

# Upotreba GPS-a u navigaciji

---

Šitin, Marino

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:570642>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**POMORSKI FAKULTET**

**MARINO ŠITIN**

**UPOTREBA GPS-A U NAVIGACJI**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2018.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

# **UPOTREBA GPS-A U NAVIGACIJI**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**Prof. dr.sc. Josip Kasum**

**STUDENT:**

**Marino Šitin  
(MB:0171266815)**

**SPLIT, 2018.**

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. RAZVOJ SATELITSKIH SUSTAVA ZA POZICIONIRANJE.....	2
2.1. NAVSTAR .....	2
2.2. GLONASS .....	5
2.2.1. RAZVOJ GLONASS SUSTAVA .....	5
2.2.2. TIPOVI GLONASS SATELITA .....	7
2.3. SUVREMENI GPS .....	9
2.3.1. SEGMENTACIJA GPS-a .....	11
3. SATELITSKO POZICIONIRANJE .....	15
3.1. GPS POZICIONIRANJE .....	15
3.2. GLONASS POZICIONIRANJE .....	17
3.2.1. FDMA SIGNALI.....	17
3.2.2. CDMA SIGNALI .....	19
4. FURUNO VOYAGER .....	21
4.1. OPĆENITO O SUSTAVU .....	21
4.2. UPUĆIVANJE I UKLJUČIVANJE FURUNO VOYAGER SUSTAVA .....	22
4.2.1. CONTEXTUAL MENU.....	23
4.2.2. ZNAČAJKE MULTIFUNCTION DISPLAY-a(MFD).....	23
4.3. FURUNO VOYAGER ONBOARD MREŽNI SUSTAV NAVIGACIJE.....	24
5. ZAKLJUČAK .....	25
6. LITERATURA.....	26
7. POPIS SLIKA .....	27

## **SAŽETAK**

U radu je razmatrana upotreba GPS-a u navigaciji. Budući da su stari pomorci ploveći oceanima orijentirali se pomoću terestričkih objekata ili pomoću astronomskih objekata kao što su sunce, mjesec i planete razvijanje globalnog pozicijskog sustava im je uvelike olakšalo posao. Tu dolazi do razvijanja Navstar sustava u Sjedinjenim Američkim Državama, te nešto kasnije do ruskog sustava Glonass. Ta se tehnologija prvo razvijala u vojne svrhe, a tek kasnije se mogla koristiti svakodnevno na čemu se upravi i bazira korištenje GPS sustava kojim se rad bavi.

Ciljevi ovog rada su: uvod u satelitsko pozicioniranje, opisivanje raznih satelitskih sustava za pozicioniranje kao što su Navstar, Glonass, GPS.

**KLJUČNE RIJEČI :** GPS, Navstar, Glonass, pozicioniranje, sateliti

## **SUMMARY**

This graduate work deals with the use of GPS in navigation. Since first sailors sailing on the oceans are oriented by terrestrial objects, or by using astronomical objects such as the sun, moon and the planet, developing a global positioning system has greatly facilitated their work. Here we come to the development of the Navstar system with the Americans, and later on to the Russian system Glonass. This technology first developed for military purposes and could only be used later to the current GPS system which we are going to describe in this work. The objectives of this work are as follows: introduction to satellite positioning, and description of various satellite positioning systems such as Navstar, GLONASS, GPS.

**KEY WORDS :** GPS, Navstar, Glonass , positioning, satellites

## 1. UVOD

Ovaj rad sastavljen je od sedam poglavlja.

Prvo se poglavlje odnosi na razvoj satelitskih sustava za pozicioniranje.

Drugo poglavlje obuhvaća područje satelitskog pozicioniranja. Uvodi nas u GPS pozicioniranje, GLONASS pozicioniranje te ostala satelitska pozicioniranja, odnosno u suvremeni GPS sustav i njegovo pozicioniranje.

U trećem poglavlju opisano je satelitsko pozicioniranje navedenih sustava.

Četvrto poglavlje definira tehničko tehnološke karakteristike sustava za pozicioniranje FurunuoVoyager-a te nam opisuje njegovo upućivanje te primjenu u pomorstvu.

Petim poglavljem zaključuje se ova tema.

Rad završava sa dva poglavlja u kojima je iznesena literatura koja je korištena kod pisanja ovog rada te popis slika sa njihovim izvorima.

U radu su se koristile znanstveno istraživačke metode analize, sinteze, teorije sustava i komparativna metoda. Doprinos ovog rada je u analitičkom pregledu satelitskih sustava za pozicioniranje.

## 2. RAZVOJ SATELITSKIH SUSTAVA ZA POZICIONIRANJE

U ovom poglavlju se pregledno analizira problematika sustava za pozicioniranje. Počevši od Navstara, pa preko Glonass sustava do suvremenog GPS sustava koji se koristi danas.

### 2.1. NAVSTAR

*Ideja o korištenju satelita za određivanje brodske pozicije pojavila se odmah nakon lansiranja prvih umjetnih satelita. Prvi službeni program koji je za cilj imao postavljati satelite za potrebe globalnog pozicioniranja, pokrenula je 1964. godine američka vojska (NavyNavigationSatellite System-NAVSAT). Iste godine počinje s radom sustav Transit, prvi satelitski navigacijski sustav, i ostaje u uporabi sve do 1996. godine. Dopusštenje za uporabu u civilne svrhe izdano je 1967. godine.*

*(History of NAVSTAR, Rick W. Sturdevant)*

Pozicioniranje ovog sustava temelji se na određivanju udaljenosti do satelita, na principu promjene frekvencije odašlanog signala zbog Dopplerova efekta. Sateliti Transit-sustava nalazili su se u niskim polarnim orbitama, na visini od 1000 km, s vremenom ophodnje od 1 sata i 47 minuta, kako bi Dopplerova promjena frekvencije bila što veća. Da bi se uklonio utjecaj atmosfere (ionosfersko kašnjenje signala) koristilo se dvjema frekvencijama od 150 i 400 MHz. Zbog ograničenog broja satelita i specifične konstelacije, njihova dostupnost nije bila velika, i trebalo se čekati na njihovu pojavu iznad obzora u prosjeku oko 30 minuta, ovisno o zemljopisnoj širini opažača, to jest prijamnika Transit-sustava. Nakon pojavljivanja, sateliti bi bili dostupni oko 16 minuta, a za procesiranje signala bilo je potrebno 10 do 15 minuta .

Ubrzo nakon uvođenja prvoga satelitskog navigacijskog sustava počinju istraživanja i pojavljuju se konkretni programi radi poboljšanja postojećeg sustava i razvoja novih, a za potrebe Ratne mornarice i Ratnog zrakoplovstva SAD-a. Sredinom 70 - tih prošlog stoljeća nastaje koncept NAVSTAR GPS (*NavigationSatelliteTimingandRanging - Global Positioning System*). Taj sustav temelji se na određivanju udaljenosti od satelita tako da se mjeri vrijeme potrebno da signal

stigne od satelita do prijmnika. U navigacijskoj poruci emitiraju se dodatni podaci, npr. o putanjama satelita (efemeride), točnom vremenu. Brzina kretanja signala također je poznata - to je brzina svjetlosti. Iz razlike vremena predaje i prijama signala, te poznate brzine signala prijmnik računa udaljenost. Do pozicije se dolazi određivanjem udaljenosti od više satelita - minimalno tri za dvodimenzionalni (2D pozicija), ili četiri za trodimenzionalni položaj (zemljopisna širina, zemljopisna dužina i visina), što se naziva 3D pozicija (eng. fix.). Ona se pretvara u koordinate, a najčešće korišten model oblika Zemljine površine je WGS-84 (*World Geodetic System*) elipsoid. GPS prijmnici često imaju i ugrađene algoritme za preračunavanje iz WGS-84 koordinata u koordinate drugih, lokalnih sustava u kojima su izrađivani zemljovid. WGS-84 elipsoid matematički jednostavno opisan ne razlikuje se od geoida za više od 100 m. Prva skupina satelita, za testiranje i s limitiranom pokrivenošću, lansirana je vremenu u od 1978. do 1985. godine. Potpuno operativan, za vojne svrhe postaje 1995. godine. Druga skupina satelita, temelj današnjem GPS sustavu, lansirana je u razdoblju od 1989. do 1997. godine. GPS (*Global Positioning System*) je globalni sustav za vrlo točno i stalno određivanje pozicije, u vlasništvu i pod nadzorom Ministarstva obrane SAD-a.

