

# Primjena GSM/GNSS sustava u prometu i drugim društvenim aktivnostima

---

**Turkalj, Nikolina**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Rijeci, Filozofski fakultet u Rijeci**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:186:175400>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-07**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Humanities and Social Sciences - FHSSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI**

**Odsjek za politehniku**

**Nikolina Turkalj**

**PRIMJENA GSM/GNSS SUSTAVA**  
**U PROMETU I DRUŠTVENIM**  
**AKTIVNOSTIMA**

**(završni rad)**

**Rijeka, 2017. godine**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI**

Studijski program: sveučilišni preddiplomski studij politehnike

Nikolina Turkalj

mat. broj: 0009066796

**PRIMJENA GSM/GNSS SUSTAVA  
U PROMETU I DRUŠTVENIM  
AKTIVNOSTIMA**

- završni rad -

**Mentor : prof. dr. sc. Vinko Tomas**

**Rijeka, 2017. godine**

## SAŽETAK

Globalni navigacijski satelitski sustav (GNSS) omogućuje određivanja položaja na Zemlji. Trenutno imamo četiri globalna satelitska navigacijska sustava. Postoji operativni navigacijski sustav koji se naziva NAVSTAR-GPS, te sustavi u razvoju: GLONASS, Galileo, Compass. Razlozi velikog broja satelitskih navigacijskih sustava su strateške prirode, nekima je razlog komercijalna usluga dok je nekima suvremeno naoružanje.

Najpoznatiji sustav je američki NAVSTAR-GPS ili poznatiji pod nazivom GPS. Možemo ga podijeliti na tri dijela: svemirski segment, kontrolni segment i korisnički segment. Alternativa američkom sustavu je ruski GLONASS, europski Galileo, kineski Compass. GNSS može biti kompatibilni i interoperabilni.

Primjena GNSS sustava u prometu služi kao olakšano snalaženje u prostoru, pronalazak ukradenih vozila, kontrola prometa, za predviđanje gužvi, lakše lociranje prometnih nesreća. Također, primjenu nalazimo i u zračnom prometu, pomorstvu, željezničkom prometu, te u svakodnevnom životu čovjeka.

Globalni sustav za mobilnu komunikaciju (GSM) je najrašireniji sustav u mobilnoj industriji te drži sličan položaj kao NAVSTAR-GPS u satelitskoj navigaciji. Uređaji za mobilnu industriju danas ulaze u petu generaciju, generacije se simbolički označavaju brojkom i slovom „G“. Na vidiku je već duže vrijeme peta generacija mrežnih tehnologija odnosno 5G. Ona će omogućiti niz naprednih usluga koje se mogu razvijati zahvaljujući tehnologiji.

Ključne riječi: mobilna komunikacija, navigacija, promet, sateliti, sustav.

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. GLOBALNI NAVIGACIJSKI SATELITSKI SUSTAV .....	2
2.1. SUSTAV NAVSTAR-GPS .....	2
2.1.1. Svemirski segment.....	5
2.1.2. Kontrolni segment .....	6
2.1.3. Korisnički segment.....	7
2.2. SUSTAV GLONASS .....	7
2.3. GALILEO.....	8
2.4. COMPAS.....	10
2.5. INTEROPERABILNOST SATELITSKIH SUSTAVA .....	11
Izvor: obradila autorica.....	12
3. PRIMJENA GNSS-A U PROMETU I DRUGIM DRUŠTVENIM .....	13
3.1. CESTOVNI PROMET .....	13
3.2. ZRAČNI PROMET .....	14
2.3. KOPNENI PROMET .....	14
2.4. POMORSKI PROMET .....	14
2.5. ŽELJEZNIČKI PROMET .....	15
2.6. OSTELE PRIMJENE GNSS-a.....	15
4. ODREĐIVANJE POLOŽAJA I GREŠKE .....	17
5. GSM – GLOBALNI SUSTAV ZA MOBILNU KOMUNIKACIJU.....	21
6. ZAKLJUČAK.....	27
LITERATURA .....	28
POPIS KRATICA .....	30
POPIS SLIKA .....	32
POPIS TABLICA.....	32

# 1. UVOD

Od pamtivijeka ljudi traže neki način da odrede svoj položaj u prostoru. Pračovjek je ostavljao oznake na kamenju, pomorci su se orijentirali pomoću istaknutih točki i objekata na kopnu, noću su se ljudi orijentirali pomoću zvijezda. Postoji bezbroj izuma koji su stvoreni u svrhu snalaženja u prostoru. Među najpoznatijih izuma je kineski kompas, za kojeg postoje zapisi još iz 4. stoljeća. Iduća velika prekretnica u navigaciji su bili radio signali uz pomoć primjene Dopplerovog efekta. Radio signali su bili u širokoj upotrebi početkom 20. stoljeća kao pomoć navigaciji zračnih i pomorskih snaga u ratu. Ti sustavi su bili veoma efikasni ali njihova velika mana je bila njihova slaba pokrivenost koja je ovisila o položaju antena. Kasnije se došlo na ideju koja se koristi i danas, a to je da se postavi odašiljač u svemir kako bi se pokrilo područje cijele planete. Tako je nastala ideja o satelitskom navigacijskom sustavu odnosno GNSS-u.

GNSS (eng. Global Navigation Satellite System) je naziv za sustav koji omogućava određivanja položaja bilo gdje na cijeloj Zemljinoj kugli, osim nekih specifičnih mjesta kao što su: mjesta unutar zgrada, tunelima, spiljama, garažama i drugim podzemnim lokacijama te ispod vode. To je mreža satelita koja kontinuirano odašilje kodirane informacije s pomoću kojih je omogućeno precizno određivanje položaja na Zemlji. Namjena mu je danas gotovo u svemu, njime koriste različite djelatnosti kao što su turizam, promet, sigurnost, pomorci, policija, ljudi za osobne potrebe itd. Globalni navigacijski sustavi se dijele na operative (NAVSTAR-GPS), te navigacijske sustave u razvoju (GLONASS, Galileo, Compass).

Komunikacijska tehnologija se brzo razvila. Od elektronskih medija, radija, televizije ili telefona. S vremenom su svi ovi mediji bili povezani i ljudi su to vidjeli kao ograničenje komunikacije. Kako su godine prolazile, ljudi su pokušali toliko eksperimenata u svrhu postizanja bežične komunikacije. Kao rezultat toga, bežična komunikacija putem mobilnih telefona pokrenula je svoju revoluciju 80-ih godina te se velikom brzinom razvija još i danas. GSM je kratica za globalni sustav za mobilnu komunikaciju (engl. Global Systems for Mobile Communication), na početku je to bila pokretna tehnologije, a kasnije i digitalna. GSM je najrašireniji sustav u mobilnoj industriji, te drži sličan položaj kao NAVSTAR-GPS u satelitskoj navigaciji. GSM se prvenstveno razvio kao potreba ljudi za komunikacijom u pokretu, no razvojem tehnologije GSM nudi usluge koje su daleko više od razgovora. Uređaji za mobilnu industriju danas ulaze u svoju petu generaciju. Generacije se simbolički označavaju brojkom i slovom „G“.

## **2. GLOBALNI NAVIGACIJSKI SATELITSKI SUSTAV**

GNSS je skraćena za standardni termin svjetske satelitske navigacije. GNSS prijemnici određuju mjesto pomoću vremenskih i pozicijskih podataka. Danas u svijetu postoje razni različiti sustavi satelitske navigacije, svaki sa svojim vlastitim satelitima i područjem koje pokriva. Najveća razlika između tih različitih sustava jest veličina područja koje pokrivaju. Prema toj klasifikaciji, jedini operativni svjetski GNSS sustav jest američki NAVSTAR-GPS koji pokriva cijelu površinu zemlje. GLONASS (eng. Global Navigation Satellite System) je ruska varijanta navigacijskog sustava koja je tek u fazi renoviranja. Novi sustavi koji se uvode na svjetsku „pozornicu“ su europski Galileo te kineski Compass. Manji regionalni sustavi su kineski Beidou 1, francuski DORIS (eng. Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite), indijski IRNSS (eng. Indian Regional Navigation Satellite System) te japanski QZSS (eng. Quasi-Zenith Satellite System).

Razlozi velikom broju satelitskih navigacijskih sustava su ponajviše strateške prirode: suvremeno naoružanje te oružja masovnog uništenja koja su sagrađena u hladnom ratu ovisna su o preciznim sustavima navođenja koje može pružiti samo satelitsko navođenje. SAD i Rusija, pa i Kina kao nova svjetska sila ne mogu prikazati tehničku nesprijetnost. U takvom okruženju ističe se Galileo, kao sustav kome je komercijalna usluga na prvom mjestu.

