

1	2	3	4	5	6	7	8
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	10	11	12	13	14	15	16
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

17	18	19	20
✓	✓	✓	✓

Prikaži jednu po jednu stranicu

Završi pregled

Pitanje 1

Točno

Broj bodova:
1,00 od 1,00

Označi
pitanje

Kod modeliranja podataka za geoprostorne baze podataka entiteti mogu osim prostornih karakteristika sadržavati i vremenske (temporalne) karakteristike:

Odaberite jedan odgovor:

- Točno ✓
- Netočno

Ispravan odgovor je 'Točno'.

Pitanje 2

Točno

Broj bodova:
1,00 od 1,00

Označi
pitanje

GPS čini grupa satelita koji odašilju i primaju:

Odaberite jedan odgovor:

- a. radio signale
- b. trodimenzionalne podatke o lokaciji
- c. sirove podatke

Ispravan odgovor je: radio signale

Pitanje 3

Točno

Broj bodova:
1,00 od 1,00

Označi
pitanje

U primarne metode prikupljanja geometrijskih podataka NE pripada:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. geodetska izmjera
- b. daljinsko istraživanje
- c. skeniranje
- d. izvori digitalnih podataka

Ispravni odgovori su: skeniranje, izvori digitalnih podataka

Pitanje 4

Pitanje 4

Jedan od uzroka za ostvarivanje interoperabilnosti između dva GIS sustava je semantička heterogenost. Semantička heterogenost se definira kao:

Netočno

Broj bodova:
0,00 od 1,00Označi
pitanje

Odaberite jedan odgovor:

- a. korištenje različitih baza podataka za isti objekt
- b. korištenje različitih sinonima za isti objekt
- c. korštenje raličitih simbola za isti objekt
- d. korištenje različitih geometrija za isti objekt

Ispravan odgovor je: korištenje različitih sinonima za isti objekt

Pitanje 5

Za prostorne objekte koristi se prošireni E-R simbol koji sadrži sljedeće dodatne informacije o entitetu (označite sve točne odgovore):

Točno

Broj bodova:
1,00 od 1,00Označi
pitanje

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. geometriju objekta ✓
- b. pokazatelj koordinata ✓
- c. pridruženi simbol objekta
- d. pokazatelj topologije objekta ✓
- e. karakteristike grafičkog prikaza objekta (boja, veličina, itd.)

Ispravni odgovori su: geometriju objekta, pokazatelj topologije objekta, pokazatelj koordinata

Pitanje 6

Izvor netočnosti i nepreciznosti mogu biti očigledni izvori grešaka, greške nastale iz prirodnih varijacija ili u postupku obradbe. Uparite ispravne parove:

Točno

Broj bodova:
1,00 od 1,00Označi
pitanje

pozisjska netočnost

greške nastale iz prirodnih varijacija



starost podataka

očigledni izvori grešaka



greške u topološkim analizama

greške u postupku obradbe



cijena

očigledni izvori grešaka



generalizacija

greške u postupku obradbe



Pitanje 7

Točno

Broj bodova:

1,00 od 1,00

Označi
pitanje

Prva tiskana karta izrađena je u:

Odaberite jedan odgovor:

- a. Evropeo-Mediteran
- b. Egiptu
- c. Evropeo-Engleska/Nizozemska
- d. Arapskom svijetu
- e. Kini



Ispravan odgovor je: Kini

Pitanje 8

Točno

Broj bodova:

1,00 od 1,00

Označi
pitanje

Po svojstvima preslikavanja projekcije se dijele na:

Odaberite jedan odgovor:

- a. konformne, ekvivalentne, ekvidistantne i uvjetne
- b. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd.
- c. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna
- d. uspravne, poprečne i kose



Ispravan odgovor je: konformne, ekvivalentne, ekvidistantne i uvjetne

Pitanje 9

Točno

Broj bodova:

1,00 od 1,00

Označi
pitanje

Uparite karakteristike osnovnih topoloških analiza koje se primjenjuju u GIS-u.

povezanost pronalaženje informacija o prostornim objektima u grafu



djeljivost prostorni objekti pripadaju većem broju prostornih objekata više razine



susjedstvo mogućnost dobivanja svojstava o prostornim objektima koji dodiruju linearni prostorni objekti



Ispravan odgovor je: povezanost → pronalaženje informacija o prostornim objektima u grafu, djeljivost → prostorni objekti pripadaju većem broju prostornih objekata više razine, susjedstvo →

Pitanje **10**

Točno

Broj bodova:

1,00 od 1,00

Označi pitanje

Komponentama GIS-a se smatraju:

Odaberite jedan odgovor:

- a. ljudi,podaci,metode,sučelja
- b. ljudi,podaci,sučelja,hardver
- c. ljudi,podaci,metode,sučelja,hardver
- d. podaci,metode,sučelja,hardver



Ispravan odgovor je: ljudi,podaci,metode,sučelja,hardver

Pitanje **11**

Točno

Broj bodova:

1,00 od 1,00

Označi pitanje

Do 17. stoljeća problem određivanja točne lokacije na Zemlji je bio zbog pogreške u točnom određivanju:

Odaberite jedan odgovor:

- a. brzine kretanja
- b. udaljenosti od nultog meridijana i ekvatora
- c. geografske širine
- d. geografske dužine



Ispravan odgovor je: geografske dužine

Pitanje **12**

Točno

Broj bodova:

1,00 od 1,00

Označi pitanje

Sintaktička heterogenost je prepreka za ostvarivanje interoperabilnosti između dva GIS sustava uzrokovana (označite sve točne odgovore):

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. korištenjem različitih operacijskih sustava (Linux, Windows, itd.)
- b. zbog različitih načina zapisa podataka
- c. korištenjem različitih sinonima za isti objekt
- d. heterogenošću Interneta
- e. nekompatibilnosti baza podataka



Pitanje 13

Uparite vrstu podatka s pripadajućom ekstenzijom datoteke:

- | | | |
|---------|------------------|---|
| DWG | vektorski format | ✓ |
| GML | vektorski format | ✓ |
| SHP | vektorski format | ✓ |
| geoTIFF | rasterski format | ✓ |
| TIFF | rasterski format | ✓ |

Pitanje 14

Karta malog mjerila je:

Odaberite jedan odgovor:

- a. 1:500 do 1:75.000
- b. 1:75.000 do 1:1.000.000
- c. više od 1:1.000.000

Ispravan odgovor je: više od 1:1.000.000

Pitanje 15

Uparite prostorne analize prema odgovarajućim kategorijama.

- | | | |
|---------------------------|---------------------|---|
| linija u poligonu | analiza preklapanja | ✓ |
| diskretni prikaz podataka | tematsko kartiraje | ✓ |
| najkraći put u grafu | mrežna analiza | ✓ |

Ispravan odgovor je: linija u poligonu → analiza preklapanja, diskretni prikaz podataka → tematsko kartiraje, najkraći put u grafu → mrežna analiza

Pitanje 16

Označite samo sustave za globalno pozicioniranje !

Točno

Broj bodova:
1,00 od 1,00

Označi pitanje

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. CROPOS
- b. GALILEO
- c. GEOSUS
- d. MSAS
- e. WAAS
- f. EGNOS
- g. NAVSTAR
- h. GLONASS

Ispravni odgovori su: GLONASS, NAVSTAR, GALILEO

Pitanje 17

Proširenje simbola u E-R dijagramu za potrebe prostronih relacija je potrebno zbog:

Točno

Broj bodova:
1,00 od 1,00

Označi pitanje

Odaberite jedan odgovor:

- a. različitih formata podataka u GIS-u
- b. prostornih karakteristika i topološke povezanosti entiteta
- c. boljeg prikaza veza između entiteta

Ispravan odgovor je: prostornih karakteristika i topološke povezanosti entiteta

Pitanje 18

Po obliku mreža meridijana i paralela uspravnih projekcija, projekcije se dijele na:

Točno

Broj bodova:
1,00 od 1,00

Označi pitanje

Odaberite jedan odgovor:

- a. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna
- b. uspravne, poprečne i kose
- c. konformne, ekvivalentne, ekvidistantne, i uvjetne
- d. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd.

Pitanje **19**

Točno

Broj bodova:

1,00 od 1,00

Označi pitanje

Modeliranje realnog svijeta u GIS-u ovisi o:

Odaberite jedan odgovor:

- a. načinu prikupljanja podataka
- b. prirodi samih podataka
- c. softveru
- d. hardveru



Ispravan odgovor je: prirodi samih podataka

Pitanje **20**

Točno

Broj bodova:

1,00 od 1,00

Označi

pitanje

GML je:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. Format za skladištenje prostornih podataka
- b. Prezentacijski jezik za prikazivanje podataka
- c. Programski jezik za obradu podataka



Ispravan odgovor je: Format za skladištenje prostornih podataka



Geoinformacijski sustavi

Moja naslovница ► FER-ovi nastavni kolegiji ► geosus_c ► 7 Prosinac - 13 Prosinac ► Međuispit

NAVIGACIJA U TESTU

Simon Petkovski

1	2	3	4	5	6	7	8	9
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	●	✓
10	11	12	13	14	15	16	17	18
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

19	20	21	22	23
●	●	✓	✓	✓

Prikaži jednu po jednu stranicu

Završi pregled

Započeto: Srijeda, 30 Studeni 2016. 18:12**Stanje:** Završeno**Završeno:** Srijeda, 30 Studeni 2016. 18:26**Proteklo vrijeme:** 13 min 45 s**Ocjena:** 27,70 od maksimalno 30,00 (92%)**Pitanje 1**

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Ozrači pitanje

Komponentama GIS-a se smatraju:

Odaberite jedan odgovor:

- a. ljudi,podaci,metode, sučelja,hardver ✓
- b. ljudi,podaci,metode, sučelja
- c. ljudi,podaci,sučelja,hardver
- d. podaci,metode, sučelja,hardver

Ispravan odgovor je: ljudi,podaci,metode, sučelja,hardver

Pitanje 2

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Ozrači pitanje

Po svojstvima preslikavanja projekcije se dijele na:

Odaberite jedan odgovor:

- a. konformne,ekvivalentne,ekvidistantne, i uvjetne ✓
- b. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd.
- c. uspravne, poprečne i kose
- d. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna

Ispravan odgovor je: konformne,ekvivalentne,ekvidistantne, i uvjetne

Pitanje 3

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Ozrači pitanje

Prostorni podatak u GIS-u sastoji se od:

Odaberite jedan odgovor:

- a. atributnog podatka
- b. geometrijskog podatka
- c. geometrijskog i atributnog podatka ✓

Ispravan odgovor je: geometrijskog i atributnog podatka

Pitanje 4

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Uparite prostorne analize prema odgovarajućim kategorijama.

diskretni prikaz podataka tematsko kartiraje ✓

najkraći put u grafu mrežna analiza ✓

linija u poligону analiza preklapanja ✓

Ispravan odgovor je: diskretni prikaz podataka – tematsko kartiraje, najkraći put u grafu – mrežna analiza, linija u poligону – analiza preklapanja

Pitanje 5

Točno

Broj bodova: 2,00
od 2,00

▼ Označi pitanje

Za ostvarivanje interoperabilnosti između dva GIS-a najznačajne su dvije prepreke:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. heterogenost operacijskih sustava
- b. jezična heterogenost
- c. sintaktička heterogenost ✓
- d. semantička heterogenost ✓

Ispravan odgovor je: sintaktička heterogenost, semantička heterogenost

Pitanje 6

Točno

Broj bodova: 2,00
od 2,00

▼ Označi pitanje

S obzirom na mjerilo u kojem se prikazuju prostorni podaci karte se dijele na:

karte srednjeg mjerila 1:75.000 do 1:1.000.000 ✓

karte malog mjerila 1:1.000.000 i više ✓

karte velikog mjerila 1:500 do 1:75.000 ✓

Ispravan odgovor je: karte srednjeg mjerila – 1:75.000 do 1:1.000.000, karte malog mjerila – 1:1.000.000 i više, karte velikog mjerila – 1:500 do 1:75.000

Pitanje 7

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Koji web geoinformacijski servisi su definirani od organizacije Open Geospatial Consortium ?

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. Web Map Service ✓
- b. Mapserver
- c. MapGuide OpenSource
- d. Web Feature Service ✓

Ispravan odgovor je: Web Map Service, Web Feature Service

Pitanje 8

Djelomično točno

Broj bodova: 1,50
od 2,00

▼ Označi pitanje

Za pohranjivanje prostomih podataka i topologije, relacijska baza podataka treba imati ugrađena određena proširenja (označite sve točne odgovore):

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. korisnički definirane tipove podataka ✓
- b. upravljanje transakcijama
- c. podršku za multimedijske zapise
- d. korisnički definirane operacije ✓
- e. aktivne funkcije baze ✓

Ispravan odgovor je: korisnički definirane tipove podataka, korisnički definirane operacije, aktivne funkcije baze, upravljanje transakcijama

Pitanje 9

Tučno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Za prostorne objekte koristi se prošireni E-R simbol koji sadrži sljedeće dodatne informacije o entitetu (označite sve točne odgovore):

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. karakteristike grafičkog prikaza objekta (boja, veličina, itd.)
- b. pokazatelj topologije objekta ✓
- c. geometriju objekta ✓
- d. pridruženi simbol objekta
- e. pokazatelj koordinata ✓

Ispravan odgovor je: geometriju objekta, pokazatelj topologije objekta, pokazatelj koordinata

Pitanje 10

Točno

Broj bodova: 2,00
od 2,00

▼ Označi pitanje

Izvor netočnosti i nepreciznosti mogu biti očigledni izvori grešaka, greške nastale iz prirodnih varijacija ili u postupku obradbe. Uparite ispravne parove:

starost podataka	očigledni izvori grešaka	✓
generalizacija	greške u postupku obradbe	✓
cijena	očigledni izvori grešaka	✓
greške u topološkim analizama	greške u postupku obradbe	✓
pozitska netočnost	greške nastale iz prirodnih varijacija	✓

Ispravan odgovor je: starost podataka – očigledni izvori grešaka, generalizacija – greške u postupku obradbe, cijena – očigledni izvori grešaka, greške u topološkim analizama – greške u postupku obradbe, pozitska netočnost – greške nastale iz prirodnih varijacija

Pitanje 11

Tučno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

1-dimenzionalni objekt koji povezuje dvije točke je:

Odaberite jedan odgovor:

- a. veza
- b. lanac
- c. segment ✓
- d. niz

Ispravan odgovor je: segment

Pitanje 12

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Nedostaci CAD programa da se koriste umjesto GIS-a za kreiranje prostornih podataka su sljedeći:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. korisničko sučelje
- b. loša povezanost s bazama podataka ✓
- c. nepreciznost pohranjivanja podataka
- d. nedostatak topologije ✓

Ispravan odgovor je: loša povezanost s bazama podataka, nedostatak topologije

Pitanje 13

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

WGS84 je oznaka za:

Odaberite jedan odgovor:

- a. referentni elipsoid ✓
- b. referentnu projekciju
- c. referentni koordinatni sustav

Ispravan odgovor je: referentni elipsoid

Pitanje 14

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

GML je:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. Programski jezik za obradu podataka
- b. Prezentacijski jezik za prikazivanje podataka
- c. Format za skladištenje prostornih podataka ✓

Vaš odgovor je točan.

Ispravan odgovor je: Format za skladištenje prostornih podataka

Pitanje 15

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

GPS čini grupa satelita koji odašilju i primaju:

Odaberite jedan odgovor:

- a. radio signale ✓
- b. trodimenzionalne podatke o lokaciji
- c. sirove podatke

Ispravan odgovor je: radio signale

Pitanje 16

Točno

Broj bodova: 2,00
od 2,00

▼ Označi pitanje

Povežite pojmove s njihovom odgovarajućom definicijom:

kartografska projekcija matematička konverzija iz sfemih u planarne koordinate



geodetski datum definira položaj ishodišta, mjerilo i orijentaciju koordinatnog sustava s obzirom na Zemljino tijelo



koordinatni sustav definira lokaciju na površini zemlje



Ispravan odgovor je: kartografska projekcija – matematička konverzija iz sfemih u planarne koordinate., geodetski datum – definira položaj ishodišta, mjerilo i orijentaciju koordinatnog sustava s obzirom na Zemljino tijelo, koordinatni sustav – definira lokaciju na površini zemlje

Pitanje 17

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Do 17. stoljeća problem određivanja točne lokacije na Zemlji je bio zbog pogreške u točnom određivanju:

Odaberite jedan odgovor:

- a. udaljenosti od nultog meridijana
- b. geografske širine
- c. brzine kretanja
- d. geografske dužine ✓

Ispravan odgovor je: geografske dužine

Pitanje 18

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Modeliranje realnog svijeta u GIS-u ovisi o:

Odaberite jedan odgovor:

- a. prirodi samih podataka ✓
- b. softveru
- c. načinu prikupljanja podataka
- d. hardveru

Ispravan odgovor je: prirodi samih podataka

Pitanje 19

Netočno

Broj bodova: 0,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Referentni ellipsoid je:

Odaberite jedan odgovor:

- a. način preslikavanja plohe ellipsoida ili kugle u ravninu
- b. jednostavni matematički model koji aproksimira trodimenzionalno tijelo Zemlje - može biti globalni i lokalni
- c. skup parametara koji definira položaj ishodišta, mjerilo i orijentaciju koordinatnog sustava s obzirom na Zemljino tijelo - može biti globalni i lokalni ✗

Ispravan odgovor je: jednostavni matematički model koji aproksimira trodimenzionalno tijelo Zemlje - može biti globalni i lokalni

Pitanje 20

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Ozrači pitanje

Kod modeliranja podataka za geoprostorne baze podataka entiteti mogu osim prostornih karakteristika sadržavati i vremenske (temporalne) karakteristike:

Odaberite jedan odgovor:

- Točno ✓
- Netočno

Ispravan odgovor je 'Točno'.

Pitanje 21

Djelomično točno

Broj bodova: 1,20
od 2,00

▼ Ozrači pitanje

CAD & AM/FM evolucijski su prethodili GiSu. Uparite svojstva koja odgovaraju određenim tehnologijama:

ograničena povezanost s bazama podataka	CAD	✓
vizualna interpretacija rezultata	AM/FM	✗
predefinirana izješća	AM/FM	✓
jednostavne analize	AM/FM	✓
specijalni format za pohranu grafičkih podataka	CAD	✗

Ispravan odgovor je: ograničena povezanost s bazama podataka – CAD, vizualna interpretacija rezultata – CAD, predefinirana izješća – AM/FM, jednostavne analize – AM/FM, specijalni format za pohranu grafičkih podataka – AM/FM

Pitanje 22

Točno

Broj bodova: 2,00
od 2,00

▼ Ozrači pitanje

Prostorne podatke je potrebno na neki način povezati prije izvođenja prostornih analiza. Kao integrator podataka najčešće se koristi:

Odaberite jedan odgovor:

- a. GIS ✓
- b. Oracle DBMS
- c. CAD
- d. općenito RDBMS
- e. GIS + CAD

Ispravan odgovor je: GIS

Pitanje 23

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Ozrači pitanje

Ako ćestu opisujemo kao "državna", "županijska", "lokalna" tada za opis prostornog podatka koristimo:

Odaberite jedan odgovor:

- a. kvantitativni proporcionalni atributni podatak
- b. kvalitativni atributni podatak
- c. kvantitativni intervalni atributni podatak
- d. kvantitativni atributni podatak
- e. kvantitativni ordinalni atributni podatak ✓

Ispravan odgovor je: kvantitativni ordinalni atributni podatak

Pitanje 1

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Uparite ime zaslужnog istraživača s njegovim doprinosom kartografije:

- | | | |
|--------------|----------------------------------|---|
| Ortelius | izdao prvi moderni atlas | ✓ |
| Ptolomej | definirao konusnu projekciju | ✓ |
| Mercator | definirao cilindričnu projekciju | ✓ |
| Anaximander | prva karta svijeta | ✓ |
| Eratosthenes | izračunao promjer Zemlje | ✓ |

Točan odgovor je: Ortelius – izdao prvi moderni atlas, Ptolomej – definirao konusnu projekciju, Mercator – definirao cilindričnu projekciju, Anaximander – prva karta svijeta, Eratosthenes – izračunao promjer Zemlje

Pitanje 2

Netočno

Broj bodova: 0,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Roger Tomlinson se smatra "ocem GIS-a" jer je:

Odaberite jedan odgovor:

- a. prvi primjenio računalna u GIS-u. ✗
- b. 1963. godine prvi definirao što je to GIS.
- c. bio voditelj prvog GIS projekta 1963. godine u Kanadi.
- d. prvi definirao GIS kao informacijski sustav.

Točan odgovor je: bio voditelj prvog GIS projekta 1963. godine u Kanadi.

Pitanje 3

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Ako veličinu grada opisujemo kao "< 10000", ">10000 i < 50000", "> 50000" tada za opis prostornog podatka koristimo:

Odaberite jedan odgovor:

- a. kvantitativni atributni podatak
- b. kvantitativni proporcionalni atributni podatak
- c. kvantitativni ordinalni atributni podatak
- d. kvalitativni atributni podatak
- e. kvantitativni intervalni atributni podatak ✓

Točan odgovor je: kvantitativni intervalni atributni podatak

Pitanje 4

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Do 17. stoljeća problem određivanja točne lokacije na Zemlji je bio zbog pogreške u točnom određivanju:

Odaberite jedan odgovor:

- a. brzine kretanja
- b. geografske širine
- c. udaljenosti od nultog meridijana
- d. geografske dužine ✓

Točan odgovor je: geografske dužine

Pitanje 5

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Uparite karakteristike osnovnih topoloških analiza koje se primjenjuju u GIS-u.

povezanost	pronalaženje informacija o prostornim objektima u grafu	<input type="checkbox"/>	✓
djeljivost	prostorni objekti pripadaju većem broju prostornih objekata više razine	<input type="checkbox"/>	✓
susjedstvo	mogućnost dobivanja svojstava o prostornim objektima koji dodiruju linearni prostorni objekt	<input type="checkbox"/>	✓

Točan odgovor je: povezanost – pronalaženje informacija o prostornim objektima u grafu, djeljivost – prostorni objekti pripadaju većem broju prostornih objekata više razine, susjedstvo – mogućnost dobivanja svojstava o prostornim objektima koji dodiruju linearni prostorni objekt

Pitanje 6

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Modeliranje realnog svijeta u GIS-u ovisi o:

Odaberite jedan odgovor:

- a. načinu prikupljanja podataka
- b. prirodi samih podataka ✓
- c. hardveru
- d. softveru

Točan odgovor je: prirodi samih podataka

Pitanje 7

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Mercatorova projekcija je prema obliku osnove:

Odaberite jedan odgovor:

- a. cilindrična ✓
- b. azimutalna
- c. konusna

Točan odgovor je: cilindrična

Pitanje 8

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Najvažnije metode za prikupljanje geometrijskih podataka:

digitalizacija	sekundarna	<input type="checkbox"/>	✓
skeniranje	sekundarna	<input type="checkbox"/>	✓
daljinsko istraživanje	primarna	<input type="checkbox"/>	✓
fotogrametrija	primarna	<input type="checkbox"/>	✓
geodetska izmjera	primarna	<input type="checkbox"/>	✓

Točan odgovor je: digitalizacija – sekundarna, skeniranje – sekundarna, daljinsko istraživanje – primarna, fotogrametrija – primarna, geodetska izmjera – primarna

Pitanje 9

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Izvor netočnosti i nepreciznosti mogu biti očigledni izvori grešaka, greške nastale iz prirodnih varijacija ili u postupku obradbe. Uparite ispravne parove:

generalizacija	greške u postupku obradbe	<input type="checkbox"/>	✓
pozijska netočnost	greške nastale iz prirodnih varijacija	<input type="checkbox"/>	✓
cijena	očigledni izvori grešaka	<input type="checkbox"/>	✓
greške u topološkim analizama	greške u postupku obradbe	<input type="checkbox"/>	✓
starost podataka	očigledni izvori grešaka	<input type="checkbox"/>	✓

Točan odgovor je: generalizacija – greške u postupku obradbe, pozisjska netočnost – greške nastale iz prirodnih varijacija, cijena – očigledni izvori grešaka, greške u topološkim analizama – greške u postupku obradbe, starost podataka – očigledni izvori grešaka

Pitanje 10

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Označite samo sustave za globalno pozicioniranje !

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. CROPOS
- b. GLONASS ✓
- c. GALILEO ✓
- d. MSAS
- e. NAVSTAR ✓
- f. GEOSUS
- g. EGNOS
- h. WAAS

Točan odgovor je: GLONASS, NAVSTAR, GALILEO

Pitanje 11

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

S obzirom na mjerilo u kojem se prikazuju prostorni podaci karte se dijele na:

karte malog mjerila	1:1.000.000 i više	<input type="checkbox"/>	✓
karte srednjeg mjerila	1:75.000 do 1:1.000.000	<input type="checkbox"/>	✓
karte velikog mjerila	1:500 do 1:75.000	<input type="checkbox"/>	✓

Točan odgovor je: karte malog mjerila – 1:1.000.000 i više, karte srednjeg mjerila – 1:75.000 do 1:1.000.000, karte velikog mjerila – 1:500 do 1:75.000

Pitanje 12

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

GPS čini grupa satelita koji odašilju i primaju:

Odaberite jedan odgovor:

- a. trodimenzionalne podatke o lokaciji
- b. radio signale ✓
- c. sirove podatke

Točan odgovor je: radio signale

Pitanje 13

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Po položaju pola normalne kartografske mreže projekcije se dijele na:

Odaberite jedan odgovor:

- a. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd.
- b. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna
- c. konformne, ekvivalentne, ekvidistantne, i uvjetne
- d. uspravne, poprečne i kose ✓

Točan odgovor je: uspravne, poprečne i kose

Pitanje 14

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Metode GPS pozicioniranja mogu biti:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. statičke ✓
- b. dinamičke
- c. relativne
- d. absolutne
- e. kinematičke ✓

Točan odgovor je: statičke, kinematičke

Pitanje 15

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

U primarne metode prikupljanja geometrijskih podataka NE pripada:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. izvori digitalnih podataka ✓
- b. skeniranje ✓
- c. daljinsko istraživanje
- d. geodetska izmjera

Točan odgovor je: skeniranje, izvori digitalnih podataka

Pitanje 16

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

U GIS-u se koristi pojednostavljeni model realnog svijeta zbog:

Odaberite jedan odgovor:

- a. ograničenja informacijskog sustava ✓
- b. cijene prikupljanja svih podataka o prostoru
- c. raznih izvora podataka
- d. ograničenja hardvera

Točan odgovor je: ograničenja informacijskog sustava

Pitanje 17

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Za geodetsku izmjeru između ostalog koriste se sljedeći mjerni instrumenti:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. totalna stanica ✓
- b. laserski daljinomjer
- c. refraktometar
- d. visak, trokut i metar
- e. teodolit ✓

Točan odgovor je: teodolit, totalna stanica

Pitanje 18

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

GPS je kratica za sljedeći sustav:

Odaberite jedan odgovor:

- a. Geographic Positioning Systems
- b. Global Positioning System ✓
- c. Geographic Positioning Satellite
- d. Global Positioning Satellite

Točan odgovor je: Global Positioning System

Pitanje 19

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Povežite pojmove s njihovom odgovarajućom definicijom:

koordinatni sustav

definira lokaciju na površini zemlje

kartografska projekcija

matematička konverzija iz sfernih u planarne koordinate

geodetski datum

definira položaj ishodišta, mjerilo i orientaciju koordinatnog sustava s obzirom na Zemljino tijelo

Točan odgovor je: koordinatni sustav – definira lokaciju na površini zemlje, kartografska projekcija – matematička konverzija iz sfernih u planarne koordinate, geodetski datum – definira položaj ishodišta, mjerilo i orientaciju koordinatnog sustava s obzirom na Zemljino tijelo

Pitanje 20

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Uparite prostorne analize prema odgovarajućim kategorijama.

linija u poligону

analiza preklapanja



najkraći put u grafu

mrežna analiza



diskretni prikaz podataka

tematsko kartiraje



Točan odgovor je: linija u poligónu – analiza preklapanja, najkraći put u grafu – mrežna analiza, diskretni prikaz podataka – tematsko kartiraje

Pitanje 21

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Geografska širina može imati sljedeće vrijednosti:

Odaberite jedan odgovor:

- a. 0 - W180 ili 0 - E180
- b. 0 - S90 ili 0 - N90 ✓
- c. 0 - W90 ili 0 - E90
- d. 0 - S180 ili 0 - N180

Točan odgovor je: 0 - S90 ili 0 - N90

Pitanje 22

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Nedostatci CAD programa da se koriste umjesto GIS-a za kreiranje prostornih podataka su sljedeći:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. loša povezanost s bazama podataka ✓
- b. korisničko sučelje
- c. nepreciznost pohranjivanja podataka
- d. nedostatak topologije ✓

Točan odgovor je: loša povezanost s bazama podataka, nedostatak topologije

Pitanje 23

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Kojoj metodi za prikupljanje podataka pripada GPS ?

Odaberite jedan odgovor:

- a. primarna ✓
- b. pomoćna
- c. sekundarna
- d. tercijarna

Točan odgovor je: primarna

Pitanje 24

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

WGS84 je oznaka za:

Odaberite jedan odgovor:

- a. referentni koordinatni sustav
- b. referentnu projekciju
- c. referentni elipsoid ✓

Točan odgovor je: referentni elipsoid

Pitanje 25

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Točnost podatka prikupljenog GPS-om ovisi jedino o kvaliteti korištenog prijemnika:

Odaberite jedan odgovor:

- Točno
- Netočno ✓

Točan odgovor je 'Ne'.

