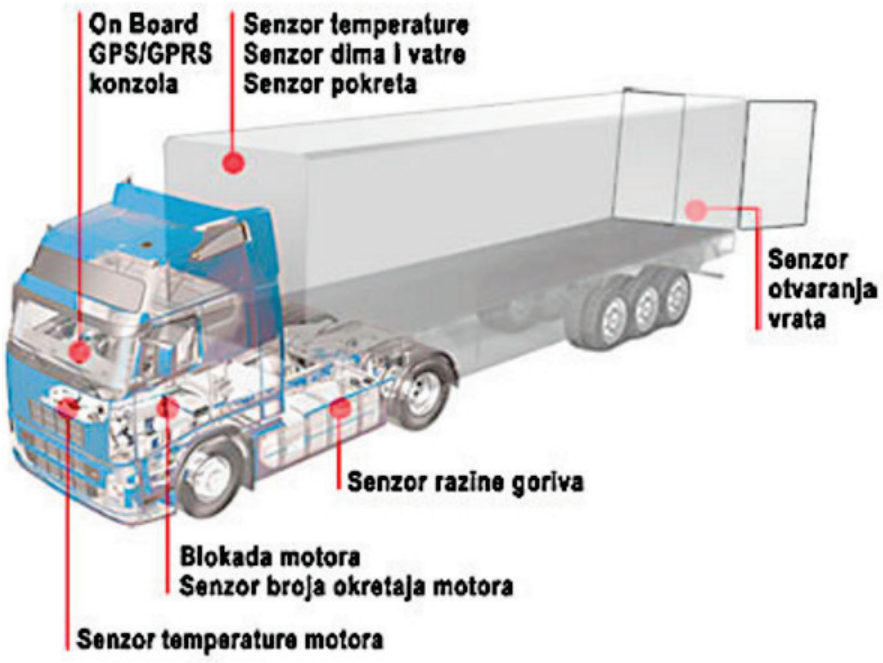
Osjetilo ili senzor predstavlja element pomoću kojeg se vrši pretvorba neke fizikalne veličine u električni signal, ili čitav mjerni lanac koji na izlazu daje gotovi podatak (informaciju). Senzori su dio sustava za prikupljanje podataka ili dio sustava za upravljanje. Uloga senzora je detektiranje ili mjerenje neke fizikalne veličine u prostoru. Senzor generira odziv na pobudu u

obliku električnog signala na osnovu kojeg se može zaključiti o kojoj se fizikalnoj veličini radi i koji je iznos te veličine. Termini koji se još rabe za senzor su: osjetilo, mjerni pretvornik, detektor [17].

Pod senzorom u užem smislu smatra se osjetni element koji je u neposrednom kontaktu s fizikalnom veličinom (ulaz je fizikalna veličina), a izlaz je električki signal. Senzor u širem smislu je mjerni podsustav, čiji je izlaz prikaz podatka ili mjerene veličine. U užem smislu predstavlja prvi element u mjernom lancu. Mjerni lanac sadrži nekoliko procesa. Nakon osnovne pretvorbe u električki signal slijedi pred obrada signala koja prilagođava signal za daljnju obradu (npr. filtriranje i pojačavanje signala). Zatim slijedi sama obrada signala koja uključuje donošenje zaključaka o čemu se radi i/ili daje iznos mjerene veličine na osnovi signala [17].

4.2. Primjer osjetila unutar vozila (*EK-Fleet* sustav)

Podaci se pohranjuju i vidljivi su uz pomoć standardnog Internetskog pretraživača na korisničkom lokalnom računalu. To daje mogućnost pregleda i rekonstrukcije eventualnih nepoželjnih događaja (primjer: istakanje goriva, "nestanak" robe iz tovarnog prostora itd.). Primjer senzora EK-Fleet sustava dan je u tablici 5, a njihov razmještaj prikazan na slici 12 [19].



Slika 12. Osjetila u vozilu [19]

Tablica 5. Senzori unutar vozila

Senzori	Karakteristike
1. Mjerenje nivoa goriva u spremniku	EK-Fleet sustav za satelitsko praćenje vozila kontinuirano mjeri nivo goriva u spremniku te omogućava određivanje: točnog vremena i datuma točenja goriva, lokacije točenja goriva (benzinska postaja), količine natočenog goriva.
2. Mjerenje potrošnje goriva	Mjerenje potrošnje goriva vrši se pomoću mjerača za protok goriva ili preko CAN sabirnice[24] kod vozila gdje je to ostvarivo. Ovom metodom dobivaju se točni podaci o trenutnoj, prosječnoj i ukupnoj količini goriva potrošenog u motoru.
3. Senzor broja okretaja motora	EK-Fleet sustav za GPS satelitsko praćenje vozila ima senzor koji mjeri broj okretaja motora i dobivene podatke pomoću EK-Tracker uređaja isporučuje u bazu podataka. Korisnik na svom računalu isporučene podatke vidi kao grafikon.
4. Senzori temperature motora	Senzori mjere temperaturu (smješteni u motoru) i dobivene podatke pomoću EK-Tracker uređaja isporučuju u bazu podataka. Moguće je slanje alarma SMS-om ukoliko temperatura izađe iz zadanih granica
5. Senzor napona akumulatora	Senzor kontinuirano mjeri napon akumulatora. Dobiveni podaci se pomoću EK-Tracker uređaja isporučuju u bazu podataka. Korisnik na svom računalu isporučene podatke vidi kao grafikon.
6. Blokada paljenja	Dodatni senzor koji smanjuje mogućnost neovlaštenog korištenja vozila. Koristi se u kombinaciji sa čitačem kartica za identifikacija vozača. Moguće je npr. zabraniti paljenje kamiona vozaču koji nema C kategoriju.

Izvor: [19]

[24] CAN - Controller Area Network

5. Primjena mobilnih mreža za prikupljanje podataka

Komunikacijske mreže za poslovne namjene se zovu *Dispatcher Land Mobile Networks*. Komunikacija se odvija između korisnika i glavnog dispečera[25]. Najčešće se omogućuje prijenos govora i podataka. Dispečerski sustavi su čvrsto separirani i prilagođeni zahtjevima kompanije. Takve sustave koriste sustavi upravljanja flotom vozila, policija, vatrogasci, javna poduzeća itd. [20].