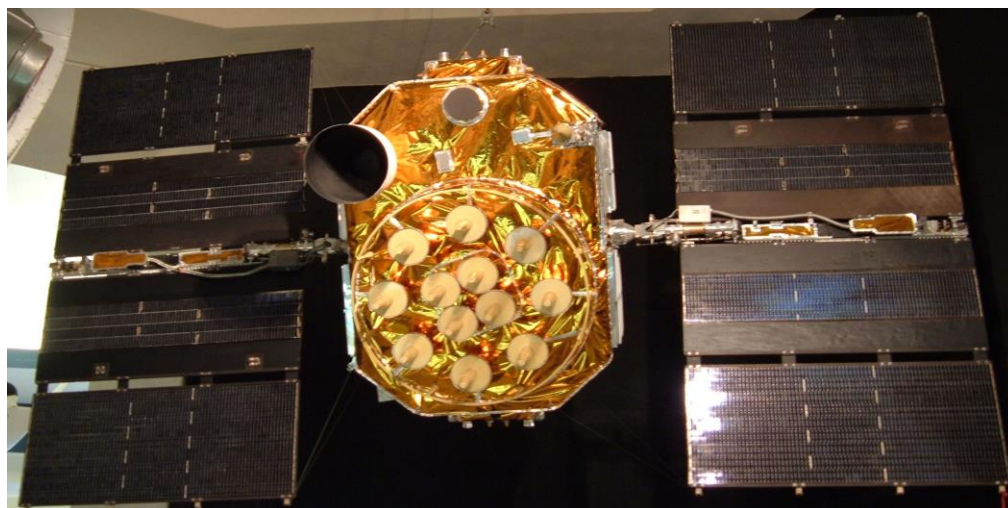
### **2.1. SUSTAV NAVSTAR-GPS**

Prethodnik NAVSTAR-GPS sustava je bio sustav Transit. Nakon špijunaže nad sovjetskim satelitom Sputnik 1957., primijetivši djelovanje Dopplerove distorzije na signalima koje su prisluškivali, američki znanstvenici s dr. Kershnerom su shvatili kako ih mogu iskoristiti za određivanje položaja. Rezultat tog istraživanja je bio Transit, sustav satelitske navigacije od 5 satelita koji je mogao odrediti položaj samo jednom svakih sat vremena. Transit je pokrenut 1960. Već 1967. izumljen je Timation satelit s atomskim satom, tehnologijom na kojoj se temelji današnja inačica GPS sustava. Prvi suvremeni GPS satelit prve serije lansiran je 1978., a nazvan je Block I. Sustav se je počeo koristiti 1993., a proglašen je dovršenim 1995. U toj postavi GPS je sadržavao 24 satelita podijeljenih na 6 putanja. Kako bi se povećala pokrivenost kasnijih godina lansirani su dodatni sateliti. Danas u orbiti postoji 30 satelita za GPS, s još 36 satelita u planu za idućih 5 godina. Službeno, GPS je postao javno dobro zbog događaja 1983., kada je korejski avion srušen nad Sovjetskim Savezom zbog greške u navigaciji. Tadašnji predsjednik Ronald Reagan je obećao učiniti GPS sustav dostupan javnosti nakon dovršetka sustava.

Važan dio GPS sustava je do 2000. godine bila selektivna dostupnost – SA (eng. Selective Availability). Zbog dostupnosti GPS-a javnosti uvijek je postojala mogućnost da vojni neprijatelj koristi GPS kako bi napao američke mete. Kako bi onemogućili te scenarije, određivanje položaja u civilnim uređajima je bilo namjerno ometano na 100 metara. Međutim bilo je trenutaka kada se SA trebala ukidati, primjerice tijekom zaljevskog rata zbog nedovoljnog broja vojnih GPS prijamnika. Predsjednik Bill Clinton je izglasao zakon 1996. godine za trajno ukidanje selektivne dostupnosti. Taj zakon je stupio na snagu 2. svibnja 2000. godine.

Svemirsku komponentu NAVSTAR-a čine Block I i Block II sateliti. Deset Block I satelita je lansirano sa Vandenberg zračne baze uz pomoć Atlas raketa (koje su bile prerađene interkontinentalne balističke rakete), u razdoblju od 1978. do 1985., Block I sateliti su povučeni iz upotrebe 1995. Block II serija je lansirana raketama Delta II klase između 1989. i 1990., te su svi povučeni iz upotrebe do 2007. Danas se koriste sateliti tipa Block IIA i IIR-M. Satelite su proizvodili Rockwell International (Block I i II), Lockheed Martin (Block IIA, IIR-M) te Boeing je ugovoren za Block IIF. Prvi sateliti su težili oko 750 kg, danas IIR-M serija teži dvije tone. Noviji sateliti neće više podržavati uključivanje i isključivanje SA sustava.

Slika 1. neiskorišteni GPS satelit



Izvor: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://hr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)

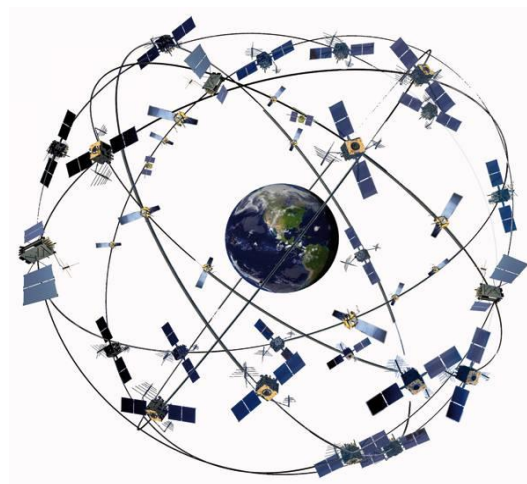
NAVSTAR-om se upravlja iz zračne baze Schriever. Sustav održava 2. grupa Divizije za svemirske operacije (eng. Space Operations Squadron, SOPS), s podrškom 19. grupe SOPS-a. Iz glavne baze (eng. Master Control Station) moguće je upravljati antenama sustava za kontrolu satelitima (eng. Air Force Satellite Control Network) i promatračnicama



Nacionalne svemirske obavještajne službe (eng. National Geospatial-Intelligence Agency). Putanje satelita se prate uz pomoć stanica na Havajima, atolu Kwajalein, otoku Ascension, atolu Diego Garcia, Colorado Springsu i Cape Canaveralu. Svi ti podatci se odašilju u MCS u bazi Schriever. Informacije se obrađuju uz pomoć Kalman filtera, te odašilju satelitima u orbiti kako bi ispravili i sinkronizirali njihove atomske satove i greške u putanji.

GPS predstavlja sustav od 30 (uvijek ih je par u pričuvnom stanju) satelita u srednjoj Zemljinoj orbiti koja su ključan segment cijelog projekta.

Slika 2. Sateliti GPS sustava u Zemljinoj orbiti



Izvor: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://hr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)

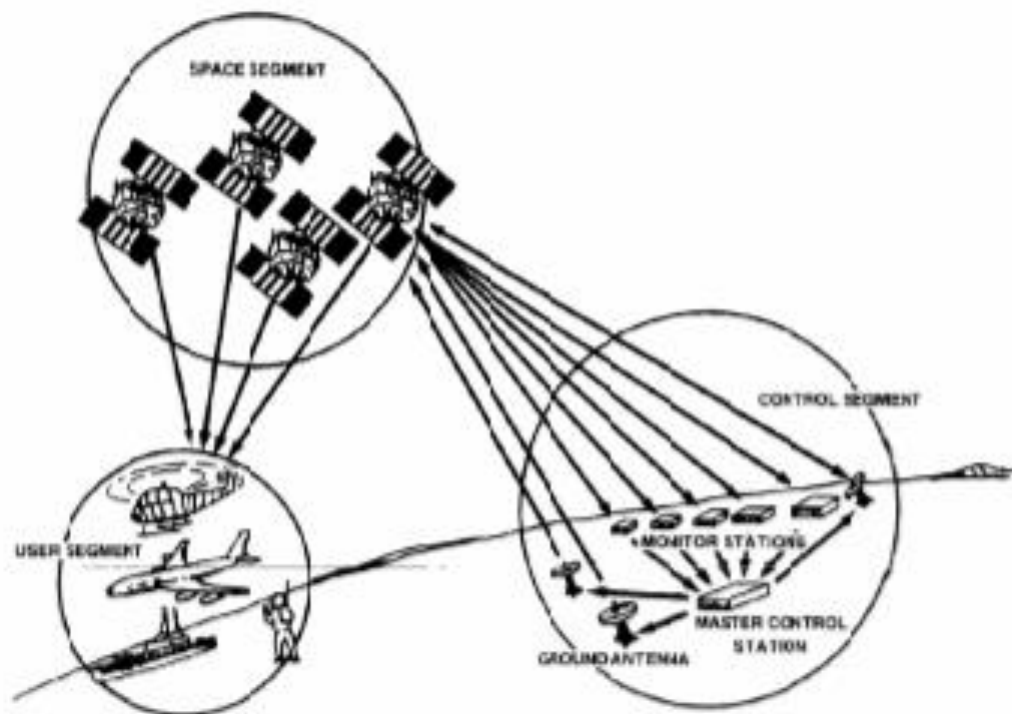
Svaki satelit odašilje slabi signal krajnjem korisniku i za uspješno određivanje pozicije potreban je primitak signala od barem četiri satelita. Time se određuju veličine kojima u potpunosti određujemo položaj, a to su dužina, širina i visina. Ako se mjerenje obavlja na zemlji onda su određivanje položaja potrebne samo tri točke tzv. triangulacija što bi značilo određivanje položaja glavnih točaka pri geodetskom mjerenju pomoću trokuta kojima je poznata dužina jedne stranice i sva tri kuta. Razlog zašto su u prvom slučaju potrebne četiri točke (satelita) je u tome što se ovdje uvodi i veličina vrijeme, te je time omogućeno uzastopno mjerenje tj. praćenje.

Kretanje signala u GPS sustavu se odvija u jednom smjeru, od satelita do krajnjeg korisnika. Time je izbačena potreba za ugradnom odašiljača u uređaje koje koristi krajnji korisnik. Jedino što krajnji uređaj mora mjeriti je vrijeme, jer na temelju vremena kašnjenja primitka signala, uređaj određuje položaj tj. udaljenost od svakog satelita. Ako se tako može pouzdano izmjeriti položaj triju satelita, metodom triangulacije moguće je odrediti položaj.

Kako položaj satelita u Zemljinoj orbiti nije fiksna, ukazuje se potreba za centralnom stanicom koja matematičkim postupcima može računati položaj pojedinog satelita, te taj podatak šalje svakom satelitu koji se nadalje šalje krajnjem korisniku. Krajnji korisnik prima podatke od satelita te na temelju tih podataka računa položaj pojedinog satelita od kojeg je primio podatak i ujedno svoju poziciju.

GPS sustav općenito možemo podijeliti na tri dijela: svemirski segment (sateliti), kontrolni segment (zemaljske stanice) i korisnički segment (korisnici i njihovi GPS prijemnici).