GPS sustav sastoji se od tri dijela: svemirski, nadzorni i korisnički. Svemirski dio čine 24 satelita raspoređena u 6 orbitalnih ravnina kojima je nagib prema ekvatoru (inklinacija) 55°. Sateliti su postavljeni na visini od 20.183 km, a vrijeme obilaska Zemlje je 11 sati i 58 minuta. Takav raspored satelita omogućuje da se s bilo koje točke na Zemlji i u bilo koje vrijeme vide najmanje četiri satelita s povoljnom elevacijom. Rad GPS sustava nadzire se uz pomoć odgovarajućih nadzornih postaja, a čine ih: glavna postaja (nalazi se u SAD-u) i mjerne i zemaljske nadzorne postaje (raspoređene po cijeloj Zemlji). Glavna postaja koordinira rad cijelog sustava, skuplja i analizira podatke, određuje efemeride satelita, korekciju vremena i parametre sustava te ih preko zemaljskih nadzornih postaja prosljeđuje satelitima. Mjerne postaje služe za mjerenje udaljenosti (pseudoudaljenosti) do svih satelita na obzoru radi utvrđivanja pogrešaka, te dobivene podatke prosljeđuje glavnoj postaji radi povećanja točnosti sustava. Korisnički dio GPS sustava čine svi korisnici, to jest oni koji imaju prijmnike GPS sustava i s kojih čitaju pozicije (brodovi, zrakoplovi, automobili itd.). Korisnici se općenito mogu podijeliti na autorizirane (američka vojska) i neautorizirane (civilni korisnici). Za civilne svrhe namijenjeno je tzv. pozicioniranje sa standardnom razinom točnosti (*SPS-Standard Positioning Service*), a temelji se na mjerenju preko jedne radne frekvencije ( $L1=1575,42$  MHz). Točnost



SPS pozicioniranja je u 95% vremena bolja od 36 m u horizontalnom i 77 m u vertikalnom smjeru. Američko Ministarstvo obrane može namjerno (dodatno) smanjiti točnost, tzv. selektivnom dostupnošću (SA - *SelectiveAvailability*); tada točnost pozicioniranja u 95% vremena treba biti bolja od 100 m u horizontalnom i 156 m u vertikalnom smjeru. Selektivna dostupnost isključena je uredbom Predsjednika SAD-a 2000. godine. Pozicioniranje s višom razinom točnosti (PPS - *PrecisePositioning Service*) namijenjeno je autoriziranim korisnicima i temelji se na mjerenjima preko dvije radne frekvencije (L1=1575,42 MHz i L2=1227,60 MHz). Točnost PPS pozicioniranja je u 95% vremena bolja od 22 m u horizontalnom i 28 m u vertikalnom smjeru. Međutim, za to je pozicioniranje potrebno imati posebne prijamnike i kodove za dekriptiranje. Frekvencija L2 služi za kompenzaciju utjecaja ionosferskog kašnjenja, ali za civilne korisnike nije dostupna. Ministarstvo obrane SAD-a je L2 frekvenciju civilnim korisnicima učinilo dostupnom 2011. godine, kao i frekvenciju L5 za još bolju točnost (potpuno dostupnom 2015. godine). S L5 je dobivanje pozicije smanjeno na pogrešku od 1 do 5 m.

(*Historyof NAVSTAR*, Rick W. Sturdevant)



Slika 1. Navstar GPS 1.

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

## 2.2. GLONASS

GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) je ruski globalni satelitski sustav pozicioniranja. Njegove značajke, mogućnosti i princip rada velikim su dijelom slični GPS sustavu. Prvi satelit ovog sustava lansiran je 1982. godine, a do kraja 2003. godine u orbiti ih je bilo 13, od toga aktivnih 8. Danas se sastoji od 24 satelita u tri orbitalne ravnine, u svakoj po osam, i na visini od 19.100 km. Orbitalna inklinacija satelita je  $64,8^\circ$ , iz čega se može zaključiti da je GLONASS sustav pogodniji za veće zemljopisne širine. Za GLONASS sustav važna je napomena da se koordinate pozicije ne dobivaju u WGS-84 sustavu (*World Geodetic System*), na kojemu se temelji GPS i većina karata, pa je sukladno tomu potrebno uzeti u obzir korekcije. GLONASS se temelji na sovjetskomu geocentričnom sustavu iz 1985. godine (SGS 85), ili od 1993. godine u novom PZ-90 sustavu koji je sličan WGS-84. Matematičkim modelima pozicija se može prebacivati iz jednoga sustava u drugi.

[https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_GLONASS](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_GLONASS)  
<http://gpsworld.com/innovation-glonass-past-present-and-future/>

### 2.2.1. RAZVOJ GLONASS SUSTAVA

Razvoj GLONASS (*Globalnaja Navigacionaja Sputnikovaja Sistema*) navigacijskog sustava počinje 1970. godine, kao nastavak razvoja i uspješnog rada niskoorbitalnog SRNS (*Satelitski radionavigacijski sustav*) sustava Tsicada. Prvi sateliti GLONASS-sustava (Cosmos – 1413, - 1414, - 1415) lansirani su u orbitu 1982. godine. Do 1991. godine lansirano je ukupno 12 funkcionalnih satelita, s pomoću kojih se mogla određivati globalna pozicija korisnika, čime je počela druga faza korištenja sustavom. Planirano je da GLONASS postane osnovni navigacijski sustav u Rusiji za sva vozila. Sustav je zamišljen kao globalni navigacijski sustav za dobivanje pozicije, brzine i preciznog vremena za pomorske, zračne i kopnene korisnike. On treba biti univerzalan i za vojne i za civilne svrhe širom svijeta. Ukupni predviđeni broj satelita u orbiti je 24, što će omogućiti istodobni prijam signala 5 do 11 navigacijskih satelita, ovisno o poziciji korisnika. GLONASS-sustav neprestano se unaprjeđuje i modernizira. To uključuje modernizaciju zemaljskog sustava nadzora i poboljšanja satelitskog segmenta, da bi im se produžio životni vijek. Konstelacija GLONASS-satelita bit će po 8 satelita jednoliko

raspoređenih u tri orbitalne ravnine. Ravnine imaju inklinaciju (nagib prema ekvatoru) od  $64,8^\circ$  i razmaknute su  $120^\circ$ . Orbitalna visina satelita je 19.100 km, a vrijeme obilaska je 8/17 zvjezdanog dana, što znači da nakon 8 dana GLONASS-sateliti naprave točno 17 orbitalnih rotacija. Gledajući sa Zemlje, svaki se satelit pojavi na istome mjestu na nebu svakih 8 dana. Budući da se u svakoj orbitalnoj ravnini nalazi 8 satelita na jednakim razmacima, jedan će od njih biti lociran u istoj točki na nebu u isto vrijeme svaki dan. Iako imaju različite orbitalne konfiguracije, GPS i GLONASS-sustavi osiguravaju praktički identične mogućnosti. Kao i kod GPS-sustava, kod GLONASS-a se utvrđuju pseudoudaljenosti. Zbog toga su strukture signala slične. Razlikuju se u modulacijskim postupcima. Sateliti emitiraju signale na dvjema frekvencijama u L-pojasu, L1 i L2. Ti se signali moduliraju s dva binarna koda, C/A- kodom i P- kodom, te binarnim podacima. GLONASS- sateliti emitiraju signale na različitim kanalima, tj. na različitim frekvencijama. GLONASS-prijamnik odvaja signale vidljivih satelita odabirom specifične frekvencije pridružene svakom satelitu postupkom FDMA (*Frequency Division Multiple Access*). Kako FDMA ne zahtjeva specijalnu kodnu modulaciju za razlikovanje pojedinih satelita, svi GLONASS-sateliti emitiraju isti kod.