Pitanje 26

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Prostorni podatak u GIS-u sastoji se od:

Odaberite jedan odgovor:

- a. geometrijskog podatka
- b. geometrijskog i atributnog podatka ✓
- c. atributnog podatka

Točan odgovor je: geometrijskog i atributnog podatka

Pitanje 27

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Komponentama GIS-a se smatraju:

Odaberite jedan odgovor:

- a. podaci, metode, sučelja, hardver
- b. ljudi, podaci, sučelja, hardver
- c. ljudi, podaci, metode, sučelja
- d. ljudi, podaci, metode, sučelja, hardver ✓

Točan odgovor je: ljudi, podaci, metode, sučelja, hardver

Pitanje 28

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Koje su prednosti vektorskog formata podataka pred rasterskim formatom podataka:

Odaberite jedan ili više odgovora:

- a. rezolucija ✓
- b. lokacija ✓
- c. topologija ✓
- d. model podataka ✓

Točan odgovor je: rezolucija, topologija, lokacija, model podataka

Pitanje 29

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Uparite vrstu podatka s pripadajućom ekstenzijom datoteke:

DGN	vektorski format	✓
DXF	vektorski format	✓
TIFF	rasterski format	✓
geoTIFF	rasterski format	✓
DWG	vektorski format	✓

Točan odgovor je: DGN – vektorski format, DXF – vektorski format, TIFF – rasterski format, geoTIFF – rasterski format, DWG – vektorski format

Pitanje 30

Točno

Broj bodova: 1,00
od 1,00

▼ Označi pitanje

Po svojstvima preslikavanja projekcije se dijele na:

Odaberite jedan odgovor:

- a. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd.
- b. uspravne, poprečne i kose
- c. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna
- d. konformne, ekvivalentne, ekvidistantne, i uvjetne ✓

Točan odgovor je: konformne,ekvivalentne,ekvidistantne, i uvjetne

1. Poredajte značajne ljudе u povijesti kartografije i GIS-a po vremenu njihovog djelovanja:

- 3. Ptolomej
- 5. Tomlinson
- 4. Mercator
- 1. Anaximander
- 2. Eratosthenes

2. Metode GPS mjerena mogu biti:

- a. kinematičko pozicioniranje
- b. relativno pozicioniranje
- c. staticko pozicioniranje
- d. apsolutno pozicioniranje

3. Točnost podatka prikupljenog GPS-om ovisi jedino kvaliteti korištenog prijemnika:

Točno

Netočno

4. Prva tiskana karta izrađena je u:

- a. Kini
- b. Arapskom svijetu
- c. Europski-Mediteran
- d. Egiptu
- e. Europski-Engleska/Nizozemska

5. Po obliku mreža meridijana i paralela uspravnih projekcija, projekcije se dijele na:

- a. konformne, ekvivalentne, ekvidistantne, i uvjetne
- b. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna
- c. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd.
- d. uspravne, poprečne i kose

6. Uparite vrstu podatka s pripadajućom ekstenzijom datoteke (rasterski ili vektorski):

geoTIFF - rasterski

DWG - vektorski

TIFF - rasterski

DGN - vektorski

DXF - vektorski

7. Povežite pojmove s njihovom odgovarajućom definicijom:

- 1. koordinatni sustav - definira lokaciju na površini zemlje
- 2. kartografska projekcija - matematička konverzija iz sfernih u planarne koordinate
- 3. geodetski datum - definira položaj ishodišta, mjerilo i orientaciju koordinatnog sustava s obzirom na Zemljino tijelo

8. Za pohranjivanje prostornih podataka i topologije, relacijska baza podataka treba imati

ugrađena određena proširenja (označite sve točne odgovore):

- a. korisnički definirane operacije
- b. upravljanje transakcijama
- c. podršku za multimedijalne zapise
- d. aktivne funkcije baze
- e. korisnički definirane tipove podataka

9. Za upisivanje podataka u GIS isključivo se mora koristiti baza podataka ili je mogude koristiti podatke koji se učitavaju iz obične tekstualne datoteke (npr. koordinate):

- a. Točno
- b. Netočno

10. Proširenje simbola u E-R dijagramu za potrebe prostronih relacija je potrebno zbog:

- a. boljeg prikaza veza između entiteta
- b. različitih formata podataka u GIS-u
- c. prostornih karakteristika i topološke povezanosti entiteta

11. Geografska širina može imati sljedeće vrijednosti:

Odaberite jedan odgovor.

- a. 0 - S90 ili 0 - N90
- b. 0 - W180 ili 0 - E180
- c. 0 - W90 ili 0 - E90
- d. 0 - S180 ili 0 - N180

12. Za konceptualno modeliranje geoprostornih baza podataka koriste se (označite sve točne odgovore):

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. dodaci i proširenja za Excel
- b. CASE alati
- c. softveri bazirani na UML-u
- d. prošireni E-R dijagrami
- e. dijagrami za opisivanje procesa

13. GPS čini grupa satelita koji odašilju i primaju:

Odaberite jedan odgovor.

- a. radio signale
- b. trodimenzionalne podatke o lokaciji
- c. sirove podatke

14. Metode GPS pozicioniranja mogu biti:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. relativne
- b. statičke
- c. dinamičke
- d. apsolutne
- e. kinematičke

15. Prostorne podatke je potrebno na neki način povezati prije izvođenja prostornih analiza. Kao integrator podataka najčešće se koristi:

Odaberite jedan odgovor.

- a. CAD
- b. općenito RDBMS
- c. Oracle DBMS
- d. GIS
- e. GIS + CAD

16. Po svojstvima preslikavanja projekcije se dijele na:

Odaberite jedan odgovor.

- a. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd.
- b. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna
- c. uspravne, poprečne i kose
- d. konformne, ekvivalentne, ekvidistantne, i uvjetne**

17. Ako cestu opisujemo kao "državna", "županijska", "lokalna" tada za opis prostornog podatka koristimo:

Odaberite jedan odgovor.

- a. kvantitativni intervalni atributni podatak
- b. kvantitativni atributni podatak
- c. kvantitativni proporcionalni atributni podatak
- d. kvantitativni ordinalni atributni podatak**
- e. kvalitativni atributni podatak

18. Prostorni podatak u GIS-u sastoji se od:

Odaberite jedan odgovor.

- a. geometrijskog i atributnog podatka**
- b. geometrijskog podatka
- c. atributnog podatka

19. U primarne metode prikupljanja geometrijskih podataka NE pripada:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. skeniranje**
- b. daljinsko istraživanje
- c. izvori digitalnih podataka**
- d. geodetska izmjera

20. Koje su prednosti vektorskog formata podataka pred rasterskim formatom podataka:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. lokacija**
- b. model podataka
- c. rezolucija
- d. topologija**

21. Uparite ime zaslužnog istraživača s njegovim doprinosom kartografiji:

1. Mercator - **definirao cilindričnu projekciju**
2. Ptolomej - **definirao konusnu projekciju**
3. Anaximander - **prva karta svijeta**
4. Ortelius - **izdao prvi moderni atlas**
5. Eratosthenes - **izračunao promjer Zemlje**

22. Izvor netočnosti i nepreciznosti mogu biti očigledni izvori grešaka, greške nastale iz prirodnih varijacija ili u postupku obradbe. Uparite ispravne parove:

1. starost podataka – **očigledni izvori grešaka**
2. cijena – **očigledni izvori grešaka**
3. greške u topološkim analizama – **greške u postupku obrade**
4. generalizacija – **greške u postupku obrade**
5. pozicijska netočnost – **greške nastale iz prirodnih varijacija**

23. Komponentama GIS-a se smatraju:

Odaberite jedan odgovor.

- a. podaci, metode, sučelja, hardver
- b. ljudi, podaci, metode, sučelja
- c. ljudi, podaci, sučelja, hardver
- d. ljudi, podaci, metode, sučelja, hardver**

24. Modeliranje realnog svijeta u GIS-u ovisi o:

Odaberite jedan odgovor.

- a. softveru
- b. hardveru
- c. načinu prikupljanja podataka
- d. prirodi samih podataka**

25. GPS je kratica za sljedeći sustav:

Odaberite jedan odgovor.

- a. Global Positioning System**
- b. Geographic Positioning Satellite
- c. Geographic Positionig Systems
- d. Global Positioning Satellite

26. Za prostorne objekte koristi se prošireni E-R simbol koji sadrži sljedeće dodatne informacije o entitetu (označite sve točne odgovore):

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. pridruženi simbol objekta
- b. pokazatelj koordinata**
- c. karakteristike grafičkog prikaza objekta (boja, veličina, itd.)
- d. geometriju objekta**
- e. pokazatelj topologije objekta

27. WGS84 je oznaka za:

Odaberite jedan odgovor.

- a. referentni koordinatni sustav
- b. referentnu projekciju
- c. referentni elipsoid**

28. Uparite prostorne analize prema odgovarajućim kategorijama.

1. diskretni prikaz podataka – **tematsko kartiranje**

2. linija u poligonu – **analiza preklapanja**

3. najkraći put u grafu – **mrežna analiza**

29. Mercatorova projekcija je prema obliku osnove:

Odaberite jedan odgovor.

- a. azimutalna
- b. konusna
- c. cilindrična**

30. Označite samo sustave za globalno pozicioniranje !

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. GALILEO**
- b. NAVSTAR**
- c. EGNOS

- d. GLONASS
- e. MSAS
- f. CROPOS
- g. WAAS
- h. GEOSUS

31. Do 17. stoljeća problem određivanja točne lokacije na Zemlji je bio zbog pogreške u točnom određivanju:

- Odaberite jedan odgovor.
- a. geografske širine
 - b. udaljenosti od nultog meridijana
 - c. **geografske dužine**
 - d. brzine kretanja

32. Uparite karakteristike osnovnih topoloških analiza koje se primjenjuju u GIS-u.

- 1. djeljivost - **prostorni objekti** pripadaju većem broju prostornih objekata više razine
- 2. povezanost - **pronalaženje informacija o prostornim objektima** u grafu
- 3. susjedstvo - **mogućnost dobivanja svojstava** o prostornim objektima koji dodiruju linearni prostorni objekt

33. Karta malog mjerila je:

Odaberite jedan odgovor.

- a. više od 1:1.000.000
- b. 1:500 do 1:75.000
- c. 1:75.000 do 1:1.000.000

34. U GIS-u se koristi pojednostavljeni model realnog svijeta zbog:

Odaberite jedan odgovor.

- a. raznih izvora podataka
- b. ograničenja informacijskog sustava**
- c. ograničenja hardvera
- d. cijene prikupljanja svih podataka o prostoru

35. Načini prikupljanja podataka dijele se na primarne i sekundarne. Njihove glavne karakteristike su:

skuplji - **primarni**

najveća točnost - **primarni**

upitna ažurnost podatka - **sekundarni**

dobivaju se iz postojećeg dig./an. izvora - **sekundarni**

dobivaju se izmjerom - **primarni**

36. Geodetski datum je:

Odaberite jedan odgovor.

- a. jednostavni matematički model koji aproksimira trodimenzionalno tijelo Zemlje
- b. skup parametara koji definira položaj ishodišta, mjerilo i orijentaciju korodinatnog sustava s obzirom na Zemljino tijelo**
- c. način preslikavanja plohe elipsoida ili kugle u ravninu

37. Za geodetsku izmjeru između ostalog koriste se sljedeći mjerni instrumenti:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. totalna stanica
- b. teodolit
- c. refraktometar
- d. laserski daljinomjer
- e. visak, trokut i metar

38. Kod modeliranja podataka za geoprostorne baze podataka entiteti mogu osim prostornih karakteristika sadržavati i vremenske (temporalne) karakteristike:

Odgovor:

Točno

Netočno

39. Nedostatci CAD programa da se koriste umjesto GISa za kreiranje prostornih podataka su sljedeći:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. nedostatak topologije
- b. nepreciznost pohranjivanja podataka
- c. korisničko sučelje
- d. loša povezanost s bazama podataka

1. Geografska širina može imati sljedeće vrijednosti:

Odaberite jedan odgovor.

- a. 0 - S90 ili 0 - N90 ✓
- b. 0 - W180 ili 0 - E180 ✗
- c. 0 - W90 ili 0 - E90 ✗
- d. 0 - S180 ili 0 - N180 ✗

2. Za konceptualno modeliranje geoprostornih baza podataka koriste se (označite sve točne odgovore):

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. dodaci i proširenja za Excel ✗
- b. CASE alati ✓
- c. softveri bazirani na UML-u ✓
- d. prošireni E-R dijagrami ✓
- e. dijagrami za opisivanje procesa ✗

3. GPS čini grupu satelita koji odašilju i primaju:

Odaberite jedan odgovor.

- a. radio signale ✓
- b. trodimenzionalne podatke o lokaciji ✗
- c. sirove podatke ✗

4. Metode GPS pozicioniranja mogu biti:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. relativne ✗
- b. statičke ✓
- c. dinamičke ✗
- d. apsolutne ✗
- e. kinematičke ✓

5. Prostorne podatke je potrebno na neki način povezati prije izvođenja prostornih analiza. Kao integrator podataka najčešće se koristi:

Odaberite jedan odgovor.

- a. CAD ✗
- b. općenito RDBMS ✗
- c. Oracle DBMS ✗
- d. GIS ✓
- e. GIS + CAD ✗

6. Po svojstvima preslikavanja projekcije se dijele na:

Odaberite jedan odgovor.

- a. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd. ✗
- b. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna ✗
- c. uspravne, poprečne i kose ✗
- d. konformne, ekvivalentne, ekvidistantne, i uvjetne ✓

7. Ako cestu opisujemo kao "državna", "županijska", "lokalna" tada za opis prostornog podatka koristimo:

Odaberite jedan odgovor.

- a. kvantitativni intervalni atributni podatak ✗
- b. kvantitativni atributni podatak ✓ (djelomично тачно)
- c. kvantitativni proporcionalni atributni podatak ✗
- d. kvantitativni ordinalni atributni podatak ✓ (potpuno тачно)
- e. kvalitativni atributni podatak ✗

8. Prostorni podatak u GIS-u sastoji se od:

Odaberite jedan odgovor.

- a. geometrijskog i atributnog podatka ✓ (potpuno тачно)
- b. geometrijskog podatka ✓ (djelomично тачно)
- c. atributnog podatka ✓ (djelomично тачно)

9. U primarne metode prikupljanja geometrijskih podataka NE pripada:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. skeniranje ✓
- b. daljinsko istraživanje ✗
- c. izvori digitalnih podataka ✓
- d. geodetska izmjera ✗

10. Koje su prednosti vektorskog formata podataka pred rasterskim formatom podataka:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. lokacija ✓
- b. model podataka ✓
- c. rezolucija ✓
- d. topologija ✓

11. Uparite ime zaslужnog istraživača s njegovim doprinosom kartografije:

Mercator - definirao cilindričnu projekciju

Ptolomej - definirao konusnu projekciju

Anaximander - prva karta svijeta

Ortelius - izdao prvi moderni atlas

Eratosthenes - izračunao promjer Zemlje

12. Izvor netočnosti i nepreciznosti mogu biti očigledni izvori grešaka, greške nastale iz prirodnih varijacija ili u postupku obradbe. Uparite ispravne parove:

starost podataka - očigledni izvori grešaka

cijena - očigledni izvori grešaka

greške u topološkim analizama - greške u postupku obrade

generalizacija - greške u postupku obrade

pozijska netočnost - greške nastale iz prirodnih varijacija

13. Komponentama GIS-a se smatraju:

Odaberite jedan odgovor.

- a. podaci, metode, sučelja, hardver ✗
- b. ljudi, podaci, metode, sučelja ✗
- c. ljudi, podaci, sučelja, hardver ✗
- d. ljudi, podaci, metode, sučelja, hardver ✓

14. Modeliranje realnog svijeta u GIS-u ovisi o:

Odaberite jedan odgovor.

- a. softveru ✗
- b. hardveru ✗
- c. načinu prikupljanja podataka ✗
- d. prirodi samih podataka ✓

15. GPS je kratica za sljedeći sustav:

Odaberite jedan odgovor.

- a. Global Positioning System ✓
- b. Geographic Positioning Satellite ✗
- c. Geographic Positioning Systems ✗
- d. Global Positioning Satellite ✗

16. Za prostorne objekte koristi se prošireni E-R simbol koji sadrži sljedeće dodatne informacije o entitetu (označite sve točne odgovore):

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. pridruženi simbol objekta ✗
- b. pokazatelj koordinata ✓
- c. karakteristike grafičkog prikaza objekta (boja, veličina, itd.) ✗
- d. geometriju objekta ✓
- e. pokazatelj topologije objekta ✓

17. WGS84 je oznaka za:

Odaberite jedan odgovor.

- a. referentni koordinatni sustav ✗
- b. referentnu projekciju ✗
- c. referentni elipsoid ✓

18. Uparite prostorne analize prema odgovarajućim kategorijama.

diskretni prikaz podataka - [tematsko kartiranje](#)

linija u poligону - [analiza preklapanja](#)

najkraći put u grafu - [mrežna analiza](#)

19. Mercatorova projekcija je prema obliku osnove:

Odaberite jedan odgovor.

- a. azimutalna ✗
- b. konusna ✗
- c. cilindrična ✓

20. Označite samo sustave za globalno pozicioniranje !

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. GALILEO ✓
- b. NAVSTAR ✓
- c. EGNOS ✗
- d. GLONASS ✓
- e. MSAS ✗
- f. CROPOS ✗
- g. WAAS ✗
- h. GEOSUS ✗

21. Do 17. stoljeća problem određivanja točne lokacije na Zemlji je bio zbog pogreške u točnom određivanju:

Odaberite jedan odgovor.

- a. geografske širine ✗
- b. udaljenosti od nultog meridijana ✗
- c. geografske dužine ✓
- d. brzine kretanja ✗

22. Proširenje simbola u E-R dijagramu za potrebe prostronih relacija je potrebno zbog:

Odaberite jedan odgovor.

- a. različitih formata podataka u GIS-u ✗
- b. prostornih karakteristika i topološke povezanosti entiteta ✓
- c. boljeg prikaza veza između entiteta ✗

23. Uparite karakteristike osnovnih topoloških analiza koje se primjenjuju u GIS-u.

djeljivost - **prostorni objekti pripadaju većem broju prostornih objekata više razine**

povezanost - **pronalaženje informacija o prostornim objektima u grafu**

susjedstvo - **mogućnost dobivanja svojstava o prostornim objektima koji dodiruju linearni prostorni objekt**

24. Karta malog mjerila je:

Odaberite jedan odgovor.

- a. više od 1:1.000.000 ✓
- b. 1:500 do 1:75.000 ✗
- c. 1:75.000 do 1:1.000.000 ✗

EDIT: Trebalo bi biti -> manje od 1:1.000.000, ali toga nije bilo za odabir

25. U GIS-u se koristi pojednostavljeni model realnog svijeta zbog:

Odaberite jedan odgovor.

- a. raznih izvora podataka ✗
- b. ograničenja informacijskog sustava ✓
- c. ograničenja hardvera ✗
- d. cijene prikupljanja svih podataka o prostoru ✗

26. Načini prikupljanja podataka dijele se na primarne i sekundarne. Njihove glavne karakteristike su:

skuplji - **primarna**

najveća točnost - **primarna**

upitna ažurnost podatka - **sekundarna**

dobivaju se iz postojećeg dig./an. izvora - **sekundarna**

dobivaju se izmjerom - **primarna**

27. Geodetski datum je:

Odaberite jedan odgovor.

- a. jednostavni matematički model koji aproksimira trodimenzionalno tijelo Zemlje ✗
- b. skup parametara koji definira položaj ishodišta, mjerilo i orijentaciju korodinatnog sustava s obzirom na Zemljino tijelo ✓
- c. način preslikavanja plohe elipsoida ili kugle u ravninu ✗

28. Za geodetsku izmjedu ostalog koriste se sljedeći mjerni instrumenti:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. totalna stanica ✓
- b. teodolit ✓
- c. refraktometar ✗
- d. laserski daljinomjer ✗
- e. visak, trokut i metar ✗

29. Kod modeliranja podataka za geoprostorne baze podataka entiteti mogu osim prostornih karakteristika sadržavati i vremenske (temporalne) karakteristike:

Odgovor:

Točno ✓

Netočno ✗

30. Nedostatci CAD programa da se koriste umjesto GISa za kreiranje prostornih podataka su sljedeći:

Odaberite bar jedan odgovor.

- a. nedostatak topologije ✓
- b. nepreciznost pohranjivanja podataka ✗
- c. korisničko sučelje ✗
- d. loša povezanost s bazama podataka ✓

1. Za geodetsku izmjeru između ostalog koriste se sljedeći mjerni instrumenti:
 - a. laserski daljinomjer
 - b. teodolit **Točno**
 - c. totalna stаница **Točno**
 - d. visak, trokut i metar
 - e. refraktometar
2. Po svojstvima preslikavanja projekcije se dijele na:
 - a. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd.
 - b. konformne, ekvivalentne, ekvidistantne, i uvjetne **Točno**
 - c. uspravne, poprečne i kose
 - d. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna
3. Poredajte značajne ljude u povijesti kartografije i GIS-a po vremenu njihovog djelovanja:
 - 3.** Ptolomej
 - 5.** Tomlinson
 - 4.** Mercator
 - 1.** Anaximander
 - 2.** Eratosthenes
4. Metode GPS mjerjenja mogu biti:
 - a. kinematičko pozicioniranje
 - b. relativno pozicioniranje **Točno**
 - c. staticko pozicioniranje
 - d. apsolutno pozicioniranje **Točno**
5. Mercatorova projekcija je prema obliku osnove:
 - a. cilindrična **Točno**
 - b. azimutalna
 - c. konusna
6. Točnost podatka prikupljenog GPS-om ovisi jedino o kvaliteti korištenog prijemnika:
Točno
Netočno Točno
7. U primarne metode prikupljanja geometrijskih podataka NE pripada:
 - a. geodetska izmjera
 - b. skeniranje **Točno**
 - c. izvori digitalnih podataka **Točno**
 - d. daljinsko istraživanje
8. Uparite ime zaslužnog istraživača s njegovim doprinosom kartografiji:
Eratosthenes - **izračunao promjer Zemlje**
Anaximander - **prva karta svijeta**
Mercator - **definirao cilindričnu projekciju**
Ptolomej - **definirao konusnu projekciju**
Ortelius - **izdao prvi moderni atlas**

9. Označite samo sustave za globalno pozicioniranje !

- a. MSAS
- b. GALILEO **Točno**
- c. WAAS
- d. GEOSUS
- e. CROPOS
- f. EGNOS
- g. GLONASS **Točno**
- h. NAVSTAR **Točno**

10. GPS čini grupa satelita koji odašilju i primaju:

- a. trodimenzionalne podatke o lokaciji
- b. radio signale **Točno**
- c. sirove podatke

11. Prva tiskana karta izrađena je u:

- a. Kini **Točno**
- b. Arapskom svijetu
- c. Europski-Mediteran
- d. Egiptu
- e. Europski-Engleska/Nizozemska

12. Prostorni podatak u GIS-u sastoji se od:

- a. geometrijskog podatka
- b. geometrijskog i atributnog podatka **Točno**
- c. atributnog podatka

13. Po obliku mreža meridijana i paralela uspravnih projekcija, projekcije se dijele na:

- a. konformne, ekvivalentne, ekvidistantne, i uvjetne
- b. Mercatorova, Gauss-Kruger, Robinson, polarna
- c. konusne, cilindrične, azimutalne, pseudocilindrične, itd. **Točno**
- d. uspravne, poprečne i kose

14. Uparite vrstu podatka s pripadajućom ekstenzijom datoteke:

- geoTIFF – **rasterski format**
- DWG – **vektor format**
- TIFF – **rasterski format**
- DGN – **vektor format**
- DXF – **rasterski format**

15. Ako cestu opisujemo kao "državna", "županijska", "lokalna" tada za opis prostornog podatka koristimo:

- a. kvantitativni ordinalni atributni podatak **Točno**
- b. kvantitativni atributni podatak
- c. kvalitativni atributni podatak
- d. kvantitativni intervalni atributni podatak
- e. kvantitativni proporcionalni atributni podatak

16. Povežite pojmove s njihovom odgovarajućom definicijom:
- koordinatni sustav - definira lokaciju na površini zemlje
 - kartografska projekcija - matematička konverzija iz sfernih u planarne koordinate
 - geodetski datum - definira položaj ishodišta, mjerilo i orientaciju koordinatnog sustava s obzirom na Zemljino tijelo
17. Modeliranje realnog svijeta u GIS-u ovisi o:
- a. prirodi samih podataka **Točno**
 - b. softveru
 - c. hardveru
 - d. načinu prikupljanja podataka
18. Komponentama GIS-a se smatraju:
- a. ljudi, podaci, sučelja, hardver
 - b. ljudi, podaci, metode, sučelja
 - c. ljudi, podaci, metode, sučelja, hardver **Točno**
 - d. podaci, metode, sučelja, hardver
19. Do 17. stoljeća problem određivanja točne lokacije na Zemlji je bio zbog pogreške u točnom određivanju:
- a. geografske širine
 - b. udaljenosti od nultog meridijana
 - c. geografske dužine **Točno**
 - d. brzine kretanja
20. Nedostatci CAD programa da se koriste umjesto GISa za kreiranje prostornih podataka su sljedeći:
- a. nepreciznost pohranjivanja podataka
 - b. nedostatak topologije **Točno**
 - c. loša povezanost s bazama podataka **Točno**
 - d. korisničko sučelje



GLOBALNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Predavanje 1

Prof. dr. sc. Tomislav Kos

Doc. dr. sc. Josip Vuković

**Povijesni pregled
navigacije**



Teme predavanja

- Povijesni pregled navigacije
- Računska navigacija i kartografija
- Inercijski navigacijski sustavi (INS)
- Radiolokacija i navigacija

Određivanje položaja pomoću radiovalova

Radiogoniometrija

Povijesni pregled navigacije



- razvoj navigacije seže u daleku prošlost
- već prije 2000 godina stari Grci su znali da je Zemlja okrugla, čak su imali i spoznaje o veličini
- za putovanja su koristili razne orijentire koji su im omogućili povratak na polazište
- na kopnu nije bilo problema pronaći orijentire, niti na moru blizu obale - problem orijentacije bio je na pučini

Povijesni pregled navigacije

Što je navigacija?

- **određivanje pozicije + navođenje**

određivanje pozicije - pozicioniranje i praćenje promjena kretanja

navođenje - planiranje rute od polazišta do odredišta i vođenje

- navigacija podrazumijeva smisleno kretanje u prostoru slijedeњem planirane rute, uz dovoljno često određivanje pozicije i smjera, uspoređujući stvarne parametre sa isplaniranom rutom
- navigacija je i umijeće i znanstvena disciplina
- temelji se na astronomiji, fizici, oceanografiji, meteorologiji, geometriji, trigonometriji i drugim disciplinama i postupcima

Povijesni pregled navigacije

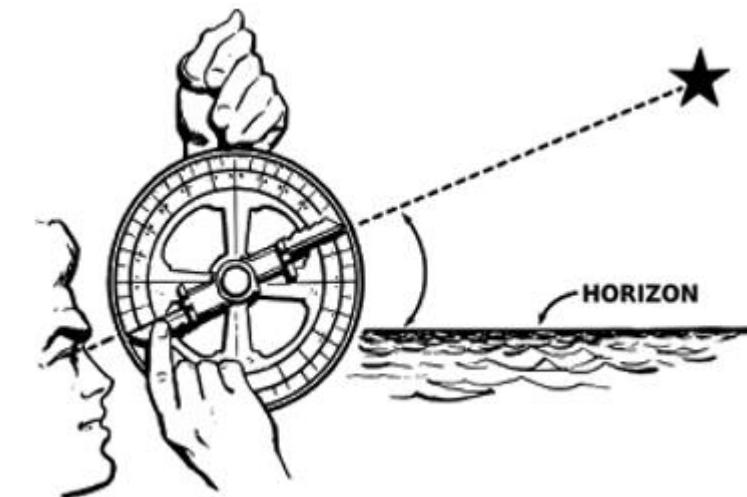
- još u 12. st. u Kini je napravljen magnetski kompas



- u 15. st. koristio se **kvadrant** za mjerjenje kutova

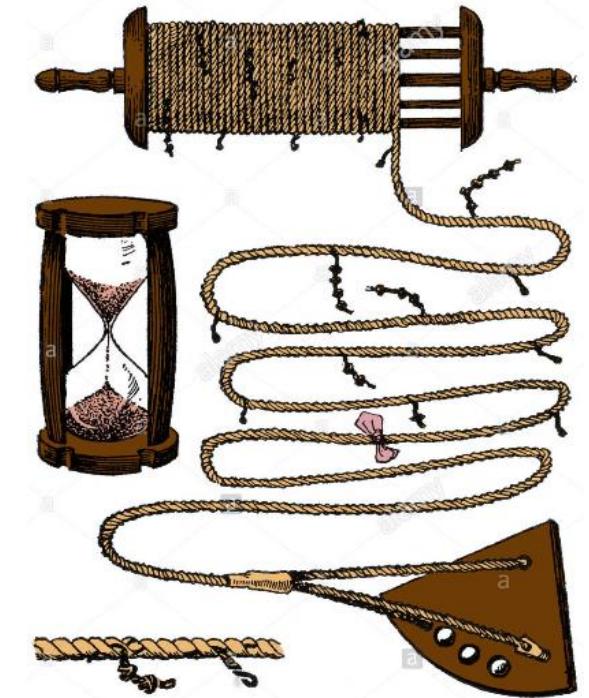


- u 17. st. u Grčkoj je napravljen **astrolab**



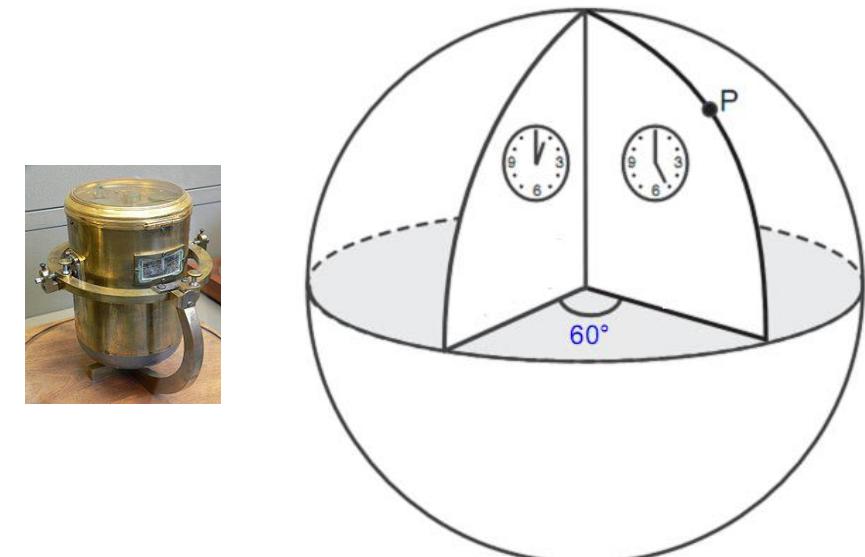
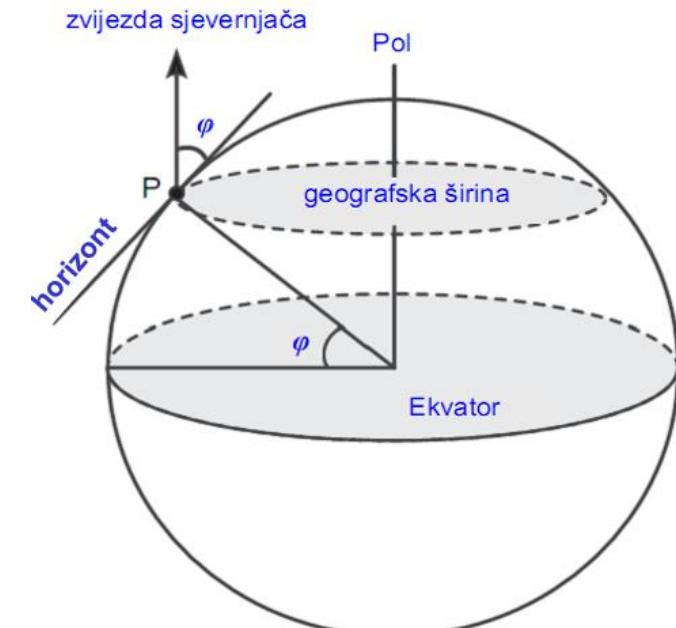
Povijesni pregled navigacije

- 1512. god. Magelan za put oko svijeta koristi zemljopisne karte, globus, teodolit/sekstant, kompas, pješčane satove...