Slika 3. Tri dijela GPS sustava



Izvor: <http://allaboutgps101.blogspot.hr/2010/12/what-are-3-segments-of-gps-systems.html>

### 2.1.1. Svemirski segment

Svemirski segment se sastoji od barem 24 satelita (21 koji je aktivan i 3 koji služe za rezervu) koji su srce sustava. Orbite su raspoređene tako da je najmanje šest satelita uvijek u liniji vidljivosti s gotovo svake točke na Zemljinoj površini. Sateliti su u tzv. visokoj orbiti na oko 20 200 kilometara iznad Zemljine površine. Rad na takvoj visini omogućuje da signali prekriju veće područje. Sateliti su tako složeni u orbite da GPS prijammnik na Zemlji može uvijek primiti signale s barem četiri od njih.

Sateliti putuju brzinom od 11 000 kilometara na sat, što znači da običu Zemlju svakih 12 sati. Napajaju se solarnom energijom i napravljeni su da traju oko 10 godina. Ako solarna energija zakaže (pomrčine), postoje rezervne baterije koje ih održavaju u pogonu. Također imaju mali raketni pogon koji ih održava na pravoj putanji.

Prvi su GPS sateliti lansirani u svemir 1978. godine. Puni raspored svih 24 satelita postignut je 1994. od strane Ministarstva obrane SAD-a koje neprekidno služi za kupnju novih satelita i njihovo lansiranje u orbitu tako da se sustav održi u pogonu u godinama koje dolaze. Svaki satelit emitira radio signale male snage na nekoliko frekvencija (označene su s L1, L2 itd.) Civilni GPS prijammnici „slušaju“ na frekvenciji L1 od 1575,42 MHz UHF (eng. Ultra High Frequency) pojasa. Signal putuje kao zraka svjetlosti, što znači da prolazi kroz oblake, staklo i plastiku, ali ne prolazi kroz mnoge čvrste objekte kao što su zgrade i planine. Da biste dobili predodžbu gdje je na radio području frekvencija L1, vaša FM radio stanica emitira na frekvenciji između 87 i 108 MHz. Satelitski signali odašilju se vrlo malom snagom, od 20-50 W. Lokalna FM radio stanica emitira snagom oko 100 000 W. Vrlo je važno da pri upotrebi GPS-a postoji jasan pogled na nebo.

L1 sadrži dva „pseudoslučajna“ signala, zaštićeni P-kod i C/A-kod. Svaki satelit emitira jedinstveni kod omogućujući GPS prijammniku da identificira signale. Glavna svrha tih kodiranih signala je da omogući računanje vremena putovanja signala od satelita do GPS prijammnika na Zemlji. To se vrijeme također naziva vremenom dolaska. Vrijeme pomnoženo brzinom svjetlosti daje udaljenost od satelita do GPS prijammnika. Navigacijska poruka (informacija koju satelit šalje prijammniku) sadrži orbitalnu i vremensku informaciju satelita, generalnu sistemsku statusnu poruku i ionosfersku korekciju. Satelitski signali su vremenski upravljani preciznim atomskim satovima.

### **2.1.2. Kontrolni segment**

Kontrolni segment radi ono mu i samo ime kaže, a to je da „kontrolira“ GPS satelite, odnosno upravlja njima prateći ih i dajući im ispravljene orbitalne i vremenske informacije. Kontrolni segmenti služe za promatranje stanja satelita te ispravljanje njihovih putanja, te ispravljanje atomskih satova među satelitima na par nanosekundi razlike. Postoji pet kontrolnih stanica širom svijeta. Četiri stanice bez ljudi, koje služe za nadgledavanje i jedna glavna kontrolna stanica. Četiri prijammne stanice bez ljudi neprekidno primaju podatke od satelita i šalju ih glavnoj kontrolnoj stanici. Glavna kontrolna stanica „ispravlja“ satelitske podatke i šalje ih natrag GPS satelitima. Postoji još i alternativna glavna kontrolna stanica, te šest dodijeljenih monitornih stanica.

### 2.1.3. Korisnički segment

Korisnički segmenti se sastoje od svih koji upotrebljavaju GPS i njihove prijammike. Širenjem tržišta satelitske navigacije nastala je potreba za jeftinim, pouzdanim uređajima za obične građane. GPS prijammike možemo podijeliti na samostalne navigacijske uređaje, prijammike koji rade zajedno s prijenosnim računalom, uređaje koji bilježe podatke o kretanju te hibridne uređaje.

Korisnički segment sastoji od pomoraca, pilota, planinara, lovaca, vojnika i svih ostalih ljudi koji žele znati gdje se nalaze, gdje su bili ili kamo idu, a upotrebljavaju GPS prijammik. Hand-held, outdoor i sport klase obično obuhvaćaju ručne uređaje na baterije koji se koriste prilikom sportskih aktivnosti, kao što su trčanje, biciklizam i planinarenje. Često imaju mogućnost zabilježavanja podataka o kretanju korisnika. Mobile naziv se koristi za GPS prijammike postavljene u automobilima. Sadrže baterije koje se pune dok su priključeni u vozilo ili su bez baterija te njihov rad ovisi potpuno o radu vozila. Prvi mobiteli nisu sadržavali prikaz karti gdje se vozilo nalazi dok novi modeli sadrže karte s točkama interesa te imaju mogućnost glasovne navigacije putem „text-to-speech“ tehnologije. GPS prijammici za vozila podatke o kartama dobivaju na optičkom disku od proizvođača, tj. sa satelita dolaze podatci samo o poziciji i vremenu.

## 2.2. SUSTAV GLONASS

GLONASS (rus. Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) je alternativa i nadopuna američkom NAVSTAR-GPS sustavu. Prvi ruski navigacijski sustav je bio Tsiklon. Njegova najveća mana jest bilo 2 sata vremena potrebnih da se pozicija odredi s visokom točnošću. Razvoj GLONASS-a je započeo 1976. s ciljem potpunog pokrivanja Zemlje do 1991. Sustav je dovršen 1995., te pada u zaborav s krizom ruske ekonomije. 2001. počinje obnova sustava, s indijskom vladom kao partnerom, te do danas ima svjetsku pokrivenost. GLONASS ima točnost od 70 metara prilikom određivanja položaja i 15 cm/s prilikom određivanja putanje kretanja. Trenutačno GLONASS pokriva u potpunosti područje bivšeg sovjetskog saveza s 18 aktivnih satelita. GLONASS je bio isključivo vojni sustav sve do 2007. godine kada je otvoren za korištenje javnosti, ruskoj i inozemnoj namjeni.

GLONASS sateliti su nazvani Uragan, s rednim brojem koji označava svaki zasebni satelit. Prototipi su lansirani između 1982. i 1985. te su izdržali u svemiru 14 mjeseci (procjena je bila 12). Prvi pravi satelit je lansiran 1985. te je težio 1200 kg. Ovisno o nadogradnji podijeljeni su u serije Block IIa, Block IIb, Block IIv, slično kao i američke

varijante. Od 12 lansiranih satelita samo ih je 6 dospjelo u orbitu, dok su drugi uništeni u nesrećama prilikom lansiranja. Block IIv satelit je bio najviše iskorišten, od 1988. do 2005. Bili su nevjerojatno kvalitetni, te su svi nadživjeli svoje procijenjeno vrijeme trajanja. Sateliti se lansiraju s Baikonur kozmodroma, uz pomoć raketa Proton-K. 2014. odlučeno je pokrenuti dodatnih devet GLONASS-K1 satelita kao zamjenu dok se ne završi dizajn GLONASS-K2 koji je predstavljen u svibnju 2015., očekuje se da će serijska proizvodnja GLONASS-K1 početi letjeti početkom 2018., tek nakon pokretanja novog prototipa GLONASS-K2. Najavljeno je jedanaest dodatnih GLONASS-K1 satelita koji lete do 2020. godine.

GLONASS sateliti koriste frekvencije slične L1 i L2 signalima, te isto tako podržavaju visokopreciznu poruku šifriranu za vojne uređaje te civilnu poruku. Posebnost GLONASS satelita jest da svaki odašilje poruku na vlastitoj frekvenciji u kojoj se koristi 15 kanala uz FDMA tehniku, po principu  $1602 \text{ MHz} + n \times 0.5625 \text{ MHz}$ , gdje je  $n$  broj satelita (7-7). sateliti odašilju SP (eng. Standard Precision) signale i HP (eng. High Precision) signale usporedive s američkim C/A i P(Y) šifriranjem. GLONASS sateliti dijele frekvencije, jednu frekvenciju koriste dva satelita (jedan sa svake strane Zemlje, područja njihovih signala se nikada ne susretnu).

Potpuna kontrola i praćenje GLONASS-a se nalazi na prostoru Rusije i Ukrajine. Centralna kontrola je u Moskvi, s promatračnicama u Komsomolsk-on-Amur, Sankt Peterburgu, Termopilu te Yeniseysku.

### **2.3. GALILEO**

Galileo je sustav satelitsko praćenja kojeg zajedno razvijaju Europska Unija i Europska Svemirska Agencija (ESA). Politički cilj razvoja jest nezavisan GNSS-u kojeg se europske zemlje mogu pouzdati u slučaju pada odnosa između Rusije ili SAD-a, koji bi mogli ukinuti pristup vlastitim sustavima. Nazvan je po poznatom talijanskom astronomu Galileu Galilei. Pravo ime projekta jest „Galileo Positioning System“, međutim to se ime rijetko kad koristi da bi se izbjegla konfuzija s NAVSTAR-GPS, pošto je skraćena GPS. Umjesto toga sustav se jednostavno imenuje Galileo. Projekt se procjenjuje na vrijednost od 3.4 milijardi eura.