([https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_GLONASS](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_GLONASS)  
<http://gpsworld.com/innovation-glonass-past-present-and-future/>)



slika 2. GLONASS 1

Izvor: <https://beebom.com/what-is-glonass-and-how-it-is-different-from-gps>

## 2.2.2. TIPOVI GLONASS SATELITA



slika 3. GLONASS sateliti

Izvor: [http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_Space\\_Segment](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Space_Segment)

### Prva generacija

Prava prva generacija satelita GLONASS (također poznat kao Uragan) bila su sva stabilizirana vozila s tri osi, općenito težine 1.250 kilograma (2.760 lb) i opremljena su skromnim pogonskim sustavom koji omogućava preseljenje unutar konstelacije. S vremenom su nadograđeni na bloka IIa, IIb i IIv vozila, pri čemu svaki blok sadrži evolucijska poboljšanja. Sedam BlockIIa satelita pokrenuto je 1985. - 1986. s poboljšanim standardima vremena i frekvencije nad prototipovima i povećanom stabilnošću frekvencije. Ove svemirske letjelice također su pokazale 16-mjesečni prosječni životni vijek. Blok IIb svemirska letjelica, s dvogodišnjim dizajnom života, pojavila se 1987. godine, od kojih je ukupno 12 pokrenuto, ali polovica je izgubljena u nesrećama s lansiranjem vozila. Šest svemirskih brodova koji su je krenuli u orbitu dobro su funkcionirali i djelovali su u prosjeku gotovo 22 mjeseca. Blok IIv bio je najplodniji prve generacije. Koristi se isključivo od 1988. do 2000. godine, a nastavio je uključivati se u puštanje u prodaju do 2005., ukupno je pokrenuto ukupno 56 satelita. Dizajnirani život bio je tri godine, međutim brojne

svemirske letjelice prekoračile su ovo, s jednim kasnim modelom koji je trajao 68 mjeseci, gotovo dvostruko. Blok II sateliti obično su bili pokrenuti tri po jedan od BaikonurCosmodroma koristeći Proton-K Blok-DM-2 ili Proton-K Briz-M pojačala. Jedina iznimka bila je kada je na dva lansiranja zamijenjen satelit za geodetske reflektore Etalona za GLONASS satelit.

## **Druga generacija**

Druga generacija satelita, poznata kao Glonass-M, razvijena su početkom 1990. godine i prvi put pokrenuta 2003. godine. Ovi sateliti imaju bitno povećan vijek trajanja od sedam godina, a vaganje nešto više od 1.480 kilograma (3.280 lb). Oni su promjera oko 2,4 m (7 ft 10 inča) i visoki 3,7 m, s rasponom solarnog raspona od 7,2 m za sposobnost generiranja električne energije od 1600 W po lansiranju. Stražnja struktura nosivosti ima 12 primarnih antena za prijenos L-pojasa. Laserski reflektori s kutnim kutom također se prenose radi preciznog određivanja orbite i geodetskih istraživanja. Cezijski satovi na brodu pružaju lokalni izvor sata. Glonass-M uključuje 31 satelit u rasponu od satelitskog indeksa 21 - 92 i sa 4 rezervne aktivne satelita. Do kraja 2013. godine pokrenuto je ukupno 41 satelita druge generacije. Kao i prethodne generacije, svemirska letjelica druge generacije pokrenuta je tri po jedno pomoću Proton-K Blok-DM-2 ili Proton-K Briz-M pojačala. Neki su kružili sama sa Sojuz-2-1b / Fregat. ISS Reshetnev je 30. srpnja 2015. objavio da je završio posljednju letjelicu GLONASS-M (br. 61), a stavlja ga u pohranu na čekanju za pokretanje, zajedno s osam prethodno izgrađenih satelita. Kao što je 22. rujna 2017., satelit GLONASS-M No. 52 ušao je u rad i orbitalna grupacija ponovno se povećala na 24 svemirska vozila.

## **Treća generacija**

GLONASS-K je znatno poboljšanje prethodne generacije: to je prvi satelit GLONASS koji nema pritisak, s mnogo smanjenom masom (750 kg), nasuprot 1450 kilograma (GLONASS-M). Ima operativni vijek trajanja od 10 godina, u usporedbi s 7-godišnjim životom druge generacije GLONASS-M. To će prenijeti više navigacijskih signala za poboljšanje točnosti sustava - uključujući nove CDMA signale u L3 i L5 bendovima, koji će koristiti modulaciju sličnu

moderniziranom GPS-u, Galileu i Compassu. Glonass-K se sastoji od 26 satelita s satelitskim indeksom 65-98 i široko korišten u ruskom vojnom prostoru. Novi satelitski napredni uređaj opremljen isključivo ruskim komponentama omogućit će udvostručenje točnosti GLONASS-a. Kao i kod prethodnih satelita, oni su stabilizirani s 3 osi, a nadir pokazuje s dvostrukim solarnim poljem. Prvi GLONASS-K satelit uspješno lansiran 26. veljače 2011. Zbog njihovog smanjenja težine, GLONASS-K svemirska letjelica može se pokrenuti u parovima s Plesetskogovog lansirnog mjesta pomoću znatno nižih troškova Soyuz-2.1b pojačivača ili u šest-po-jednom iz Baikonurovog Cosmodroma pomoću pokretanja Proton-K Briz-M vozila.

### **2.3. SUVREMENI GPS**

Da bi se postigla današnja koncepcija GPS-a, taj sustav prošao je mnogo razvojnih faza, od kojih su najvažnije ovdje prikazane. Spajanjem projekata United States Navy i Air Force 1973. godine nastao je projekt pod imenom NAVigation System with Time And Ranging – Global Positioning System (NAVSTAR – GPS), što ga je odobrio Kongres SAD-a. Prvi GPS satelit lansiran je u orbitu u veljači 1978. godine. Ministarstvo transporta SAD-a uključuje se u menadžment GPS-a 80-ih godina dvadesetog stoljeća. Sustav je od početka zamišljen kao vojni, međutim rušenje Boeinga 747 (Korean Airlines 007) od strane sovjetskog lovca 1983. godine uzrokovalo je proširenje GPS tehnologije s vojnog na civilno zrakoplovstvo (Kanjet 1992). Brzi razvoj konstelacije tog sustava naglo je zaustavljen nakon katastrofe raketoplana Challenger s ljudskom posadom 28. siječnja 1986. godine. Nakon pune tri godine, u veljači 1989. godine lansirana je prva raketa Delta II te je time ujedno nastavljen daljnji razvoj konstelacije GPS satelita. IOC (*Initial Operational Capability*) GPS-a postignut je 8. prosinca 1993. godine. FOC (*Full Operational Capability*) sustava postignut je 25. travnja 1995. godine i do danas se cijelo vrijeme održava na toj razini. U listopadu 1996. godine startao je AII (*Accuracy Improvement Initiative*) pod nadzorom američkih zračnih snaga. AII je bila nova tehnika kojoj je svrha bila poboljšanje točnosti apsolutnog pozicioniranja u prvom redu namijenjenog vojsci s tadašnjih 8 m na 4,5 m (URL 22) ili bolje, s tendencijom daljnje

modernizacije. Cilj aktiviranja SA (*SelectiveAvailability*) 4. srpnja 1991. godine je smanjenje ostvarive navigacijske točnosti s C/A kodom, koja je bila preoptimistična. A-S (*Anti-Spoofing*), visoka zaštita signala od prijevare. Permanentno je aktiviran od 31. siječnja 1994. godine radi onemogućivanja nepozvanih da manipuliraju GPS signalom, bilo odašiljanjem lažnog signala ili iskrivljavanjem pravog, što bi moglo izazvati konfuziju i uzrokovati krivo pozicioniranje korisnika. Predsjednik SAD-a Bill Clinton donio je 1996. godine Predsjedničku direktivnu odluku (PDD), koja je definirala sljedeće:

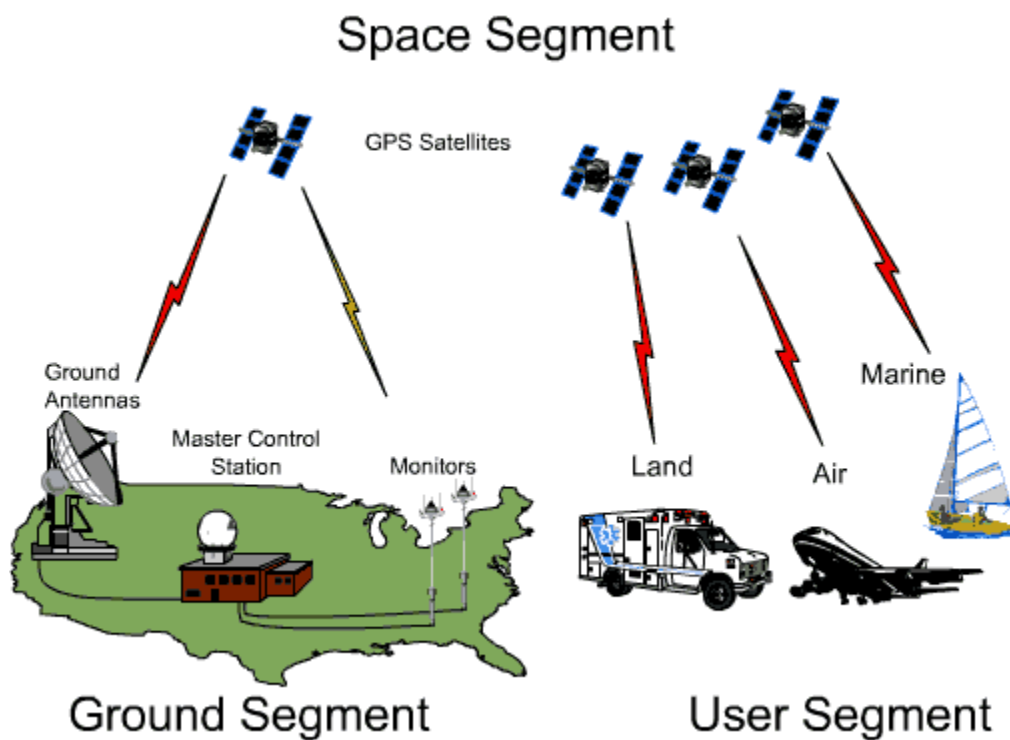
- pojačana je savezna politika i planiranje razvoja GPS-a
- potrebno je pobrinuti se za strategijsku viziju, menadžment i korištenje GPS-a.

GPS se sastoji od triju segmenata: svemirskog, kontrolnog i korisničkog. Svemirski segment sastoji se od 24 do 32 satelita u srednjoj Zemljinoj orbiti, a također uključuje potisnike potrebne za njihovo lansiranje u orbitu. Kontrolni segment sastoji se od glavne kontrolne stanice (*engl. Master ControlStation*), alternativne glavne kontrolne stanice (*engl. Alternate Master ControlStation*) i baze dodijeljenih i zajedničkih zemaljskih antena i nadzornih stanica. Korisnički segment sastoji se od stotina tisuća američkih i savezničkih vojnih korisnika sigurne usluge preciznog pozicioniranja GPS-a (*engl. GPS PrecisePositioning Service*), te desetke milijuna civilnih, komercijalnih i znanstvenih korisnika usluge standardnog pozicioniranja (*engl. Standard Positioning Service*). Sateliti GPS-a emitiraju signale iz svemira koje GPS prijammnici koriste za prikazivanje trodimenzionalne lokacije (latitude, longitude i altitude) i preciznog vremena. GPS je postao široko korištena pomoć u navigaciji širom svijeta i koristan alat za izradu karata, zemljišnu izmjeru, trgovinu, znanstvene svrhe, praćenje i nadzor te hobije kao što su geocaching i waymarking. Osim navedenog precizna vremenska referencija koristi se u mnogim primjenama uključujući znanstvena istraživanja potresa te kao vremenski sinkronizacijski izvor za protokole mobitelne mreže. GPS je postao glavno uporište transportnih sustava širom svijeta, osiguravajući navigaciju za avijaciju, kopnene i pomorske operacije. Pomoć u katastrofama i usluge hitnih službi ovise o GPS-u u smislu lokacijskih i vremenskih mogućnosti nužno potrebnih u njihovim misijama spašavanja života. Precizno vrijeme koje pruža GPS olakšava svakodnevne aktivnosti poput bankarstva, funkcioniranja mobilnih telefona pa čak i nadzor nad električnom mrežom. Poljoprivrednici, geodeti, geolozi i nepregledno mnoštvo

drugih stručnjaka obavljaju svoj posao učinkovitije, sigurnije, ekonomičnije i preciznije koristeći besplatne i dostupne signale GPS-a.[3,9]

<https://www.prometna-zona.com/gps-globalni-sustav-za-pozicioniranje/>  
[http://www.kartografija.hr/old\\_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpspoc/gpspoc.htm](http://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpspoc/gpspoc.htm)

### 2.3.1 SEGMENTACIJA GPS-a



Slika 4. GPS segmentacija

Izvor: <http://www.cs.au.dk/~mth/presentations/GPS/>

Trenutačni GPS sastoji se od triju glavnih segmenata. To su svemirski segment (SS, *engl. space segment*), kontrolni segment (CS, *engl. control segment*) i korisnički segment (US, *engl. user segment*).



## Svemirski segment

Vizualni primjer gibanja konstelacije GPS-a zajedno sa Zemljinom rotacijom. Primjetite kako se broj satelita u pogledu s dane točke na Zemljinoj površini, u ovom primjeru na  $45^\circ$  N, mijenja tijekom vremena. Svemirski segment (SS) sastoji se od orbitirajućih GPS satelita ili svemirskih vozila (SV, *engl. Space Vehicles*) u žargonu GPS-a. Dizajn GPS-a originalno je bio namijenjen za 24 SV-a od kojih je po osam trebalo nalaziti u tri kružne orbitalne ravnine, no to je modificirano u šest ravnina s po 4 satelita. Orbitalne ravnine centrirane su u Zemlji te ne rotiraju u odnosu na udaljene zvijezde. Šest ravnina imaju inklinaciju (nagib prema Zemljinu ekvatoru) od približno  $55^\circ$  te su odvojene rektascenzijom od po  $60^\circ$  ascendirajućeg čvora (kut duž ekvatora od referentne točke do orbitalnog presjeka). Orbite su raspoređene tako da je najmanje šest satelita uvijek u liniji vidljivosti s gotovo svake točke na Zemljinoj površini. Orbitirajući na visini od približno 20.200 kilometara (oko 12.550 milja ili 10.900 nautičkih milja; orbitalni radijus od približno 26.600 km (oko 16.500 mi ili 14.400 NM)), svaki SV obide dvije pune orbite svakog sideričnog dana, ponavljajući istu prizemnu putanju svakog dana. Tijekom razvoja to je bilo vrlo korisno jer su čak i samo četiri satelita u ispravnom rasporedu značila da će sva četiri biti vidljiva s neke točke nekoliko sati svakog dana. Ponavljanje prizemnih putanja može se koristiti za vojne operacije radi osiguravanja dobre pokrivenosti u borbenim zonama. Od ožujka 2008. godine konstelaciju GPS-a čini 31 aktivno emitirajući satelit te dva starija satelita povučena iz aktivne službe koji se nalaze u konstelaciji kao orbitalne pričuve. Dodatni sateliti poboljšavaju preciznost izračuna GPS prijavnika osiguravajući redundantna mjerenja. Povećanim brojem satelita konstelacija je promijenjena u neuniformnom rasporedu. Takav je raspored bio prikazan radi poboljšanja pouzdanosti i dostupnosti sustava u odnosu na uniformni sustav kada mnogi sateliti zakažu. Oko osam satelita vidljivo je s bilo koje točke na Zemlji u bilo koje vrijeme.