Rad mobilnih mreža zasnovan je na radio prijenosu. Bežični ili radio prijenos se bazira na prijenosu informacija s jednog mjesta na drugo putem elektromagnetskih valova koji putuju kroz prostor. Radio valovi su dio spektra zračenja elektromagnetskog vala. Frekvencije rada mobilnih uređaja smještene su u UHF (engl. *Ultra High Frequency*) području.

Za propagaciju el. mag. valova zadužene su antene. U početcima bežični uređaji su se koristili prvenstveno za zvukovne komunikacije. Danas se bežični prijenos koristi u mnogo uređaja. Bežične uređaje možemo podijeliti na [20]:

- uređaje za prijenos audio, video signala (pr. bežični telefoni)
- računalne mreže (bežični LAN, radio-modem)
- komercijalne kućne uređaje (alarmni sustavi, daljinski upravljači,...)
- GPS (globalni sustav pozicioniranja)
- tehnologija radio-frekvencijske identifikacije (uređaji za praćenje, kontrola prostora itd.).

GPS uređaj za praćenje sadrži modul za primanje GPS signala i izračunavanje koordinata. Za čuvanje podataka sadrži veliku memoriju za pohranu koordinata. Dodatno sadrži GSM/GPRS modul za prijenos tih podataka u središnje računalo, bilo putem SMS-a ili preko GPRS-a u obliku IP paketa.

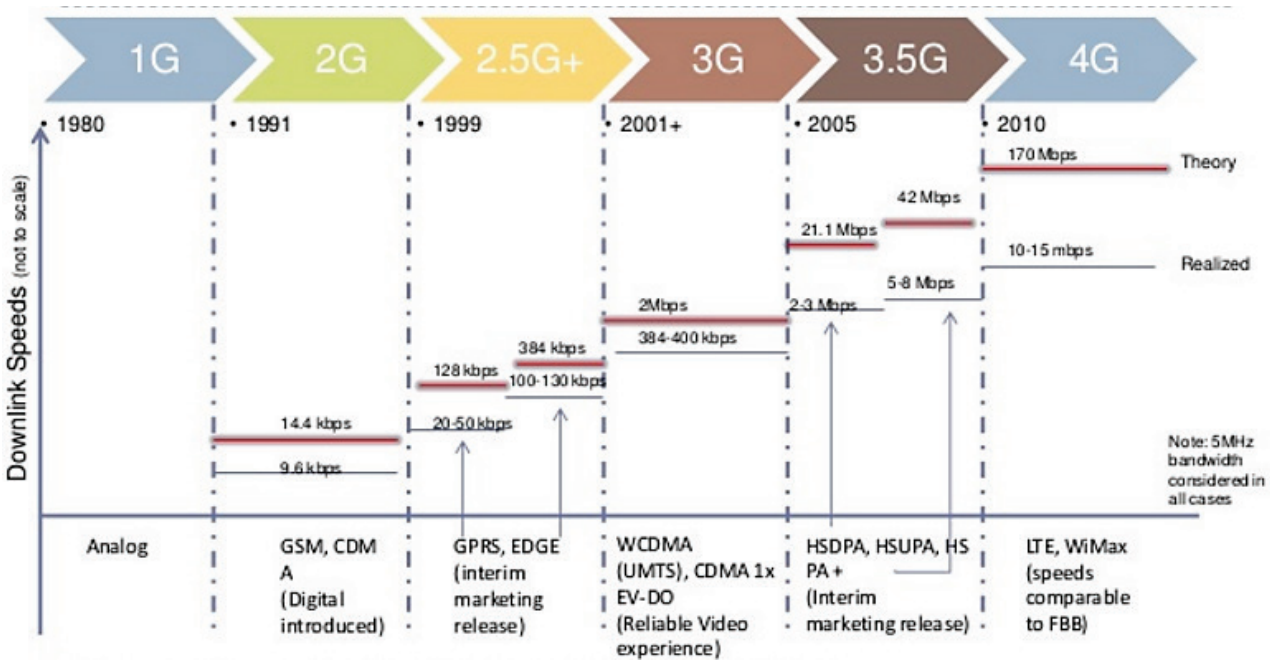
5.1. Podjela mobilnih mreža

Mobilne mreže, prema njihovom razvoju, možemo podijeliti po generacijama. Tako postoje 1G, 2G, 3G, 4G i u skoroj budućnosti u planu je uvođenje 5G mreže. Kronološki pregled mobilnih mreža sa brzinama preuzimanja dan je na slici 13. Za prijam i obradu FCD podataka koriste se ćelijske mobilne mreže od 2G pa na dalje:

[25] Dispečer (engl.), osoba (središnja ustanova ili organ) koja iz jednoga mjesta upravlja prometom (želj., zračnim), raspoređuje el. energiju, ili pak upravlja cijelim tokom proizvodnje u nekome mehaniziranom poduzeću.

- 1.G → NMT (engl. *Nordic Mobile Telephone*), druge inačice:
    - AMPS (engl. *Advanced Mobile Phone Service*), Australija i Novi Zeland,
    - TACS (engl. *Total Access Communication System*), Europa, Srednji i daleki Istok.
- 2.G → GSM (engl. *Global System for Mobile Communications*) sa unaprjeđenjima:
    - 2.5. G - GPRS (engl. *General Packet Radio Service*) i
    - 2.5. G+ - EDGE (engl. *Enhanced Data Rates for Global Evolution*).
- 3.G → UMTS (engl. *Universal Mobile Telecommunication System*), sa nadogradnjom:
    - 3.5. G - HSPA (engl. *High Speed Packet Access*) koji dijelimo na:
        - HSDPA (engl. *High Speed Downlink Packet Access*) i
        - HSUPA (engl. *High Speed Uplink Packet Access*).
- 4.G → LTE (engl. *Long Term Evolution*)

Na slici 13 prikazane su generacije mobilnih mreža prema godinama od kada su operativne te brzinama koje su postignute u savršenim uvjetima i u praksi. Tehnike prijenosa koje se koriste za rad mobilnih mreža navedene su u tablici 6.