Povijesni pregled navigacije

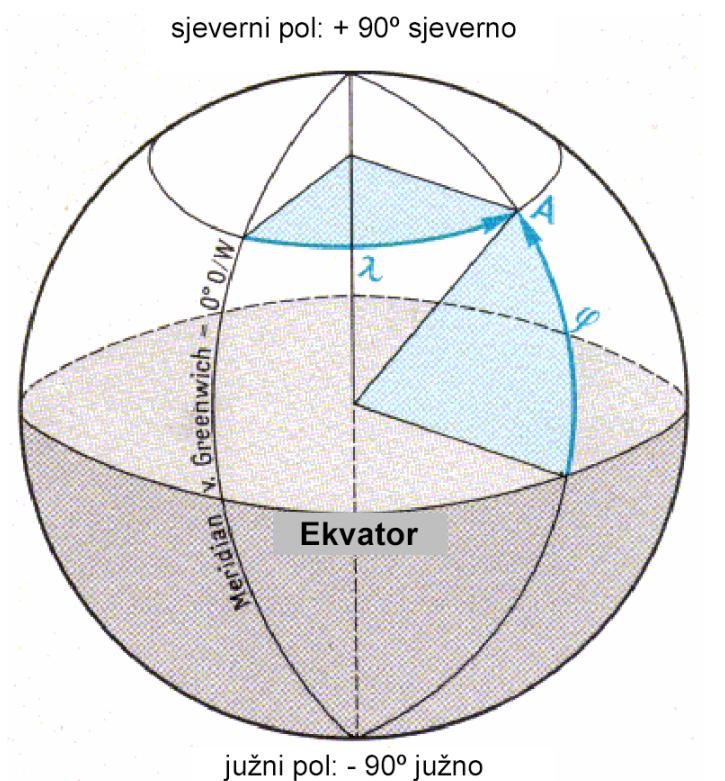
- pomoću ovih instrumenata mogao je utvrditi brzinu broda, smjer (kurs) i **geografsku širinu** - (engl. *LATITUDE*) mjerenjem elevacije svemirskih tijela - Sunca ili zvijezde sjevernjače,
- određivanje **geografske dužine** - (engl. *LONGITUDE*) bio je mnogo složeniji problem...
 - u 16. st. satovi s oprugom imali su pogrešku približno 10 min/dan, što je neprecizno za točniju navigaciju
 - satovi s njihalom neprikladni su i neiskoristivi na brodu
 - tek u 17. i 18. st. omogućeno je određivanje geografske dužine korištenjem kronometara
 - Zemlja se okreće 360° u 24 sata ($15^\circ/h$)
 - točnim mjerjenjem razlike polaznog i lokalnog vremena može se odrediti geografska dužina



Povijesni pregled navigacije

Geografska širina i dužina

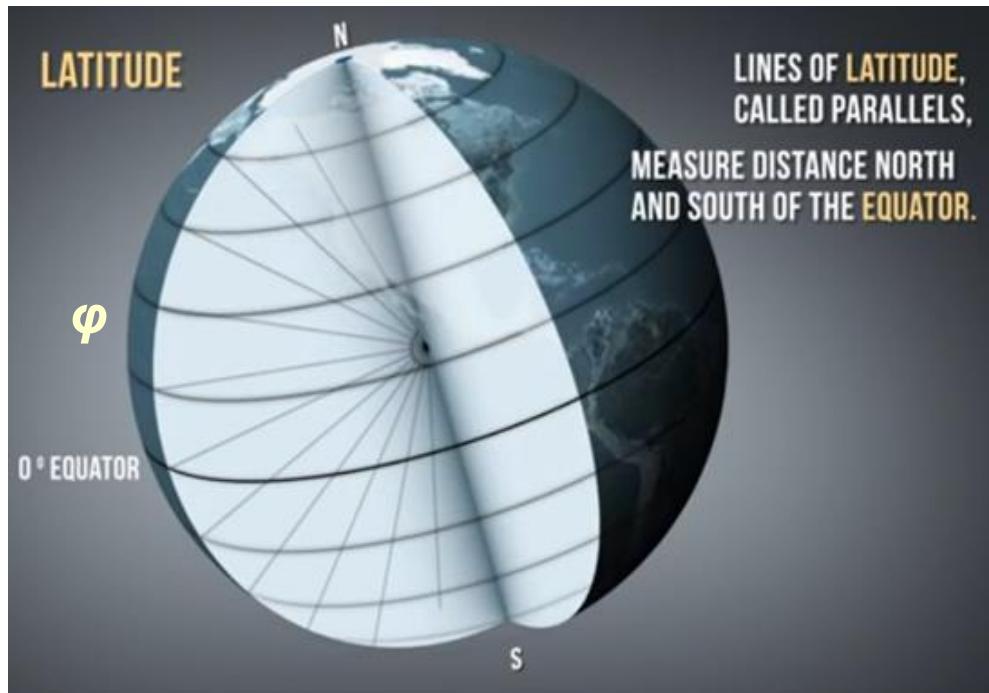
- pozicija svakog dijela Zemljine površine mora biti jednoznačno utvrđena
- zato se uvela pravokutna koordinatna mreža s paralelama i meridijanima



- Ekvator - središnja linija jednakog udaljenosti od sjevernog i južnog pola
- paralelama je predstavljena **geografska širina (ϕ)**
- kroz polove prolaze meridijani, okomiti na paralele, koji svi imaju isti promjer
- **geografska dužina (λ)** je kutna udaljenost mjerena uzduž Zemljinog ekvatora od nultog meridijana do pripadajućeg meridijana te točke

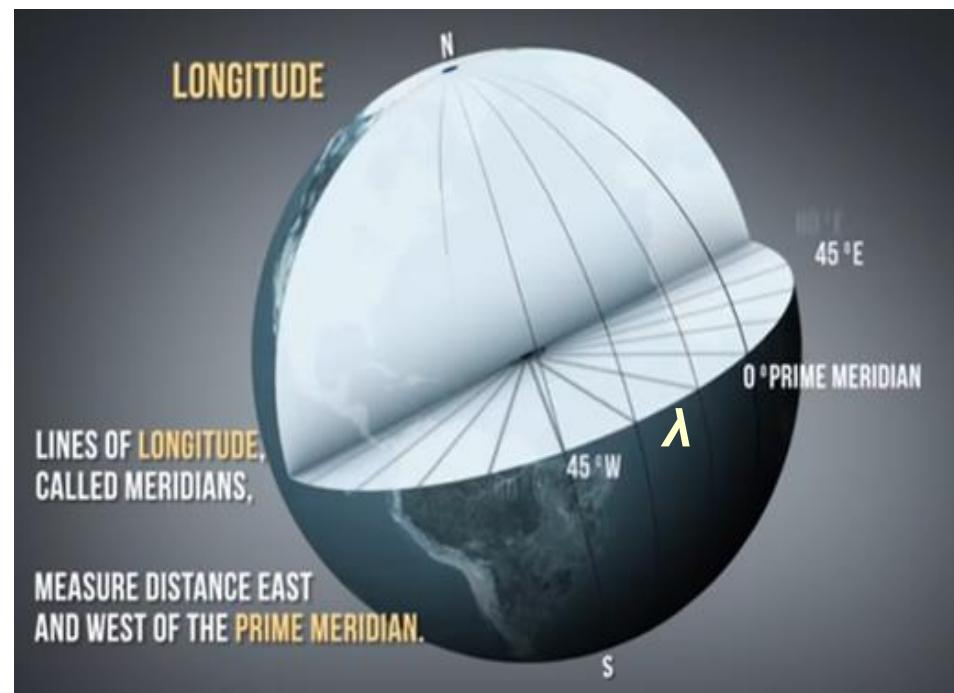
Povijesni pregled navigacije

Geografska širina i dužina



Geografska širina (φ)

mjeri se od **0** do **+90^o** sjeverno (**N**) ili od **0** do **-90^o** južno (**S**) od ekvatora



Geografska dužina (λ)

mjeri se od **0** do **180^o** istočno (**E**) ili zapadno (**W**)

Računska navigacija i kartografija

Računska navigacija (*Dead Reckoning*)

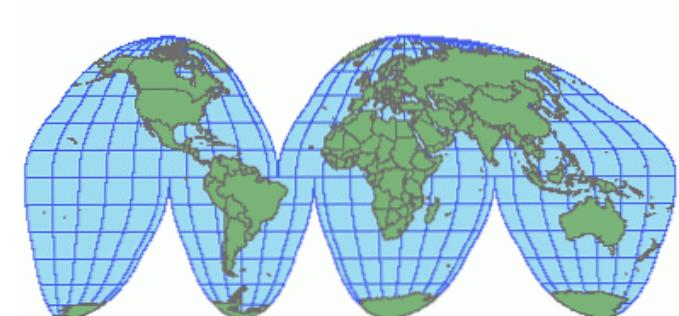
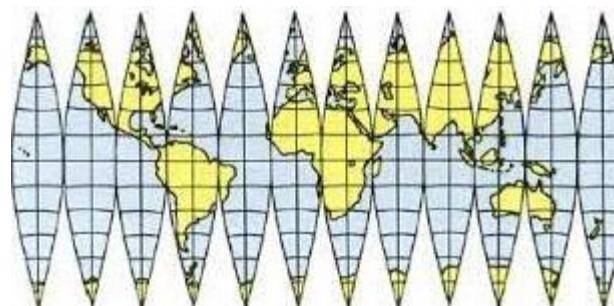
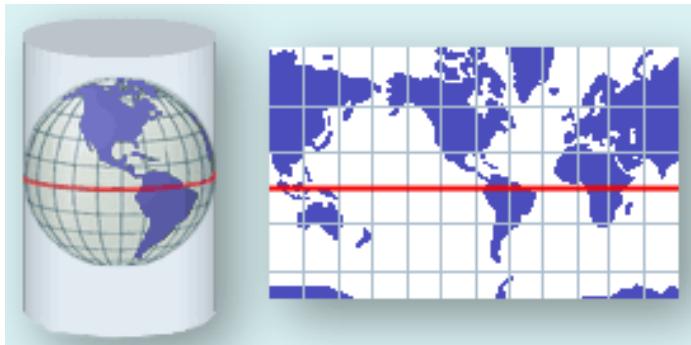
- za navigaciju brodova i zrakoplova se u početku koristila jednostavna ideja da se pozicija može utvrditi relativno u odnosu na polaznu točku, prateći brzinu i smjer kretanja u svakom trenutku
- to zahtijeva mjerjenje smjera (pomoću kompasa), brzine i vremena
- određivanje pozicije svodi se na zbrajanje vektora u odnosu na polaznu točku
- smjer kretanja u zraku ili na moru podložan je pogreškama zbog vjetra ili morskih struja pa treba uzeti u obzir brzine i smjerove vjetra ili struje
- budući da se pogreška računanja pozicije povećava s vremenom i udaljenošću, potrebno je povremeno utvrditi poziciju nekim drugim navigacijskim sustavom, iz koje se započinje novo računanje (kalibracija)
- ucrtavanje pozicija na zemljopisnu kartu na duljim putovanjima podložno je dodatnim problemima vezanim uz kartografski prikaz dijelova Zemaljske kugle...



- problem predstavlja prikaz sferne plohe Zemaljske kugle na papiru
- meridijani nisu paralelni to izaziva pogreške u vektorskim zbrajanjima i prikazu na mapi

Kartografija

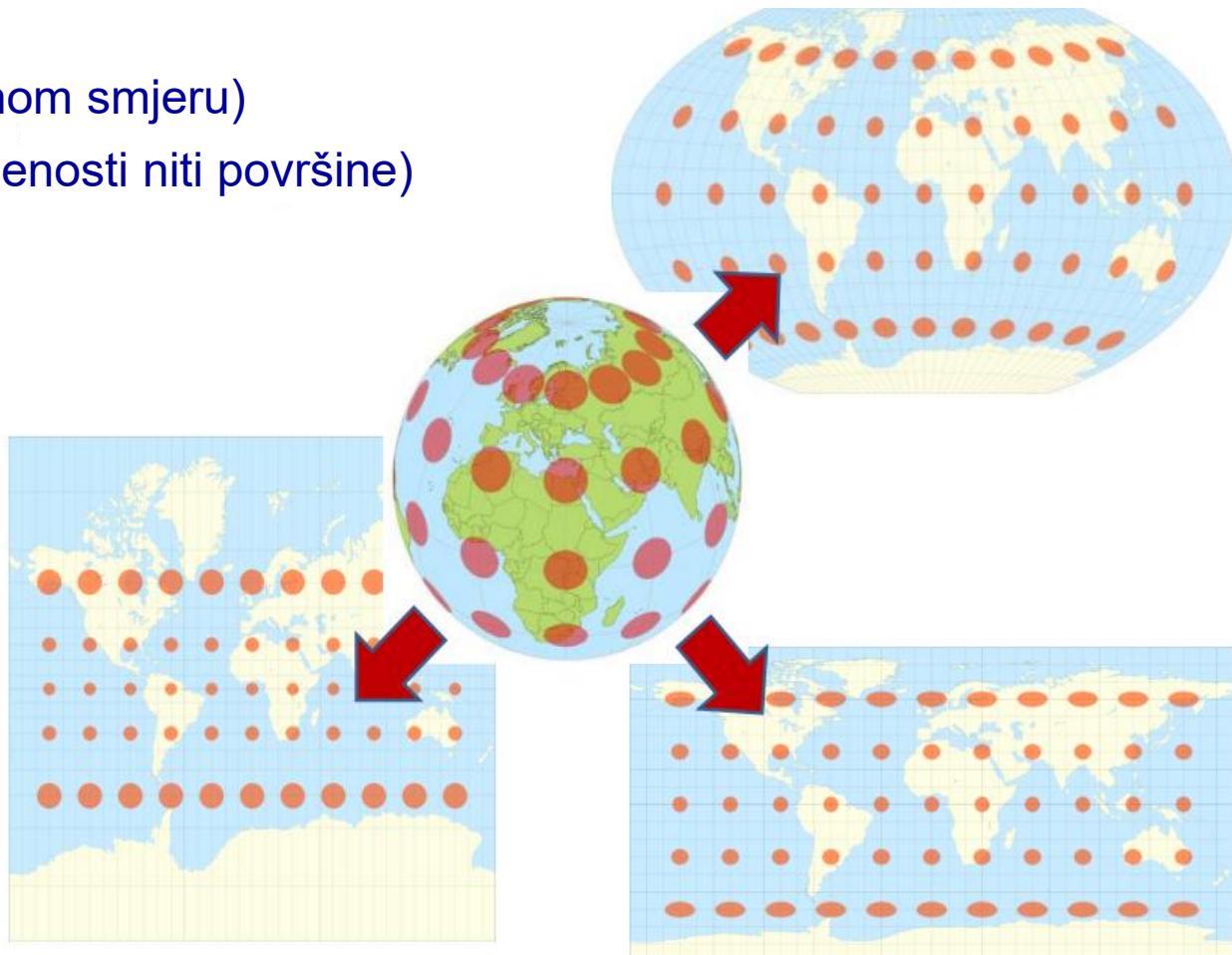
- kartografske projekcije upotrebljavaju se za prikazivanje jednog dijela ili čitave Zemljine plohe uz što je moguće manje deformacija
- što je manje područje koje se prikazuje, to se očekuju manje deformacije
- kartografske projekcije su matematički postupci koji omogućuju preslikavanja zakrivljene plohe Zemaljske kugle u ravninu
- podjela projekcija je moguća prema više kriterija, a obično se uzimaju slijedeći:
 1. prema vrstama deformacija
 2. prema položaju pola normalne kartografske mreže
 3. prema obliku mreže meridijana i paralela uspravnih projekcija



Kartografija

1. Prema vrstama deformacija kartografske projekcije dijele se na:

- Konformne (čuvaju kutove)
 - Ekvivalentne (čuvaju površine)
 - Ekvidistantne (čuvaju duljine u određenom smjeru)
 - Uvjetne (ne čuvaju niti kutove, niti udaljenosti niti površine)
-
- Kod projiciranja se inicijalne kružnice mogu deformirati ovisno o tome da li dolazi do deformacija kutova, površina ili udaljenosti

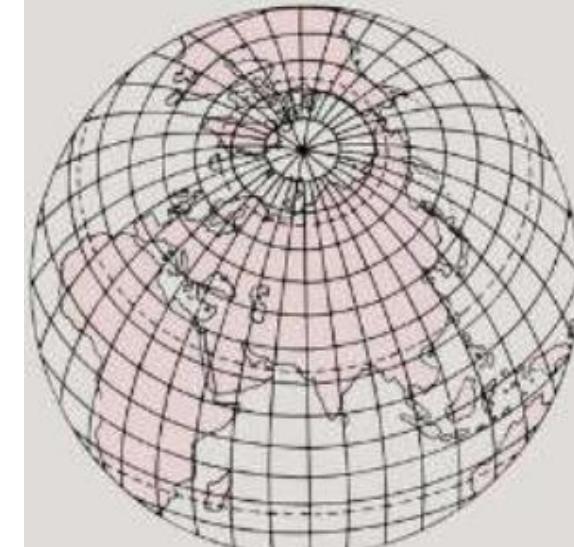
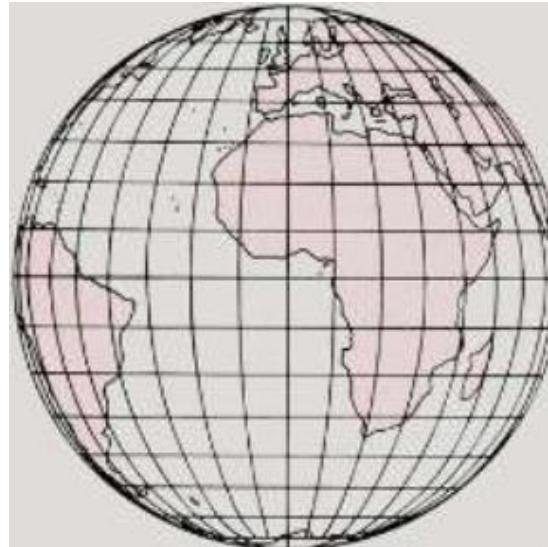
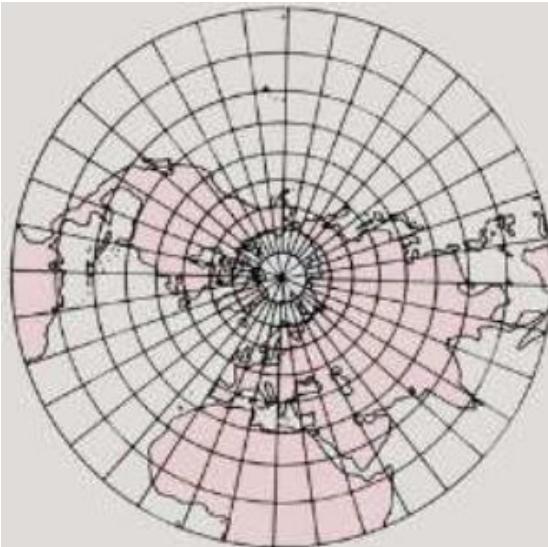


Kartografija

2. Podjela prema položaju pola normalne kartografske mreže

Normalna kartografska mreža

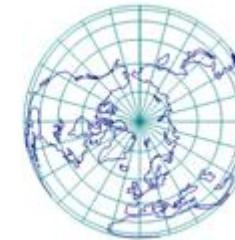
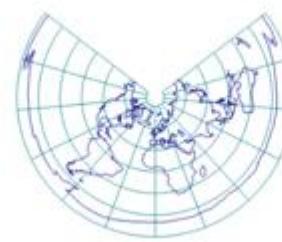
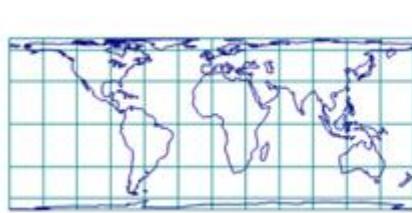
- Uspravna – pol normalne mreže se podudara s geografskim polom ($\phi_P = 90^0$)
- Poprečna – pol normalne mreže nalazi se na ekvatoru ($\phi_P = 0^0$)
- Kosa – pol normalne mreže nalazi se u bilo kojoj točki između pola i ekvatora ($0 < \phi_P > 90^0$)



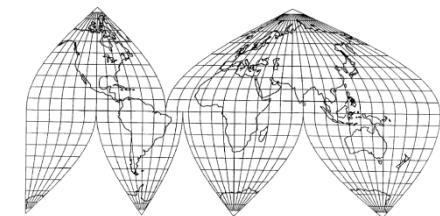
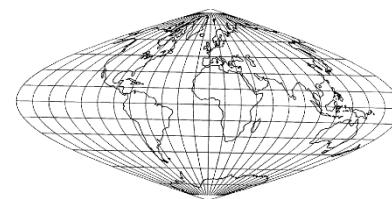
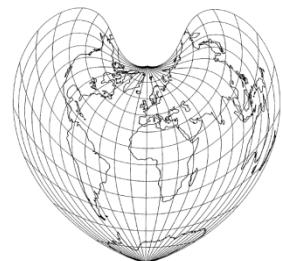
Kartografija

3. Podjela prema obliku mreže meridijana i paralela uspravnih projekcija

- Cilindrične
- Konusne
- Azimutne
- Kružne



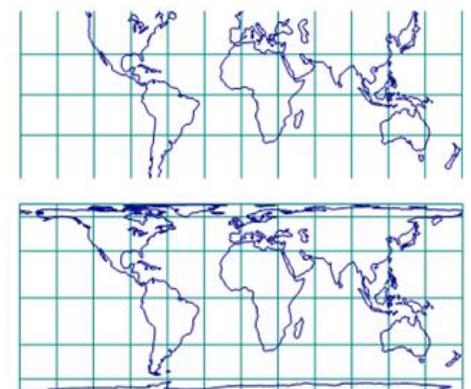
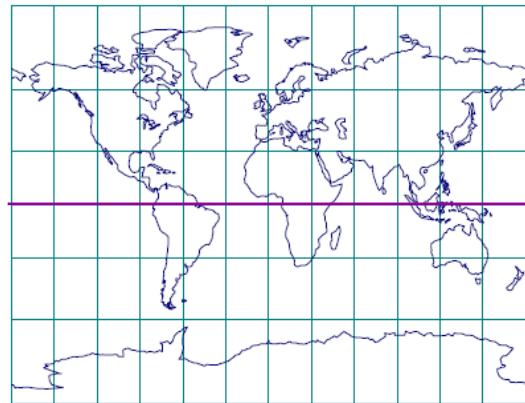
- Pseudokonusne
- Pseudocilindrične
- Polikonusne



Kartografija

Cilindrične (valjkaste) projekcije

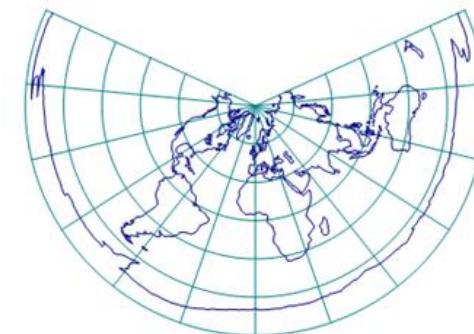
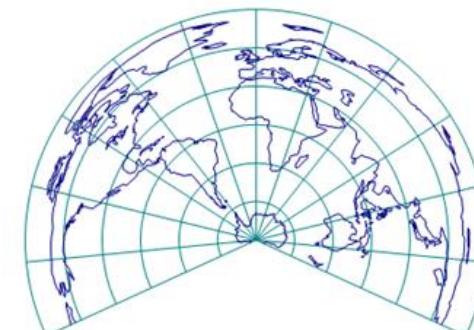
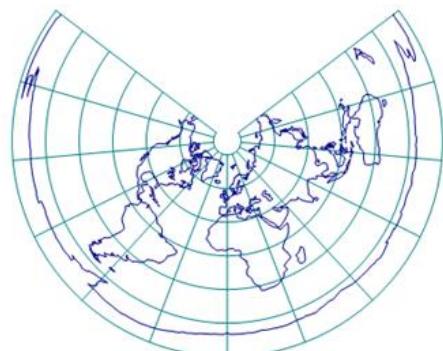
- meridijani se preslikavaju u dijelove paralelnih pravaca razmaknutih proporcionalno odgovarajućim razlikama geografskih dužina
- paralele se preslikavaju kao dijelovi paralelnih pravaca okomitih na meridijane



Kartografija

Konusne (stožaste) projekcije

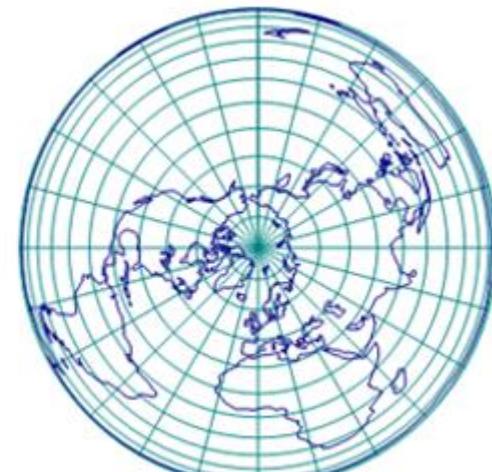
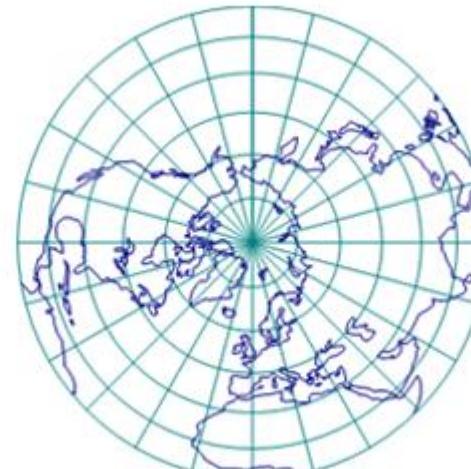
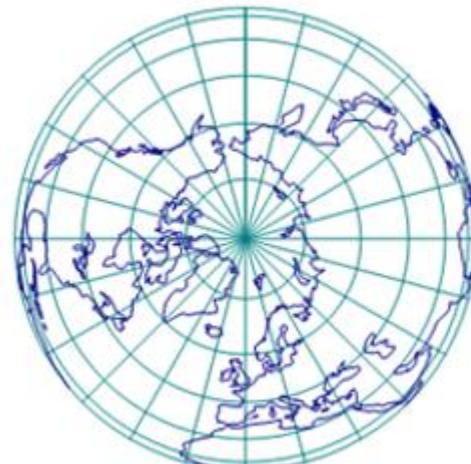
- meridijani se preslikavaju u dijelove pravaca koji se sijeku pod kutovima proporcionalnim odgovarajućim razlikama geografskih dužina
- paralele se preslikavaju kao lukovi koncentričnih kružnica sa središtem u presjeku meridiana



Kartografija

Azimutne projekcije

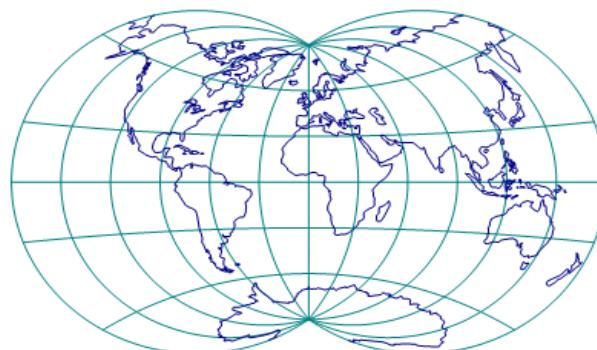
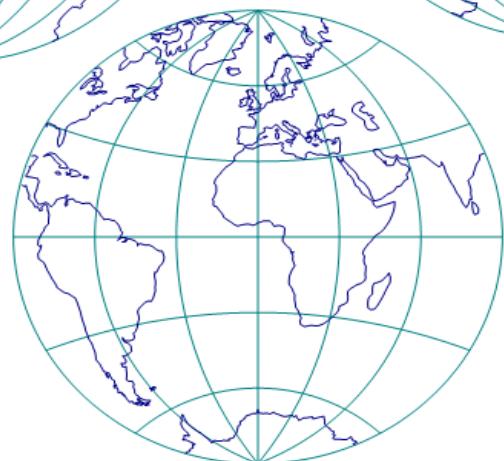
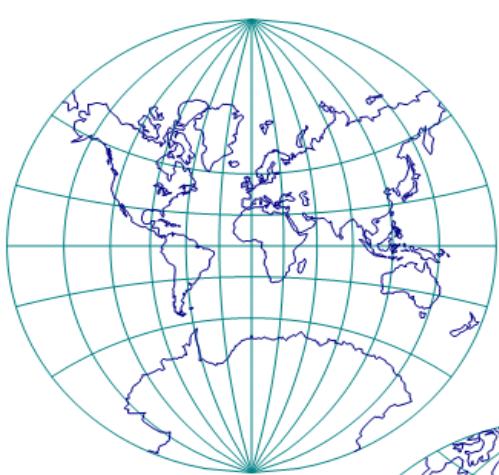
- meridijani se preslikavaju u dijelove pravaca koji se sijeku pod kutovima jednakim odgovarajućim razlikama geografskih dužina
- paralele se preslikavaju kao koncentrične kružnice sa središtem u presjeku meridijana