Na području Europe već postoji EGNOS (eng. European Geostationary Navigation Overlay Service). On služi za bolju pokrivenost i podršku već postojećim GNSS sustavima, ali

ne može djelovati samostalno kao sustav satelitskog praćenja. Do 1999. svaka zemlja Europe imala je svoju viziju sustava za satelitsku navigaciju. Tek te godine su svi ti koncepti uspoređeni, te je stvoren tim inženjera iz svih zemalja zainteresiranih za projekt (ponajviše iz Italije, Njemačke, Ujedinjenog Kraljevstva, Francuske). U početku je sustav imao velike probleme u financiranju, zbog prognoza kako investicija u sustav neće biti povraćena. Dodatna komplikacija je bila u napadima 9. Studenog, kada se SAD požalio kako u slučaju postojanja Galilea oni ne bi imali mogućnost isključiti GPS sustav za vrijeme vojnih operacija. SAD je čak bio najavio mogućnost raketiranja Galileovih satelita ako to budu smatrali potrebnim. Nakon par mjeseci ipak je odlučeno kako baš zbog takvih slučajeva Europi potreban vlastiti satelitski sustav, iako je u dogovoru sa SAD-om sustav prešao na Binary Offset Carrier (1,1) moduliranje. Prva faza Galileo sustava je dogovorena 23. Svibnja 2003. godine između EU i ESA-e, s početnim procjenama troškova od 1.1 milijardi eura. Za razliku od NAVSTAR i GLONASS sustava, kao glavni korisnik Galilea smatraju se civilni potrošači. Planirano je 30 satelita koji bi se lansirali između 2006. i 2010. Druga procjena je troškove stavila na 3 milijardi eura, uključujući kontrolne centre na zemlji (u planu za izgradnju između 2007. – 2009.). Očekivalo se da privatne kompanije ulože 2/3 troškova dok bi EU i ESA pokrile ostatak troškova. Bolji signal, nazvan „Commercial Service“ (CS) bio bi dostupan za dodatnu cijenu, a „Open Service“ (OS) bi bio besplatan svima s Galileo prijamnikom. U projekt su se uključile i zemlje van EU, primjerice Kina, Južna Koreja, Izrael i Norveška (Norveška je član ESA-e). To nažalost nije bio kraj problemima financiranja, jer do 2008. EU nije odlučila iz kojih sredstava da plati projekt, a privatne kompanije su se povukle iz projekta. Na kraju je dogovoreno smanjivanje početnog broja satelita na 22, te je stvorena uredba o uvođenju Galilea (Travanj 2008.), koji je omogućio dvije stvari: izdvajanje 3.4 milijardi eura iz sredstava za poljoprivredu i administraciju unije, te potpisivanje ugovora za početak radova na kopnoj infrastrukturi.

Od prosinca 2016. godine, Galileove službe su najavile početak radne faze, odnosno mogućnost da svatko tko ima Galileo u uređaju može koristiti signale koje pruža za navigaciju i vrijeme. Galileo trenutno nudi tri inicijalne usluge; otvorena usluga (besplatna tržišna usluga za pozicioniranje, navigaciju i vrijeme), javna regulirana usluga (za državne ovlaštene korisnike, službe civilne zaštite, carinike, policiju) koja je potpuno šifrirana da bi osigurala kontinuiranu uslugu državnim korisnicima u hitnim slučajevima i kriznim situacijama te posljednja služba za traženje i spašavanje. Ove usluge su besplatne i dostupne svim građanima, poslovnim subjektima i vlastima.

Slika 4. Logotip Galileo programa



Izvor: <https://www.gsa.europa.eu/>

## 2.4. COMPAS

Kina je u 2006. godini proizvela 7.2 milijuna automobila za domaće tržište. Od njih svih samo 100,000 je imalo ugrađen satelitski sustav navigacije. Ovo pokazuje neiskorišten potencijal za GNSS tržište u Kini. Compass je kineski GNSS sustav, kako bi Kina mogla ostvariti nezavisnost od tuđih GNSS sustava. Na prostoru Kine već postoji regionalni Beidou-1 sustav satelitske navigacije. Compass, zvan i Beidou-2, nije nadogradnja tog sustava već potpuno novi sustav. Službeni razlog kineske vlade za razvitak Compassa je sličan Galileovom: nezavisnost u slučaju pada diplomatskih odnosa, iako kao prioritet navode vojne potrebe navođenja putem GNSS. Nažalost, malo informacija postoji o Compass sustavu. Taj trend se počeo mijenjati objavom službene web stranice (na kineskom) u Siječnju 2010. Prva faza sustava procjenjuje se na 1.4 milijarde dolara.

Prvi satelit je lansiran u Travnju 2007., dok je treći satelit lansiran 17. Siječnja 2010. Trenutačno u orbiti Compass ima 3 funkcionalna satelita od planiranih 35. Veliki broj satelita je potreban zbog navigacije u „urbanim kanjonima“, tj. cestama koje prolaze između brzo nastalih kineskih nebodera. Sateliti su nazvani Compass G i Compass M. Pokusi iz 2007. ukazuju na grešku od 0.5 metra prilikom određivanja položaja, 11 nanosekundi kašnjenja u vremenu tijekom 24 sata te skretanje u putanji satelita u orbiti od 1 metra. Sateliti se lansiraju Chang Zheng raketama. Regionalno pokrće je završeno 2012., a do 2020. planira pokriti cijeli svijet.

## 2.5. INTEROPERABILNOST SATELITSKIH SUSTAVA

Pojavom Galilea i Compassa, broj globalnih satelitskih navigacijskih sustava je narastao na 4. Iako se svaki sustav ponosi svojom infrastrukturom i mogućnostima, činjenica je da zajedničkim radom su moguća puno preciznija mjerenja nego što svaki sustav može ostvariti sam po sebi. GNSS mogu biti kompatibilni i interoperabilni.

Kompatibilnost po definiciji je sposobnost da se dva ili više sustava koriste zajedno ili zasebno, bez da jedan štetno utječe na sposobnosti drugog. Dakle, kompatibilnost je da GNSS sustavi ne smetaju jedan drugome, te da vojno ometanje jednog ne onesposobljava drugi. Prilikom smetnji razlikuje se unutarnja sustavna smetnja i inter-sustavna smetnja. Inter-sustavne smetnje su jače od unutarnjih smetnji. Interoperabilnost je sposobnost korištenja dva ili više sustava zajedno u istom trenutku, kako bi se povećala točnost mjerenja na korisničkoj razini. Interoperabilnost dijelimo na signalnu interoperabilnost i sistemsku interoperabilnost.

Signalna interoperabilnost je kada različiti GPS sustavi odašilju signale koji se mogu kombinirati u jednostavnom GPS prijamniku. Sistemska interoperabilnost je kada različiti sustavi pružaju jednak odgovor, s razlikama u preciznosti specifičnima za svaki sustav. NAVSTAR-GPS i Galileo su interoperabilni sustavi, pošto je Galileo od početka rađen s interoperabilnosti na umu. Interoperabilnost ovisi o sličnosti GPS sustava, jednostavnosti korisničkog segmenta (prijamnici), tržišnoj situaciji i ekonomskih aspekta, nezavisnosti zemalja, nacionalnoj sigurnosti i ranjivosti kombiniranog navigacijskog rješenja. Optimizacija interoperabilnosti ne ovisi samo o tehničkim aspektima, već političkim i ekonomskim odlukama.

Interoperabilnost je put ostvarivanja globalnog navigacijskog satelitskog sustava. Istovremeno, razlika između raznih GPS stvara kompetitivnost koja razvija tehnologiju satelitske navigacije naprijed, te pruža veću sigurnost signala i jednostavnost krajnjem korisniku. Nakon uspostavljanja svih četiri globalnih sustava navigacije, interoperabilnost neće biti politički već ekonomski izbor, ako se od njega ne odustane.



Tablica 1. Usporedba GNSS sustava

	<b>NAVSTAR-GPS</b>	<b>GLONASS</b>	<b>GALILEO</b>	<b>COMPASS</b>
<b>Broj satelita</b>	21+3	21+3	27+3	30+5
<b>Broj ravnina putanja satelita</b>	6	3	3	Nepoznato
<b>Životni vijek satelita</b>	GPS IIR: 10 g.	Uragan: 3 g. Uragan-M: 7 g. Uragan-K: 10-12 g.	>12 g.	8 g.
<b>Masa satelita</b>	GPS IIR: 2000 kg	Uragan: 1500 kg Uragan-M: 1500 kg Uragan-K: 850 kg	700 kg	Nepoznato
<b>Komunikacijski protokol</b>	CDMA	FDMA	CDMA	CDMA
<b>Broj frekvencija</b>	3: L1, L2, L3(=E5a)	1 za svaka 2 antipodna satelita	4: L1, E6, E5a(=L3), E5b	4: E1, E2, E5b, E6
<b>Broj šifri</b>	1 po usluzi i satelitu	1 po usluzi i frekvenciji	1 po usluzi i satelitu	Nepoznato
<b>Orbitalna visina</b>	20,200 km	19,100 km	23,200 km	21,150 km
<b>Medusatelitske veze</b>	Da	Uragan: ne Uragan-M, -K: da	Ne	Nepoznato
<b>Kut</b>	55°	64.8°	56°	55.5°
<b>Dualno korištenje Civilno</b>	D	D	C D (PRS)	D
<b>Komercijalna usluga</b>	Ne	Ne	Da	Da
<b>Integralno odašiljanje</b>	Ne (GPS III: da)	Ne (Uragan-K: da)	Da	Nepoznato
<b>Financiranje</b>	Državno	Državno	Državno i privatno	Državno

Izvor: obradila autorica

### **3. PRIMJENA GNSS-A U PROMETU I DRUGIM DRUŠTVENIM AKTIVNOSTIMA**

Satelitski navigacijski sustav pruža brzu, točnu i pouzdanu informaciju o našem položaju. Primjenjivi su u svim aspektima prometa i nizu drugih društvenih aktivnosti, te nude nove usluge i mogućnosti. Budućim kombiniranjem višestrukih GNSS sustava poput Galilea i GPS-a bit će omogućena precizna mjerenja nego što su dostupna danas, ostvarujući mogućnost povećanja kapaciteta prometa.