Slika 13. Evolucija mobilne mreže [21]

Tablica 6. Razvoj mobilnih mreža s obzirom na tehnike prijenosa

Generacija	Tehnike prijenosa
1G - NMT	- frekvencijski dupleks
2G - GSM	- TDMA (engl. *Time Division Multiple Access*) - FDD (engl. *Frequency Division Duplex*)
3G - UMTS	- WCDMA (engl. *Wideband Code Division Multiple Access*)
4G - LTE	- OFDM (engl. *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*) - MIMO (engl. *Multiple Input Multiple Output*)

Izvor: [22]

Prva generacija je bazirana je na analognom prijenosu, dok su sve ostale generacije bazirane na digitalnom. Upotreba digitalnih signala i modulacije daje povećanu kvalitetu prijenosa i ima mnogo prednosti nad analognim sustavima (nedostatak veća cijena). To su [20]:

1. **Visoka pouzdanost** – diskretna osobina digitalnog signala čini razliku u prisutnosti šuma, vrlo visoka pouzdanost u slanju podataka i mogućnosti detektiranja greški.
2. **Vremenska neovisnost** – digitalizirani signal je slijed brojeva, brzina digitalnog signala ne mora biti ista onoj za vrijeme digitalizacije.
3. **Neovisnost izvora signala** – digitalni signal može biti predan u istom formatu neovisno od izvora. Glasovni, video, slikovne i ostale vrste podataka mogu se odašiljati na istom kanalu.
4. **Signali se mogu kodirati** – sama poslana poruka, konačni niz digitalnih signala, ima određeno značenje zavisno od pravila kojim se one interpretiraju.
5. **Bolja zaštita od prisluškivanja**

Primjenu u FCD sustavu mogu naći i komunikacijske tehnologije kratkog dometa, kao što su [17]:

- Wi-Fi (Wireless-Fidelity, IEEE 802.11)
- Bluetooth (IEEE 802.15.1)
- ZigBee (IEE 802.15.4).

Njihova primjena prvenstveno se odnosi na proširenje mogućnosti prikupljanja podataka, u smislu da FCD vozilo ne komunicira samo sa centrom već i s vozilima koja se nalaze u blizini nekom od komunikacijskih tehnologija kratkog dometa. Primjerice jedno FCD vozilo prikuplja podatke i od vozila koja se nalaze u blizini (ta vozila nemaju direktnu vezu sa centrom). Prikupljene podatke FCD vozilo dostavlja u centar za obradu podatka [17].

5.2. Prijenos informacija pomoću mobilnih mreža

Informacija o točnoj geografskoj poziciji vozila šalje se u sustav upravljanja flotom. U tu svrhu FM aplikacije u pravilu koriste javnu telekomunikacijsku infrastrukturu i dijele resurse s korisnicima koji istu mrežu koriste u sasvim druge svrhe. Uređaji u sklopu FMS-a imaju ugrađeni GPRS modul koji preko mreže mobilne telefonije šalje podatke o vozilu u dispečerski centar. Tarifiranje usluga mobilnog operatera je vrlo povoljno, jer GPRS zauzima resurse mobilne telefonije samo onda kada šalje podatke, što malo opterećuje mrežu. A korištenjem *roming* usluge omogućuje se slanje podataka i iz drugih država [16].

Komunikacijski modul sklopovlja FM sustava koji se nalazi u vozilu koristi mobilni Internet da bi ostvario konekciju prema aplikacijskom poslužitelju. Ponekad se koristi i VPN pristup koji stvara ‘‘tunel’’ podataka od uređaja do samog poslužitelja. Da bi tu konekciju ostvario, mora imati GPRS, UMTS ili LTE funkcionalnost (ili kombinaciju tih funkcionalnosti). To jest procesni modul mora biti uređaj koji se (poput pametnog telefona) spaja na Internet koristeći pokretnu mrežu [16].

Ostvarenje komunikacije vrši se primjenom 2G mreže u ruralnim područjima gdje bazne stanice uglavnom imaju samo 2G modul. Dostupnost većih brzina ovisna je o tipu mobilnog uređaja, razini signala, te trenutnoj prometnoj opterećenosti mobilne mreže. Izvan naseljenih područja postoji samo 2G mreža. Nakon što se tim signalom i govornim uslugama pokrije planirani teritorij ide se na nadogradnju na 3G ili 4G mrežu. Kao posljedica toga, mnogi proizvođači opreme za FM imaju samo mogućnost spajanja na GPRS (2.5 G) podatkovni promet i uopće ne podržavaju UMTS ili LTE [16].

Na slici 14 vidi se karta pokrivenosti i brzine prijenosa 4G signala u Republici Hrvatskoj, a pružatelj je Hrvatski Telekom. Karta pokrivenosti je zasnovana na računalnom modelu te su u stvarnosti moguća odstupanja [23]. Vidimo da su najveće brzine prijenosa i sama pokrivenost 4G signalom u RH posebice dobra u velikim gradovima i u njihovoj okolici (plava polja). Dok u nekim dijelovima (posebice Lika) uopće nema pokrivensti. Sa slike vidimo brzine prijenosa podataka, gdje određene boje predstavljaju različite brzine:

- **do 150 Mbit/s**
- **do 225 Mbit/s**
- **do 262.5 Mbit/s**.



Slika 14. HT pokrivenost signalom i brzine prijenosa [23]

Da bi se ostvarila konekcija sa pokretnom mrežom procesni modul u sebi mora imati i SIM karticu nekog operatora. Pružatelj FM usluge ima jedinstven računalni sustav koji obuhvaća i prima podatke od svih vozila koja se prate, a koja mogu imati različite vlasnike. Različitim vlasnicima (njihovim kontrolorima prometa) daje se, dakako, uvid samo u njihova vozila. Preko svojeg dijela korisničkog sučelja, pružatelj FM usluga aktivira SIM kartice, dodjeljuje ih pojedinom klijentu, njegovoj floti i pojedinom vozilu te na taj način administrira sustav. Specijalizirane M2M[26] kartice u pravilu imaju javne IP adrese na Internetu, što znatno olakšava ''pronalazak'' uređaja u kojim su te kartice od strane upravljačkog softvera FM sustava koji je također spojen na Internet. Operator ima u bazi podataka IP adrese svake SIM kartice. Pružatelj FM usluga može od operatora uzeti određeni broj SIM kartica. Tada i on ima uvid u njihovu poziciju (određenu putem usluga pokretne mreže), njihovu IP adresu i ostale konkretne podatke koji su zapravo u domeni pokretnog operatora [16].

[26] Engl. *Machine to Machine* – opisuje tehnologiju koja omogućuje umreženim uređajima razmjenu informacija i obavljanje radnji bez ručnog upravljanja ljudi.