Kartografija

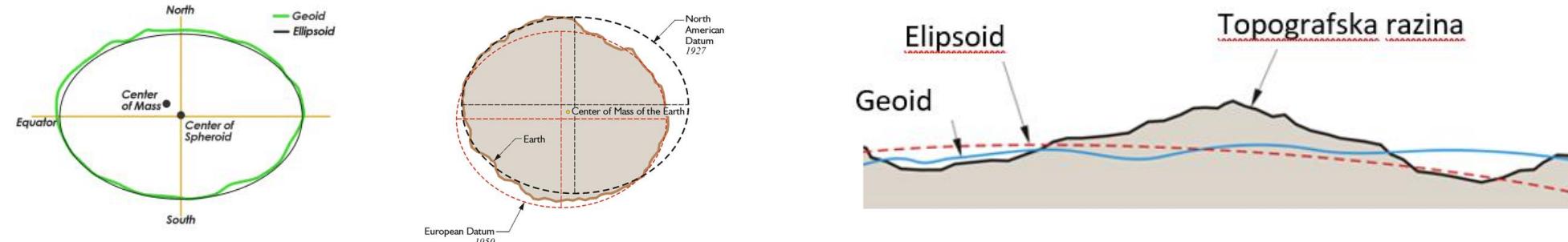
Kružne projekcije

- meridijani i paralele se preslikavaju kao kružni lukovi



Kartografija

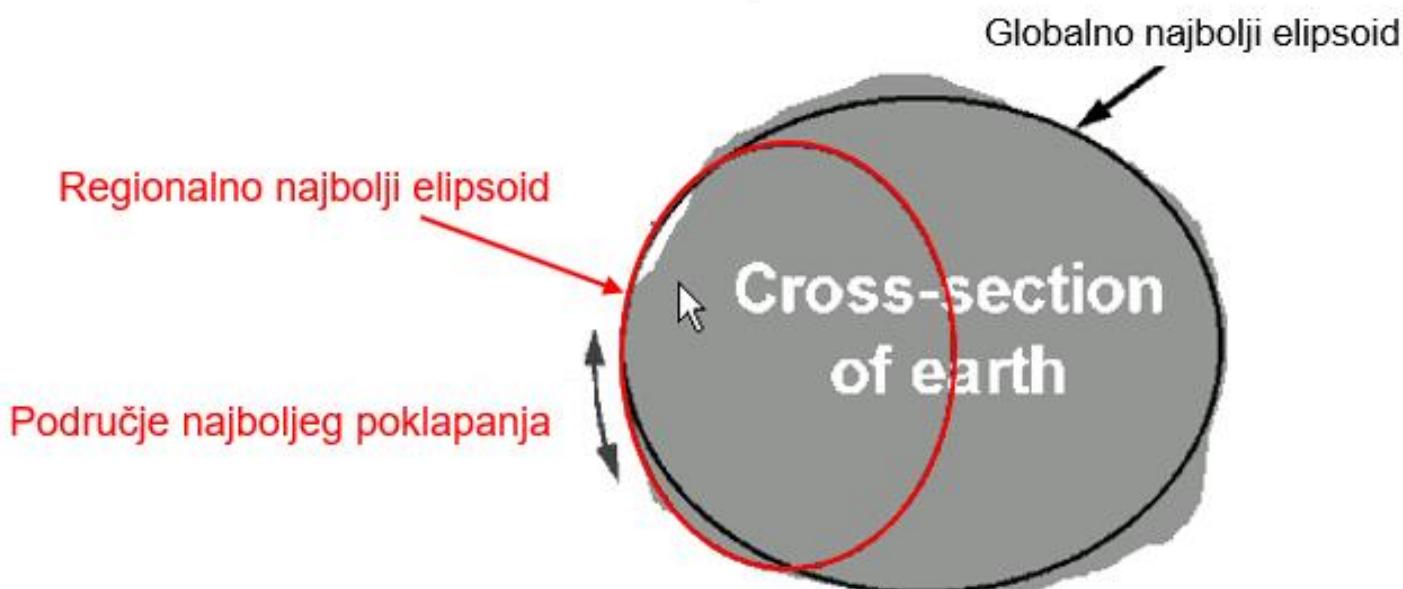
- nepravilan oblik Zemlje kao svemirskog tijela, odnosno aproksimacija pomoću matematičkog modela, najčešće **elipsoida**, često je uzrok pogrešaka pozicioniranja korištenjem GPS prijemnika i snalaženja na zemljopisnim kartama te kod određivanja nadmorske visine



- prvi problem se pojavljuje kod očitavanja koordinata s GPS prijemnika i interpretacije na kartama – koordinate očitane na GPS uređaju, na karti se često nalaze na nekom drugom mjestu, odnosno pomaknute su
- ovaj pomak proizlazi iz procesa izrade karata, odnosno iz kartografskih projekcija
- topografske karte** u pravilu ne koriste koordinatni sustav geografske širine i dužine izražen u stupnjevima, već koriste pravokutne koordinatne sustave
- koordinate u takvim koordinatnim sustavima se izražavaju u kilometrima (ili metrima), a ne u stupnjevima
- na topografskoj karti položaj neke točke definiran je udaljenošću od ishodišne točke po x i y osi, i nadmorskom visinom. Os y je u smjeru istoka (ekvator), a os x u smjeru sjevera (meridijan)

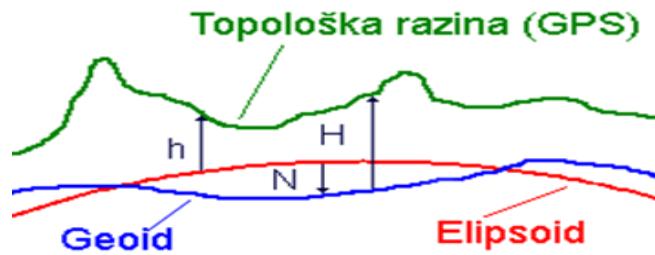
Kartografija

- Zemlja ima približno sferičan oblik, koji je zbog rotacije pomalo spljošten. Zemljin radijus je najveći u području oko ekvatora, a najmanji u području oko polova
- najjednostavniji geometrijski oblik koji relativno dobro opisuje oblik Zemlje je biaksijalni elipsoid, koji predstavlja trodimenzionalno tijelo koje se dobiva rotiranjem elipse oko njene kraće osi
- u različitim regijama stvarni oblik Zemlje bolje opisuju različiti elipsoidi
- za cijelu Zemlju najprikladnije je koristiti elipsoid GRS80 (*Geodetic Reference System 1980*) ili WGS elipsoid
- GPS prijemnici izračunavaju koordinate i visinu trenutne pozicije iznad elipsoida WGS84 (*World Geodetic Survey 1984*)



Kartografija

- tradicionalno se na kartama prikazuje podatak o visini iznad površine mora
- visina mora i oceana na Zemlji ili „nulta“ nadmorska visina nije ista na cijelom planetu
- na različitim pozicijama nadmorska visina se razlikuje od visine zamišljenog zemljinog elipsoida
- oblik Zemlje koji prikazuje „nultu“ nadmorskiju visinu naziva se geoid
- stvarna visina nekog nivoa površine predstavlja udaljenost tog nivoa površine od geida (nulte visine) u smjeru gravitacije
- površina čiju visinu određujemo je okomita na smjer gravitacije, a stvarna visina se stoga još naziva ortometrijska visina

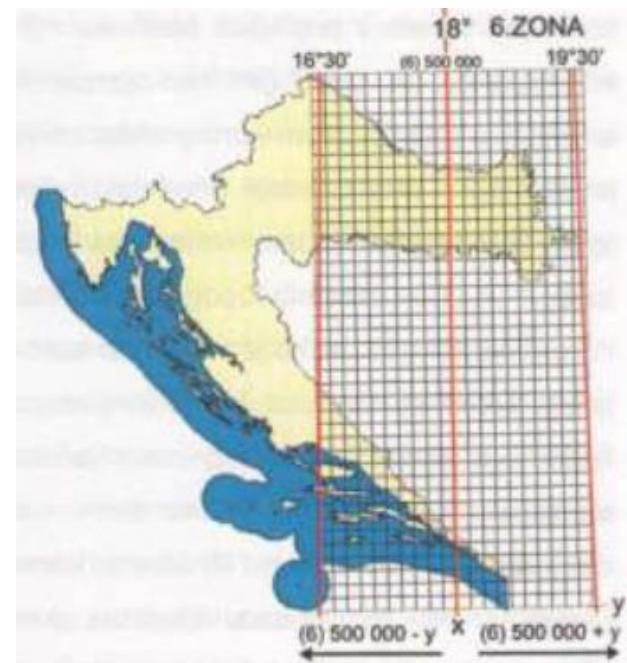
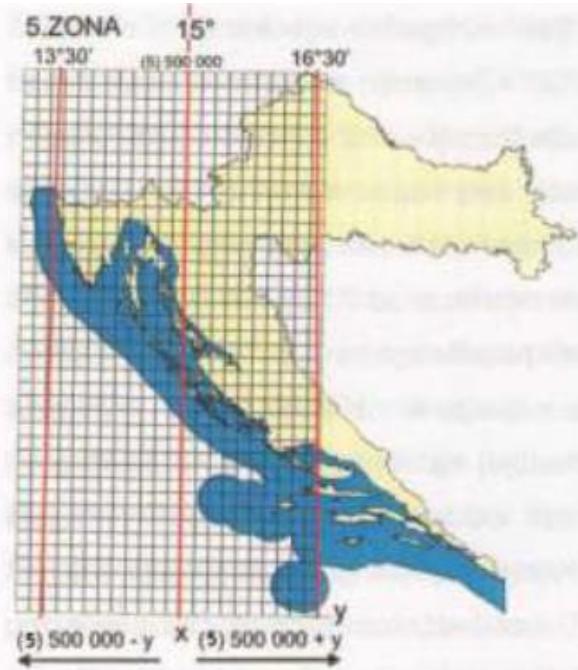


h je visina elipsoida,
H je ortometrijska visina
N je visina geoida
 $h = H+N$

- GPS mjeri visinu elipsoida h , a za kartografske potrebe potrebna je ortometrijska visina H te je stoga potrebno visinu elipsoida korigirati za visinu geoida N

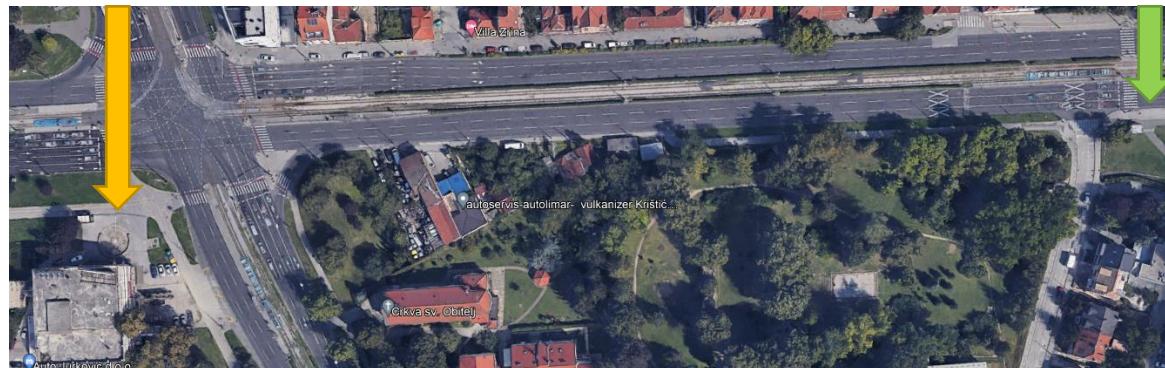
Kartografija

- u Hrvatskoj je u službenoj upotrebi Gauß-Krügerova (poprečna cilindrična konformna) projekcija rotacijskog elipsoida - kutovi izmjereni na karti odgovaraju kutovima izmjerenim u prirodi
- kod Gauß-Krügerove projekcije točke elipsoida preslikavaju se na plašt valjka, koji dodiruje odabrani meridijan – tzv. središnji meridijan
- što se više udaljavamo od tog središnjeg meridijana deformacija je sve veća pa se ovakva projekcija koristi samo za relativno uska područja uz zadani meridijan, tzv. zone, široke 3° do 6° geografske dužine
- u HR se elipsoid preslikava oko dva meridijana, oko meridijana 15. (5. zona) i 18. (6. zona)



Kartografija

- za postojeće topografske karte za područje Republike Hrvatske Gauß-Krügerova projekcija nije obavljena za WGS84 elipsoid kojega koristi GPS, već za Besselov elipsoid (Bessel 1841)
- ako na elipsoidu definiramo koordinatni sustav govorimo o kartografskom datumu
- zemljovidovi Republike Hrvatske najčešće su izrađeni koristeći Hermannskogelov datum s Bessel 1841 elipsoidom
- zanemarivanjem ove činjenice kod očitanja GPS lokacije i unosom koordinata na postojeće zemljovide doći će do odstupanja koje može biti i 400 m
- za ispravno podešavanje GPS uređaja za rad s nekom kartom potrebno je poznavati podatke o kartografskoj projekciji, te kartografskom datumu koji je korišten kod izrade karte



16. meridijan u Zagrebu

GPS s WGS 84

zemljovidi HR s
Bessel 1841

Inercijski navigacijski sustav (INS)

- **INS** je elektronički navigacijski sustav koji neprekidnim praćenjem promjena brzine kretanja objekta izračunava podatke o prijeđenom putu, što mu omogućava i određivanje njegovog trenutačnoga položaja
- temeljno načelo rada INS sustava je mjerjenje ubrzanja, prijeđenog puta i brzine korištenjem akcelerometara i žiroskopa
- početci inercijske navigacije datiraju iz 20-tih godina prošlog stoljeća u Njemačkoj, gdje su inercijski sustavi korišteni u razvoju sustava navođenja balističkih projektila
- u 50-im godinama prošlog stoljeća započinje razvoj bespilotnih letjelica i tada se je INS počeo masovnije ugrađivati u zrakoplove, vlakove, brodove, automobile
- INS je potpuno autonoman, ne oslanja na vanjske signale niti na vidljivost, može raditi u tunelima i ispod vode s jednakom točnošću kao i bilo gdje drugdje, otporan je na ometanje i smetnje
- INS koristi senzore za praćenje parametara gibanja koji imaju visoku točnost u kratkim vremenskim periodima, ali u duljim periodima pogreške se akumuliraju i povećavaju
- INS se često integrira s drugim sustavima za pozicioniranje (npr. GPS), gdje jedan sustav nadopunjuje nedostatke onog drugog

Inercijski navigacijski sustav (INS)

Akcelerometri

- općenito gledano, akcelerometar je probna masa koja se nalazi u kućištu u kojem je pričvršćena oprugama
- akcelerometar je osnovni instrument za mjerjenje ubrzanja svakog inercijskog sustava
- u nultoj akceleraciji probna masa bit će u kalibriranom ravnotežnom (nultom) položaju

nulti položaj



osjetljiva os



- pod djelovanjem sile, masa u kućištu akcelerometra će se pomicati, uzrokujući deformaciju opruge

Postoje dvije osnovne grupe akcelerometara

- razlikuju se po načinu kako mjere specifičnu silu:
 - prva grupa mjeri pomake iz ravnotežnog položaja
 - druga mjeri силу koja je potrebna da bi probnu masu održali u ravnotežnom položaju

Inercijski navigacijski sustav (INS)

Akcelerometri

- pod djelovanjem sile, masa u kućištu akcelerometra će se pomicati, uzrokujući deformaciju opruge:

$$F = k \times x \quad x \text{ označava pomak tijela, } k \text{ predstavlja konstantu opruge}$$

- prema Newtonovom zakonu gibanja sila F koja djeluje na neko tijelo daje tom tijelu ubrzanje a proporcionalno sili, a obrnuto proporcionalno masi m toga tijela:

$$F = m \times a$$

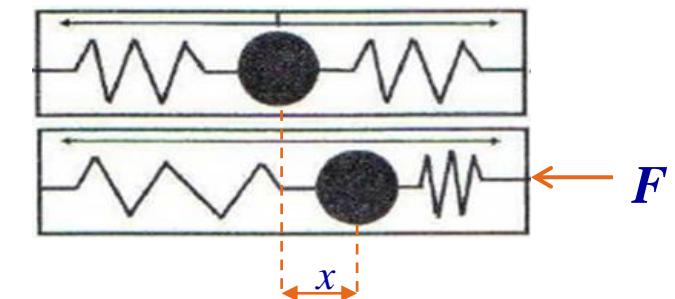
- ako se tijelo pričvršćeno za oprugu pomakne iz položaja ravnoteže, pojavit će se povratna sila proporcionalna pomaku tijela iz ravnotežnog položaja:

$$F = m \times a = k \times x$$

- uz poznati pomak x , ubrzanje mase iznosi:

$$a = \frac{k \times x}{m}$$

- akcelerometar će registrirati svako pomicanje u smjeru osi akcelerometra
- prvom integracijom može se izračunati brzina ili promjena brzine
- za određivanje smjera i brzine kretanja po x i y osima u koordinatnom sustavu bit će potrebna dva akcelerometra, jedan u smjeru x i drugi u smjeru y osi

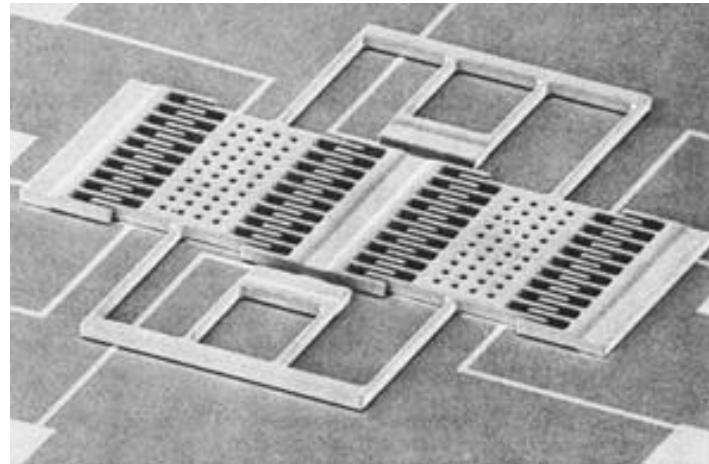
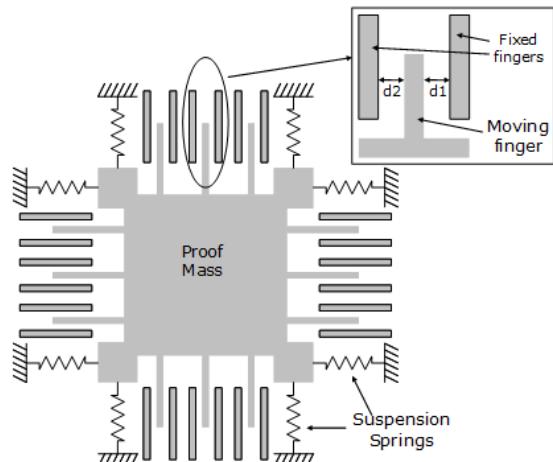


$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \int_{t_0}^t \vec{a} dt \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Inercijski navigacijski sustav (INS)

Akcelerometri

- za registriranje kretanja u sve tri dimenzije koriste se tri akcelerometra, po jedan u smjeru svake osi x, y i z
- akcelerometri moraju biti smješteni na precizno stabiliziranu platformu orijentiranu u horizontalnoj ravnini i prema referentnom smjeru azimuta
- ako platforma nije dovoljno stabilizirana ili dobro orijentirana, pojavit će se pogreške koje će se s vremenom akumulirati
- stabilnost platforme se rješava korištenjem **žiroskopa**
- osnovne vrste pogrešaka kod akcelerometara su: sistemske pogreške, nestabilnosti parametara, efekti centrifugalne akceleracije ovisno o visokim brzinama rotacije te kutna osjetljivost akcelerometra

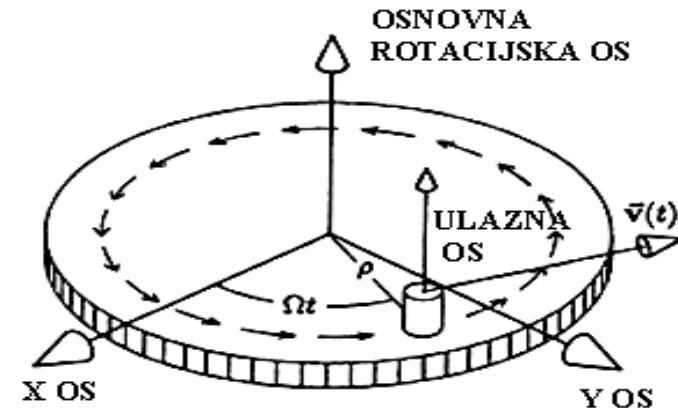
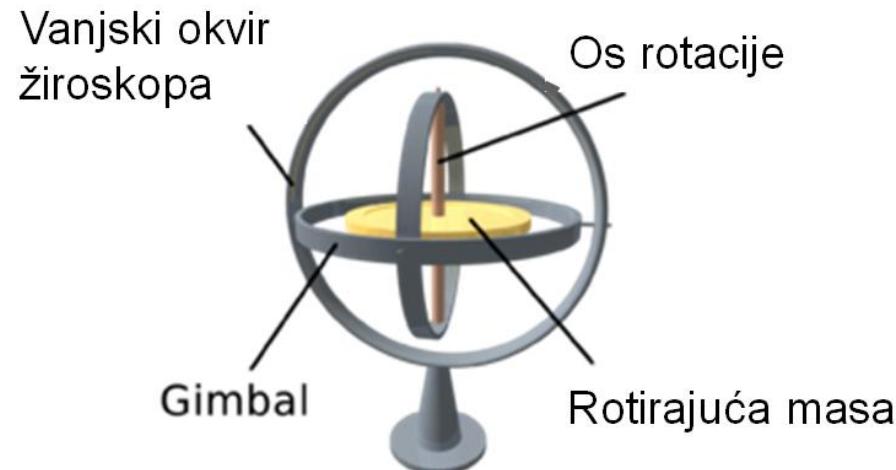


Inercijski navigacijski sustav (INS)

Žiroskop

- rotirajuća masa s velikom stabilnošću (inercijom), zbog stabilnosti je os rotacije zadržana u prostoru
- mehanički rotacijski žiroskopi postavljeni su unutar sustava kardanskih prstenova (engl. *gimbal system*)

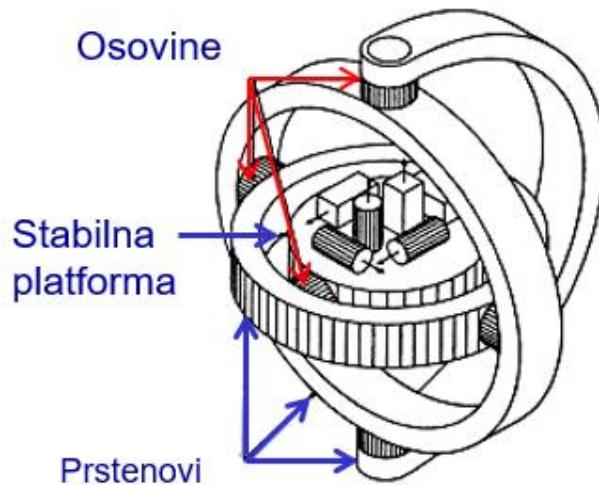
Žirokompas - os rotacije u smjeru sjevera



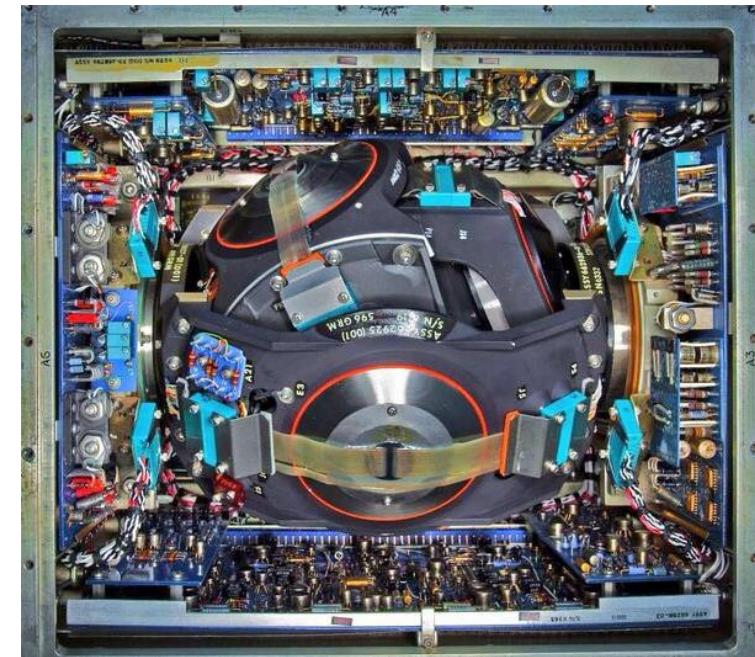
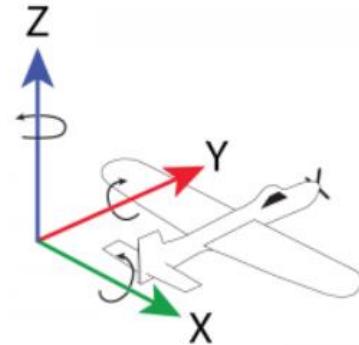
Inercijski navigacijski sustav (INS)

Inercijska platforma

- ideja je postojala još sredinom 19. st., ali su tek u 20. st. napravljeni prvi žiroskopi dovoljno precizni za navigaciju
- akcelerometar kao senzor za mjerjenje akceleracije i **žiroskop** kao stabilna inercijska platforma zajedno čine **INS**



Izgled inercijske platforme



INS iz aviona Concorde 01

Inercijski navigacijski sustav (INS)

Inercijska navigacija

- ima 3 akcelerometra u 3 osi, koji registriraju pomake u sve tri dimenzije
- pogreške se akumuliraju, pa u sat vremena pogreška može biti nekoliko km
- nužne su povremene korekcije pomoću nekog drugog sustava

Integracijom INS i GNSS dobivamo vrlo atraktivni i robusni navigacijski sustav

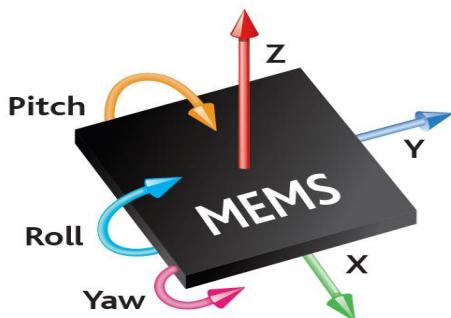
- **GNSS** ima dugotrajnu stabilnost i homogenu točnost, dok **INS** ima odličnu kratkotrajnu stabilnost



Inercijski navigacijski sustav (INS)

Inercijska navigacija

- danas se radi na razvoju inercijske tehnologije senzora na bazi silicija proizvedenih kao IC
- to su mikroakcelerometri, koriste se za sigurnosne sustave automobila, ali nisu još dovoljno precizni za navigaciju



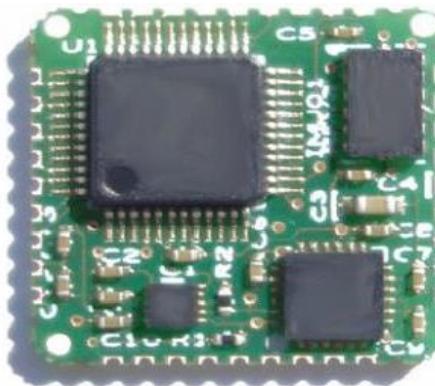
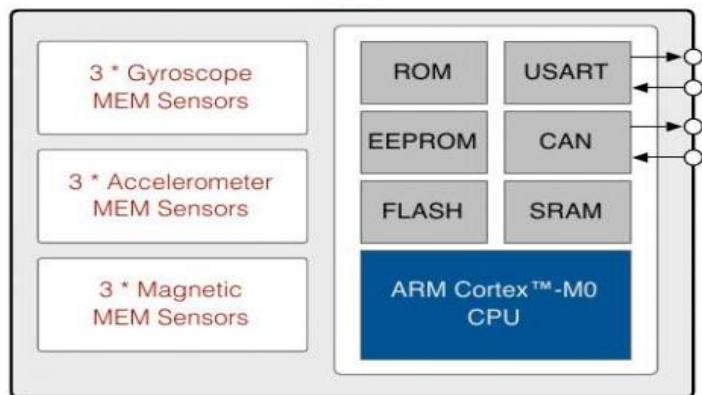
MEMS (*MicroElectroMechanical Systems*)

Žiroskop – u tri dimenzije: pitch, roll i yaw

- kut zakreta (radijani), prosječni zakret (rad/s)

Akcelerometar – mjeri ubrzanja u x, y i z osi

- promjena brzine (m/s), prosječno ubrzanje (m/s²)

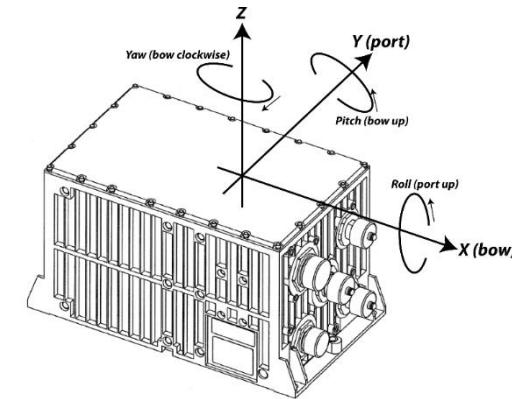


Inercijski navigacijski sustav (INS)

Inercijska navigacija

- odnos cijene i kvalitete INS senzora za različite namjene

AHRS (Attitude and Heading Reference Systems)			
Computers	Sensor Stabilization	Commercial AHRS	Commercial & Military Aircraft Navigation
Cameras	Automotive	Guided Munitions	Commercial Spacecraft
Medical	General Aviation		
Games			
>200 deg/hr	10-200 deg/hr	0.1-10 deg/hr	<0.01 deg/hr
\$50 - 1,000	\$5,000-10,000	\$10,000-50,000	>\$100,000
Consumer	Automotive	Tactical	Navigation