## **Kontrolni segment**

Kontrolni segment sastoji se od: glavne kontrolne stanice (MCS, *engl. Master ControlStation*), alternativne glavne kontrolne stanice (*engl. Alternate Master ControlStation*), četiriju dodijeljenih zemaljskih antena i šest dodijeljenih nadzornih stanica. MCS također može pristupiti zemaljskim antenama Satelitske kontrolne mreže Ratnog zrakoplovstva SAD-a (AFSCN, *engl. U.S. Air ForceSatelliteControl Network*) za dodatne mogućnosti zapovijedanja i kontrole te monitornim stanicama NGA-e (*National Geospatial-IntelligenceAgency, Nacionalna geoprostorna obavještajna agencija*). Putanje satelita prate nadzorne stanice Ratnog zrakoplovstva SAD-a na Havajima, Kwajaleinu, Ascensionu, Diegu Garciji, Colorado Springsu u Coloradu i Cape Canaveralu skupa sa zajedničkim monitornim stanicama NGA-e koje djeluju u Engleskoj, Argentini, Ekvadoru, Britaniji, Australiji i Washingtonu DC. Informacije o praćenju šalju se u MCS Svemirskog zapovjedništva Ratnog zrakoplovstva u zračnoj bazi Schriever, 16 milja ESE od Colorado Springsa, kojom operira 2. eskadra za svemirske operacije (2 SOPS, *engl. 2nd SpaceOperationsSquadron*) Ratnog zrakoplovstva SAD-a (USAF, *engl. United States Air Force*). 2 SOPS zatim redovito kontaktira svaki satelit GPS-a s navigacijskim ažuriranjem koristeći dodijeljene ili zajedničke (AFSCN-ove) zemaljske antene (zemaljske antene dodijeljene GPS-u smještene su na Ascensionu, Diegu Garciji, Kwajaleinu i Colorado Springsu). Ova ažuriranja sinkroniziraju atomske satove na satelitima na samo nekoliko nanosekunda međusobne razlike, te usklađuju efemeridu internalnog orbitalnog modela u svakom satelitu. Ova ažuriranja rade se Kalmanovim filtrom koji koristi ulazne elemente iz zemaljskih nadzornih stanica, informacija o vremenu u svemiru te mnogih drugih. Satelitski manevri nisu precizni po standardima GPS-a. Za promjenu orbite satelita potrebno je prvo satelit označiti nezdravim tako da ga prijamnici ne koriste u svojim izračunima. Tek se nakon toga može izvesti manevr, a rezultirajuća orbita pratiti sa Zemlje. Zatim se šalju podaci o novoj efemeridi, a satelit se ponovo označava zdravim.

## Korisnički segment

GPS prijamnici dolaze u raznim oblicima od uređaja integriranih u automobile, telefone i satove do posebnih uređaja poput ovih prikazanih ovdje čiji su proizvođači Trimble, Garmin i Leica (s lijeva na desno). Korisnički segment sastoji se od stotina tisuća američkih i savezničkih vojnih korisnika sigurne usluge preciznog pozicioniranja GPS-a (*engl. GPS Precise Positioning Service*) i desetke milijuna civilnih, komercijalnih i znanstvenih korisnika usluge standardnog pozicioniranja (*engl. Standard Positioning Service*). GPS prijamnici općenito se sastoje od antene podešene na frekvencije na kojima transmitiraju sateliti, prijamničkih procesora, te visokostabilnog sata (često kristalnog oscilatora). Također mogu sadržavati zaslon koji korisniku prikazuje informaciju o lokaciji i brzini. Prijamnik se često opisuje po broju njegovih kanala: to znači koliko satelita prijamnik može simultano nadzirati. U početku je broj kanala bio ograničen na četiri ili pet, no tijekom godina on se progresivno povećavao tako da su 2007. godine prijamnici tipično imali između 12 i 20 kanala. GPS prijamnici mogu uključivati ulaz za diferencijalne korekcije rabeći format RTCM SC-104. On je tipično u formi porta RS-232 s brzinom od 4.800 bit/s. Podaci se zapravo šalju puno manjom brzinom što ograničava točnost signala poslanog RTCM-om. Prijamnici s unutarnjim DGOS prijamnicima mogu izvedivošću nadići prijamnike koji koriste vanjske RTCM podatke. Od 2006. godine čak i jeftine jedinice obično sadrže prijamnike sa sustavom za augmentaciju širokog područja (*WAAS-engl. Wide Area Augmentation System*). Mnogi GPS prijamnici mogu podatke o poziciji prenositi na osobno računalo ili drugi uređaj koristeći protokol NMEA 0183 ili noviji i manje korišteni protokol NMEA 2000. Iako ove protokole službeno definira NMEA, referencije ovih protokola sastavljene su iz javnih zapisa čime je alatima s otvorenim izvorom poput gpsd-a omogućeno čitanje protokola bez kršenja zakona o intelektualnom vlasništvu. Postoje također ostali protokoli zaštićeni zakonom poput protokola SiRF i protokola MTK. Prijamnici se mogu povezivati s ostalim uređajima rabeći metode uključujući serijsku konekciju, USB ili Bluetooth.

### 3. SATELITSKO POZICIONIRANJE

Ovo poglavlje prikazuje satelitsko pozicioniranje. Poblje nam prikazuje GPS pozicioniranje te GLONASS pozicioniranje te se opisuje njihova upotreba u pomorstvu.

#### 3.1. GPS POZICIONIRANJE

Pozicioniranje s višom razinomtočnosti (PPS - PrecisePositioning Service) namijenjeno je autoriziranim korisnicima i zasniva se na dvofrekvencijskom prijenosu. Korisnici imaju posebne GPS-prijamnike I kodove za dekrptiranje. Točnost PPS-pozicioniranja za 95% vremena bolja je od 22m u horizontalnom i 28m u vertikalnom smjeru. Pozicioniranje sa standardnom razinom točnosti (SPS-*Standard Positioning Service*) namijenjeno je civilnim korisnicima, bez ikakve naplate i ograničenja, i zasniva se na jednofrekvencijskom prijenosu. Većina GPS- prijamnika prima samo SPS-signal. Američko Ministarstvo obrane može namjerno degradirati točnost pozicioniranja posluživši se selektivnom dostupnošću SA (*SelectiveAvailability*). Točnost SPS-pozicioniranja za uporabu SA je u 95% vremena bolja od 100 m u horizontalnom i 156 m u vertikalnom smjeru. Bez uključene SA točnost SPS-pozicioniranja je u 95% vremena bolja od 36m u horizontalnom, a 77m u vertikalnom smjeru. Svi GPS-sateliti istodobno odašilju signale na dvjema prijenosnim frekvencijama, L1 i L2. Frekvencije nosilaca precizno se nadziru s pomoću atomskih satova. Blok II. Sateliti imaju 4 vremenska standarda, ostvarena s pomoću dva rubidijeva i dva cezijeva sata. Stabilnost tih satova dostiže  $10^{-13}$  –  $10^{-14}$  tijekom jednog dana. Vrlo točni standardi frekvencije omogućuju da se dobiju stabilne osnovne takt-frekvencije  $f = 10,23$  MHz. Prijenosne frekvencije L1 i L2 su 154-ti, tj. 120-i višekratnik osnovne frekvencije takta,  $L1=1575,42$  MHz i  $L2=1227,60$  MHz. Prijenosni su signali modulirani binarnom bifaznom modulacijom BPSK (*BinaryPhaseShiftKeying*) s pomoću triju sinkroniziranih kodova. Kod za pozicioniranje standardnom razinom točnosti, C/A-kod (*CoarseAcquisition / Clear Access*) modulira fazu nositelja L1. Predviđen je za standardnu SPS-uslugu, i dostupan je svim korisnicima. Kodna sekvenca ima pseudoslučajni oblik PRN-koda (*Pseudo RandomNoise*) s frekvencijom takta 1,023 MHz i spektralnom širinom signala od približno 2 MHz. Kodna se sekvenca ponavlja svakih 1023 bita (1 ms), što daje efektivnu valnu duljinu koda od oko 300m.