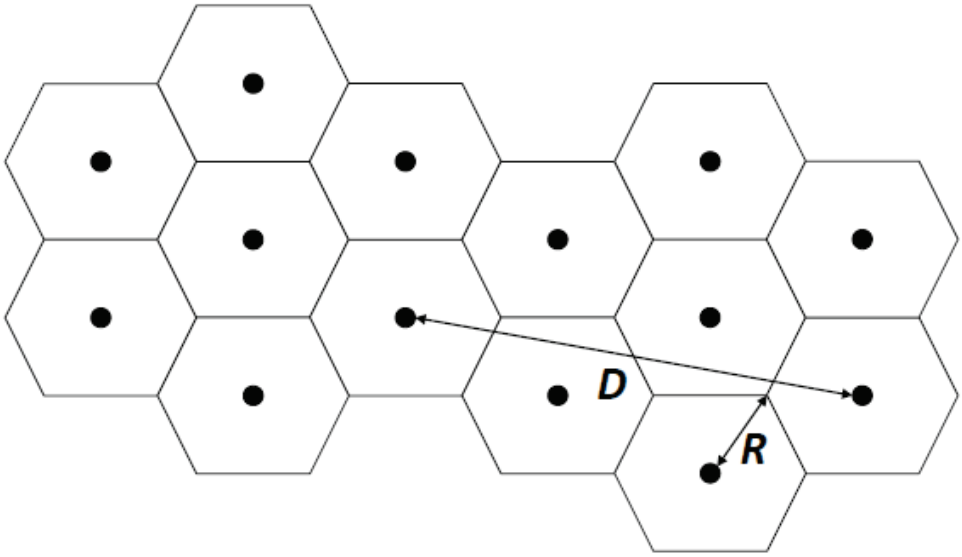
6. Infrastruktura pružatelja usluge

Novi trendovi na telekomunikacijskom tržištu bilježe smanjenu uporabu fiksnih linija i klasičnih usluge te povećanu uporabu pokretnih mreža i usluga, uz značajno širenje širokopojasnog pristupa Internetu. Definirana je nova mrežna arhitektura koja osigurava interoperabilnost s postojećim fiksnim i pokretnim mrežama, kao i otvorenost prema novim pristupnim tehnologijama. Ova mrežna arhitektura omogućuje prijenos različitih sadržaja (npr. govor, podaci, multimedija) na zajedničkom paketskom prijenosu. Važno je istaknuti i motivaciju da usluge u mrežama sljedeće generacije trebaju biti dostupne u svakom trenutku, na svakom mjestu i na bilo kojem uređaju [25]. U sljedećim potpoglavljima dan je prikaz osnovnog principa rada mobilnih mreža sa njihovom arhitekturom i opisom. Prikazana je arhitektura 2G mreže kao generičke, jer se svaka iduća generacija nadovezuje na nju. Opisana je i arhitektura 3G mreže.

6.1. Princip i komponente ćelijskog sustava

Rad mobilnih mreža zasnovan je na ćelijskom pristupu. Ćelija je područje koje bazna postaja pokriva radijskim signalom. Oblik ćelije aproksimira se krugom ili češće šesterokutom. Ćelijski sustavi omogućavaju postizanje većih broja usporednih komunikacija u istom frekvencijskom opsegu. Skup ćelija kod kojeg su jednom iskorišteni svi raspoloživi kanali naziva se grozd ćelija (engl. *cell cluster*). Ograničenje u planiranju ćelijskog sustava je istokanalna smetnja (interferencija). Javlja se između ćelija koje rabe istu frekvenciju (kanal) i zato jer, korisni signal iz jedne ćelije, u drugoj ćeliji djeluje kao smetajući signal. Zadatak ćelijskog planiranja je dodijeliti kanale ćelijama u grozdu te grozdovima pokriti određeno područje pazeći da razmak istokanalnih ćelija bude dovoljno velik kako bi istokanalna interferencija ostala u prihvatljivim granicama [22]. Slika ćelijskog pokrivanja signalom dana je na slici 15, a arhitektura s potrebnom infrastrukturom za prikupljanje i slanje signala na slici 16.

Jedna frekvencija f_i koja je upotrijebljena na jednom geografskom području koje se naziva ćelija s radijusom ili polumjerom pokrivanja R može biti upotrijebljena u drugoj ćeliji sa istim radijusom pokrivanja na udaljenosti D. Na slici 15 i pomoću izraza (4) prikazana je udaljenost na kojoj se ponovno može upotrijebiti ista frekvencija [24].



Slika 15. Ćelijski koncept [22]

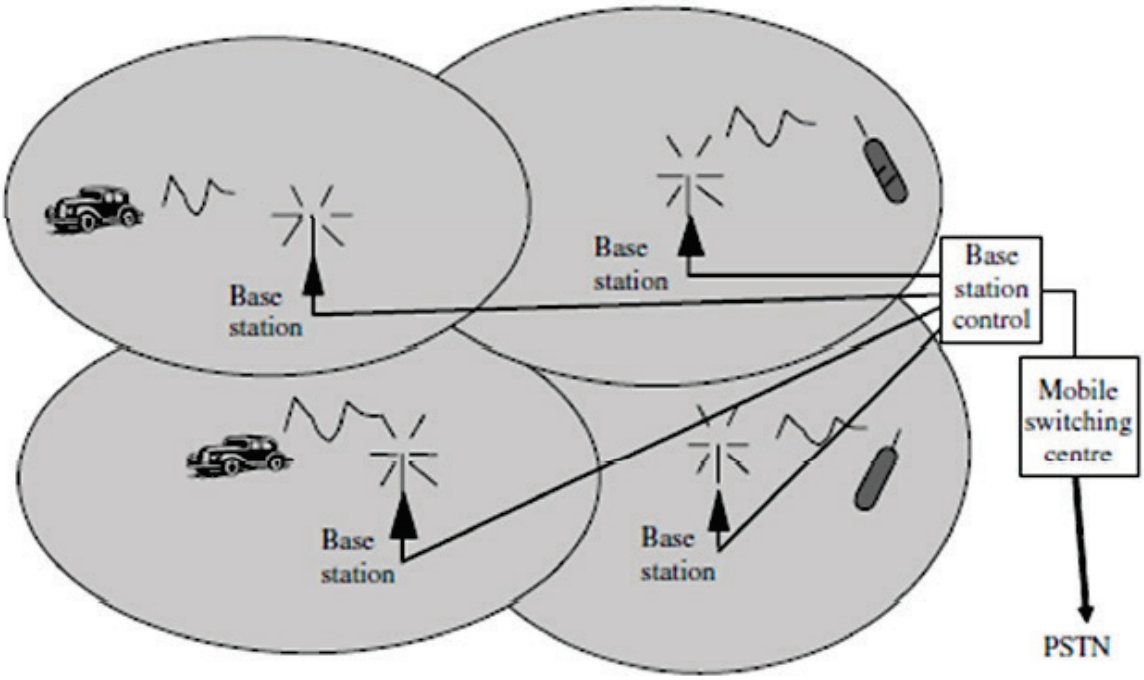
$$D = R * \sqrt{3N}, \tag{4}$$

gdje su:

- D - udaljenost
- N - broj ćelija u grozdu
- R - polumjer
- R_{max} - je maksimalni polumjer ćelije uz očuvanje prihvatljive kvalitete signala
- R_{min} - je polumjer ćelije koji osigurava maksimalni kapacitet sustava.

Komponente mobilnog ćelijskog sustava možemo vidjeti na slici 16, te ih prema [3] dijelimo na:

- **Mobilna (telefonska) stanica** - Sadrži upravljačku jedinicu, primopredajnik i sustav antene.
- **Podsustav bazne stanice** – Tu spada (engl. *Basic station Controler*, BSC) sa slike. Omogućava vezu između podsustava mobilne centrale i mobilne stanice. Sadrži kontrolnu jedinicu, radio kabinete, antene i napajanje.
- **Podsustav mobilne centrale** –Tu spada (engl. *Mobile Switching Centre*, MSC). Predstavlja centralni element mreže za koordinaciju svih baznih stanica. Uloga mu je procesiranje i prospajanje poziva kao i upravljanje tarifiranjem.

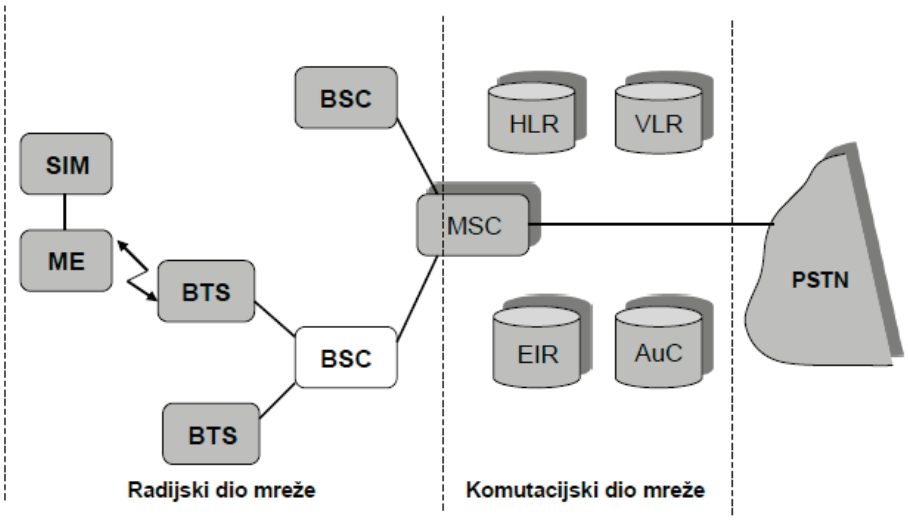


Slika 16. Arhitektura mobilne mreže [24]

6.2. Infrastruktura 2G

Najvažnija usluga koju podržava GSM je telefonija. Govor se digitalizira i prenosi dalje u GSM mrežu u digitalnom obliku. Posebnost GSM-a nad analognim sustavima je mogućnost slanja SMS-a i e-SMS (slanje putem e-maila) poruke. SMS (engl. *Short Messaging Service*) je mogućnost slanja alfanumeričke poruke i to do duljine 160 znakova.

GSM mreža sastoji se od nekoliko cjelina, a prema navedenom čini ju mobilna stanica, podsustav bazne stanice te mrežni podsustav, što se ujedno i vidi na slici 17. Mobilna stanica predstavlja korisnika, podsustav bazne stanice kontrolira i usklađuje veze sa mobilnom stanicom. U mrežnom podsustavu glavni dio je mobilni servisni komutacijski centar koji komutira pozive između mobilnih stanica i fiksne mreže te mobilnih stanica međusobno. Ujedno i kontrolira te upravlja cjelokupnim sustavom.



Slika 17. Komponente sustava GSM, [22]

Komponente GSM sustava prema slici 17 i prema [22] dijelimo na:

Mobilna stanica:

- SIM (engl. *Subscriber Identity Module*) kartica - identifikacijska kartica (enkripcijski algoritmi za autentifikaciju)
- ME (engl. *Mobile Equipment*) - mobilni telefon ili terminal.

Podsustav bazne stanice ili radijski dio mreže:

- BTS (engl. *Base Transciever Station*) - bazna postaja sadrži antenski sustav i primopredajni uređaj
- BSC (engl. *Base Station Controler*) - nadzornik (kontroler) baznih postaja:
  - upravlja radom grupe BTS-ova
  - upravlja funkcijama lociranja i preuzimanja veze
  - upravlja pozivima prema MS-ovima
  - omogućuje prespajanje “handover” između BTS-ova.

Mrežni podsustav ili podsustav mobilne centrale ili komutacijski dio mreže

- MSC (engl. *Mobile Switching Centre*) - komutacijski centar “GSM centrala”:
  - upravlja radom BSC-ova
  - upravlja, usmjerava, komutira, nadzire i raskida pozive od i prema javnoj telekomunikacijskoj mreži (npr. fiksnoj mreži, drugim mobilnim mrežama)
  - upravlja prikupljanjem tarifnih podataka.

Pretplatničke baze podataka:

- HLR (engl. *Home Location Register*) - registar podataka o vlastitim pretplatnicima sadrži:
  - podatke o vrsti pretplate
  - lokaciji pretplatnika
  - podatke o dodatnim uslugama.
- VLR (engl. *Visitor Location Register*) - registar podataka o "gostujućim" pretplatnicima
- povezan je s funkcijom međunarodnog "roaminga".
- AuC (engl. *Authentication Centre*) - obavlja autorizaciju pretplatnika, usko surađuje s HLR
- EIR (engl. *Equipment Identity Register*) - registar za identifikaciju pokretne opreme (terminala), koristi se pri identifikaciji, praćenju, zabrani rada MS-a u slučaju krađe.