HRG

Hemispherical Resonator Gyro

Fiber Optic Gyro

Ring Laser Gyro



GLOBALNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Predavanje 2

Prof. dr. sc. Tomislav Kos

Doc. dr. sc. Josip Vuković

**Radiolokacija,
radiogoniometrija i
navigacija**



Teme predavanja

- Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

- Početci radijskog emitiranja i rasprostiranje radiovalova

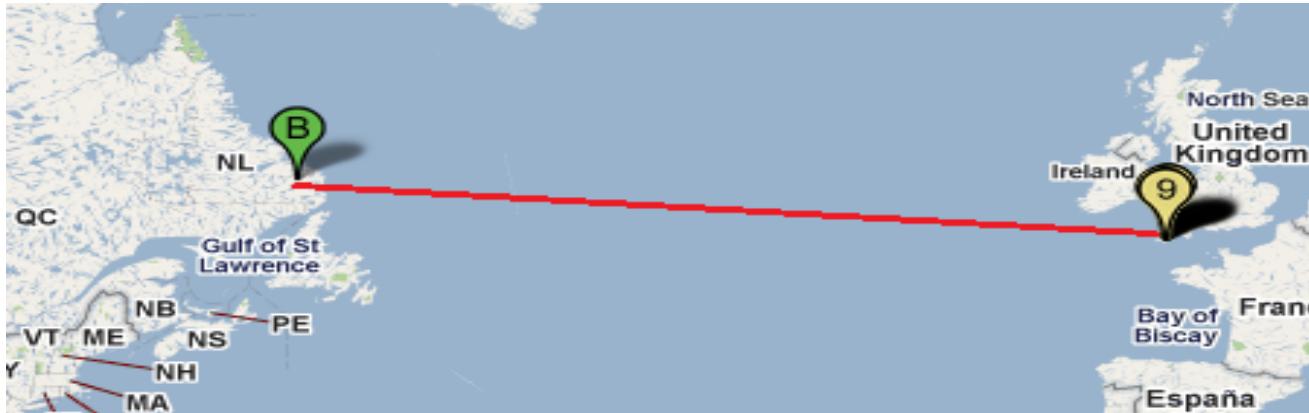
- Radiolokacija i radiogoniometrija

- Podjela navigacijskih sustava

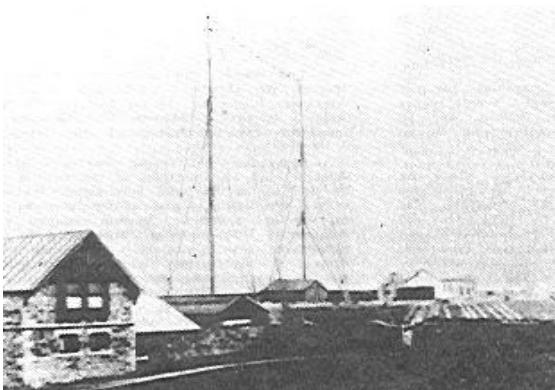
- Određivanje položaja pomoću radiovalova i pogreške mjerena

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

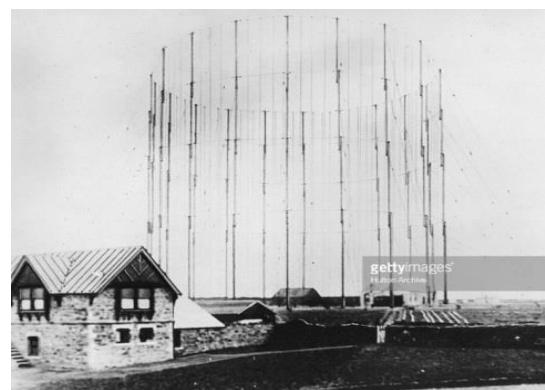
Početci radijskog emitiranja bili su u 20. stoljeću



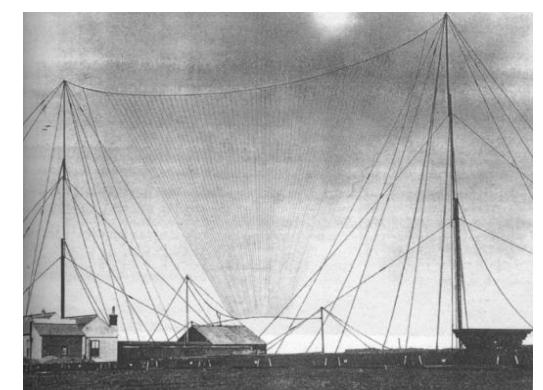
Prvi radiosignal emitiran 1901. god.
preko Atlantika između Engleske i
Newfoundlanda u Kanadi (Marconi)



Antena u Poldhu, Cornwall, UK, prosinac 1901.
Signal frekvencije oko 850 kHz



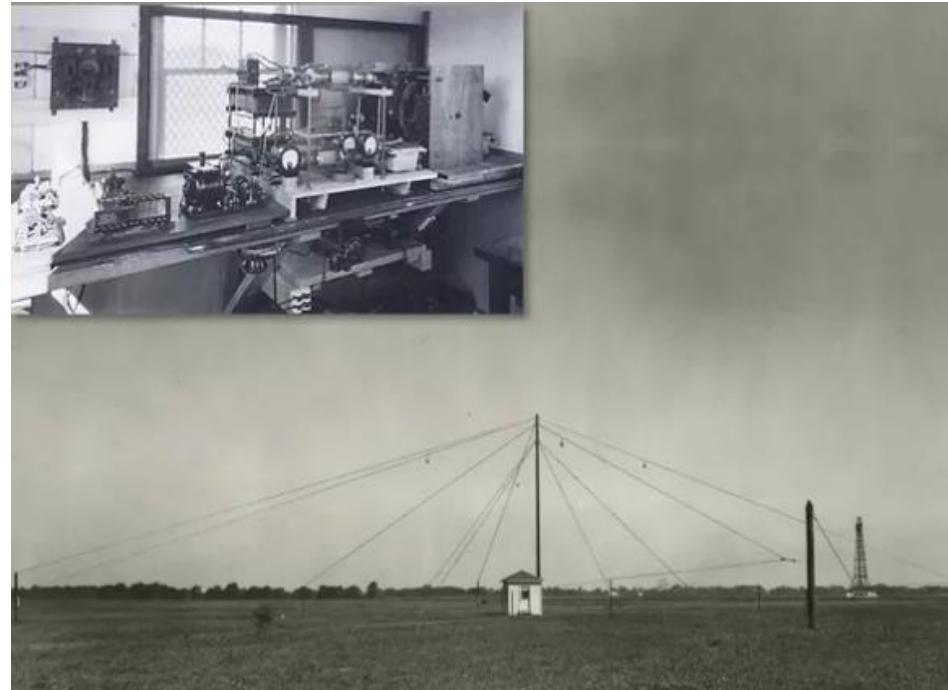
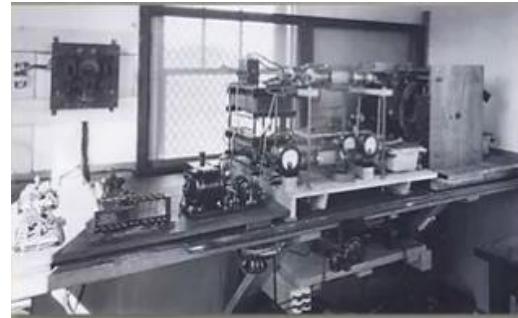
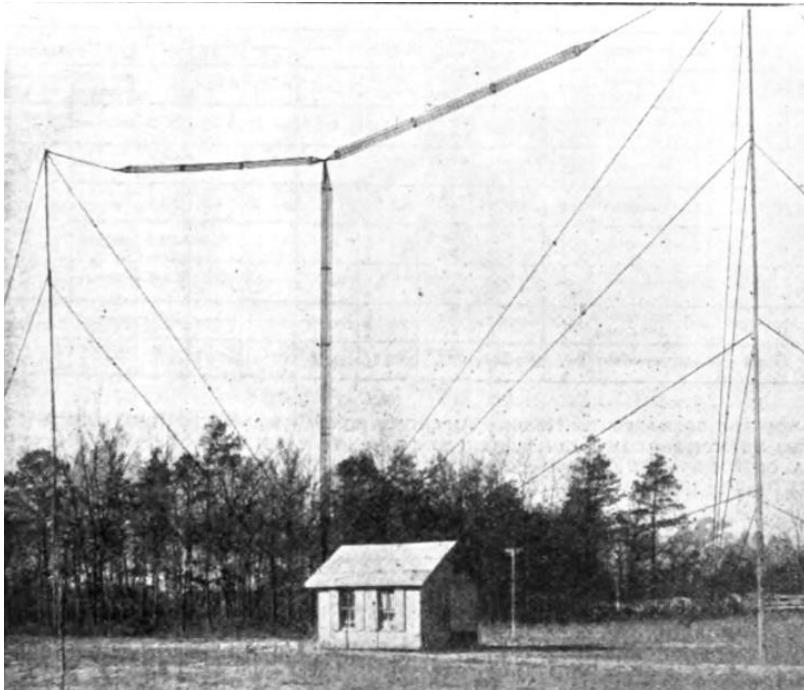
1902. frekvencija 272 kHz



1904. frekvencija 70 kHz

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

- od 1903. radioemisije za prijenos točnog vremena
- od 1907. obavijesti za pomorce
- 1922. počinju se koristiti radiofarovi (radiosvjetionici)



Source: The Henry Ford Museum, From the Collections of The Henry Ford. Gift of Ford Motor Company. Images, Exterior P.189.3684, Interior P.189.13682

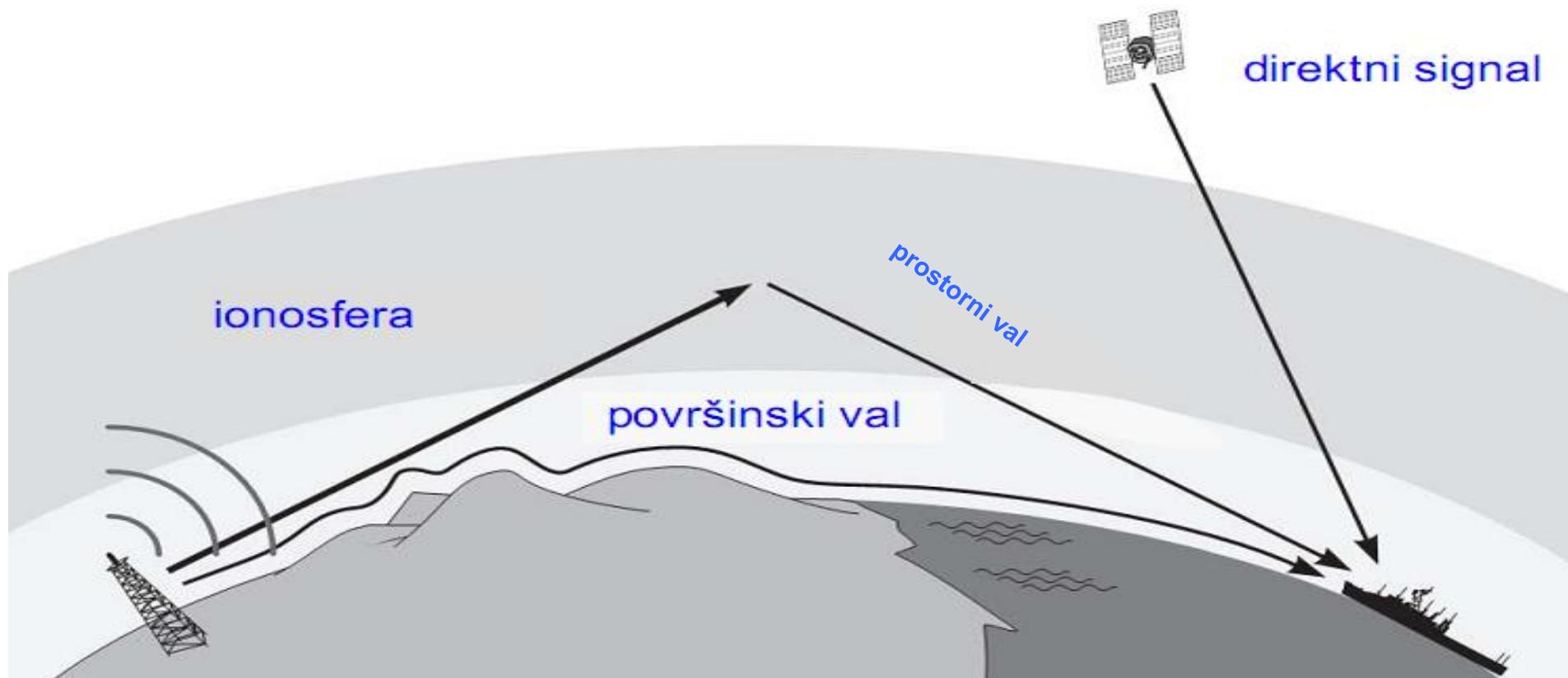
Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

- radiogoniometrijski i navigacijski sustavi koriste osnovna načela rasprostiranja radiovalova
- frekvencijska područja od 10 kHz do 300 GHz imaju različite namjene prema ITU - *International Telecommunication Union* (osnovana 1934. god.)

Oznaka		Frekvencija	Valna duljina	
ELF	<i>extremely low frequency</i>	3Hz do 30Hz	100 000km do 10 000km	
SLF	<i>superlow frequency</i>	30Hz do 300Hz	10 000km do 1 000km	
ULF	<i>ultralow frequency</i>	300Hz do 3000Hz	1 000km do 100km	
VLF	<i>very low frequency</i>	3kHz do 30kHz	100km do 10km	vrlo dugi val (VDV)
LF	<i>low frequency</i>	30kHz do 300kHz	10km do 1km	dugi val (DV)
MF	<i>medium frequency</i>	300kHz do 3000kHz	1km do 100m	srednji val (SV)
HF	<i>high frequency</i>	3MHz do 30MHz	100m do 10m	kratki val (KV)
VHF	<i>very high frequency</i>	30MHz do 300MHz	10m do 1m	metarski valovi (UKV)
UHF	<i>ultrahigh frequency</i>	300MHz do 3000MHz	1m do 10cm	decimetarski valovi
SHF	<i>superhigh frequency</i>	3GHz do 30GHz	10cm do 1cm	centimetarski valovi
EHF	<i>extremely high frequency</i>	30GHz do 300GHz	1cm do 1mm	milimetarski valovi

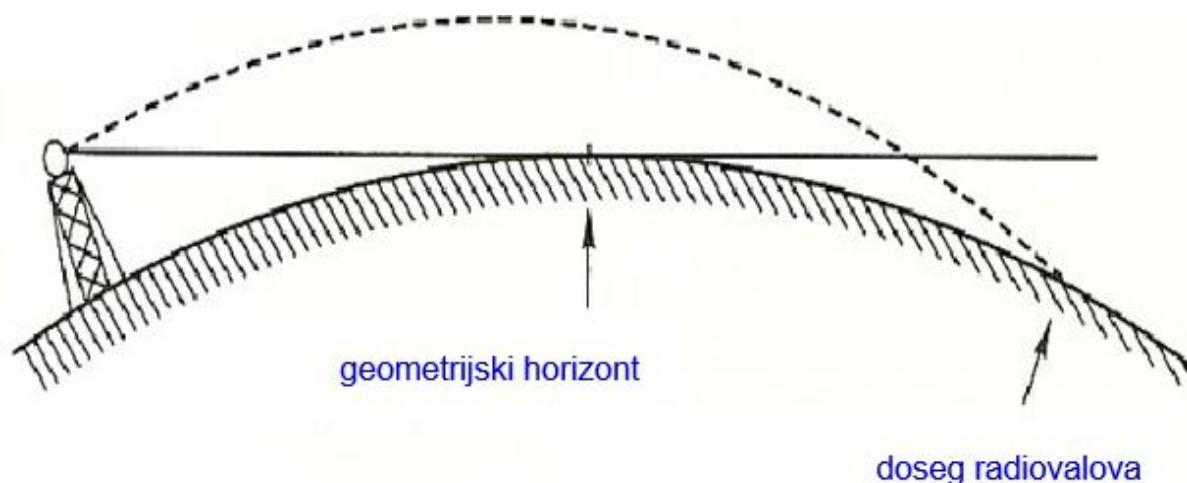
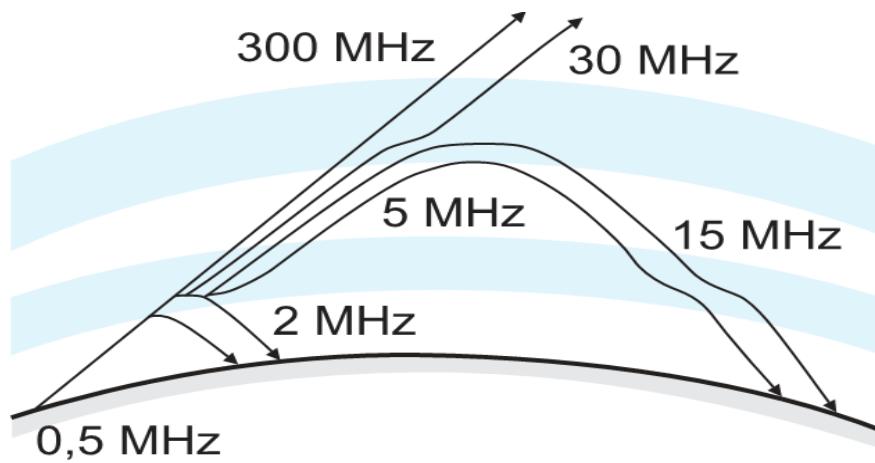
Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

- u VLF području (3kHz do 30kHz) prevladava **površinski val** velikog dometa
- u LF području (30kHz do 300kHz) uz površinski val malo manjeg dometa nego u VLF postoje i **prostorni valovi** dobiveni uslijed refleksije od slojeva ionosfere



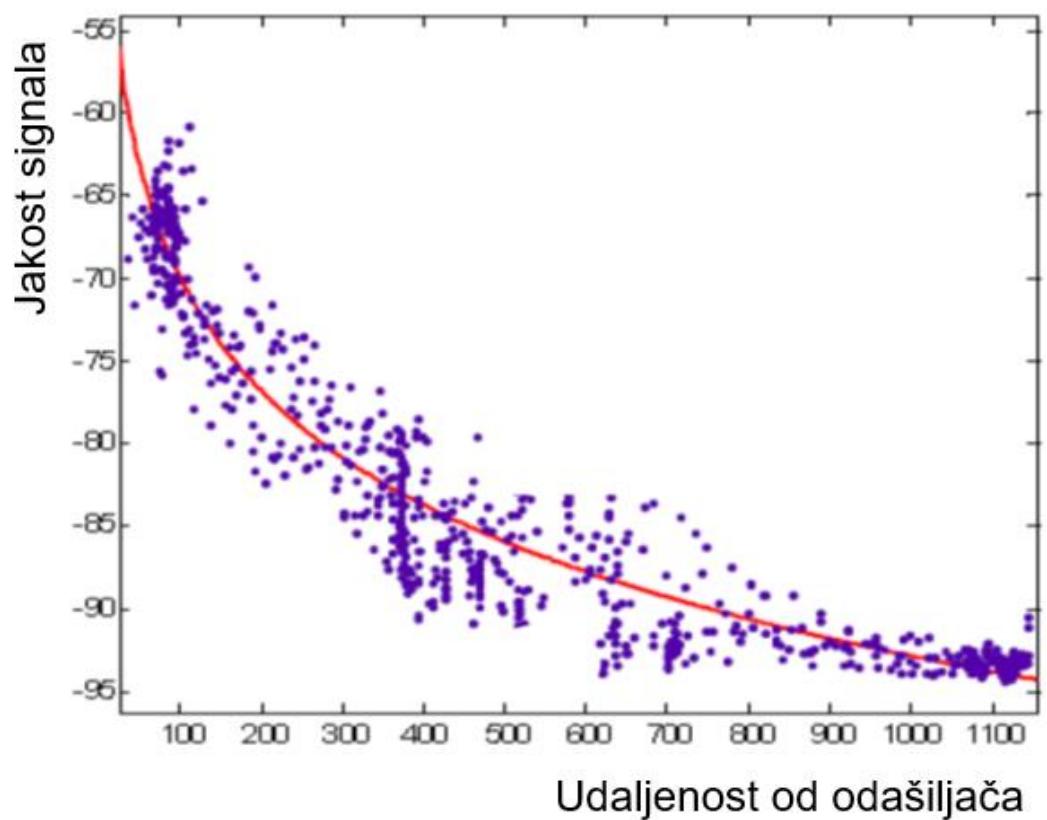
Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

- u frekvenčnom području HF (3MHz do 30MHz) elektromagnetski val se širi pretežno kao površinski, čije gušenje raste s porastom frekvencije, a refleksije od slojeva ionosfere omogućavaju veliki domet prostornih valova
- u frekvenčnom području > VHF (>300MHz) elektromagnetski val se širi pravocrtno, domet je najviše do horizonta, a valovi prolaze kroz ionosferske slojeve bez refleksije



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

- prilikom širenja radijskog signala u slobodnom prostoru, jakost prijemnog signala je obrnuto proporcionalna kvadratu udaljenosti od odašiljača



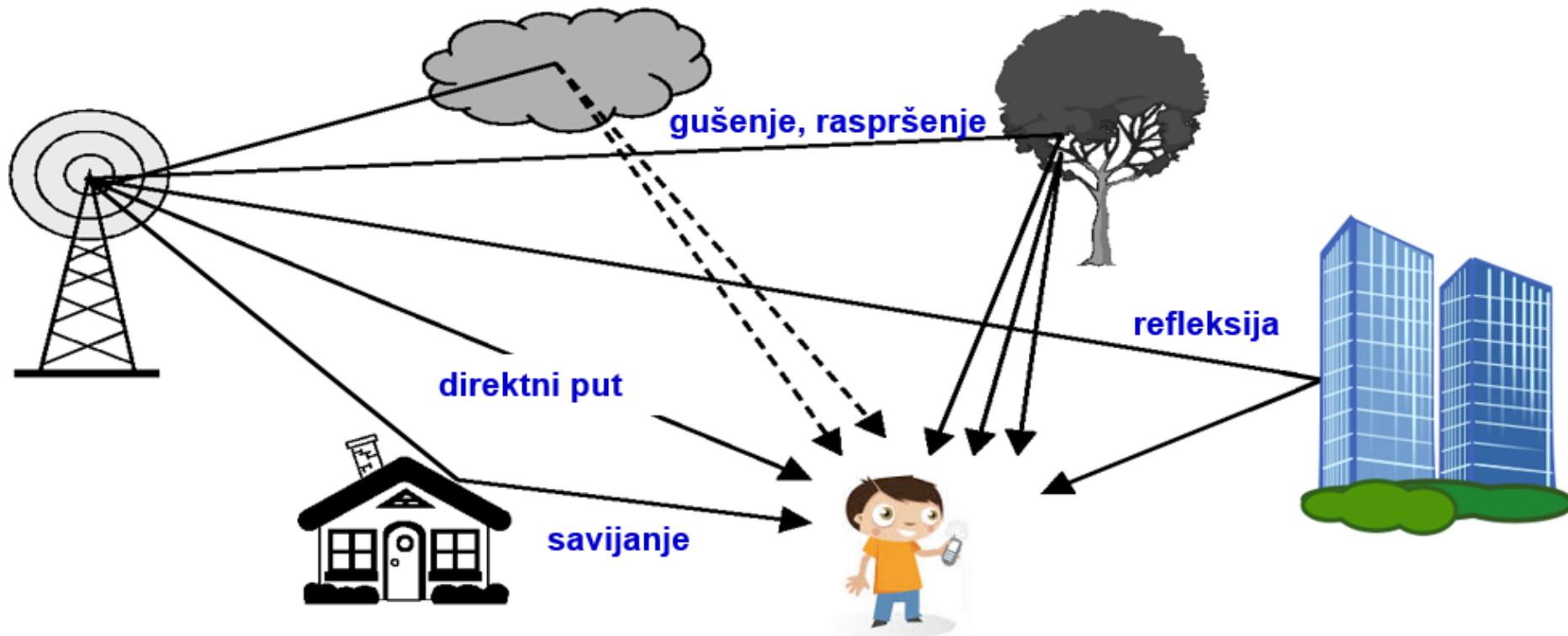
- međutim, u stvarnom okruženju okolni objekti na putu širenja signala izazivaju dodatna slabljenja signala pa stvarne razine signala mogu odstupati
- matematički modeli mogu prikazati gušenje signala s povećanjem udaljenosti, ali zahtijevaju dodatne kalibracije i korekcije
- gubici u slobodnom prostoru između dvije izotropne antene su:

$$A = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

- ova se jednadžba može napisati kao:
$$A = 32,4 + 20 \log d + 20 \log f$$
(d je udaljenost [km], a f je frekvencija signala [MHz])
- iz jednadžbe se vidi da su gubici u slobodnom prostoru ovisni i o udaljenosti i o frekvenciji

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

- radiovalovi se šire u slobodnom prostoru pravocrtno brzinom svjetlosti (u idealnom slučaju)
- na zemlji se radiovalovi reflektiraju od tla prepreka, zgrada, površine vode, raspršuju pri prelasku iz medija različite gustoće (refrakcija), postoji i ogib (difrakcija), interferencija i atenuacija



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

APSORPCIJA – Pretvaranje energije elektromagnetskih valova u npr. toplinu. Nastaje pri prolasku valova kroz atmosferu.

- Veličina apsorpcije je ovisna o više varijabli, uključujući i frekvenciju.

ATENUACIJA – Smanjenje jakosti elektromagnetskog polja s povećanjem udaljenosti od odašiljača.

- Ovisi o svojstvima prijenosnog puta (kiša, voda, oblaci, zrak).

DIFRAKCIJA (ogib) – Promjena smjera valova pri prolazu kroz procjep.

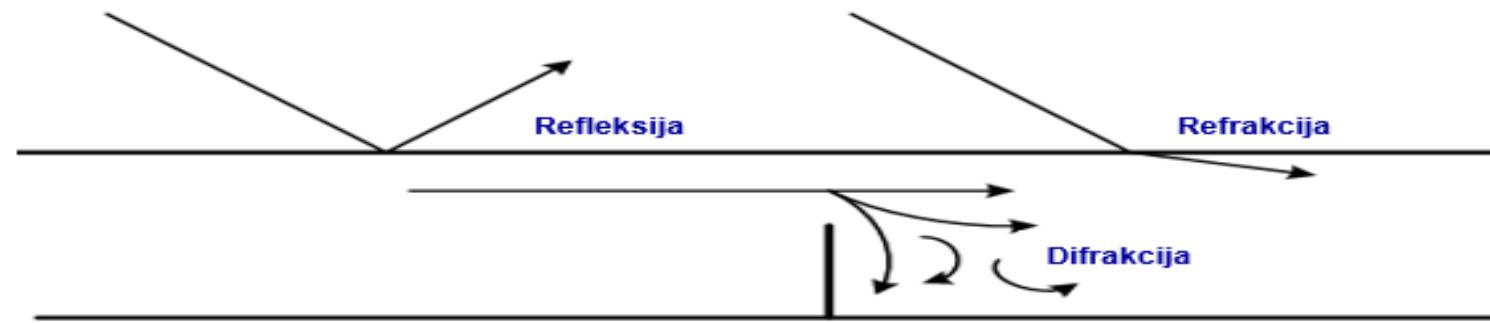
DISPERZIJA (raspršenje) – Ovisi o frekvenciji.

INTERFERENCIJA – Superpozicija dvaju ili više valova koji dolaze na istu lokaciju.

REFLEKSIJA – Dolaskom elektromagnetskog vala na granicu dvaju medija, val se može odbiti ili proći.

- Refleksija može biti djelomična ili potpuna.

REFRAKCIJA (lom) – Promjena smjera valova pri prijelazu između medija različitih gustoća (troposfera, ionosfera).



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometrija i radiolokacija

- Što su radiogoniometrija i radiolokacija?
- Tko koristi radiogoniometriju i radiolokaciju i što se traži?
- Kako se locira izvor radijskog signala?
- Radiogoniometri
- Vrste antena za radiogoniometriju
- Najnovije generacije goniometarskih prijemnika i antena

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Što su radiogoniometrija i radiolokacija?

- određivanje smjera korištenjem specijaliziranih instrumenata, antena i metoda za utvrđivanje fizičke lokacije izvora radiofrekvenčnog zračenja
- zahtjevi za točnost lociranja variraju ovisno o primjeni, ali najčešće je stotinjak metara ili bolja
- ciljevi lociranja mogu biti i stacionarni i pokretni
- ciljevi mogu biti nekooperativni (ilegalno radijsko emitiranje), ali ne nužno (u situacijama traganja i spašavanja)

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Tko koristi radiogoniometriju i radiolokaciju?

- Civilna uporaba:
 - služba traganja i spašavanja
- Vojna uporaba:
 - lociranje neprijateljskih snaga
 - dobivanje informacija o neprijateljskim komunikacijama
- Provjera sigurnosnih mjera:
 - pronalaženje lokacija bespravno postavljenih predajnika
 - praćenje osoba ili vozila
- Regulatorna agencija za kontrolu frekvencijskog spektra:
 - kontrola korištenja radijskih frekvencija
 - kontrola i traženje izvora interferencijskih smetnji



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Što se traži?

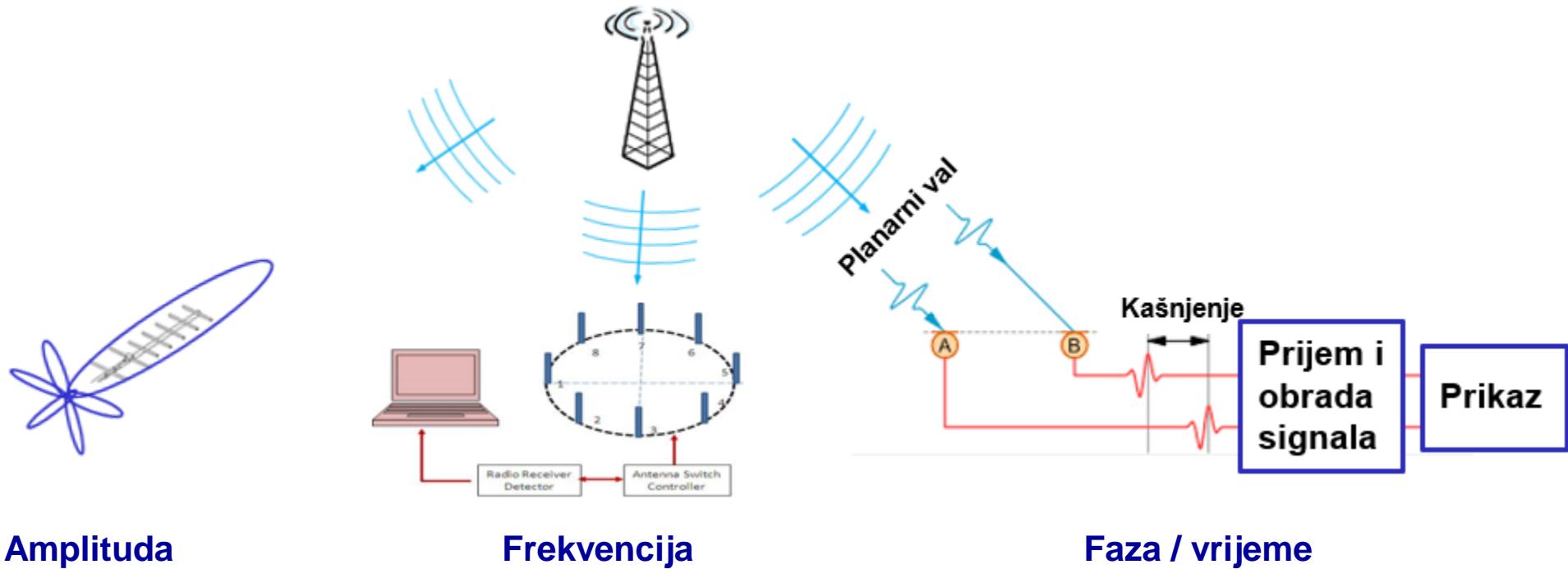
- Lokacije nekooperativnih ciljeva
- Ciljevi su najčešće:
 - radiokomunikacijski prijenosi
 - radio i televizijski signali (uključujući i radarske signale)
 - zlonamjerne smetnje, namjerno ometanje (*jamming*)
 - nemamjerne smetnje (npr. interferencije)
 - transponderi (*TRANSMitter* i *"resPONDER*)
- Sportsko-rekreacijske aktivnosti:
 - natjecanje „Lov na lisicu“
- Znanstvena istraživanja:
 - praćenje kretanja divljih životinja
 - radioastronomija
 - daljinska istraživanja



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Kako se locira izvor radijskog signala?