Kod za pozicioniranje s višom razinom točnosti, P- kod (*Precise / Protected*) modulira faze obaju nositelja L1 i L2. Namijenjen je za PPS-uslugu za autorizirane korisnike. Kodna je sekvenca dugačka 267 dana i dijeli se u nizove sa sedmodnevnim sekvencama. Početkom svakog tjedna započinje nova sekvenca. Frekvencija takta je 10,23MHz, a efektivna valna duljina je oko 30 m. Duljina koda omogućuje veću točnost. P-kod se može posebno šifrirati s pomoću W-koda da se onemogući neovlašteno korištenje. Šifriranjem se dobiva Y-kod, koji zahtijeva posebni A-S (*Anti-Spoofing*) modul i kodni ključ, samo za autorizirane korisnike. Moduliranjem P-koda na obje prijenosne frekvencije omogućuje se mjerenje kašnjenja i kompenzacija utjecaja ionosfere na rasprostiranje signala. Navigacijska poruka: D-kod (Data code) sadrži podatke o točnim orbitalnim pozicijama (efemeridama) satelita, koeficijente modeliranja ionosfere, informacije o stanju satelita i pogrešci sata, te almanah-podatke o aproksimativnim orbitama svih ostalih GPS-satelita. Navigacijska se poruka prenosi brzinom od 50 bit/s, a informacija je složena u okvire podataka od 1.500 bitova. Okviri su podijeljeni u 5 podokvira po 300 bitova, s trajanjem podokvira od 6 s i trajanjem okvira od 30 s. Niz od 25 okvira (125 podokvira) čini kompletnu navigacijsku poruku. Za prijenos cijelog paketa informacija treba 12,5min. Da se skрати vrijeme za dobivanje inicijalne pozicije, podaci o efemeridama satelita i podaci vremena smješteni su u podokvire i ponavljaju se svakih 30 s. Svaki podokvir počinje s telemetrijskom riječi (TLM) koja služi za sinkronizaciju i HOW (*Hand-Over Word*) riječi koja omogućuje prijelaz sa C/A-koda na P-kod.[1,2]

( „Hiperbolni satelitski sustavi za navigaciju“, Kos, Krile, Grgić  
„Poboljšanje sustava satelitske navigacije“, Kos, Krile, Grgić)

## 3.2. GLONASS POZICIONIRANJE

Ovaj odlomak trećeg poglavlja obuhvaća pregled GLONASS pozicioniranja. Uvodi nas u problematiku pozicioniranja pomoću sustava GLONASS te nam pojašnjava na kojem principu takav sustav radi.

### 3.2.1. FDMA SIGNALI

GLONASS sateliti prenose dvije vrste signala: otvoreni standardni precizni signal L1OF / L2OF i zamagljen visokospecijalni signal L1SF / L2SF. Signali koriste sličnu DSSS kodiranje i binarnu modulaciju faznog pomaka (BPSK) kao u GPS signalima. Svi sateliti GLONASS prenose isti kôd kao i njihov standardni precizni signal; međutim, svaka odašilje na drugoj frekvenciji koristeći tehniku višestruke pristupne frekvencije (FDMA) od 15 kanala koje obuhvaćaju svaku stranu od 1602,0 MHz, poznatu kao L1 pojas. Središnja frekvencija je  $1602 \text{ MHz} + n \times 0.5625 \text{ MHz}$ , gdje je  $n$  broj satelitskih frekvencijskih kanala ( $n = -7, -6, -5, \dots, 0, \dots, 6$ , prethodno  $n = 0, \dots, 13$ ). Signali se prenose u  $38^\circ$  konusu, koristeći desnu kružnu polarizaciju, na EIRP između 25 i 27 dBW (316 do 500 vata). Imajte na umu da je 24-satelitna konstelacija smještena sa samo 15 kanala pomoću identičnih frekvencijskih kanala koji podržavaju antipodalni satelitski parovi (suprotna strana planeta u orbiti), budući da ti sateliti nikada ne gledaju istodobno na zemaljskog korisnika. Signali L2 banda koriste iste FDMA kao L1 band signale, ali prenose preko 1246 MHz s središnjom frekvencijom  $1246 \text{ MHz} + n \times 0.4375 \text{ MHz}$ , pri čemu se  $n$  proteže jednako kao i za L1. U izvornom dizajnu GLONASS-a, u L2 pojasu je emitiran samo zamagljeni visokospecijalni signal, no počevši od GLONASS-M, emitira se dodatni građanski referentni signal L2OF s identičnim standardnim preciznim kodom na L1OF signal. Otvoreni standard-precizni signal generira se s dodatkom modulo-2 (XOR) od 511 kbit po sekundi kodom pseudo-slučajnog raspona, navigacijskom porukom od 50 bita po sekundi i pomoćnom sekvencom meandra od 100 Hz (*Manchesterov kod*), svi kodovi su generirani pomoću jednokratnog / frekvencijskog oscilatora. Pseudo-slučajni kod generira se s 9-faznim mjenjačem koji radi u periodu od 1 ms. Navigacijska poruka modulirana je na 50 bita u sekundi. Okvir otvorenog

signala veličine je 7500 bita i sastoji se od 5 okvira u 30 sekundi, uzimajući 150 sekundi (2,5 minuta) za prijenos kontinuirane poruke. Svaki okvir je dugački od 1500 bitova i sastoji se od 15 nizova od 100 bita (2 sekunde za svaki niz) s 85 bitova (1,7 sekundi) za podatke i kontrolne bitove i 15 bita (0,3 sekunde) za vremensku oznaku. Žice 1-4 daju neposredne podatke za satelitski odašiljač i ponavljaju se svaki okvir; podaci uključuju efemeride, odstupanja sata i frekvenciju i status satelita. Žice 5-15 pružaju neposredne podatke za svaki satelit u konstelaciji, s okvirima I-IV koji opisuju pet satelita, a okvir V koji opisuje preostala četiri satelita. Efemeridi se ažuriraju svakih 30 minuta koristeći podatke iz segmenta GroundControl; oni koriste se *EarthCentredEarthFixed* (ECEF) kartezijanske koordinate položaja i brzine, a uključuju lunisolarne parametre ubrzanja. Točniji signal visoke preciznosti dostupan je za ovlaštene korisnike, kao što je ruska vojska, ali za razliku od US P (Y) koda, koji je moduliran šifriranjem W koda, GLONASS kodovi ograničene uporabe emitirane su u korištenju samo za sigurnost. Detalji o signalu visoke preciznosti nisu otkriveni. Modulacija (a time i strategija praćenja) bitova podataka na L2SF kodu nedavno je promijenjena iz neomoduliranog do 250 bita po sekundi raspršivanju slučajnim intervalima. L1SF kod je moduliran navigacijskim podacima na 50 bit po sekundi bez Manchesterovog meandžerskog koda. Signal visoke preciznosti emitira se u faznoj kvadraturi sa standardnim preciznim signalom, koji učinkovito dijeli isti val nosača, ali s širinom pojasa od deset puta veći od otvorenog signala. Oblik poruke visoke preciznosti ostaje neobjavljen, iako pokušaji obrnutog inženjerstva ukazuju da se *superframe* sastoji od 72 okvira, od kojih svaki sadrži 5 žica od 100 bita i traje 10 sekundi za odašiljanje s ukupnom duljinom od 36 000 bita ili 720 sekundi (12 minuta) za cijelu navigacijsku poruku. [4,5,1]