#### **3.1. CESTOVNI PROMET**

U cestovnom prometu GNSS se može upotrijebiti kako bi poboljšao već postojeće usluge ili omogućio sasvim nove usluge. Naplaćivanje cestarine je pojednostavljeno praćenjem vozila putem satelita, te se na osnovu njegovog puta prikladno naplaćuje cestarina s obzirom koje je vozač ceste koristio. Vozač se ne mora zaustavljati na naplatnim stanicama, te se račun može podmiriti putem više različitih načina plaćanja. Planiranje puta je krajnje pojednostavljeno uz najnovije GNSS prijammike koji točno prikazuju put od polazne točke do odredišta na svom ekranu, te imaju i dodatnu mogućnost davanja glasovnih uputa. Upravljanje voznim parkom je omogućeno podacima koji prijammici bilježe te odašilju na server kompanije. Pronalazak vozila nakon krađe ima veću vjerojatnost da uspije. Samo u Europi 500,000 automobila je ukradeno svake godine. U kontroli prometa uz pomoć podataka o brzini i smjeru kretanja vozila mogu se predvidjeti gužve i pravovremeno reagirati. Prilikom kvara na vozilu može se javiti točan položaj i podaci o stanju vozila što može pomoći u bržem otklanjanju kvara. Važna primjena satelitske navigacije je u Advanced Driving Assistant Systems (ADAS). ADAS je skup sustava u koje ubrajamo sustave za noćnu vožnju, heads-up display sustave, sustave za pomoć u slijepim točkama i sl. GNSS može pomoći takvim sustavima da primjerice smanje brzinu u zavojima prilikom magle: satelit daje podatak o položaju dok računalo u automobilu određuje vremenske i druge okolnosti. Očekuje se da će do 2020. polovica automobila u Europi koristiti barem jedan dio ADAS sustava. Druga važna primjena GNSS-a je u službama spašavanja i hitne pomoći. Uz klasično planiranje puta, kombinacijom satelitskog lociranja i dinamičkih prometnih sustava moguće je stvaranje zelenog vala kako bi službe spašavanja brže stigle do svog cilja.

### **3.2. ZRAČNI PROMET**

Satelitska navigacija je od svojeg pojavljivanja bila veoma važna u zračnom prometu. Kao grana prometa u kojoj su i najmanje greške kobne, satelitska navigacija je pomogla zračnom prometu od polijetanja do slijetanja zrakoplova. Najteže operacije su slijetanje i polijetanje. Satelitskim navođenjem one su omogućene u prije nemogućim uvjetima slabih vidljivosti. S obzirom na to da je u nekim područjima zračni promet veoma gust potrebna su veoma precizna mjerenja kako bi mogli povećati kapacitete. Uz pomoć satelitskih sustava navigacije može se povećati kapacitet zračnih luka smanjenjem vremena zadržavanja aviona na tlu, smanjuje se vrijeme i potrošnja goriva polijetanja i slijetanja. Ona se postižu podrškom DGPS ili WAAS sustavima. Područja bez tih sustava ovise o visokopreciznim satelitskim signalima koje će moći omogućiti GNSS nove generacije.

### **2.3. KOPNENI PROMET**

Primjenu GNSS-a je našao i kopneni promet, točnije položaj vozila koji se određuje uz pomoć GSM ili GNSS satelita, a komunikacija s dispečerom/nadzornim centrom se vrši preko GSM uz GPRS. Za prijenos podataka se naplaćuje promet podataka GPRS mreže koja se koristi. Na području republike Hrvatske među najjačim pružateljima usluge prijenosa podataka za svrhu telemetrije su mobilni operateri T-Mobile, te Vipnet. Komunikacija s dispečerom se može voditi i preko GNSS-a ali ta skuplja varijanta se koristi samo kada nema GSM pokrivenosti u području prijevoza. Dodatno se može ugraditi i klasičan GNSS prijammik za komunikaciju s dispečerskim centrom. GNSS/GSM modul ovisno o modelu uređaja bilježe položaj, brzinu, smjer kretanja i prijeđeni put te javlja sve podatke u nadzorni centar. Učestalost odašiljanja je svakih 70 metara, a korisnik može odrediti želi li primati podatke češće ili rjeđe. GNSS prijammik služi vozaču za navigaciju i primanje informacija iz dispečerskog centra o eventualnim promjenama u planu vožnje (zatvaranje prometnica, gužve itd.).

### **2.4. POMORSKI PROMET**

Pomorstvo je prihvatilo satelitsku navigaciju i praćenje u svim djelatnostima, od prijevoza robe do ribarstva i sportskih aktivnosti. S GNSS-om moguće je ploviti i u najtežim uvjetima i koristi se u svim vrstama i fazama navigacije. Koristi se u svim područjima, priobalju, otvorenom moru i lukama. Pomaže sustavima automatske identifikacije brodova (Automatic Identification System, AIS). Veoma je koristan u navigaciji uskim kanalima,

primjerice Sueskim kanalom. Daje dodatnu sigurnost prilikom prijevoza opasne robe. U prijevozu robe novina u satelitskom praćenju je „container tracking“, praćenje svakog pojedinačnog kontejnera. Takav uređaj ima vlastitu bateriju, te u slučaju odašiljanja pozicije jednom na dan bateriju je potrebno mijenjati samo svakih 8 godina. Ovakav sustav pruža informaciju o položaju kontejnera agentu a i samom krajnjem korisniku. Druga funkcija sustava je praćenje kontejnera u slučaju krađe. U slučaju krađe uređaj može javiti svoj položaj svakih 5 minuta, što skraćuje rok trajanja baterije na 20 tjedana. GNSS u pomorstvu se obavezno koristi u svim visokopreciznim operacijama kao što su kartiranje, hidrografska istraživanja, postavljanje cijevi i kabela, postavljanje plutača. Satelitska navigacija se koristi i u ribolovu prilikom putovanja ka bogatim ribolovnim područjima.

## **2.5. ŽELJEZNIČKI PROMET**

U prošlih par godina satelitska navigacija je počela prodirati i u željeznički promet. Glavne aktivnosti su praćenje vagonskih konstrukcija radi sigurnosti i iskorištenje kapaciteta željezničke mreže. Kontrolne postaje mogu provjeriti stanje i položaj bilo kojeg vlaka, te kao direktna posljedica vlakovi mogu putovati brže te s manjim međusobnim razmacima.

## **2.6. OSTELE PRIMJENE GNSS-a**

Praćenje osoba je također vrlo korisno u satelitskom praćenju. Hand-held uređaji mogu se podesiti da informiraju korisnika o obližnjim restoranima, hotelima, bolnicama ili drugim točkama interesa. Praćenje ljudi se koristi za zaštitu starijih nemoćnih osoba i za praćenje djece. U slučaju da osobi pozli, može brzo i lako pozvati prvu pomoć na svoj položaj. Praćenje djece se vrši preko uređaja u stilu ručnog sata, ili se uređaj sakriva u odjeću ili čak igračku (postoje plišane životinje s ugrađenim uređajem za praćenje). Važno je napomenuti kako je praćenje osoba zabranjeno bez dopuštenja osobe koja se prati.

GNSS se koristi i u velikim građevinskim projektima. Izgradnja umjetnih otoka u Dubaiju je zbog veličine projekta zahtijevala primjene novih tehnologija u mjerenjima.

Druge primjene GNSS možemo naći u zaštiti prirode i sportskim aktivnostima. Satelitsko praćenje može pomoći u praćenju morskih struja i njihovom kartiranju, praćenju morskih mijena i razine mora, praćenju ledenjaka i praćenju zagađenja. Moguće je pratiti životinje, kućne i divlje. Praćenje zaštićenih vrsta može nam pomoći u određivanju njihovih habitata i time njihovu zaštitu. U rekreaciji primjena satelitske navigacije je u posljednjih par godina proživjela pravi procvat. Koriste se uređaji koji pokazuju lokaciju prilikom šetnji, u

turizmu su u ponudi karte s ugrađenim lokacijama interesa te povezani s lokalnim turističkim zajednicama. U sportu je GPS doživio svoju prvu organiziranu primjenu u Tour de France, gdje se može pratiti položaj ali i zdravstveni podaci biciklista, kao na primjer otkucaji srca. Osim tih aktivnosti, GNSS se koristi u sportskom jedrenju i letenju.

## 4. ODREĐIVANJE POLOŽAJA I GREŠKE

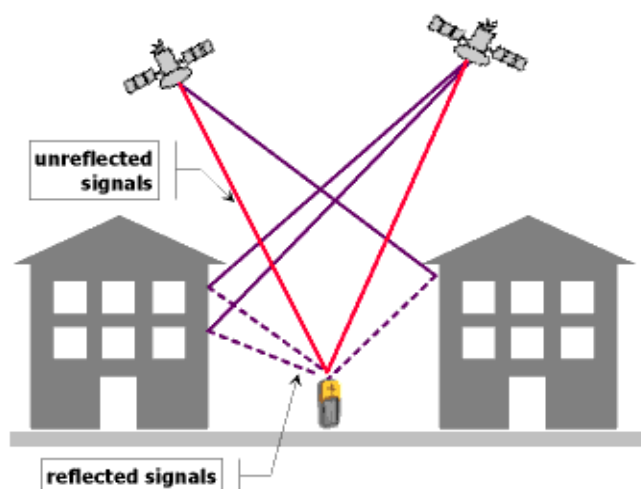
Sateliti u svom signalu odašilju podatke o vremenu kada je poruka odaslana, točne podatke o vlastitoj putanji te stanje sustava i procijenjeni položaj drugih satelita u sustavu. Zbog greški koje nastaju razlikom brzine putovanja signala u svemiru i na Zemlji potreban je četvrti satelit za ispravljanje informacije o visini i vremenu. U nekim slučajevima četvrti satelit nije potreban, npr. na brodovima i avionima koji imaju vlastito određivanje visine. Druga mogućnost je da korisnik prepusti uređaju da procijeni promjene s obzirom na posljednje znane podatke.