6.3. Infrastruktura 3G

Prema [3], UMTS omogućuje konvergenciju dosad odvojenih područja usluga. Omogućava prijenos govora, podataka, videa i multimedije što se u telekomunikacijama naziva „višeuslužna mreža". UMTS se temelji se na širokopojasnom višestrukom pristupu po kodnoj podjeli (engl. *Wideband Code Division Multiple Access*, WCDMA). Arhitektura UMTS-a vidljiva je na slici 18 te je bazirana je na istom principu kao i GSM mreža uz određene preinake:

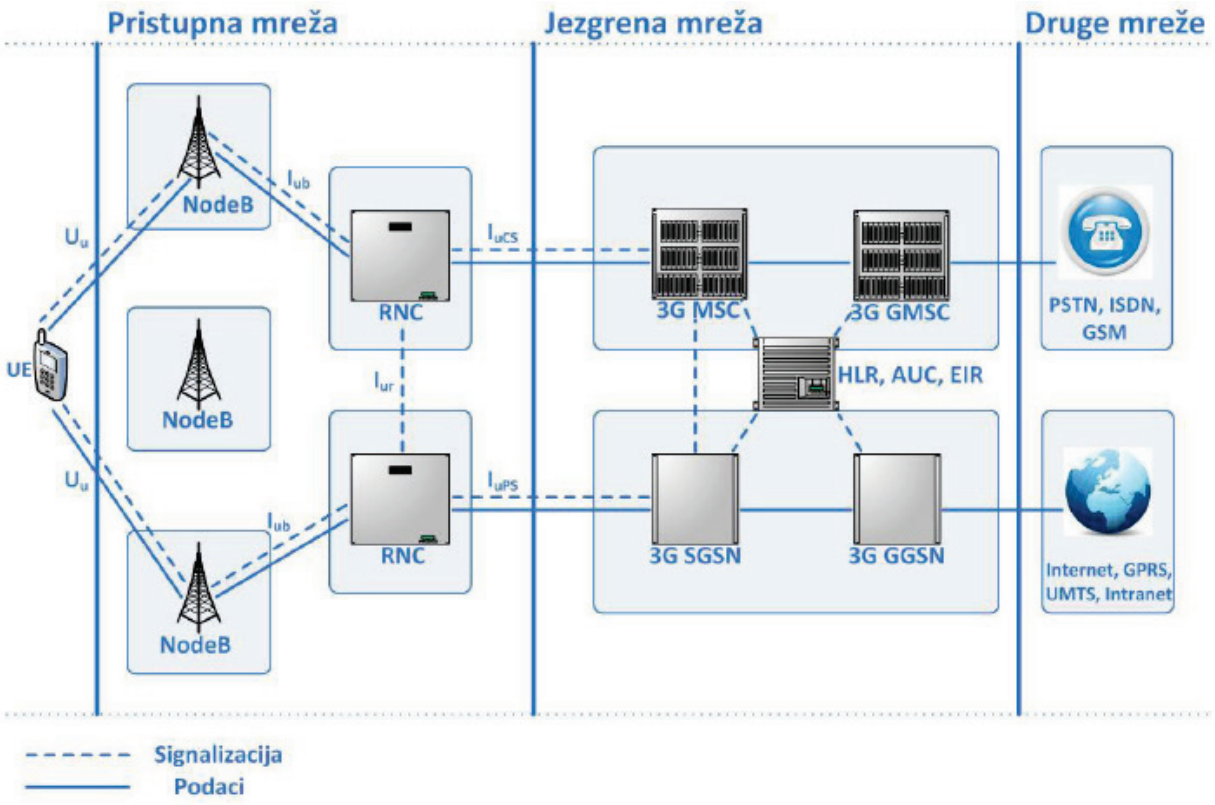
- Čvor B (engl. *Node* B) → bazna stanica (engl. *Base Station*), odnosno BTS (engl. *Basic Transiver Station*) u GSM-u.
- RNC (engl. Radio Network Controllers) → BSC (engl. Basion Station Controller) u GSM-u.

UMTS mreža podijeljena je na podsustave [3]:

- UTRAN, (engl. UMTS *Terrestrial Radio Access Network*), UMTS zemaljska radio pristpna mreža, sadrži RNC, Node B.
- Jezgrena mreža, (engl. *Core Network*), sadrži MSC/VLR, HLR, SGSN, GGS.
- UE, (engl. *User Equipment*), predstavlja korisničku opremu, pr. laptop, mobilni terminalni uređaj i sl.
- Mrežni entiteti međusobno su povezani preko sučelja (interface).

Korisnički dio - Korisnička oprema (engl. *User Equipment, UE*) odnosi se na pokretne uređaje odnosno terminale. UE je zadužen za obradu radijskog signala, tj. ispravljanje pogrešaka koje se pojavljuju u prijenosu, raspoređivanje i modulaciju signala kao i radijsku obradu prije pojačala. UE sudjeluje u izmjeni signalizacije tijekom uspostave odnosno prekidanja poziva, kao i izvedbi prekapčanja. Za ovu namjenu mjeri snagu polja susjednih ćelija te dobivene vrijednosti šalje na

RNC. Također, provodi šifriranje odnosno dešifriranje podataka koje šalje odnosno prima od RNC-a. UE informaciju o trenutnoj korisničkoj lokaciji dostavlja jezgrenoj mreži (engl. *Core Network*, CN) te time sudjeluje u upravljanju pokretljivošću [25].



Slika 18. Arhitektura UMTS mreže [25]

Pristupna mreža - Zemaljska radijska pristupna mreža (engl. *UMTS Terrestrial Radio Access Network*, UTRAN) vrši kontrolu pristupa, uporabu radijskih resursa i prijenosa korisničkih podataka između korisničke opreme i mreže te jamči sigurnost i privatnost korisniku. Kod UMTS mreže određeni dijelovi se različito nazivaju, kao što je već gore napisano:

- kontrolni dio RNS-a odnosno RNC odgovara BSC-u
- čvor B (engl. *node B*) odgovara BTS-u.