- temeljem promjene parametara primljenog radijskog signala:

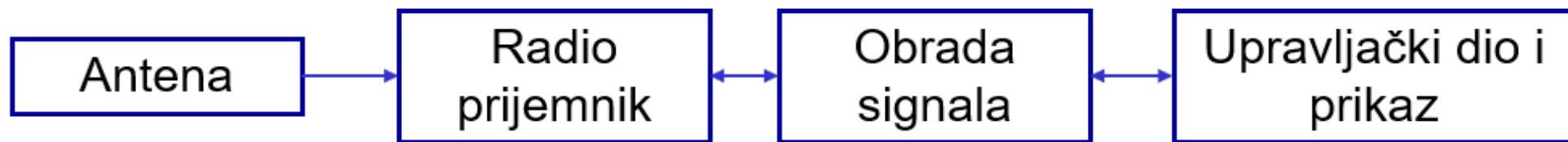


- varijacije ovih parametara signala mogu se koristiti za određivanje smjera prema izvoru signala

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometar – RDF (*Radio Direction Finder*)

- prijemni radiouređaj koji služi za određivanje **radiosmjera** (azimut smjera prema odašiljaču kao izvoru radiovalova)



Antena je posebno prilagođena metodologiji rada goniometra

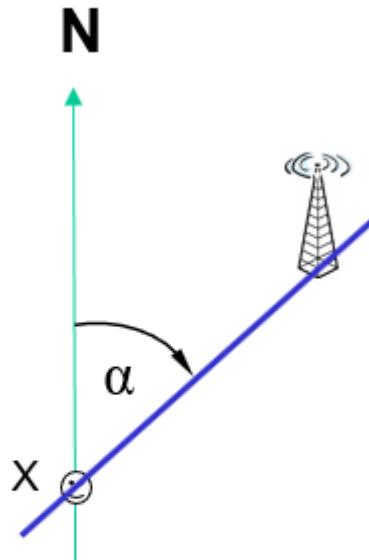
Radijski dio i obrada signala koristi jedan ili više prijemnih kanala, moderni sustavi koriste A/D pretvorbu
Integrirana ili odvojena digitalna obrada signala

Korisničko sučelje sa softverom za kontrolu i prikaz
Softver za izračunavanje pozicije i prikaz na karti

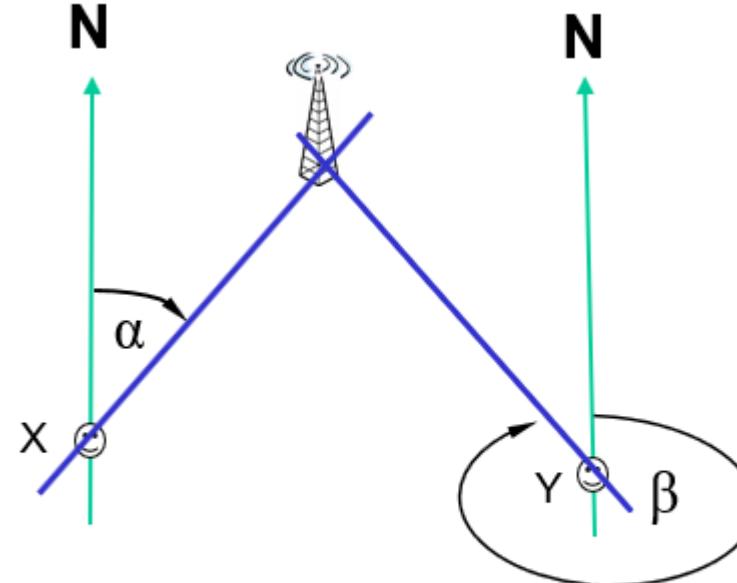
Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometar – RDF (*Radio Direction Finder*)

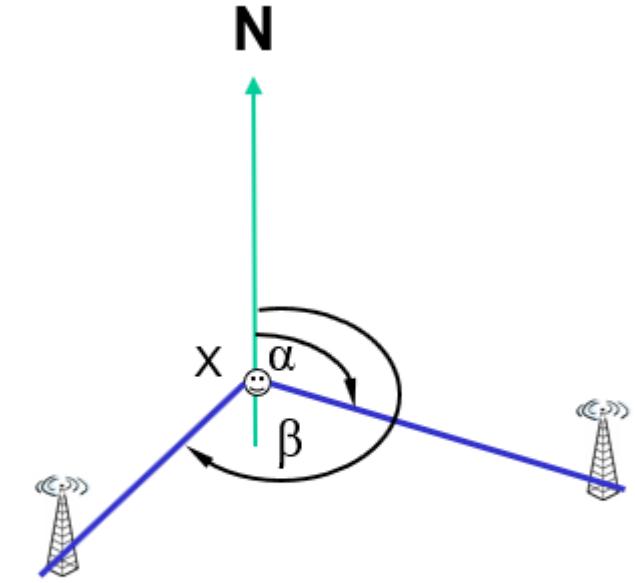
- radiosmjer se određuje u odnosu na referentni smjer (najčešće smjer sjevera)



Određivanje azimuta
odašiljača s 1 goniometrom **X**



Određivanje pozicije odašiljača
s 2 goniometra **X** i **Y**

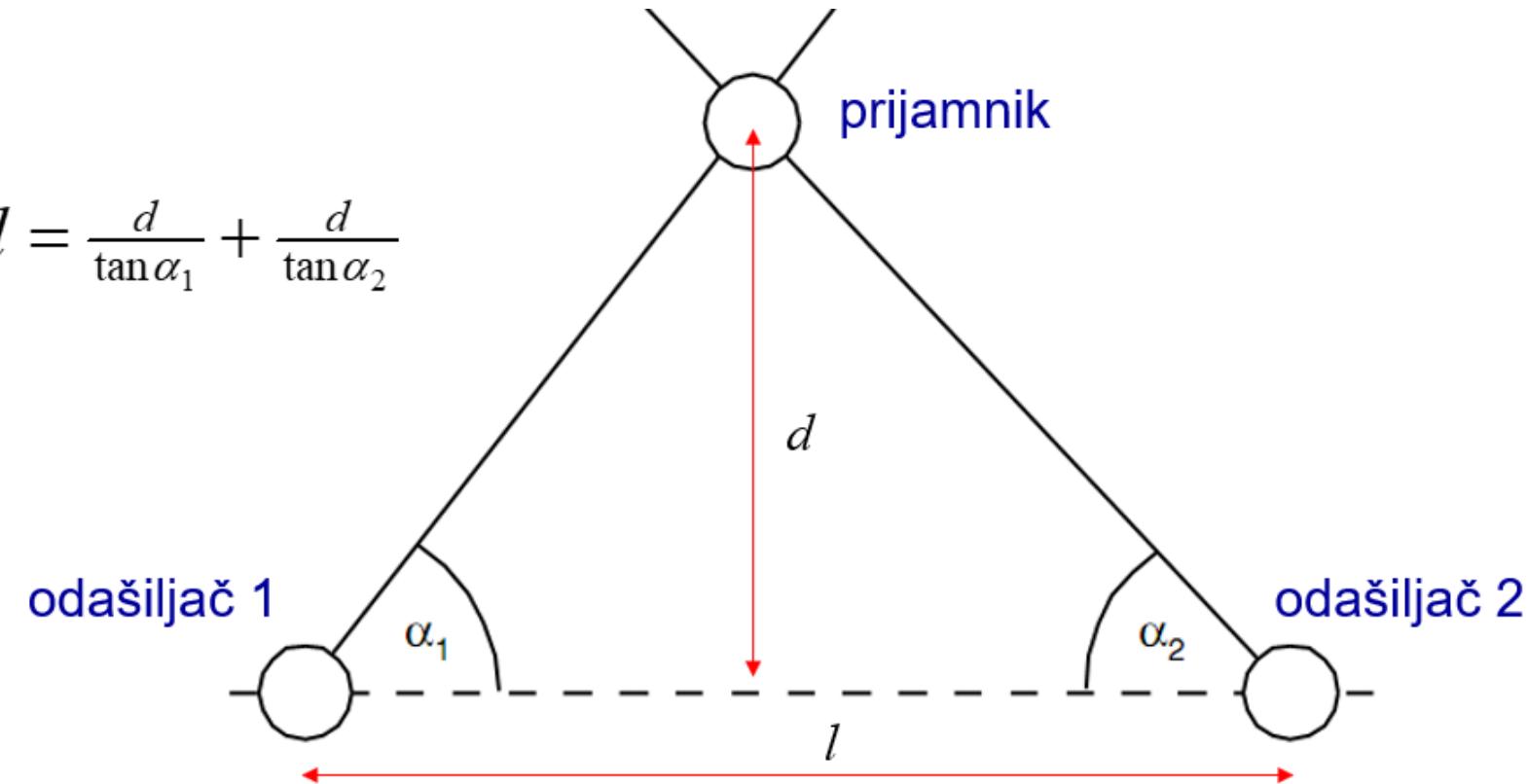


Određivanje vlastite pozicije **X**
mjeranjem azimuta prema 2 odašiljača

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometar – RDF (*Radio Direction Finder*)

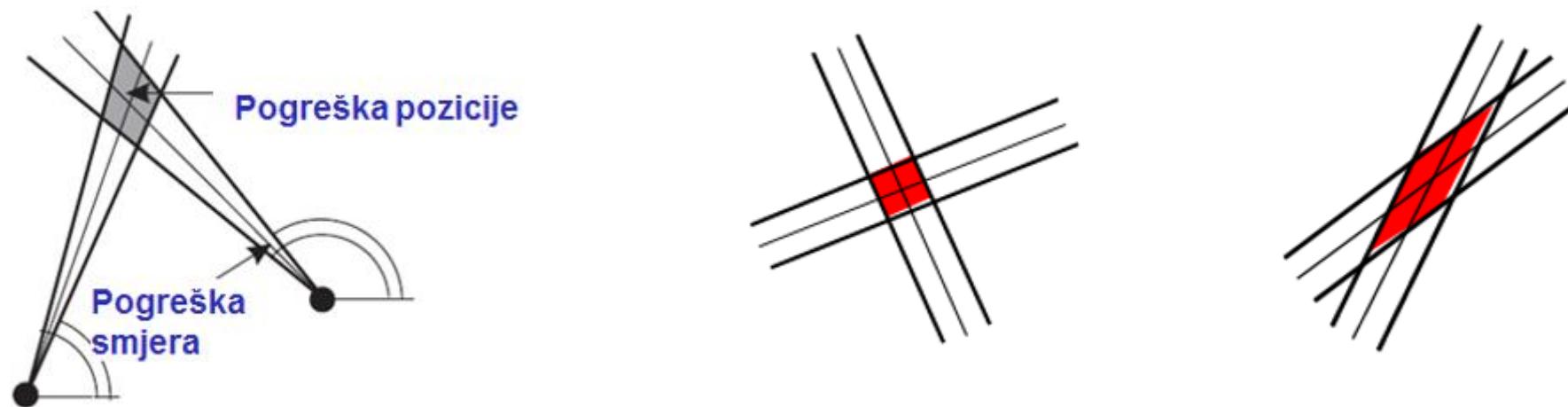
AoA (*Angle of Arrival*) i načelo triangulacije



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometar – točnost mjerena

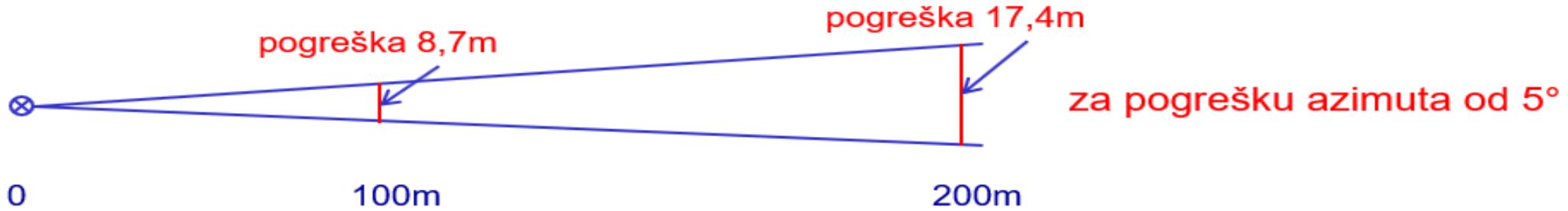
- točnost je primarno funkcija preciznosti određivanja smjera (azimuta) prema izvoru signala, koja je ovisna o metodi mjerena smjera
- kako bi se izračunala što točnija lokacija cilja, treba koristiti što veći broj mjerena iz različitih pozicija
- algoritmi za dobivanje niza smjerova iz kojih se može izračunati pozicija izvora signala također značajno utječu na točnost utvrđivanja lokacije



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometar – točnost mjerena

- pogreška mjerena se povećava s udaljenosti od odašiljača



- što smo bliže odašiljaču, pogreške su manje
- pogreške azimuta najviše dolaze do izražaja kad imamo mali broj izvršenih mjerena
→ poželjan je što veći broj mjerena
- neke metode radiogoniometriranja mogu djelomično kompenzirati pogreške mjerena azimuta i odbaciti očito pogrešna mjerena

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

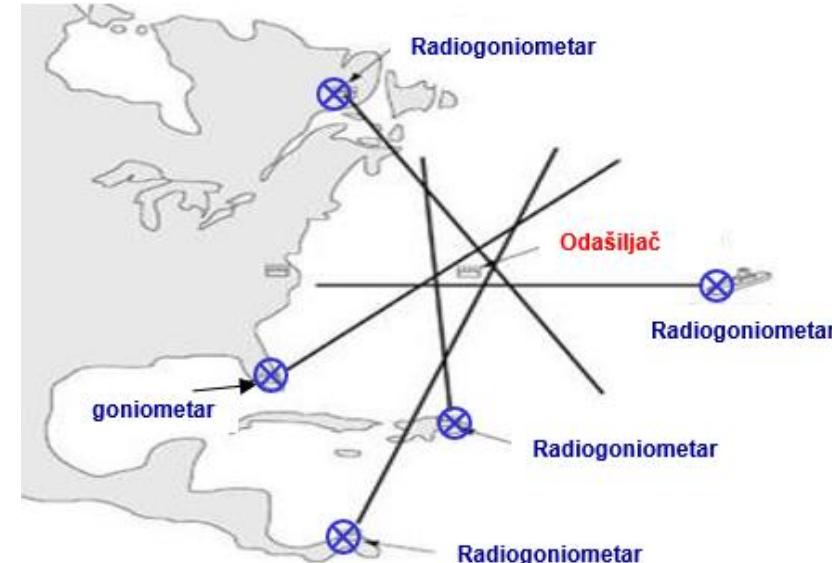
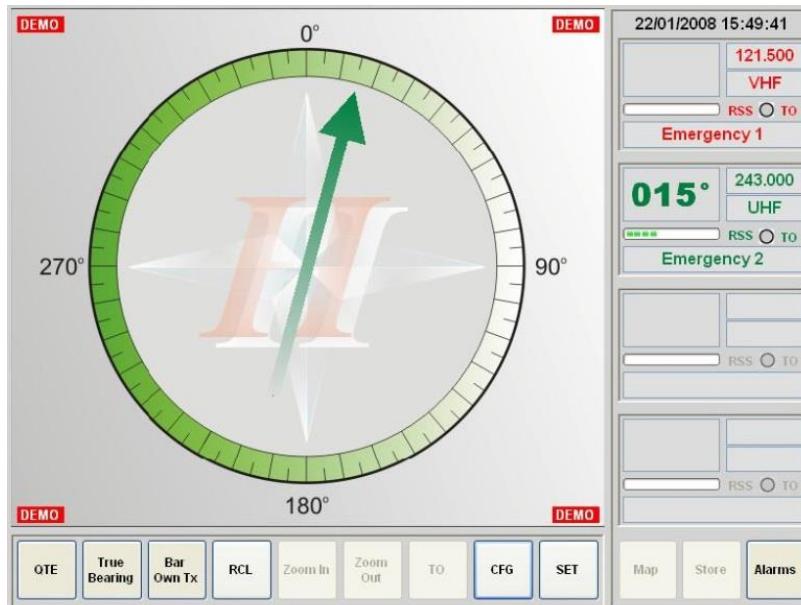
Radiogoniometar – točnost mjerena

- geometrijski raspored pozicija odašiljača koji se koriste za utvrđivanje vlastite pozicije značajno utječe na točnost lociranja, kao i odabir lokacija s kojih se mjeru smjerovi prema ciljanom izvoru signala
- osim kutova azimuta nužno je odrediti što točnije pozicije s kojih su provedena mjerena smjerova prema izvoru signala
- najlakši i najprecizniji način za dobivanje podataka o poziciji je korištenjem GNSS prijemnika
- pogreška mjerena azimuta može biti instrumentalna, može biti izazvana pogreškom operatera, a vrlo često nastaje i zbog utjecaja okoliša:
 - višestruki put
 - šum (atmosferski, galaktički, industrijski)
 - istokanalna interferencija
- pravilna metodologija mjerena, dobro razumijevanje problema rasprostiranja radijskih signala i pažljiv odabir mjernih mesta može smanjiti ili eliminirati ove pogreške

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometrija – Radiolokacija

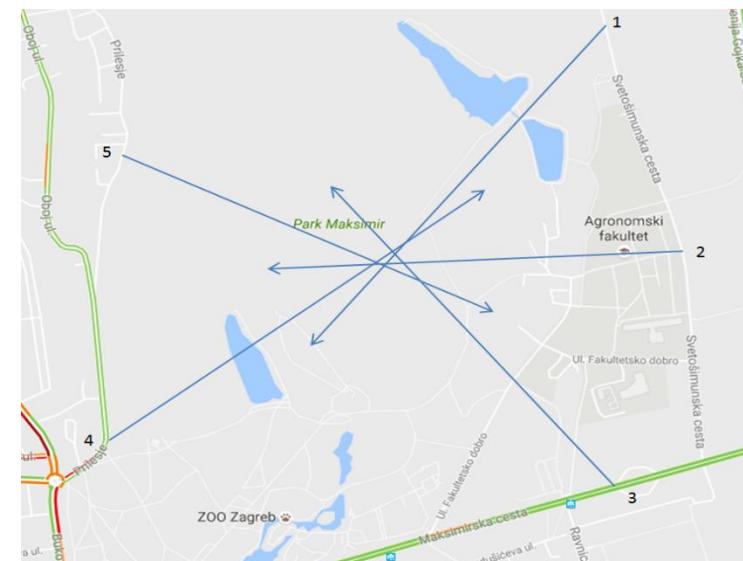
- ovi se pojmovi često smatraju sinonimima, ali postoje razlike u njihovom tumačenju
- **radiogoniometrija** podrazumijeva utvrđivanje smjera (kuta ili azimuta) prema izvoru radijskog signala korištenjem fiksnog ili mobilnog radiogoniometra
- **radiolokacija** podrazumijeva postupak određivanja lokacije odašiljača



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometrija – Radiolokacija

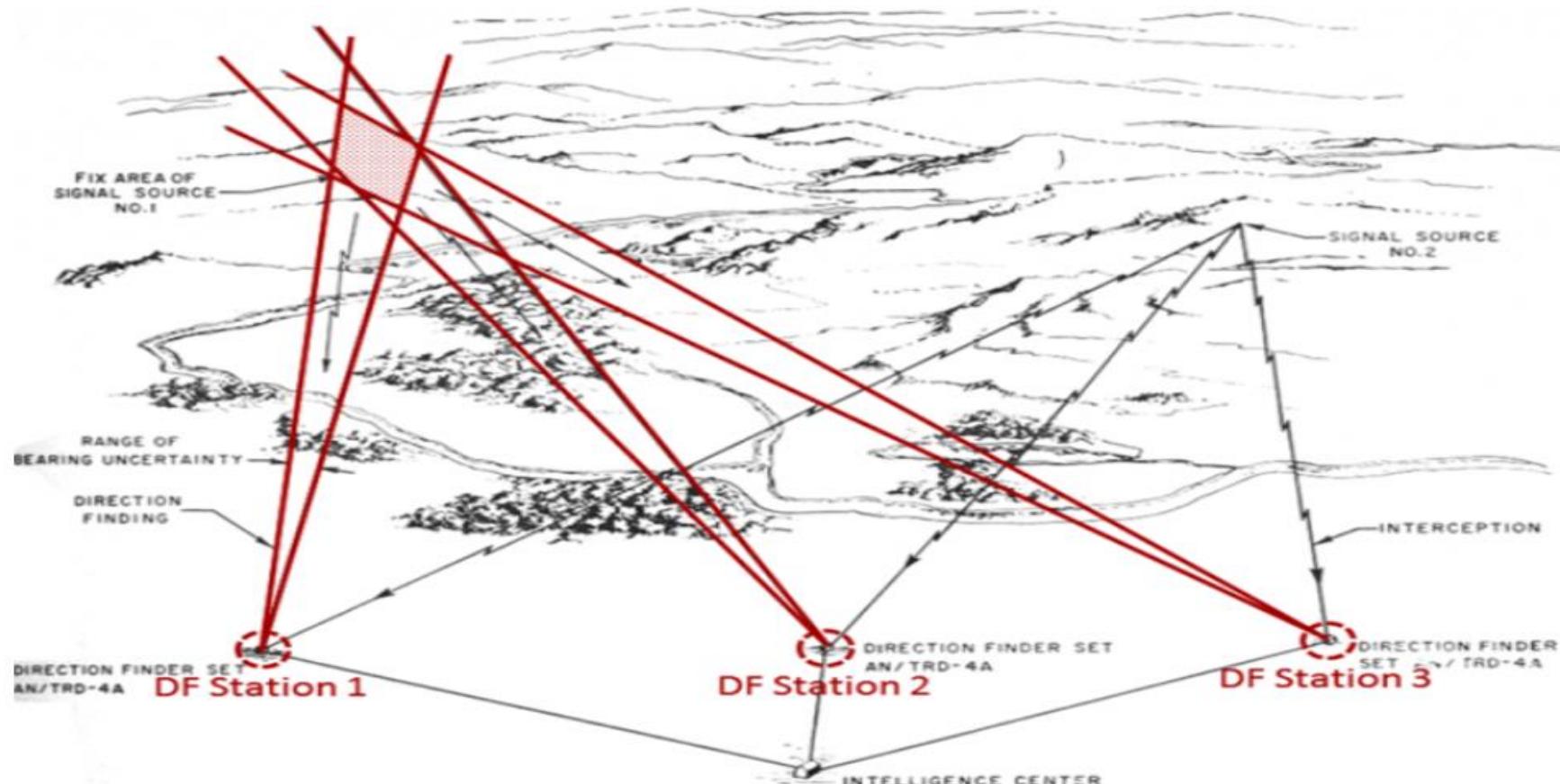
- za lociranje pozicije odašiljača provodimo više mjerena
- antena mobilnog radiogoniometra se zakreće ručno u smjer maksimalnog signala, a lokacije mjernih točaka i izmjereni azimuti se pohranjuju
- izmjereni radiosmjerovi se mogu ručno ili automatski ucrtati na kartu, a lokacija izvora signala izračunava se triangulacijom ili se odredi kao presjecište izmjerениh linija pozicije



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometrija – Radiolokacija

- za lociranje odašiljača možemo koristiti i stacionarne radiogoniometarske postaje



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

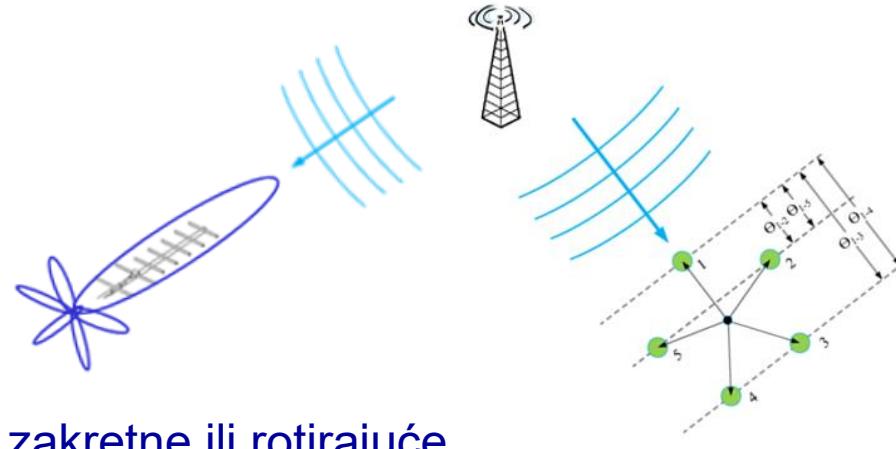
Radiogoniometrija – Radiolokacija

- šum i interferencijske smetnje mogu značajno otežati uspješno radiogoniometriranje ciljnih signala
- pozadinski šum okoline može maskirati slabe ciljne signale, što može onemogućiti određivanje smjera prema ciljnom signalu, ovisno o osjetljivosti prijemnika
- periodičko emitiranje ciljnog signala može također otežati određivanje smjera, ovisno o radnom ciklusu emitiranje-pauza
- odašiljači s promjenjivom frekvencijom emitiranja (skakanje frekvencije) također značajno otežavaju uspješno određivanje smjera
- pokretni ciljevi su također prilično zahtjevni za radiogoniometriranje
 - treba utvrditi da li je promjena izmjerениh lokacija stvarna zbog kretanja cilja ili je nastala kao posljedica pogrešaka u mjerenu
 - za lociranje pokretnih ciljeva prikladnije su stacionarne radiogoniometarske postaje

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radiogoniometrija – Radiolokacija

Metode radiogoniometrije:



Amplitudne metode

- koriste usmjerenе antene koje mogu biti nepomične, zakretne ili rotirajuće
- ostvaruju se zakretanjem usmjerenе antene (ručno ili automatski) do maksimuma ili minimuma VF signala na mjestu prijama
- neprekidnim okretanjem usmjerenе antene oko svoje osi
- nepomičnim usmjerenim antenama u dvokanalnom goniometarskom sustavu

Fazne metode

- za više razmaknutih antena informacija o smjeru sadržana je u fazama elektromagnetskog polja, dakle i u fazama elektromotorne sile (EMS) u antenama
- smjer se određuje mjeranjem faznih razlika VF nositelja u antenama

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

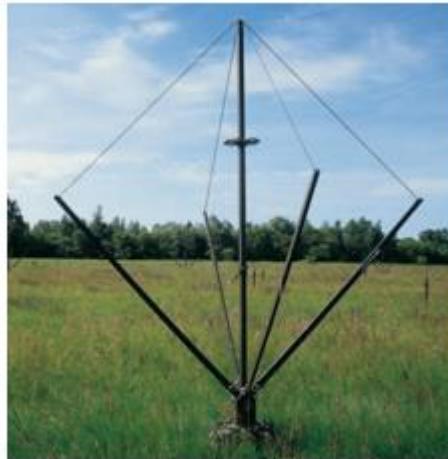
Antene za radiogoniometriju



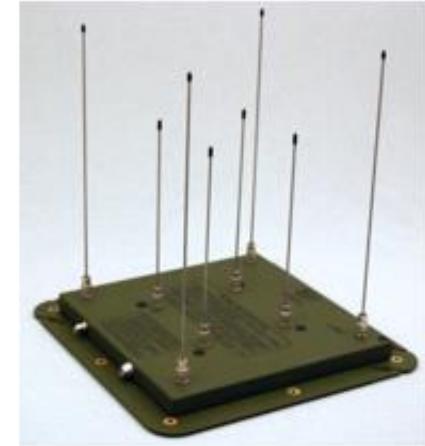
Okvirna antena



Štap antena



Ukrštena okvirna antena R&S ADD011



VHF/UHF Mobilna Adcock Antena



VHF sustav antena
za pomorstvo i avijaciju

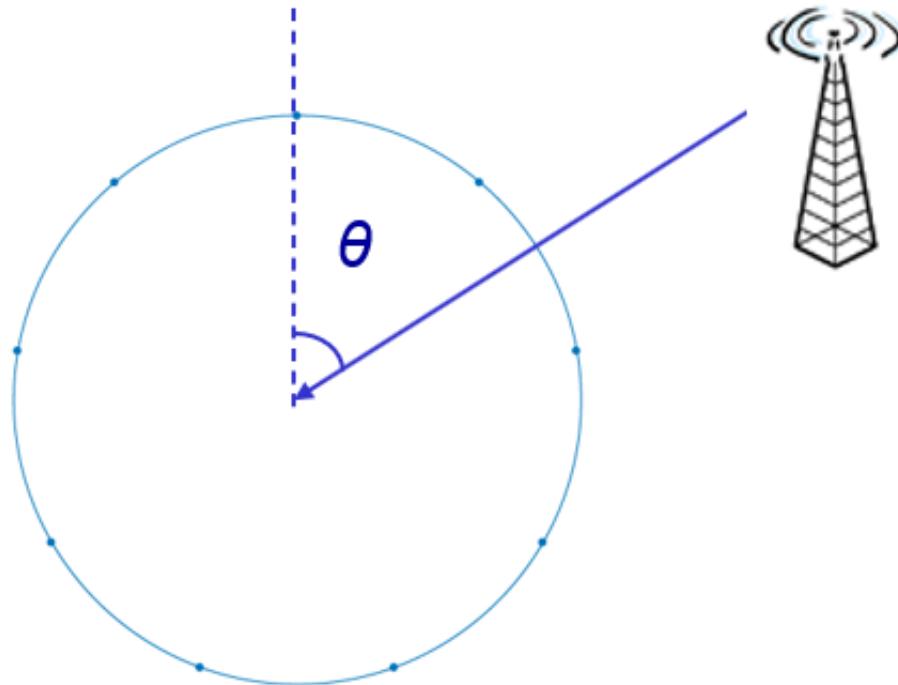
United States Army Security Agency (USASA)
Field Station Augsburg, Wullenweber
AN/FLR-9 radio direction finder