S obzirom na primljene poruke sa satelita GPS prijamnik određuje vrijeme i prema tome položaj satelita u trenutku odašiljanja. Ako položaj satelita smatramo kao središte sfere na čijoj je površini prijamnik, onda se prijamnik nalazi blizu ili na sjecištu četiri takve sfere. Točan položaj prijamnika za objekte koji se nalaze na zemlji jest onaj najniži u odnosu na 4. satelit. Greške prilikom određivanja pozicije dolaze zbog vremena putovanja signala, vremenskih uvjeta, odbijanja signala od površine zemlje, greške na unutarnjem satu prijamnika, lošoj poziciji satelita te promjeni putanje satelita.

Greške u određivanju položaja putem GPS sustava može podijeliti prema izvorima. Prema toj podjeli imamo greške od satelita (putanja, sat satelita, razlike u šifriranju), prijamnika (sat prijamnika, razlike u šifriranju), okoliša (troposfera, ionosfera) i greške u obrađivanju (greške modela, greške zaokruživanja).

Radio signal putuje brzinom svjetlosti u svemiru te nešto sporije u atmosferi. Zbog vremena putovanja može se stvoriti greška koja zavisi o vrsti šifriranja signala, te iznosi između 30 centimetara i 3 metra.

Slika 5. Ilustracija pogreške zbog odbijanja signala



Izvor: [www.web.cecs.pdx.edu](http://www.web.cecs.pdx.edu), 2017

Gornji slojevi atmosfere sadrže mnogo elektrona i pozitivnih iona zbog djelovanja sunca. Usporavanje je obrnuto proporcionalno visini frekvencija, niže frekvencije se više usporavaju od viših. Te greške mogu maksimalno iznositi 5 metara, ali se mogu ispraviti unutar uređaja. U nižim slojevima atmosfere vlaga djeluje na brzinu signala, ali je smetnja manja nego u ionosferi. Greške zbog vlage u troposferi se ne mogu ispraviti, i iznose najviše 50 centimetara. Odbijanje signala o površine se događa najčešće u gradovima s visokim zgradama ili na planinskim područjima. Greška nastala zbog takvih smetnji iznosi 1 metar.

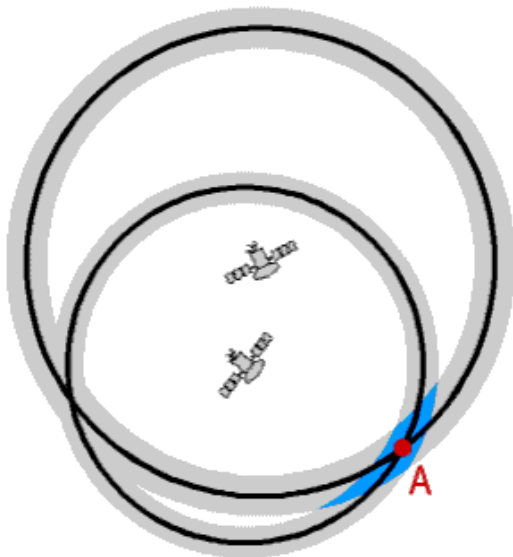
Na točnost mjerenog signala utječu pogreške satelitskog vremena, pogreške putanje satelita i kašnjenje signala pri prolasku kroz ionosferu, položaj satelita. Na mjerenom mjestu prisutna je pogreška zbog troposferskih utjecaja, pogreška višestrukog puta (zbog pribrajanja reflektiranog i ogibnog signala direktnom) i šum prijamnika.

Kao što je već rečeno, na točnost satelita može utjecati položaj. Ako se sateliti nalaze veoma blizu jedan drugoga, područje njihovih sjecišta te mogućeg položaja tražene pozicije se povećava. Ovaj problem se zove „satelitska geometrija“ ili DOP (eng. Dilution of Precision). Greške satelitske geometrije ne smanjuju točnost same po sebi, već umnožavaju greške drugih faktora. DOP je mjera kvalitete geometrijskog položaja satelita. Već je i intuitivno jasno da će pogreška mjerenja položaja biti velika ako su sateliti jako blizu jedan drugome (ili ako je manje satelita uzeto u obzir prilikom izračuna položaja). Većina prijamnika DOP ispisuje zajedno s položajem, brzinom i izmjerenim vremenom. DOP je bezdimenzionalna veličina, a označava koliko je puta veće rasipanje izračunate veličine (položaja ili vremena) od rasipanja izvornih mjerenja do satelita. Najmanji iznos DOP vrijednosti je 1 i on označava optimalan geometrijski raspored satelita. Zbog DOP greški možemo imati do 150 metara greške u određivanju položaja.

DOP greške možemo podijeliti na:

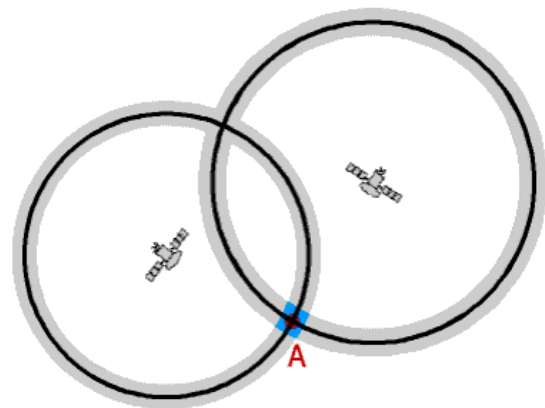
- GDOP – geometrijske greške, utječe na točnost, koordinate u prostoru te vrijeme.
- PDOP – pozicijske greške, utječu na koordinate u prostoru.
- HDOP – horizontalne greške, utječu na horizontalnoj ravni.
- VDOP – vertikalne greške, utječu na visinu.
- TDOP – vremenske greške, utječu na vrijeme.

Slika 6. Loša geometrija (položaja) satelita



Izvor: [www.kowoma.de](http://www.kowoma.de), 2017.

Slika 7. Dobra geometrija (položaja) satelita



Izvor: [www.kowoma.de](http://www.kowoma.de), 2017.

Djelovanje sila privlačnosti Mjeseca i Sunca mijenja predodređene putanje satelita. Sateliti se stalno prate te se ispravci vrše čim dolazi do promjena putanje. Zato su te greške veoma malene, te iznose najviše 2 metra.

Za postizanje točnosti manje od 20 metara koriste se različiti dodatni sustavi. Najčešće se koristi diferencijски GPS (DGPS) te WAAS (eng. Wide Area Augmentation System).

Diferencijски GPS se sastoji od postaje čiji je položaj točno određen. Usporedbom njenog položaja i položaja određenog u GPS prijammiku moguće je ispraviti grešku na



maksimalnih 5 metara. DGPS postaja ima domet od 1800 km. Najčešće su u priobalnim područjima kao pomoć pomorcima.

WAAS se sastoji od prijamnika na kopnu koji primaju podatke s GPS satelita te referentnih stanica koje sve te podatke obrađuju, ispravljajući greške na satu, greške u putanji i greške ionosfere. Obradeni podaci se odašilju GPS prijamnicima preko geostacionarnih satelita. Sustav ima bolju pokrivenost od DGPS-a, iako opada što je korisnik sjevernije zbog činjenice što je geostacionarna orbita iznad ekvatora. WAAS je američka varijanta sustava, EGNOS (eng. European Geostationary Navigation Overlay System) europska a MSAS (eng. Multi-functional Satellite Augmentation System) japanska varijanta. Važno je napomenuti da su sva 3 sustava međusobno kompatibilna.

Današnja točnost GPS sustava tipično je 20-ak metara, 95% CEP, a mnogi prijamnici ostvaruju i 10 m. Kratkotrajna ponovljivost uzastopnih mjerenja iznosi oko 1 m, a točnost mjerenja brzine tipično je 0,05 m/s. GPS vrijeme obično je moguće mjeriti s točnošću od 100 ns, s tim da se može očekivati znatno poboljšanje korištenjem EGNOS-a. Europskim EGNOS-diferencijskim korekcijama postiže se točnost 1 do 2 m, američkim WAAS sustavom oko 3 m, DGPS korekcijama koje su odašiljane radiostanicama (Beacon) 13 m, a koristeći LADGPS (baznu stanicu) ispod metra.

## **5. GSM – GLOBALNI SUSTAV ZA MOBILNU KOMUNIKACIJU**

GNSS signali prenose 3 vrste podatka: vrijeme odašiljanja signala, putanju satelita koji je odašilje i zdravlje sustava. Zbog trenutnog ograničenja signala, tj. kako bi GNSS podatci brzo stigli do prijammnika količina koja se može odaslati je ograničena. Zbog toga se koristi GPRS sustav za prijenos podataka putem GSM mreže.

GSM je kratica za globalni sustav za mobilnu komunikaciju (engl. Global Systems for Mobile Communication). GSM je najrašireniji sustav u mobilnoj industriji, te drži sličan položaj kao NAVSTAR-GPS u satelitskoj navigaciji.

Mobilne usluge koje su temeljene na GSM tehnologiji su prvi puta pokrenute u Finskoj 1991. godine, danas više od 690 mobilnih mreža pruža GSM usluge u 213 zemalja, a GSM predstavlja 82,4% svih globalnih mobilnih veza. GSM korisnicima nudi šire mogućnosti međunarodnog roaminga što znači da korisnici mogu svoje mobilne telefone koristiti i u drugim zemljama. SIM kartice (eng. Subscriber Identity Module) koje mogu imati pristup drugim mrežama na koje će se prebaciti što značajno smanjuje troškove roaminga, a ne smanjuje usluge. GSM pruža standardne značajke kao što je šifriranje telefonskog poziva, umrežavanje podataka, ID pozivatelja, prosljeđivanje poziva, poziva na čekanju, SMS-ova. Ova tehnologija mobitela funkcionira u rasponu 1900 MHz u SAD-u i frekvenciji od 900 MHz u Europi i Aziji, te 400 i 450 MHz u Skandinavskim zemljama. Podaci se komprimiraju i digitaliziraju, a zatim se šalju putem kanala s još dva strujanja podataka, gdje svaki podatak koristi svoje mjesto. GSM, zajedno s drugim tehnologijama dio su evolucije bežičnih mobilnih telekomunikacija.