(„Hiperbolni satelitski sustavi za navigaciju“, Kos, Krile, Grgić)

<http://www.insidegnss.com/aboutglonass>

[https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_GLONASS](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_GLONASS)

### 3.2.2. CDMA SIGNALI

Od 2008, novi CDMA signali se istražuju za uporabu s GLONASS. Dokumenti za kontrolu sučelja za GLONASS CDMA signale objavljeni su u kolovozu 2016. Prema programerima GLONASS, bit će u uporabi tri otvorena i dva ograničena CDMA signala. Otvoreni signal L3OC je centriran na 1202,025 MHz i koristi modulaciju BPSK (10) za oba podatkovna i za pilot kanal; šifra rangiranja prenosi se na 10,23 milijuna chips-ova u sekundi, modulira se na nosač frekvencije pomoću QPSK s fazom podataka i kvadraturnim pilot kanalom. Podaci su pogrešno kodirani s 5-bitnim Barkerovim kodom i pilotom s 10-bitnim Neuman-Hoffmanovim kodom. Otvoreni L1OC i ograničeni L1SC signali usmjereni su na 1600,995 MHz, a otvoreni L2OC i ograničeni L2SC signali usmjereni su na 1248,06 MHz, preklapajući se s GLONASS FDMA signalom. Otvoreni signali L1OC i L2OC koriste multipleksiranje vremenske razdiobe za prijenospodataka, s modulacijom BPSK (1) za podatke i BOC (1,1) modulaciju za pilot kanal; širokopojasni ograničeni signali L1SC i L2SC koriste BOC (5, 2,5) modulaciju za podatke i pilot kanal, koji se prenose u kvadraturnoj fazi na otvorene signale; to pojačava jačinu signala vrha od središnje frekvencije do uskih pojasnih signala. Korištenje binarnog ključa (BPSK) upotrebljava se standardnim GPS i GLONASS signalima, no kako BPSK tako i kvadraturno fazno pomicanje (QPSK) mogu se smatrati varijacijama kvadrature amplitude modulacije (QAM), posebno QAM-2 i QAM-4, Binarni offset nosač (BOC) je modulacija koja koristi Galileo, modernizirani GPS i COMPASS. Navigacijska poruka CDMA signala prenosi se kao niz tekstualnih poruka. Poruka ima promjenjivu veličinu - svaki pseudo-okvir obično uključuje šest žica i sadrži efemeride za trenutni satelit ( nizovi tipova 10, 11 i 12 u slijedu) i dio almanaka za tri satelita (tri žice tipa 20). Za prijenos potpunog almanaka za sve trenutne 24 satelita potreban je superfrekvencijski okvir od 8 pseudo-okvira. U budućnosti, superfrekvencija će se proširiti na 10 pseudo-okvira podataka za pokrivanje svih 30 satelita. Poruka može sadržavati parametre rotacije Zemlje, modele ionosfere, dugoročne orbitne parametre za GLONASS satelite i COSPAS-SARSAT poruke. Sustavski vremenski marker prenosi se sa svakim nizom; UTC je drugi korak korekcija se postiže skraćivanjem ili produljenjem (*zero padding*) posljednjeg niza dana za jednu sekundu, s abnormalnim žicama koje odbacuje prijemnik. Žice imaju oznaku verzije koja olakšava kompatibilnost naprijed : buduće nadogradnje na format poruke neće razbiti stariju opremu koja će i dalje raditi ignoriranjem novih podataka (sve dok konstelacija još



uvijek prenosi stare vrste niza), ali gore - suvremena oprema će moći koristiti dodatne informacije s novijih satelita. Navigacijska poruka signala L3OC prenosi se na 100 bit po sekundi, pri čemu svaki niz simbola traje 3 sekunde (300 bita). Pseudo-okvir od 6 stringova traje 18 sekundi (1800 bita) za prijenos. Superframe od 8 pseudo-okvira je 14400 bita i traje 144 sekunde (2 minute i 24 sekunde) za prijenos punog almanaka. Navigacijska poruka L1OC signala prenosi se na 100 bit / s. Niz je 250 bita i traje 2,5 sekunde za slanje. Pseudo-okvir je dugačak 1500 bita (15 sekundi), a superfrekvencija je 12000 bita ili 120 sekundi (2 minute). Signal L2OC ne prenosi nikakvu navigacijsku poruku, samo pseudo-range kodove.[4,5,1]

<http://www.insidegnss.com/aboutglonass>

[https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_GLONASS](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_GLONASS)

(„Hiperbolni satelitski sustavi za navigaciju“, Kos, Krile, Grgić)

## 4. FURUNO VOYAGER

FURUNO VOYAGER novi sustav mostova nove generacije, osmišljen je desetljećima dugim radom te uz pomoć velike stručnosti inženjera kod projektiranja senzora, integraciji mreže i razvoju software-a.



slika 5. FurunoVoyager

Izvor: [http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager\\_new.pdf](http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager_new.pdf)

### 4.1. OPĆENITO O SUSTAVU

Furuno voyager sustav nudi višenamjenske radne stanice s besprijekornim prikazom grafikona radara, ECDD-a, upravljanja i podataka o upravljanju alarmom. Furuno voyager sustavi na mostu razvijeni su s potpuno novim i intuitivnim korisničkim sučeljem i u skladu s najsuvremenijim sigurnosnim i navigacijskim standardima. Ukupna integracija senzora mreže pruža pomorcu bolju situacijsku svijest. Jednostavna prezentacija pojednostavljuje navigacijske zadatke. Zadaci kao što su planiranje rute, praćenje plovidbenog statusa, vođenje dnevnika, upravljanje alarmima i dnevni dijagram kontrole se olakšavaju kroz zajednički radni raspored i redundaciju prikaza i kontrole. Pomorci na straži će uživati u smanjenom opterećenju i značajnoj slobodi kretanja oko mosta, sa svim potrebnim informacijama dostupnima u različitim prikazima i lokacijama. [11,12]

<http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager.pdf>

<http://www.furuno.com/en/>

## 4.2. UPUĆIVANJE I UKLJUČIVANJE FURUNO VOYAGER SUSTAVA

Sustav za upravljanje trakom dopušta automatsko upravljanje prema postavljenom putu. Furuno Voyager Sustav kontrolira plovidbu kroz integraciju ECDIS-a i autopilota. To omogućuje plovilu da se automatski drži na ucrtanom putu uz minimalnu intervenciju navigatora. To je postignuto kroz: fleksibilno upravljanje upravljačem, planiranje rute na ECDIS sustavu te uz poboljšanu pouzdanost položaja kroz proces višeg stupnja provjere valjanosti podataka. Operator je upozoren na navigacijska upozorenja i potencijalne opasnosti prije nego što je brod u opasnosti. Furunosovo novo korisničko sučelje omogućuje jednostavnu radnju operater bez stresa s dobro osmišljenim kontrolnim jedinicama. Zajedničko ponašanje ključa raspoređeno je na uobičajene zadatke kao što su EBL, VRM kontrole, na kontrolnim jedinicama ECDIS i radarskog grafikona. Operacijska shema blizu računala uz uporabu trackball-a gdje nam trackball služi za pomicanje pokazivača i odabir objekta. Lijevi klik kursora nam služi da bi izvršili radnju povezanu sa odabranim objektom i desni klik koji nam daje prikaz kontekstualnog izbornika dok se pokazivač nalazi na području prikaza i za otkazivanje akcije na odabranom objektu. Imamo i kotačić za pomicanje koji se koristi kod odabira stavki iz izbornika. [11,12]