Svaki RNS poslužuje svoj skup ćelija, a dva se mogu povezati preko sučelja I_{ur} uspostavljenog između njihovih RNC-ova. Između RNC i čvor-B elemenata koristi se sučelje I_{ub}. Upravljač radijske mreže (RNC) središnji je čvor UMTS-ove pristupne mreže, a uloga odgovara BSC-u iz GSM-a. Preuzima kontrolu nad upravljanjem resursima pridruženih mu ćelija (dodjela kanala, prekapčanje, kontrola potrošnje energije, itd.) te implementira veliki broj protokola na relaciji

između pokretnog terminala i pristupne mreže UTRAN. Putem sučelja I_u istovremeno vrši komunikaciju s maksimalno jednim čvorom MSC odnosno SGSN u bilo kojem trenutku [25].

Jezgrena mreža - Pokretni komutacijski centar MSC je komutacijski čvor koji omogućuje korisničku pokretljivost. Promijeni li korisnik tijekom razgovora lokacijsko područje, MSC preusmjerava vezu na odgovarajuće čvorove B i RNC tj. trenutno lokacijsko područje korisnika čime se vrši operacija prekapčanja. MSC je zadužen i za spremanje, u za to predviđenu VLR bazu podataka, trenutne korisničke lokacije kako bi se olakšala i ubrzala uspostava poziva. Dodatno, MSC sudjeluje pri korisničkim autentifikacijama i šifriranju podataka koje oni izmjenjuju [25].

Prilazni pokretni komutacijski centar (engl. *Gateway Mobile Services Switching Centre*, GMSC), putem kojega se ostvaruju sučelja prema različitim vanjskim mrežama, zapravo je posebna varijanta MSC-a. MSC predstavlja središnji element kanalske komutacije jezgrene mreže pokretnih sustava UMTS.

Uslužni GPRS potporni čvor (engl. *Serving GPRS Support Node*, SGSN) provodi zadatke prijenosa paketskog prometa, vrlo slične onima koje za kanalsku komutaciju vrše MSC i VLR. Pamti trenutnu korisničku poziciju kako bi novopridošli paket namijenjen upravo njemu mogao naći put do svog odredišta. Uz funkcije preusmjeravanja paketa, SGSN također sudjeluje pri autentifikaciji korisnika te sprema lokalnu kopiju korisničkih podataka [25].

7. Zaključak

Rad globalnih satelitskih navigacijskih sustava (GNSS) je iznimno složen i preciznost određivanja ključnih parametara je izuzetno važna. U ovom radu prikazana su osnovna načela rada GNSS sustava bez dubokog zadiranja u matematičku podlogu koje ima veoma mnogo. GNSS-ovi omogućuju praćenje položaja i navigaciju željenih subjekata. Da bi to bilo moguće sami uređaji za određivanje položaja i kretanja korisnika moraju imati ugrađena osjetila (senzore). Kod upravljanja flotom vozila su, osim osjetila za navigaciju, potrebni i komunikacijski sustavi za komunikaciju GPS uređaja s centralnim sustavom. U centralnom sustavu nalazi se glavna baza podataka u kojoj se trajno pohranjuju i analiziraju prikupljeni podaci. Trenutačnu povezanost pokretnih objekata s centralnim sustavom omogućuju mobilne mreže. Mobilne mreže razvijaju se velikom brzinom i sa sobom donose bolju kvalitetu prijenosa, veće brzine prijenosa podataka, više različitih vrsta usluga, itd.

Danas postoji mnogo tvrtki u Republici Hrvatskoj i u svijetu koje se bave „proizvodnjom“ sustava za upravljanje flotom vozila. U ovom radu prikazan je takav sustav tvrtke „Eletrokem“. Dan je pregled elemenata podsustava koji su potrebni za funkcionalnost i realizaciju sustava upravljanja flotom vozila. To su hardver (npr. uređaj u kojem se nalazi GPS i GSM modul - jedinica koja komunicira sa središnjim poslužiteljem putem mobilnih mreža) i programska podrška koja omogućuje upravljanje prikupljenim podacima. Za tvrtke koje imaju vozni park ovaj sustav je praktički neizostavan dio poslovanja, jer omogućuje konstantan satelitski nadzor vozila, kontroliranje zaposlenika, prikaz povijesti kretanja vozila i drugih parametara. Svi podaci ostaju trajno pohranjeni u bazi podataka te ih je moguće koristiti u bilo kojem željenom trenutku.

Sustav nadzora u prometu i transportu veoma je značajan za poslovanje prijevoznih poduzeća. Danas u prometnoj dijelatnosti postoji velika konkurencija, a i svaka ušteda u poslovanju dobrodošla. Sustav nadzora u prometu omogućuje bolji nadzor flote vozila odnosno pojedinačnog vozila kojom raspolaže poduzeće. Time je omogućena bolja sigurnost u prometu i transportu te nadzor (radnog osoblja, potrošnje goriva „praćenje režima rada motora“, rute vozila) u svrhu optimiziranja cijelokupnog poslovanja (manja potrošnja energenata, optimalne rute putovanja, radni sati osoblja itd.). Može se zaključiti kako ovaj sustav poslodavcima daje stvarnu sliku rada sustava koja je nužna, kako za upravljanje tako i za sam napredak poslovanja.

Literatura

[1] Filjar, R.; Kolegij: Elektronička navigacija; Tema 8: Osnove satelitskog određivanja položaja; Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci

[2] Pignalosa, D., Effetti citogenetici indotti in cellule umane da ioni pesanti relativistici, Università degli Studi di Napoli "Federico II", 2010., dostupno na: http://docplayer.it/97932-Universita-degli-studi-di-napoli-federico-ii-dottorato-in-biologia avanzata-22-ciclo.html, (svibanj, 2017.)

[3] Mrvelj, Š.; Kolegij: Tehnologija telekomunikacijskog prometa 1; Tema 9: Pokretne ćelijske mreže 2. i 3. generacije; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti

[4] National Aeronautics and Space Administration, NASA, dostupno na: http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=TRAN1, (ožujak, 2017.)

[5] Dawoud, S.: GNSS principles and comparison, Potsdam University, Germany, 15. prosinca, 2013., dostupno na: https://www.princeton.edu/~alaink/Orf467F07/GNSS.pdf, (ožujak, 2017.)