GSM je mobilna mreža, što znači da se mobiteli povezuju s njom pretraživanjem stanica u neposrednoj blizini. Postoji pet različitih veličina ćelija u GSM mreži: makro, mikro, pico, femto i kišobran. Područje pokrivanja svake ćelije varira ovisno o implementacijskom okruženju. Makro stanice mogu se smatrati ćelijama u kojima je antena bazne stanice instalirana na jarbolu ili zgradi iznad prosječne razine krova. Mikro stanice su ćelije čija je visina antene ispod prosječne razine krova, one se obično koriste u urbanim područjima. Pico su male stanice čiji je promjer pokrivanja nekoliko desetaka metara, one se obično koriste u zatvorenim prostorima. Femto su ćelije namjenjene za upotrebu u stambenim ili malim poslovnim okruženjima i povezuju se s mrežom davatelja usluga preko širokopojasne

internetske veze. Stanice kišobrana se koriste za pokrivanje zasjenjenih područja manjih stanica i popunjavaju praznine u pokrivenosti između tih stanica. Radni raspon ćelija nije fiksna veličina, u praksi, stanice su grupirane u područjima visoke gustoće naseljenosti, s najviše potencijalnih korisnika. Promet mobitela ograničen je kapacitetom baze, što bi značilo da postoji konačan broj poziva ili podatkovnog prometa kojim bazna stanica može istodobno rukovati. Ovo ograničenje je još jedan čimbenik koji utječe na razmak između ćelija. U prigradskim područjima, ćelije su obično razmaknute 2-3 kilometra, a u gustim urbanim područjima 400-800 metara.

Slika 8. GSM ćelija u Njemačkom muzeju



Izvor:[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deutsches\\_Museum\\_-\\_GSM\\_cell\\_site\\_antennas.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Deutsches_Museum_-_GSM_cell_site_antennas.jpg)

Kako bi se moglo pristupiti uslugama koje GSM pruža potrebne su tri stvari: ugovor s nekom mobilnom mrežom/operatorom, SIM kartica i mobilni uređaj. Jedna od ključnih značajki GSM-a je SIM (eng. Subscriber Identity Module), odnosno poznata kao SIM kartica. To je odvojiva pametna kartica s korisničkim pretplatničkim informacijama i imenikom.

Omogućuje korisniku da sadrži svoje podatke nakon prebacivanja slušalica. Korisnik također može promijeniti mobitel i ostaviti svoju SIM karticu. Neki operateri će to blokirati tako da telefon omogući uporabu samo jedne SIM kartice ili samo SIM kartice koju izdaje, u praksi se to naziva SIM zaključavanje

Tehnologija mobilne širokopojasne mreže se naziva i bežična mreža širokog područja odnosno WWAN (eng. Wireless Wide Area Network), ona omogućava brzi bežični pristup internetu putem prijenosnih uređaja. Pomoću WWAN može se povezati s internetom s bilo koje lokacije na kojoj je dostupna usluga mobilne telefonije putem GSM tehnologije za mobilno povezivanje s internetom. Pomoću te mogućnosti mobilne povezanosti lako je moguće održavati internetsku vezu na bilo kojem mjestu. Vrste širokopojasne mreže su: 2G, 2.5G, 3G, 4G i buduća 5G.

Uređaji za mobilnu industriju danas ulaze u svoju petu generaciju. Generacije se simbolički označavaju brojkom i slovom „G“. Ovakvo označavanje se počelo koristiti tek u drugoj generaciji, ili 2G mobilnim telefonima.

Nultom generacijom se smatra nastanak mobilnih radio telefona u sredini 20. stoljeća. Najčešće su ih koristile poznate ličnosti, te u određenim djelatnostima koje su se odvijale na područjima nepristupačnim za telefonsku žicu. Nisu nikad doživjeli široku upotrebu. Uređaji su koristili radiovalove za komunikaciju, te su imali glomazne antene, što je onespobilo njihovo nošenje.

Tijekom 1990. u sjevernoj Europi je nastala prva generacija, te su stvoreni današnji mobilni telefoni. Sustav antena koji je tada stvoren koristi se i danas. Razlika između prve generacije i kasnijih je bila u analognom kodiranju glasa. Tada još nije postojala mogućnost slanja tekstualnih poruka odnosno SMS-ova (eng. Short Message Service). Prva generacija imala je lošu kvalitetu poziva bez zaštite od prisluškivanja, veliku veličinu mobitela, ograničeni kapacitet, slabu pouzdanost prijenosa, te loš vijek trajanja baterije.

2G generacija je nastavak na liniji razvoja prve generacije. Uređaje koji nastaju u ovom periodu su mobilni uređaji sa svim funkcijama koje postoje i danas. 2G ima kvalitetniji i prodorniji signal i digitalnu enkripciju odnosno šifriranje. Uređaji su postali manji smanjenjem baterije, te su zaštićeniji od prisluškivanja za razliku od 1G tehnologije, koji pak nisu imali nikakvu zaštitu. Najčešći i glavni standard koji se koristio je GSM, prihvaćen je diljem svijeta. 2G sustavi nisu u stanju podržati složene podatke kao što su videozapisi,

omogućavali su samo SMS-ove i MMS-ove (engl. Multimedia Messaging Service), te su pružali bolju kvalitetu i kapacitet za razliku od prethodne generacije.

2G se dalje razvio u 2.5G uvođenjem GPRS-a (eng. General Packet Radio Service). Generacija je omogućavala pozive, slanje E-mail poruka, pristup podatkovnom prometu, kameru, te je bilo moguće preuzeti Mp3 pjesmu što je trajalo 6-9 minuta. GPRS je pružao prijenose brzine od 56 kbit/s do 114 kbit/s.

3G generacija omogućuje čestu uporabu podatkovnog prometa odnosno Internetu. Oni imaju mogućnost istovremenog odašiljanja podataka i razgovora, te imaju veću brzinu odašiljanja podataka. 3G generacija počela je u Japanu, iako je uvedena sporije nego 2G sustav. Ta generacija se naziva i generacija „pametnih mobilnih uređaja“, zbog svojih mogućnosti koje pruža. Brža komunikacija, slanje/primanje velikih e-Mail poruka, pristup podatkovnom prometu veće brzine s više sigurnosti, 3D video igrice, veliki kapacitet, te 11 s-1.5 min vrijeme preuzimanja Mp3 pjesama. Zbog skupih licenci za nadogradnju 3G usluga, bio je izazov izgraditi infrastrukturu za 3G, zato su mobiteli bili iznimno skupi i veće veličine od prethodne generacije.

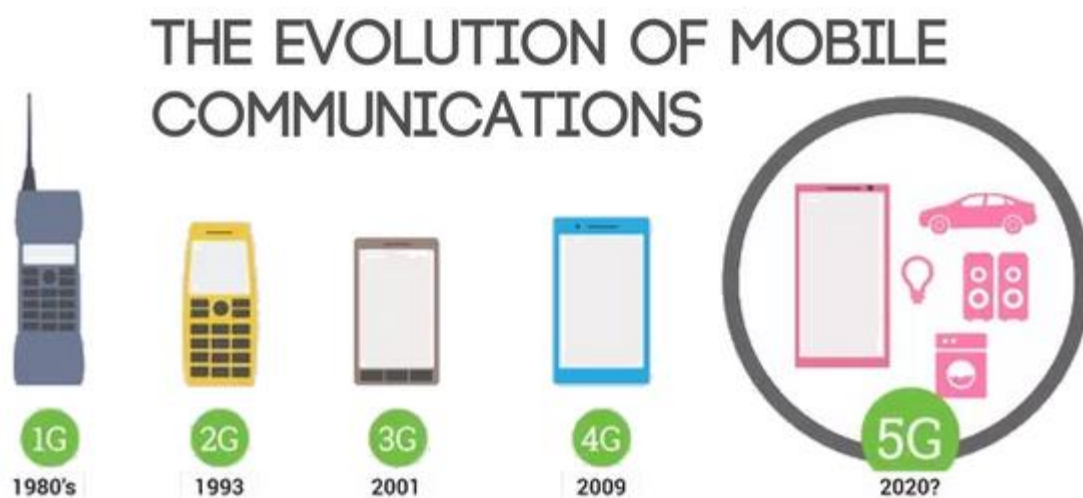
Trenutno najnoviji mobilni uređaji spadaju u 4G generaciju. Razlika između prethodne i 4G tehnologije je veća brzina, globalna potpora mobilnosti, integrirana bežična rješenja, mobilni pristup svagdje, visoka rezolucija itd. 4G koristi tehnologije WiMAX i LTE koje su donijele veliki skok naprijed. Omogućuju mnogo veću brzinu za mobilne korisnike, WiMAX mreža ne podržava naslijeđene sustave, dok LTE mreža je kompatibilna i omogućuje suživot i roaming između LTE i 3G. Troškovi izgradnje WiMAX mreže manji su od troškova izgradnje LTE mreže.