<http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager.pdf>  
<http://www.furuno.com/en/>

#### **4.2.1. CONTEXTUAL MENU**

Contextualmenu sadrži sve dostupne radnje vezane uz položaj pokazivača, stoga pruža brzi pristup potrebnim zadacima. Korisničko sučelje temeljeno na zadacima ostvareno kombinacijom statusne trake i instant Access trake koji omogućuje brz pristup potrebnim zadacima odnosno funkcijama. Furunovoyager korisničko sučelje uključuje pažljivo organizirane operativne alate dizajnirane za jednostavne i jednostavne navigacijske zadatke. Status BAR na vrhu zaslona jasno označava način rada i status i nudi izravni jednostruki klik kontrole zadataka navigatora. Pristupna traka na lijevoj strani zaslona omogućuje izravno upravljanje značajkama i atributima prezentacije na zaslonu. Ovi alati na zaslonu omogućuju rad temeljen na visini zadatka i sve informacije o prikazu više funkcija u svakom trenutku. Operater može brzo obavljati navigacijske zadatke bez ulaska u zamršene izbornike, tako da izgubi situacijsku svijest. [11,12]

<http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager.pdf>

<http://www.furuno.com/en/>

#### **4.2.2. ZNAČAJKE MULTIFUNCTION DISPLAY-a(MFD)**

Furuno Voyager nudi radne stanice koje kombiniraju fleksibilnost i zalihost. Korisnici mogu jednostavno odabrati ECDIS grafikonski radarski sustav za upravljanje prikazom odabrane situacije ili alarmom na bilo kojem zaslonu s više funkcija.

Pomorcibih trebali uživati u smanjenom opterećenju i značajnoj slobodi kretanja po mostu, sa svim potrebnim informacijama dostupnim na različitim zaslonima i lokacijama. U informacijskom modu prikaza, podaci senzora i podaci o plovidbi u stvarnom vremenu prikazani su navigatorima u zamišljenoj prezentaciji prezentacije. Informacije koje će biti prikazane na prikazu kontakta jesu brzina okretanja, popravak pozicije, brzina, brzina propelera, brzina i smjer vjetrova, nagib, popis upozorenja i alarma, datum i vrijeme itd. Kod ovoga sustava imamo u upravljanje alarmima koji pomorcu uvelike pomažu kod plovidbe te smanjuju opterećenje

poslom. AMS (*Alarm Management System*) predstavlja i daje prioritet statusu upozorenja i informacijama. Dobro osmišljen izgled zaslona daje operatorima mogućnost da brzo prepoznaju situacije u kojima se nalaze upozorenja, kao i radnje potrebne za otklanjanje uzroka upozorenja. [11,12]

<http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager.pdf>  
<http://www.furuno.com/en/>

#### **4.3. FURUNO VOYAGER ONBOARD MREŽNI SUSTAV NAVIGACIJE**

FV integrira sljedeće dvije zasebne mreže koje povezuju čitavu navigacijsku opremu, uključujući višenamjenske zaslone i različite senzore; mreža za integraciju i interspajanje i mrežu za integraciju senzora. Navigacijski sustav sastoji se od umnoženih podsustava, tako da se bilo koji gubitak navigacijskih funkcija može izbjeći u slučaju jedne točke neuspjeha. Budući da je MFD (*Multifunction Display*) sposoban raditi kao radarski sustav za upravljanje informacijama i upravljanje upozorenjima, mogu se izvoditi navigacijski zadaci s bilo kojeg od međusklopnih višenamjenskih zaslona, optimizirajući raspoloživost sustava. [11,12]

<http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager.pdf>  
<http://www.furuno.com/en/>

## 5. ZAKLJUČAK

U završnom radu obrađene su teme sustava za pozicioniranje te njihova upotreba u pomorstvu. Gledajući daleku povijest ljudi su oduvijek plovili svijetom i oceanima. Plovili su orijentirajući se po nebeskim tijelima na nebeskoj sferi ili po terestričkim objektima na kopnu. Razvojem tehnologije te dolaskom do otkrivanja satelitske navigacije posao pomorca je uvelike olakšan.

Razvojem tehnologije razvili su se razni sustavi za pozicioniranje kao što su američki GPS sustav te ruski GLONASS sustav. U radu je opisano njihovo upućivanje te principi na kojima takvi sustavi rade. Nabrojane su i vrste satelita koje ti sustavi koriste. Upoznati smo i sa signalima koje koriste ti sustavi te nam je pokazano na kojim frekvencijama rade. Zadnje poglavlje nam opisuje upućivanje u rad Furuno Voyager sustava te nam objašnjava na kojem principu taj sustav radi i što sve nudi pomorcu u svrhu poboljšanja i olakšanja navigacije. Sada u svakom trenutku svaki pomorac pomoću tehnologije satelitskih sustava za pozicioniranje zna svoju točnu poziciju koja ima neke greške zavisi od sustava kojim se koristi. No takve greške mogu biti zanemarene jer je točnost tih sustava jako velika.

Nekada davno dok nije postojala tehnologija satelitskih sustava za pozicioniranje pomorci su bili primorani ploviti orijentirajući se po nebeskoj sferi ili terestričkim objektima. Satelitski sustavi za pozicioniranje danas pomažu pomorcu te bez tih sustava ne bi bila moguća upotreba mora kao prijevoznog puta kao što se danas upotrebljava. Dakle GPS i GLONASS sustavi uvelike su olakšali posao pomorca.

## 6. LITERATURA

- [1] <https://hrcak.srce.hr/8438> ( „*Hiperbolni satelitski sustavi za navigaciju*“, Kos, Krile, Grgić) (Pristupljeno 2.5.2018.)
- [2] <https://hrcak.srce.hr/file/12784>(„*Poboljšanje sustava satelitske navigacije*“, Kos, Krile, Grgić) (Pristupljeno 2.5.2018.)
- [3] <https://www.prometna-zona.com/gps-globalni-sustav-za-pozicioniranje/> (Pristupljeno 30.4.2018)
- [4] <http://www.insidegnss.com/aboutglonass>(Pristupljeno 3.5.2018.)
- [5] [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_GLONASS](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_GLONASS) (Pristupljeno 3.5.2018.)
- [6] <http://gpsworld.com/innovation-glonass-past-present-and-future/> (Pristupljeno 4.5.2018.)
- [7] <https://history.nasa.gov/sp4801-chapter17.pdf> ( *History of NAVSTAR*, Rick W. Sturdevant) (Pristupljeno 2.5.2018.)
- [8] <https://hrcak.srce.hr/25636> („*Strukturna analiza metoda pozicioniranja na moru*“, Zvonimir Lušić) (Pristupljeno 5.5.2018.)
- [9] [http://www.kartografija.hr/old\\_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpspoc/gpspoc.htm](http://www.kartografija.hr/old_hkd/obrazovanje/prirucnici/gpspoc/gpspoc.htm)(Pristupljeno 5.5.2018.)
- [10] <https://hrcak.srce.hr/82111>(„*Meteorological Navigation and ECDIS*“, Josip Kasum, Pero Vidan, Marjan Zujć )(Pristupljeno 6.5.2018.)
- [11] <http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager.pdf> (Pristupljeno 7.5.2018.)
- [12] <http://www.furuno.com/en/> (Pristupljeno 7.5.2018.)

## **7. POPIS SLIKA**

Slika 1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Positioning\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System)

Slika 2. <https://beebom.com/what-is-glonass-and-how-it-is-different-from-gps/>

Slika 3. [http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS\\_Space\\_Segment](http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Space_Segment)

Slika 4. <http://www.cs.au.dk/~mth/presentations/GPS/>

Slika 5. [http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager\\_new.pdf](http://www.furuno.com/files/Brochure/101/upload/voyager_new.pdf)