[6] Marin, D.: Osnove pokretnih komunikacija u sustavu telekomunikacijskog prometa, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.

[7] Muštra, M.; Kolegij: Mobilni komunikacijski sustavi; Tema: Satelitske komunikacije; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti

[8] GPS *Spotlight*: http://xenon.colorado.edu/spotlight/index.php?action=kb&page=27, (ožujak, 2017.)

[9] https://www.snet.tu-berlin.de/fileadmin/fg220/courses/WS1112/snet-project/gnss-principles-and-comparison_dawoud.pdf, (ožujak, 2017.)

[10] Kaplan D., E., Hegarty C., Understanding GPS: Principles and Applications, 2nd Edition., 2006.

[11] Muštra, M.; Kolegij: Lokacijski i navigacijski sustavi; Tema: Satelistki pozicijski i navigacijski sustavi; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti

[12] Kos, T., Grgić, S., Krile, S.: Poboljšanje sustava satelitske navigacije, "Naše more" 2005.

[13] International Telecommunication Satellite Consortium, INTELSAT, dostupno na: http://www.intelsatgeneral.com/case-studies/waas-hosted-payload-on-galaxy-15/, (travanj, 2017.)

[14] Gáspár, P., Szalay, Z., Aradi, S.: Highly Automated Vehicle Systems, poglavlje 14: Fleet Management Systems, 2014., dostupno na: http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/jarmurendszerek_iranyitasa_angol/math-ch14.html, (travanj, 2017.)

[15] Kanižai, A.: Primjena telematike u vozilima, diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, 2013., dostupno na: http://www.pfri.uniri.hr/knjiznica/NG-dipl.TOP/184-2013.pdf, (travanj 2017.)

[16] Grakalić, I., Franušić, M., Štern A.: Telekomunikacijski aspekti upravljanja flotom Zbornik Veleučilišta u Rijeci, Vol. 1 (2013), No. 1, pp. 279-289 282

[17] Jelušić, N.: Telematička sučelja, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, dostupno na: http://files.fpz.hr/Djelatnici/njelusic/Niko-Jelusic-Telematicka-sucelja--nastavni-tekst.pdf, (svibanj, 2017.)

[18] Kapetanović, Z., Kostadinović, M., Vasiljević, S., Aleksić, S., Telematika i transportni sistemi, Vol. 7, Ref. B-II-7, p. 175-179, INFOTEH-Jahorina, ožujak, 2008.

[19] Elektrokem, dostupno na: http://www.elektrokem.hr/hr-HR/11.aspx, (svibanj, 2017.)

[20] http://www.fpz.unizg.hr/ztos/PRSUS/GSM.pdf, (svibanj, 2017.)

[21] Sarkar, P.; Prezentacija: 4G Technology Evolution, Indian ecosystem and Usage Trends, 2013., dostupno na: http://www.slideshare.net/priyom/4-g-global-trends-and-ksf-for-indian-deployment, (svibanj, 2017.)

[22] Muštra, M.; Kolegij: Mobilni komunikacijski sustavi; Tema: Mobilne komunikacije; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti

[23] Hrvatski Telekom, dostupno na: https://www.hrvatskitelekom.hr/karta-pokrivenosti, (svibanj, 2017.)

[24] Šarić, S., Forenbacher, I.; Kolegij: Arhitektura telekomunikacijske mreže; Tema: Mobilni komunikacijski sustavi i mreže; Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti

[25] HAKOM, Mreže i usluge nove generacije, regulatorni aspekti mreža sljedeće generacije te uporaba digitalne dividende, Zagreb, 2010.

Popis kratica

AVI (engl. *Automatic Vehicle Identification*) automatska identifikacija vozila

AVL (engl. *Automatic Vehicle Location)* automatska lokacija vozila

FMS (engl. *Fleet Management System*) sustav upravljanja flotom vozila

GNSS (engl. *Global Navigation Satellite System*) globalni navigacijski satelitski sustav

GPS (engl. *Global Positioning System*) globalni položajni sustav

GSM (engl. *Global System for Mobile Communications*) globalni sustav mobilnih komunikacija

INMARSAT (engl. *International Mobile Satellite System)* internacionalni mobilni satelitski sustav

UMTS (engl. *Universal Mobile Telecommunication System*) univerzalni mobilni telekomunikacijski sustav

Popis slika

Slika 1. Elektromagnetski spektar [2] 2
Slika 2. Radio frekvencijski spektar [3] 3
Slika 3. Orbitalni smještaj GNSS i drugih sustava [8] 4
Slika 4. Komponente GPS-a [5] 6
Slika 5. Metoda trilateracije [9] 10
Slika 6. WAAS koncept, [13] 13
Slika 7. *Fleet Management System* arhitektura [14] 16
Slika 8. Opća arhitektura *on-board* jedinice [14] 17
Slika 9. Arhitektura središnjeg sustava [14] 19
Slika 10. Arhitektura EK Fleet sustava [19] 21
Slika 11. Komponente FleetBoard sustava na transportnoj jedinici [15] 25
Slika 12. Osjetila u vozilu [19] 26
Slika 13. Evolucija mobilne mreže [21] 29
Slika 14. HT pokrivenost signalom i brzine prijenosa [23] 32
Slika 15. Ćelijski koncept [22] 34
Slika 16. Arhitektura mobilne mreže [24] 35
Slika 17. Komponente sustava GSM, [22] 36
Slika 18. Arhitektura UMTS mreže [25] 38

Popis tablica

Tablica 1. Karakteristike GNNS-a.....5

Tablica 2. Izvori pogrešaka pri određivanju dometa signala.....11

Tablica 3. Komunikacijski sustav prema OSI modelu.....18

Tablica 4. Mogućnosti EK-Fleet sustava za satelitsko praćenje.....23

Tablica 5. Senzori unutar vozila.....27

Tablica 6. Razvoj mobilnih mreža s obzirom na tehnike prijenosa.....30

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

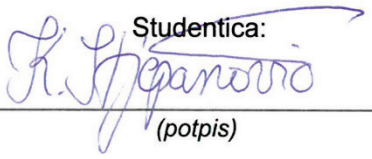
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada pod naslovom **USLUGE PRAĆENJA FLOTE VOZILA POMOĆU SATELITSKIH NAVIGACIJSKIH SUSTAVA** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 12.6.2017.

Studentica:



(potpis)