Tablica 2. Usporedba 3G i 4G

TEHNOLOGIJA	3G	4G
Brzina prijenosa podataka	3.1.MB/sec	100 MB/sec
Podatkovni promet	Širopojasni	Ultra širokopojasni
Mobilna rezolucija	Niska	Visoka
Frekvencija	1.6-2 GHz	2-8 GHz
Preuzimanje i stavljanje	5.8. Mbps	14Mbps

Izvor: izradila autrica

Slika 9. Mobilni uređaji tijekom godina



Izvor: [https://www.quora.com/What-are-the-differences-between-1G-2G-3G-4G-and-5G?page\\_id=2#!n=72](https://www.quora.com/What-are-the-differences-between-1G-2G-3G-4G-and-5G?page_id=2#!n=72)

Možemo reći da je na vidiku već duže vrijeme nova generacija mrežnih tehnologija odnosno 5G, no nigdje nije službeno potvrđena iako se na njoj radi. G u 5G znači da je generacija bežične tehnologije, dok je većina generacija tehnički definirana brzinama

prijenosa podataka, svaka je također obilježena prekidom metoda kodiranja podataka, što je nespojivo sa svakom prethodnom generacijom. 5G će omogućiti niz naprednih usluga koje se mogu razvijati zahvaljujući tehnologiji, od kirurških zahvata na daljinu do komunikacije između vozila kako bi se izbjegle brojne nesreće. 5G mreže će koristiti OFDM vrstu kodiranja koja je slična kodiranju koju koristi LTE. Uglavnom će se koristiti vrlo visoke frekvencije koje mogu prenositi ogromne količine podataka. 5G mreža će biti mnogo pametnija od prethodnih sustava, imat će kapacitet četiri puta veći od postojećih sustava. Po predviđanjima Europske komisije 5G usluge bi mogle započeti 2020. godine.

Slika 10. Okvirna shema primjene 5G tehnologija u praksi



Izvor: <http://mreza.bug.hr/5g-u-eu-akcijski-plan-za-uvođenje-komercijalnih-5g-usluga/>

## 6. ZAKLJUČAK

Velik i brz razvoj tehnologije je ušao u sve dijelove društva svih dobi te utjecao na načine na koje obavljamo sve aktivnosti. Zbog takvog brzog razvoja tehnologijena svakom radnom mjestu se način rada mijenja ili se već promijenio. Ukoliko ne pratimo i ne primjenjujemo najnovije tehnologije, teško ćemo opstati na tržištu. Samo one tvrtke koje prate razvoj tehnologije mogu opstati na tržištu i zadržati konkurentnost pred komunikacijom koja je svakog dana sve veća i jača.

Danas, od četiri GNSS sustava, jedino je GPS u potpunosti operativan dok su Glonass, Galileo i Compas u razvoju. Teško je zamisliti današnji život bez „GPS-a“, koristimo ga svakodnevno u mobilnim uređajima, olakšava nam obavljanje svih poslovnih i osobnih kretnji u prometu, komunikaciji, snalaženja u vremenu i prostoru. GNSS tehnologija je bez sumnje uvelike doprinjela današnjoj tehnologije koja se razvija nevjerojatnom brzinom.

GSM tehnologija se raširila u svakodnevnom životu u tolikom mjeri da su danas uobočajne stvari koje su se prije deseteak godina smatrale znanstvenom fantastikom. Gotovo ne postoji naseljeno mjesto na Zemlji koje nije pokriveno GSM signalom što omogućava vlasnicima mobilnih uređaja komunikaciju, gledanje filmova, igranje igrice, slanje poruka, stanje na cestava, vijesti, GNSS navigaciju, zaključavanje vrata u svom domu bilo gdje da se nalazili, drugim riječima omogućava vlasnicima skoro sve što su mogli poželjeti prije desetak godina, možemo samo zamisliti što će biti u idućih deset godina.



## LITERATURA

- [1] Chatterjee, A., „Role of GPS in navigation“, *Fleet Management and other Location Based Services*, 2009., online: <https://www.geospatialworld.net/article/role-of-gps-in-navigation-fleet-management-and-other-location-based-services/> (29.7.2017.)
- [2] Lapaine, M, Tutić D., „GPS za početnike“, 2013. online: [http://www.kartografija.hr/old\\_hkd/obrazovanje/prirucnici/gspoc/gspoc.htm](http://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/gspoc/gspoc.htm) (29.7.2017.)
- [3] Lučev Ž, „GPS localization“, Seminarski rad, 2006. (29.7.2017.)
- [4] NAVSTAR GPS user equipment introduction: Public release version, 1996. online: <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/gpsuser/gpsuser.pdf> (29.7.2017.)
- [5] Wikipedija, „Global Positioning System“, 4.2.2016. online: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://hr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System), (29.7.2017.)
- [6] European Commission, „Galileo“, 31.7.2017. online: <https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo> (31.7.2017.)
- [7] Hrvatska akademska istraživačka mreža, „Sigurnost mobilnih mreža“, 2010. online: <http://www.cert.hr/sites/default/files/NCERT-PUBDOC-2010-06-303.pdf> (31.7.2017.)
- [8] Knezović, G.: *5G u EU: Akcijski plan za uvođenje komercijalnih usluga*, Mreža, 10.7.2017. online: <http://mreza.bug.hr/5g-u-eu-akcijski-plan-za-uvodenje-komercijalnih-5g-usluga/> (28.7.2017.)
- [9] Wikipedija, „GLONASS-K“, 6.1.2017. online: <https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS-K>, 29.7.2017.
- [10] Marjanović M: *Hrvatski pozicijski sustav, CROPOS*, Republika Hrvatska, Državna geodetska uprava 2010., p. 28-34.
- [11] *Swift Navigation, Gibbons Media and Research, LLC: GNSS WORLD 2017.*, online: <http://www.insidegnss.com/node/5399>, 28.7.2017.
- [12] NAVSTAR GPS user equipment introduction: public release version, 1996., online: <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/gpsuser/gpsuser.pdf>, 2.8.2017.
- [13] U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez, Bernese GPS Software Version: *Benesse GPS Software Version 4.2.*, 2001., online: [http://www.aiub.unibe.ch/download/BERN42/DOCU/DOCU42\\_1.pdf](http://www.aiub.unibe.ch/download/BERN42/DOCU/DOCU42_1.pdf), 5.8.2017.

- [14] Rouse M: *GSM (Global System for Mobile communication)*, SearchMobileComputing 2003.-2017., online: <https://www.google.hr/search?q=gsm+meaning&sa=X&ved=0ahUKEwiGmrGq5NTVAhXJPZoKHQMAClwQ1QIIdSgE&biw=687&bih=744>, 3.8.2017.
- [15] Fendelman A: *What Does GSM Mean?*, Lifewire, 18.3.2017., online: <https://www.lifewire.com/definition-of-gsm-578670>, 5.8.2017.
- [16] Generation of Network: 1G, 2G, 3G, 4G, 5G, Advanced Computer Network Lab, online: <https://www.slideshare.net/noorec786/generations-of-network-1-g-2g-3g-4g-5g>, 5.8.2017.
- [17] GSM: Global System for Mobile Communications, 4G, 2010.-2017., online: <https://web.archive.org/web/20140208025938/http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=page&sectionid=242>, 5.8.2017.

## POPIS KRATICA

<b>Kratika</b>	<b>Puni naziv na stranom jeziku</b>	<b>Tumačenje na hrvatskom jeziku</b>
GPS	Global Positioning System	Globalni pozicijski sustav
GNSS	Global Navigation Satellite System	Globalni navigacijski satelitski sustav
UHC	Ultra High Frequency	Ekstremno visoka frekvencija
DOP	Dilution of Precision	Satelitska preciznost
GDOP	Geometric Dilution of Precision	Geometrijska satelitska preciznost
PDOP	Position Dilution of Precision	Pozicijska satelitska preciznost
HDOP	Horizontal Dilution of Precision	Horizontalna satelitska preciznost
VDOP	Vertical Dilution of Precision	Vertikalna satelitska preciznost
TDOP	Time Dilution of Precision	Vremenska satelitska preciznost
WAAS	Wide Area Augmentation System	Američka varijanta pozicijskog sustava
DGPS	Differential Global Positioning System	Diferencijalni globalni pozicijski sustav
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay System	Europska varijanta navigacijskog sustava
MSAS	Geostationary Navigation Overlay System	Japanska varijanta navigacijskog sustava
NAVSTAR-GPS	Navigational Satellite Timing and Ranging-Global Positioning System	Službeno ime za GPS od strane SAD-a

GLONASS	Global Navigation Satellite System	Ruska vojna mreža satelita
DORIS	Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite	Francuska mreža satelita
IRNSS	Indian Regional Navigation Satellite System	Indijska mreža satelita
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System	Japanska mreža satelita
SA	Selective Availability	Selektivna dostupnost
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service	Europska geostacionarna navigacijska usluga
CS	Commercial Service	Komercijalna usluga
OS	Open Service	Otvorena usluga
CEP	Circular Error Probability	Vjerojatnost kružne pogreške
SEP	Spherical Error Probability	Sferna vjerojatnost pogreške
ADAS	Advanced Driving Assistant Systems	Pomoćni sustavi napredne vožnje
GSM	Global system for mobile communication	Globalni sustav za mobilnu komunikaciju
ESA	European Space Agency	Europska svemirska agencija
MCS	Master Control Station	Glavna kontrolna stanica
AIS	Automatic Identification System	Automatski identifikacijski sustav

## **POPIS SLIKA**

Slika 1. neiskorišteni GPS satelit.....	3
Slika 2. Sateliti GPS sustava u Zemljinoj orbiti .....	4
Slika 3. Tri dijela GPS sustava .....	5
Slika 4. Logotip Galileo programa .....	10
Slika 5. Ilustracija pogreške zbog odbijanja signala .....	17
Slika 6. Loša geometrija (položaja) satelita.....	19
Slika 7. Dobra geometrija (položaja) satelita .....	19
Slika 8. GSM ćelija u Njemačkom muzeju .....	22
Slika 9. Mobilni uređaji tijekom godina .....	25
Slika 10. Okvirna shema primjene 5G tehnologija u praksi.....	26

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Usporedba GNSS sustava .....	12
Tablica 2. Usporedba 3G i 4G .....	25