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Korelativna interferometrija - fazna metoda

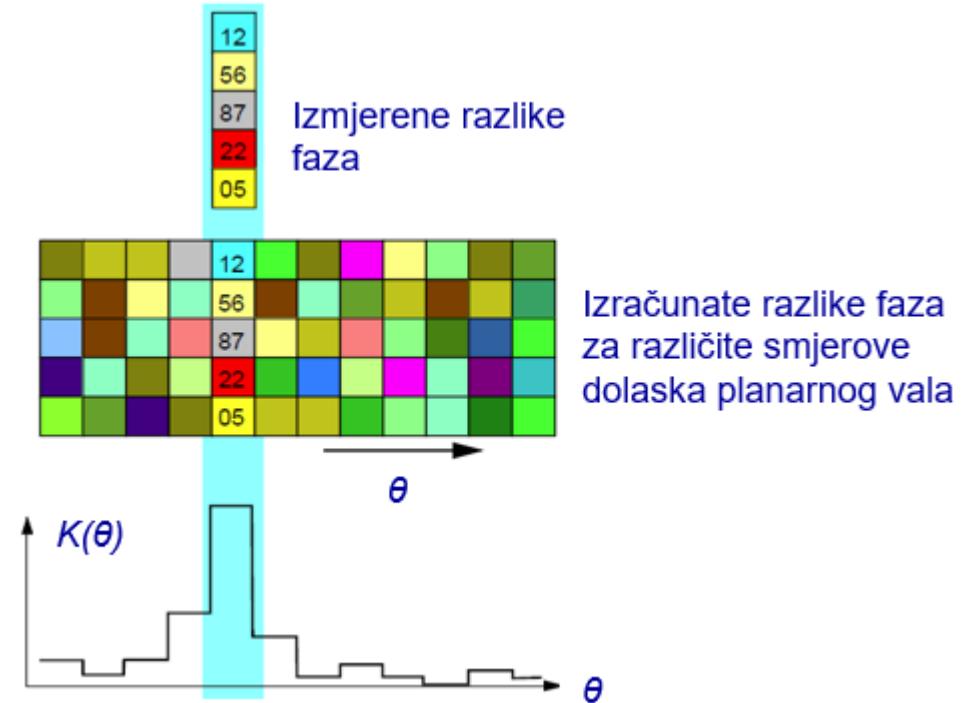
- antene su najčešće raspoređene u kružnom rasporedu, s jednom antenom koja služi kao referentna
- za svaki antenski element izračunava se relativna fazna razlika u odnosu na referentni element, za svaki kut od 0 do 360°



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Korelativna interferometrija

- interferometar izračunava radiosmjer na temelju relativnih faznih razlika primljenih na antenskim elementima, a maksimalna korelacija se dobiva u smjeru θ dolaznog signala
- pomicemo stupac izmjerениh faznih kutova kroz matricu referentnih faznih kutova i tražimo smjer kod kojeg dolazi do maksimalne korelacije
- koristi se u frekvencijskom području iznad 30 MHz



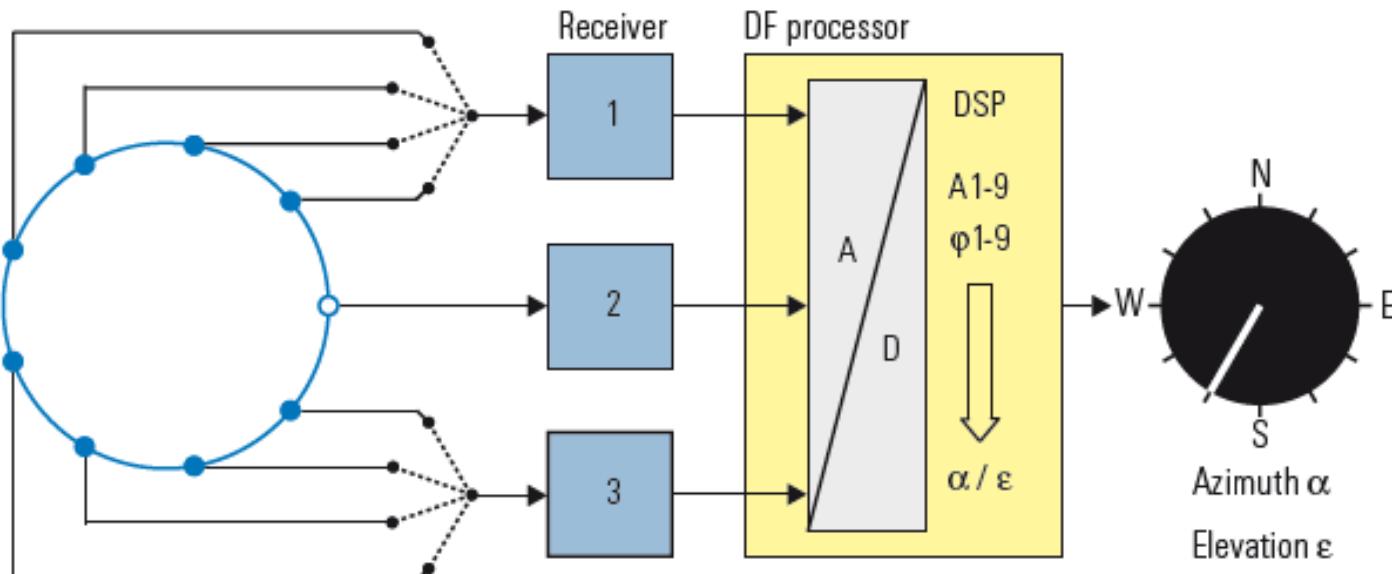
Prednosti korelativne interferometrije u odnosu na ostale metode:

- smanjenje pogreške smjera uzrokovane refleksijom i depolarizacijom
- određivanje pouzdanog kriterija kvalitete goniometriranja za vrednovanje i filtriranje izmjerenih smjerova, jer se dobiva i podatak o kvaliteti korelacije
- moguće je izmjeriti i elevaciju radiosmjera
- mogućnost korištenja goniometarskih antena s minimalnim brojem antenskih elemenata

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Najnovije generacije radiogoniometara

- Nove generacije radiogoniometara koriste digitalne postupke određivanja radiosmjerova, složeni naponi na antenama se obrađuju u višekanalnim prijemnicima te se vektorski analiziraju i digitaliziraju
- Pomoću matematičkih algoritama se paralelno individualno vrednuju smjerovi svih pojedinačnih prijemnih signala

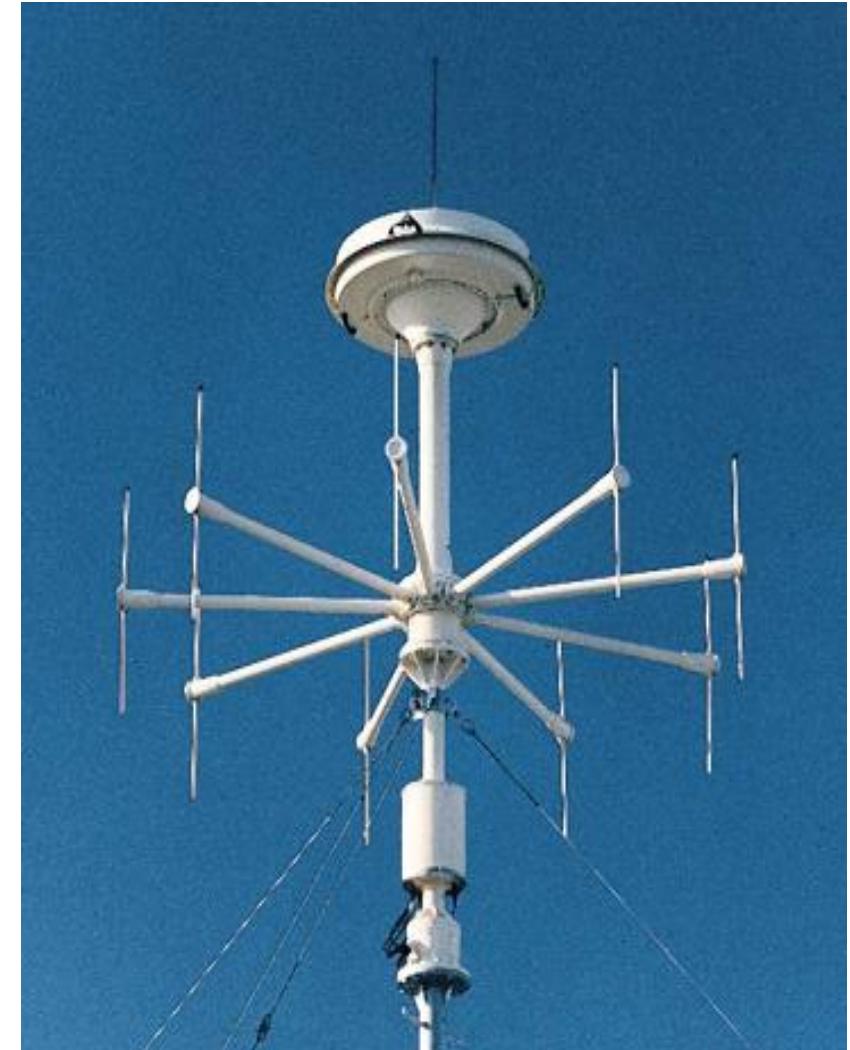


Blok dijagram Rohde&Schwarz DDF 0xA

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

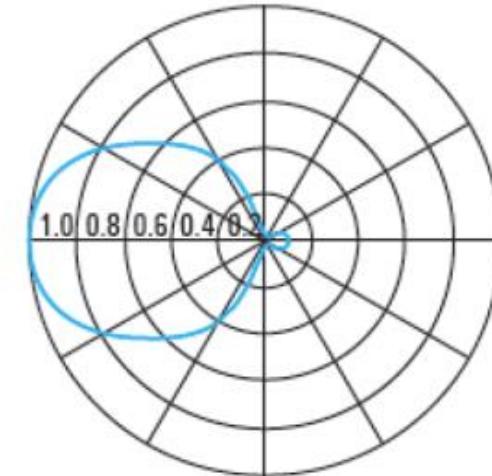
Najnovije generacije radiogoniometara

- Softver za digitalnu obradu signala ima standardno ugrađene algoritme za radiogoniometriranje s Watson-Watt metodom, za korelativnu interferometriju i metodu vektorskog podudaranja.
- Moguće je koristiti bilo koju od metoda vrednovanja, ovisno o raspoloživim antenskim sustavima i operativnim zahtjevima



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Najnovije generacije radiogoniometara



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Najnovije generacije radiogoniometara

Frequency range

Frequency range, receive mode	base unit	20 MHz to 3.6 GHz
	with R&S®DDF255-SHF option	20 MHz to 26.5 GHz
	with R&S®DDF255-HF option	9 kHz to 3.6 GHz
	with R&S®DDF255-SHF and R&S®DDF255-HF options	9 kHz to 26.5 GHz
Frequency range, DF mode	base unit	20 MHz to 3 GHz
	with R&S®DDF255-SHF option	20 MHz to 6 GHz
	with R&S®DDF255-HF option	300 kHz to 3 GHz
	with R&S®DDF255-SHF and R&S®DDF255-HF options	300 kHz to 6 GHz



VLF	very low frequency	3kHz do 30kHz
LF	low frequency	30kHz do 300kHz
MF	medium frequency	300kHz do 3000kHz
HF	high frequency	3MHz do 30MHz
VHF	very high frequency	30MHz do 300MHz
UHF	ultrahigh frequency	300MHz do 3000MHz
SHF	superhigh frequency	3GHz do 30GHz

DF method	VHF/UHF/SHF range	correlative interferometer
Instrument DF accuracy	HF range	Watson-Watt
System DF accuracy	across entire frequency range	0.5° rms
	reflection-free test terrain, depending on DF antenna	
	1 MHz to 30 MHz	2° rms
	30 MHz to 80 MHz	≤2° rms, typ. 1° rms
	80 MHz to 1.3 GHz	1° rms
	1.3 GHz to 3 GHz	≤2° rms, typ. 1° rms
Reflection immunity	DF error with 50% share of reflections, for receive frequencies > 30 MHz	typ. 10° rms (refer to table in R&S®DDF255 product brochure)
DF sensitivity	depending on DF antenna	see DF antennas
Polarization	with R&S®ADD197	vertical, horizontal, and circular
	with R&S®ADD119/196/295/071/075	vertical
Realtime bandwidth for wideband direction finding		up to 20 MHz
Channel spacing for wideband direction finding		2 MHz, 1 MHz, 500 kHz, 200 kHz, 100 kHz, 50 kHz, 25 kHz, 20 kHz, 12.5 kHz, 10 kHz, 8.33 kHz, 5 kHz, 2 kHz, 1 kHz, 500 Hz, 200 Hz
Minimum signal duration	for single burst signal	10 ms, typ. 5 ms
Minimal burst duration	for multiple burst signals	0.5 ms
Display resolution	adjustable	0.1° or 1°

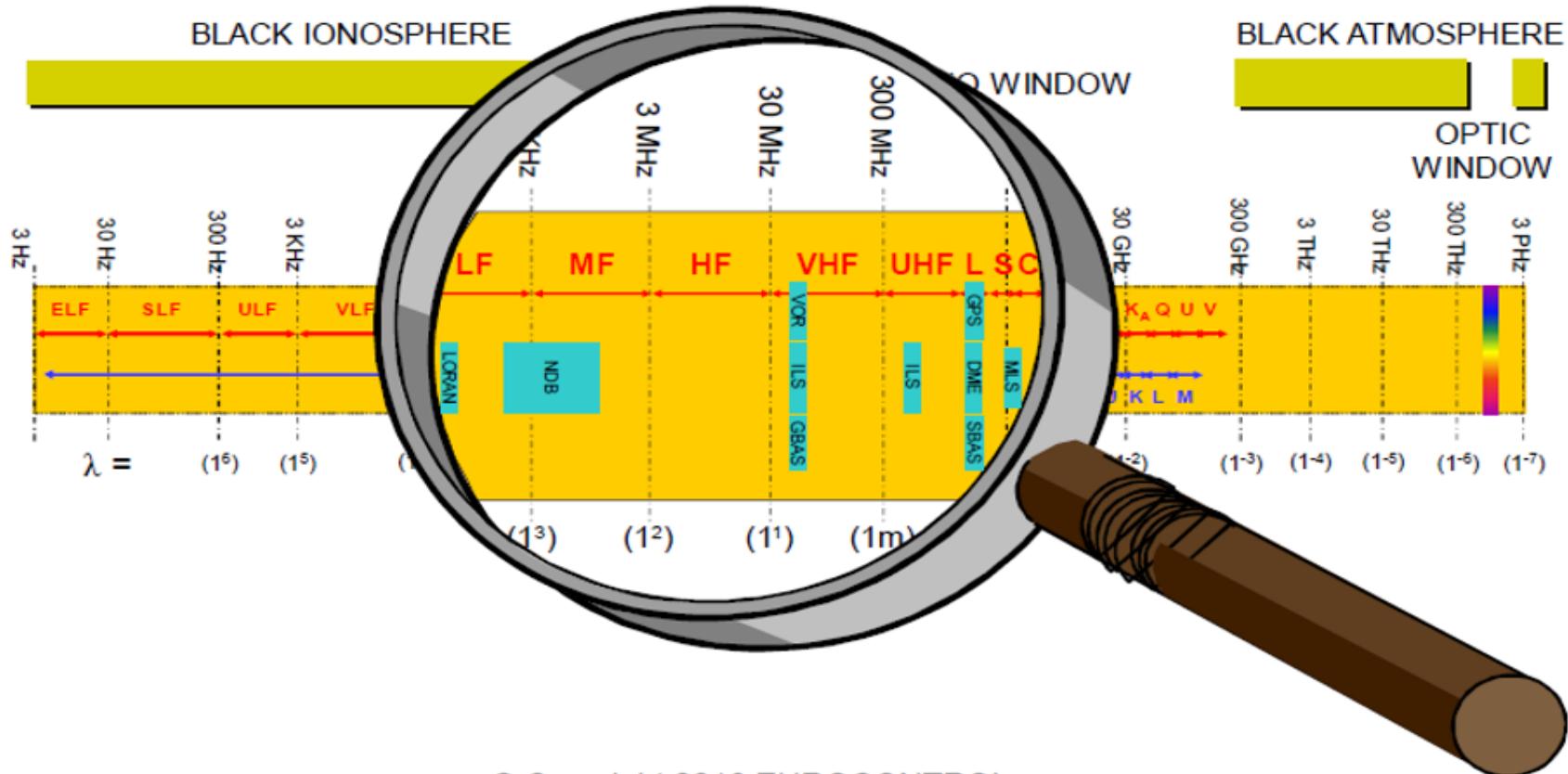
Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radionavigacijski sustavi i njihove frekvencije:

Omega	10,2-13,6 kHz	(VLF)	vrlo dugi val
Loran C	100 kHz	(LF)	dugi val
Loran A	1750-1950 kHz	(MF)	srednji val
VOR	108-118 MHz	(VHF)	
Transit	150 MHz, 400 MHz	(VHF/UHF)	
GPS	1575,42 MHz; 1227,6 MHz	(UHF)	GLONASS, Galileo, BeiDou
DME	962-1213 MHz	(UHF)	

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Radionavigacijski sustavi i njihove frekvencije:



© Copyright 2016 EUROCONTROL

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Podjela radionavigacijskih sustava prema namjeni:

- za vođenje aviona (broda) prilikom dugih prekoceanskih letova (**plovidbi**)
- za navigaciju pri približavanju aerodromu (**luci**)
- za slijetanje (**pristajanje u luci**)

Za ove namjene navigacijski sustavi imaju drugačije karakteristike i različiti domet

Podjela radionavigacijskih sustava prema obliku linija pozicije:

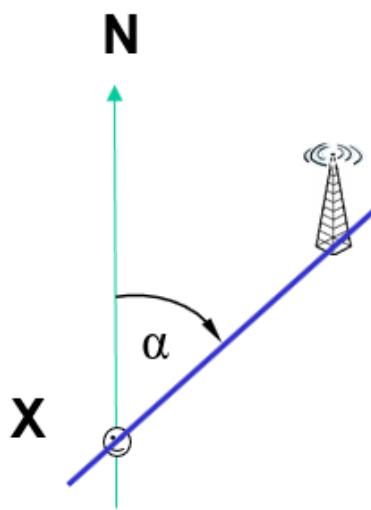
Pozicija X se nalazi u presjecištu linija pozicija ili stajnica koje mogu biti:

1. u obliku **pravaca** (radiofarovi, goniometri), ako su dobivene određivanjem smjera prema radiofaru (odašiljaču) - **RADIOGONIOMETRIJA**
2. u obliku **kružnica**, ako su dobivene mjeranjem udaljenosti od odašiljača
3. u obliku **hiperbola** (hiperbolni sustavi), ako su dobivene mjeranjem razlika udaljenosti od dvaju odašiljača

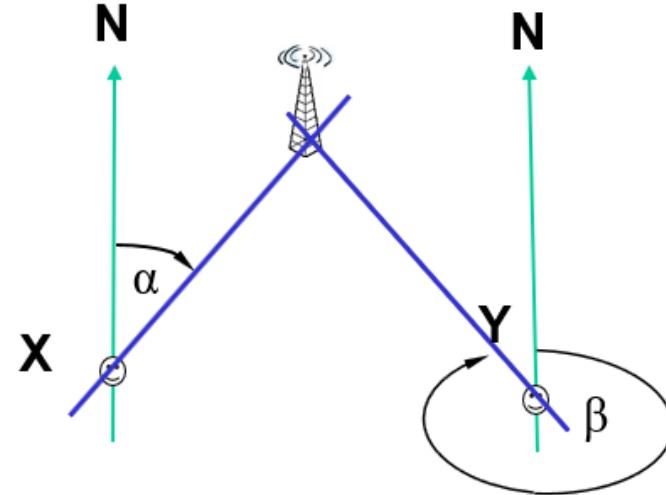
Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Podjela radionavigacijskih sustava prema obliku linija pozicije:

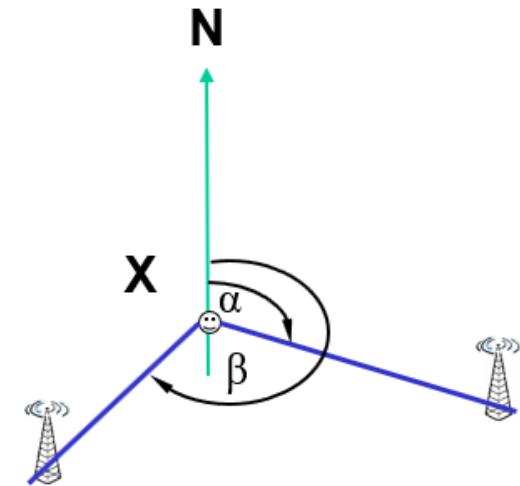
1) stajnice u obliku **pravaca** dobivene određivanjem smjera prema odašiljaču - **AoA** (*Angle of Arrival*)



Određivanje azimuta odašiljača
s 1 goniometrom X



Određivanje pozicije odašiljača
s 2 goniometra X i Y



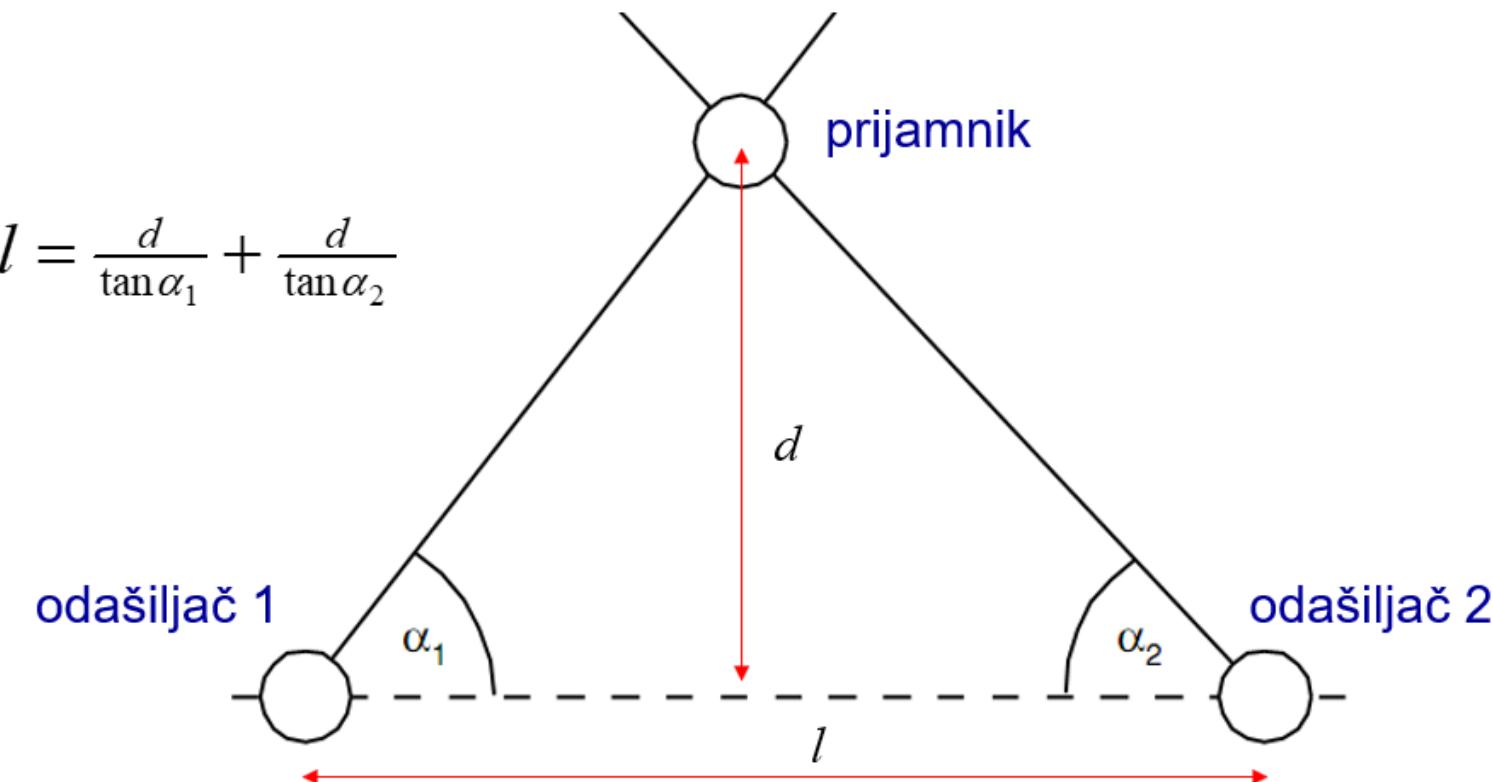
Određivanje vlastite pozicije X
mjeranjem azimuta prema 2 odašiljača

TRIANGULACIJA – određivanje položaja mjeranjem kutova prema poznatim točkama

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Podjela radionavigacijskih sustava prema obliku linija pozicije:

AoA (*Angle of Arrival*) i načelo triangulacije

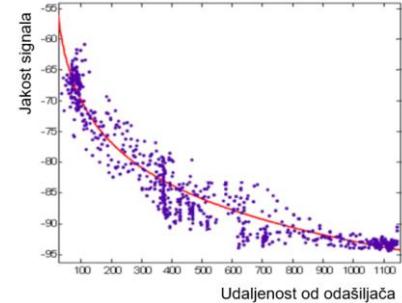
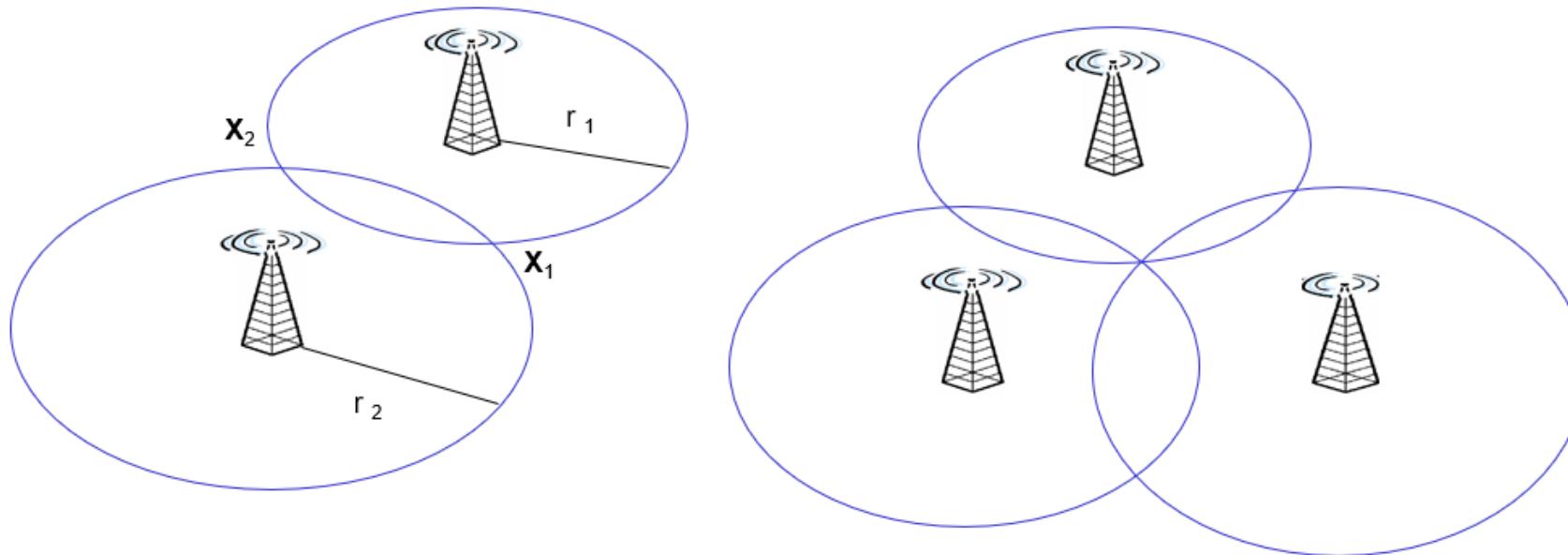


Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Podjela radionavigacijskih sustava prema obliku linija pozicije:

- 2) stajnice u obliku kružnica, dobivene mjerenjem udaljenosti od odašiljača
- mogu se koristiti dva načina mjerena - **ToA** (*Time of Arrival*) i **RSS** (*Received Signal Strength*)

$$r = c \cdot (t_{TX} - t_{RX})$$

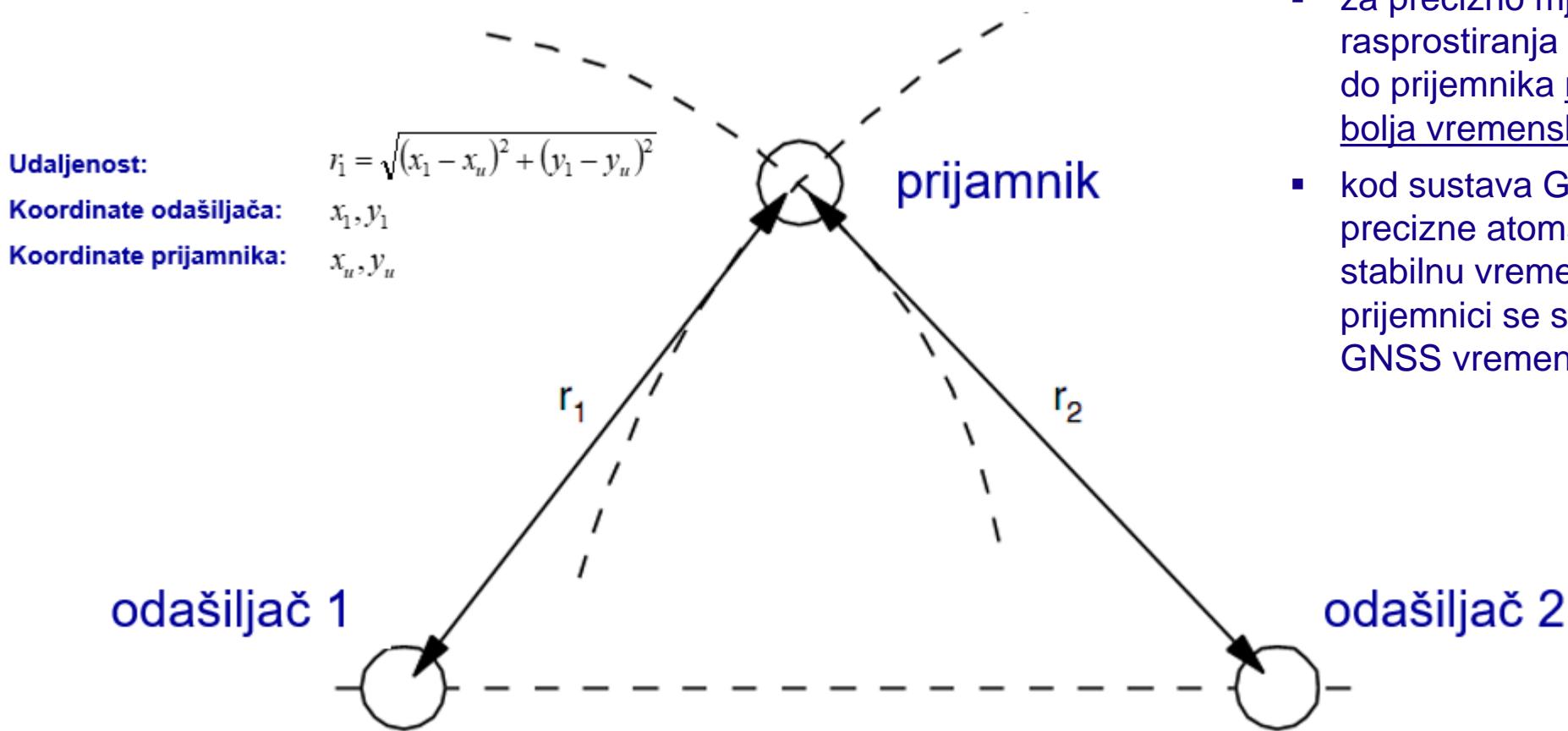


TRILATERACIJA – određivanje položaja mjerenjem udaljenosti od poznatih točaka

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Podjela radionavigacijskih sustava prema obliku linija pozicije:

ToA (*Time of Arrival*) i načelo trilateracije

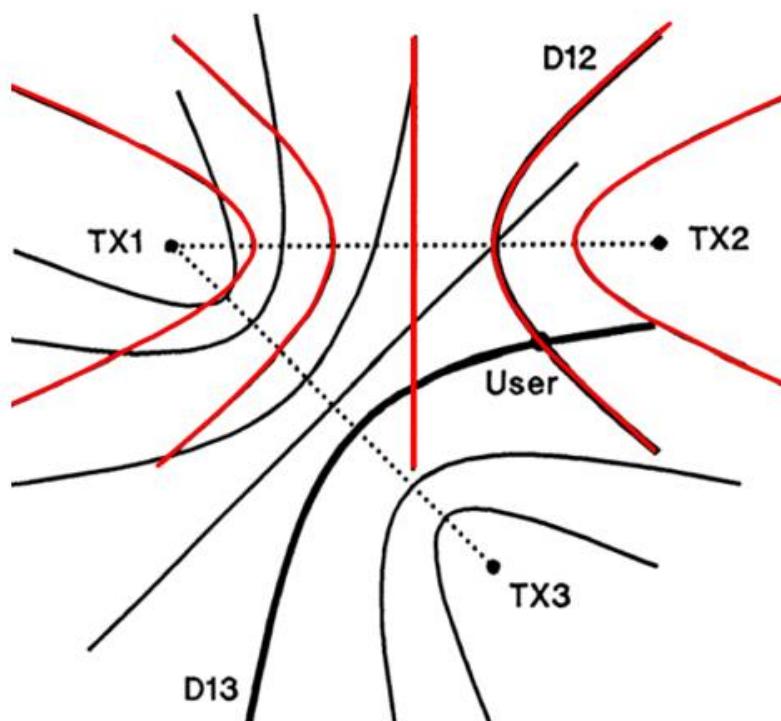
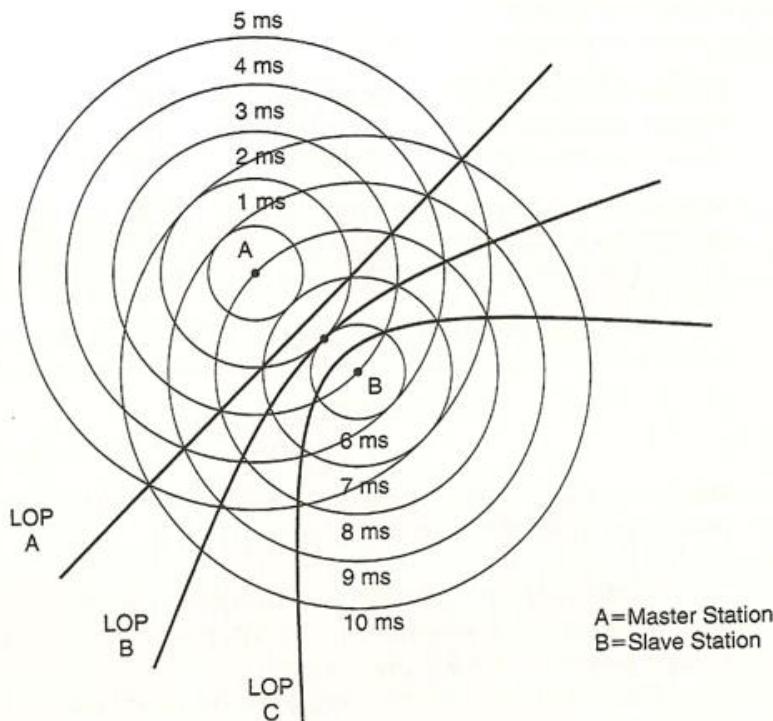


- za precizno mjerene vremena rasprostiranja signala od odašiljača do prijemnika nužna je njihova što bolja vremenska sinkronizacija
- kod sustava GNSS sateliti imaju precizne atomske satove kao vrlo stabilnu vremensku referencu, a prijemnici se sinkroniziraju sa GNSS vremenom

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Podjela radionavigacijskih sustava prema obliku linija pozicije:

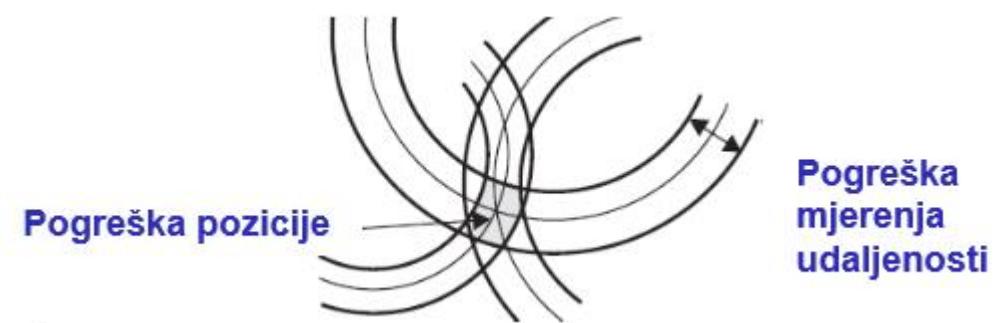
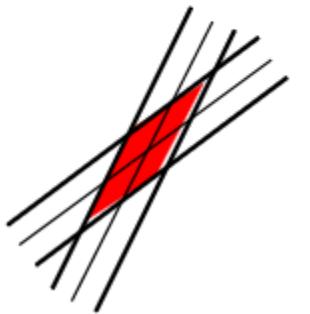
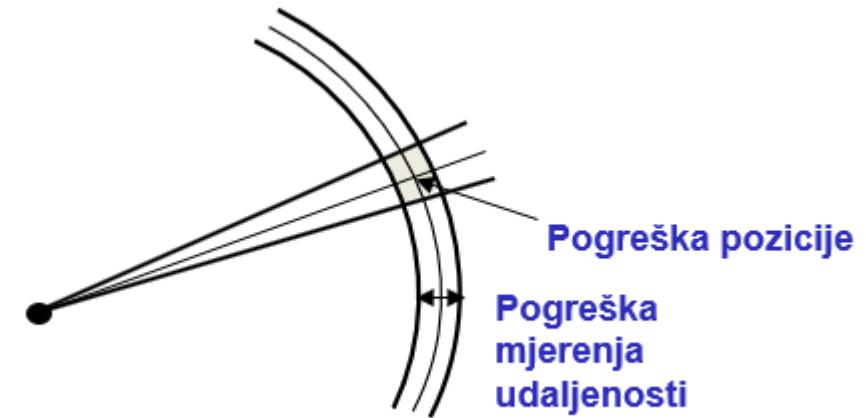
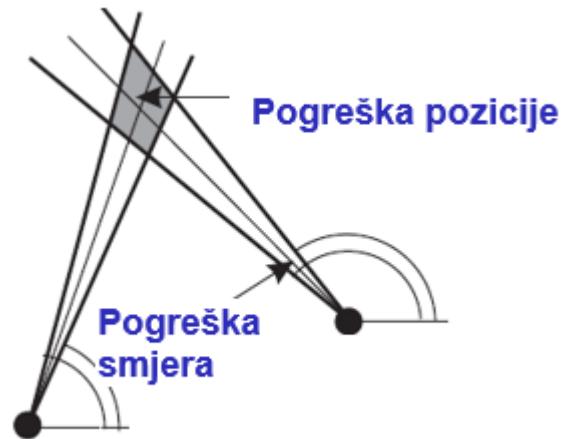
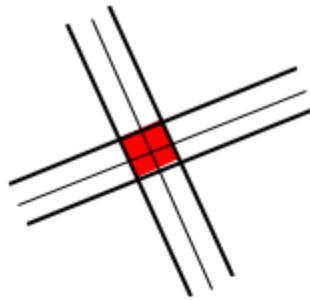
3) stajnice u obliku hiperbola, dobivene mjeranjem razlika udaljenosti od dvaju odašiljača
TDoA (*Time Difference of Arrival*)



- ova metoda mjeri samo razlike u vremenima stizanja signala od parova međusobno sinkroniziranih odašiljača do prijemnika, a ne apsolutno vrijeme rasprostiranja
- prijamnik zato ne treba biti sinkroniziran s odašiljačima

Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

Pogreške ovisne o geometrijskom položaju odašiljača u odnosu na prijemnik (faktor GDOP) i točnost mjerena pozicije



Radiolokacija, radiogoniometrija i navigacija

- Elektronička navigacija koristi elektroničke uređaje koji emitiraju i primaju elektromagnetske valove pomoću kojih se određuje pozicija.
- Korisnički radionavigacijski prijamnik obrađuje signale koje prima od zemaljskih radionavigacijskih postaja ili od navigacijskih satelita.
- Pozicija korisnika nalazi se u presjecištu dvaju ili triju linija pozicija ili stajnica, koje se utvrde kao točke mogućih pozicija nekom navigacijskom metodom.



GLOBALNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Predavanje 3

Prof. dr. sc. Tomislav Kos

Doc. dr. sc. Josip Vuković

Radionavigacija



Teme predavanja

- Radionavigacija

- Sigurnosni zahtjevi na navigacijske sustave**

- Hiperbolni navigacijski sustavi**

- Loran-A, Loran-C, DECCA, DECTRA, OMEGA

Radionavigacija

Sigurnosni zahtjevi na navigacijske sustave

Navigacijski sustavi moraju zadovoljiti više sigurnosnih zahtjeva:

1) Točnost (**Accuracy**)

- stupanj poklapanja procijenjene, izmjerene ili željene pozicije (brzine) s pravom pozicijom (brzinom),
- mogućnost sustava da osigura zadovoljavajuću navigacijsku točnost za pojedine faze leta ili plovidbe;

Predvidiva - točnost pozicije u odnosu na geografske koordinate

Ponovljiva - točnost s kojom se korisnik može vratiti na poziciju čije su koordinate bile utvrđene s istim navigacijskim sustavom prije toga

Relativna - točnost s kojom korisnik može utvrditi jednu poziciju relativno u odnosu na drugu, bez obzira na pogrešku stvarne pozicije

Radionavigacija

Sigurnosni zahtjevi na navigacijske sustave

Navigacijski sustavi moraju zadovoljiti više sigurnosnih zahtjeva:

2) Cjelovitost (*Integrity*)

- mjera pouzdanosti utvrđivanja pozicije, izražena kao vjerojatnost da sustav detektira i najavi stanje pri kojem je ukupna pogreška sustava veća od dozvoljenih granica
- sigurnost da sve funkcije sustava rade unutar operativnih granica tolerancije uz mogućnost detekcije anomalija signala koje bi mogle izazvati navigacijske pogreške veće od propisanih;

3) Rapoloživost (*Availability*)

- postotak vremena u kojem je sustav raspoloživ unutar zahtijevanih granica performansi
- svojstvo sustava da je upotrebljiv unutar područja pokrivanja i da je navigacijski signal dostupan korisniku;

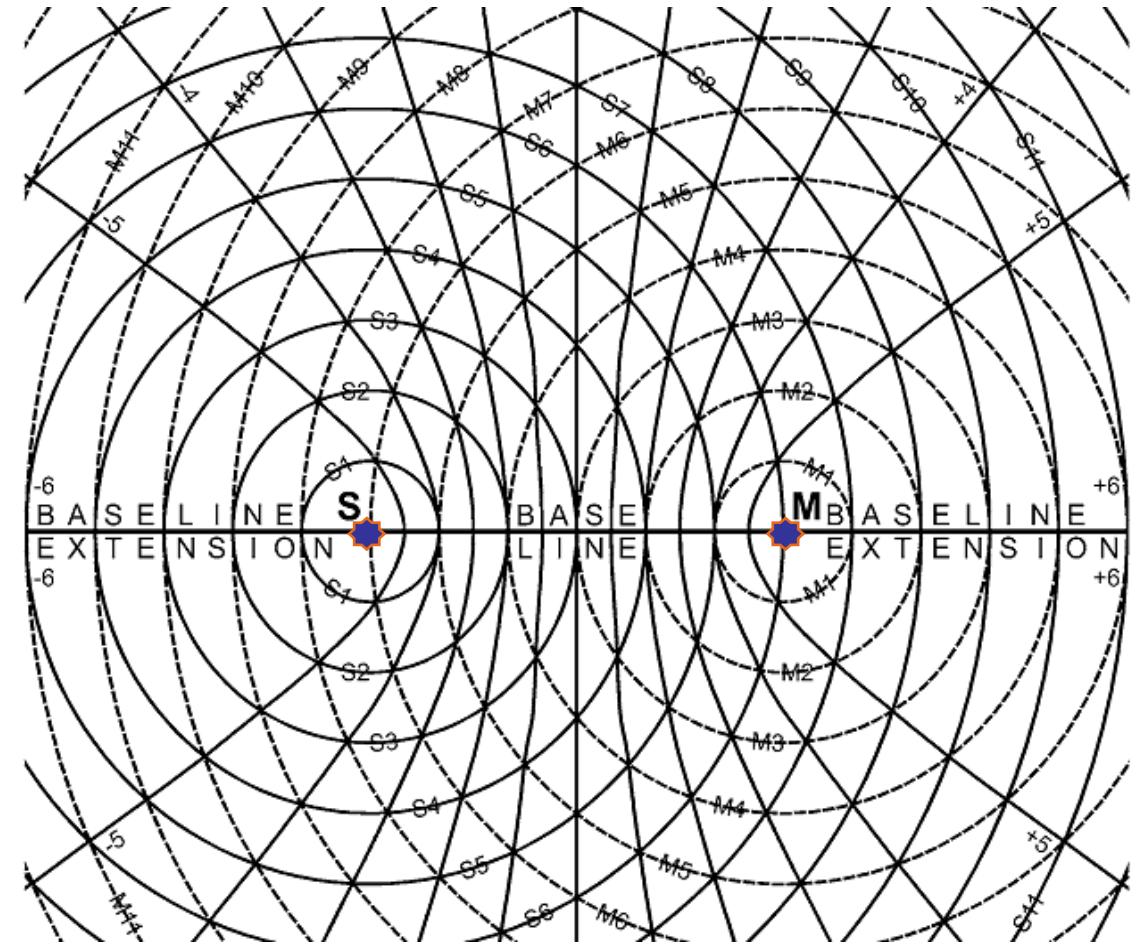
4) Kontinuitet (*Continuity*)

- mogućnost sustava da osigura funkcionalnost bez prekida u radu te da sustav funkcioniра за čitavo vrijeme trajanja neke operacije (prilazak broda luci, spuštanje zrakoplova).

Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

- za zračnu i pomorsku navigaciju od drugog svjetskog rata nadalje koristili su se tzv. hiperbolni navigacijski sustavi, čije linije pozicija (stajnice) imaju oblik hiperbole.
- hiperbole su krivulje kod kojih su razlike udaljenosti od fokusa konstantne
- odašiljači su u fokusima hiperbola, a sve točke s jednakim razlikama udaljenosti nalaze se na hiperboli kao stajnici



Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

IMPULSNI SUSTAVI

- sustavi za hiperbolnu navigaciju mogu raditi u impulsnom načinu rada, pri čemu se mjerene razlike udaljenosti od odašiljača svodi na mjerene razlike u vremenima stizanja impulsa sinkroniziranih parova odašiljača
- korisnik mjeri razlike u vremenima stizanja impulsa, a ne stvarno vrijeme rasprostiranja signala do prijamnika - **zbog toga nije potrebna sinkronizacija satova u odašiljaču i prijamniku**
- impulsi predstavljaju precizne vremenske markere za mjerenu razliku
- ponavljaju se u kontroliranim intervalima PRI (*Pulse Repetition Interval*) te se hiperbolni lanci odašiljača mogu razlikovati po različitim vrijednostima PRI za pojedine grupe odašiljača

FAZNI SUSTAVI

- u sustavima s nemoduliranim signalima mjerene su fazne razlike sinkroniziranih signala koje emitiraju parovi odašiljača

Radionavigacija

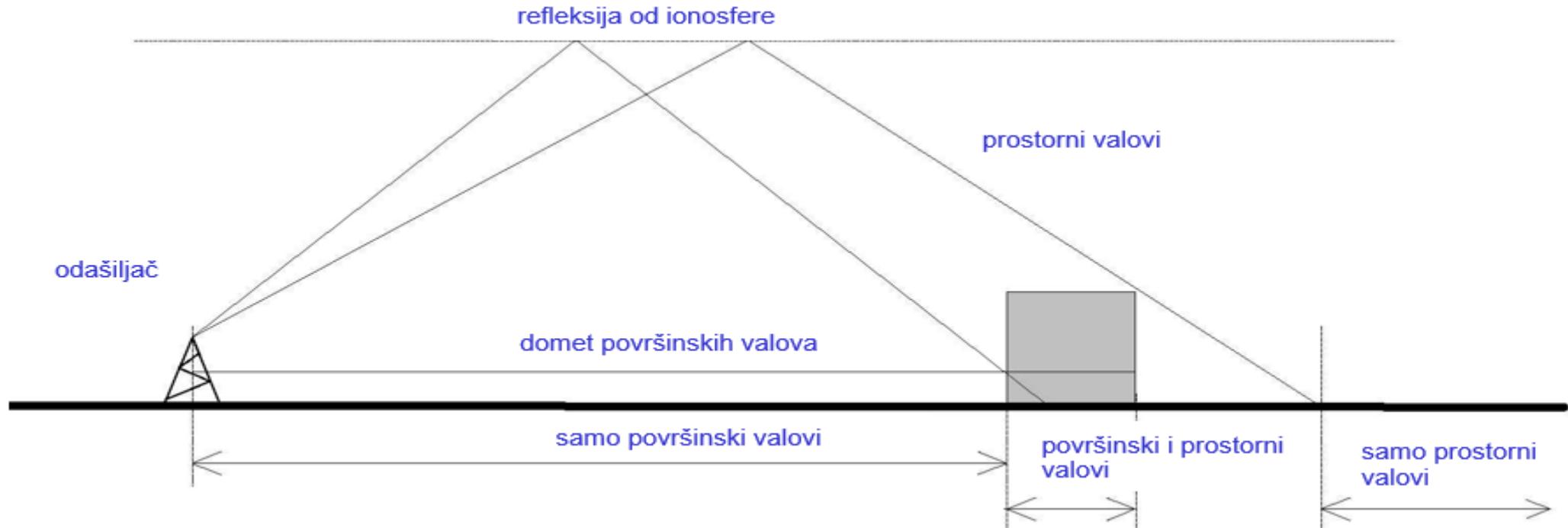
Hiperbolni navigacijski sustavi

- postojali su i sustavi koji koriste oba načina rada: mjerjenje razlike vremena stizanja impulsa za grubo određivanje linija pozicije i mjerjenje faznih razlika prijenosnog signala za fino određivanje
- najčešće su se koristili jedan glavni i dva ili više pomoćnih odašiljača, čiji se međusobni rad sinkronizirao pomoću emisije glavnog odašiljača
- najrašireniji hiperbolni radionavigacijski sustavi Loran, Decca i Omega razlikovali su se i po načinu emitiranja signala i po načinu mjerjenja vremena
- crtanjem hiperbola za nekoliko razlika udaljenosti ili razlika faza dobivalo se je polje hiperbola koje pokriva područje oko odašiljača
- **za svaki hiperbolni navigacijski sustav postojale su posebne navigacijske karte na kojima su bile ucrtane mreže hiperbola**, obično u boji, posebno označene za sve parove odašiljača koji rade na tom području

Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

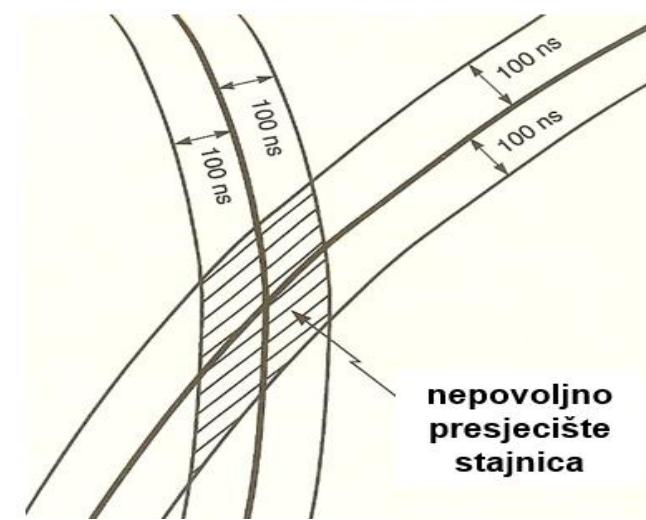
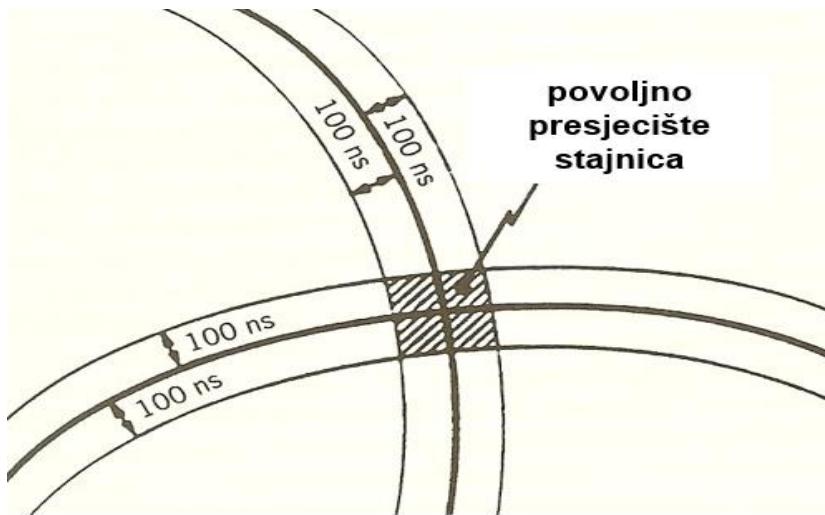
- širenje elektromagnetskih valova ovisi o mediju kroz koji se val širi - na točnost sustava utječe rasprostiranje (propagacija) radiovalova
- vremensko kašnjenje prostornog vala ovisi o visini ionosferskih slojeva i udaljenosti od odašiljača



Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

- rasprostiranje valova je ovisno o stanju u atmosferi i ionosferi, podložno je stalnoj promjeni, što uzrokuje promjenjivu pogrešku na mjestu prijama
- povećana pogreška pojavljuje se i zbog nepovoljnog kuta presjecanja stajnica - faktor geometrijske pogreške GDOP (*Geometrical Dilution of Precision*)



Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

LORAN

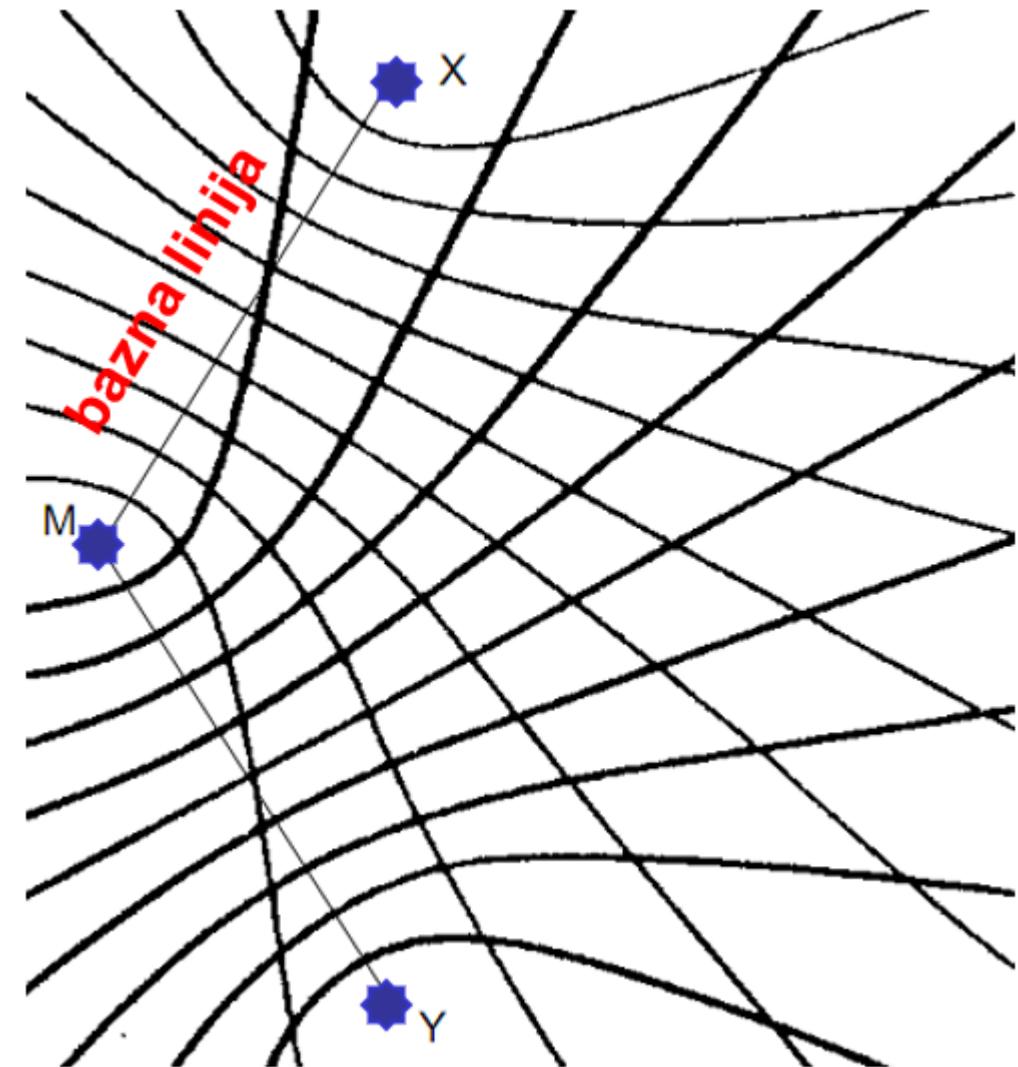
- LORAN (*LOng RAnge Navigation*) bio je najstariji hiperbolni navigacijski sustav, razvijen u Americi tijekom drugog svjetskog rata
- prva varijanta sustava Loran-A počela se primjenjivati 1943. godine i više se ne koristi, a vojna varijanta Loran-D također više nema veće primjene
- zadržao se donedavno samo Loran-C sustav, koji je bio u masovnoj upotrebi od kraja 1970-tih godina
- Loran sustav koristi pretpostavku da je brzina rasprostiranja radiovalova konstantna u cijelom području pokrivanja sustava

Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

LORAN-A

- bio je namijenjen za zrakoplovnu i pomorsku navigaciju
- Loran-A lanac činili su glavni odašiljač M i dva pomoćna odašiljača X i Y međusobno udaljeni do 600 NM (1000 km) – bazna linija
- odašiljači su radili u impulsnom načinu rada
- da bi se identificirala emisija glavnog i pomoćnih odašiljača pojedinog lanca, odašiljači nisu emitirali istovremeno, nego uz točno definirano vrijeme kašnjenja emisije pomoćnih odašiljača
- PRI (*Pulse Repetition Interval*) bio je precizno kontroliran

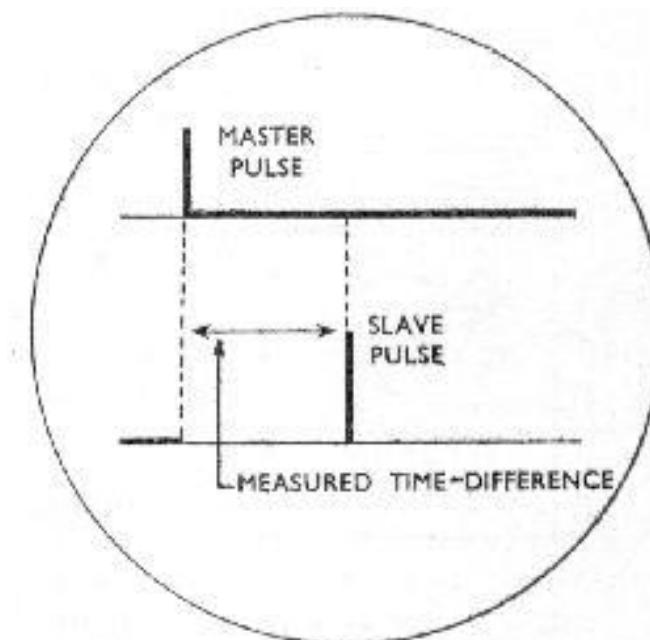


Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

LORAN-A

- na prijamniku su se ugađale frekvencija odašiljača (1750 kHz - 1950 kHz) i repeticija impulsa PRI
- mjerile su se razlike vremena stizanja impulsa od glavnog i pomoćnih odašiljača

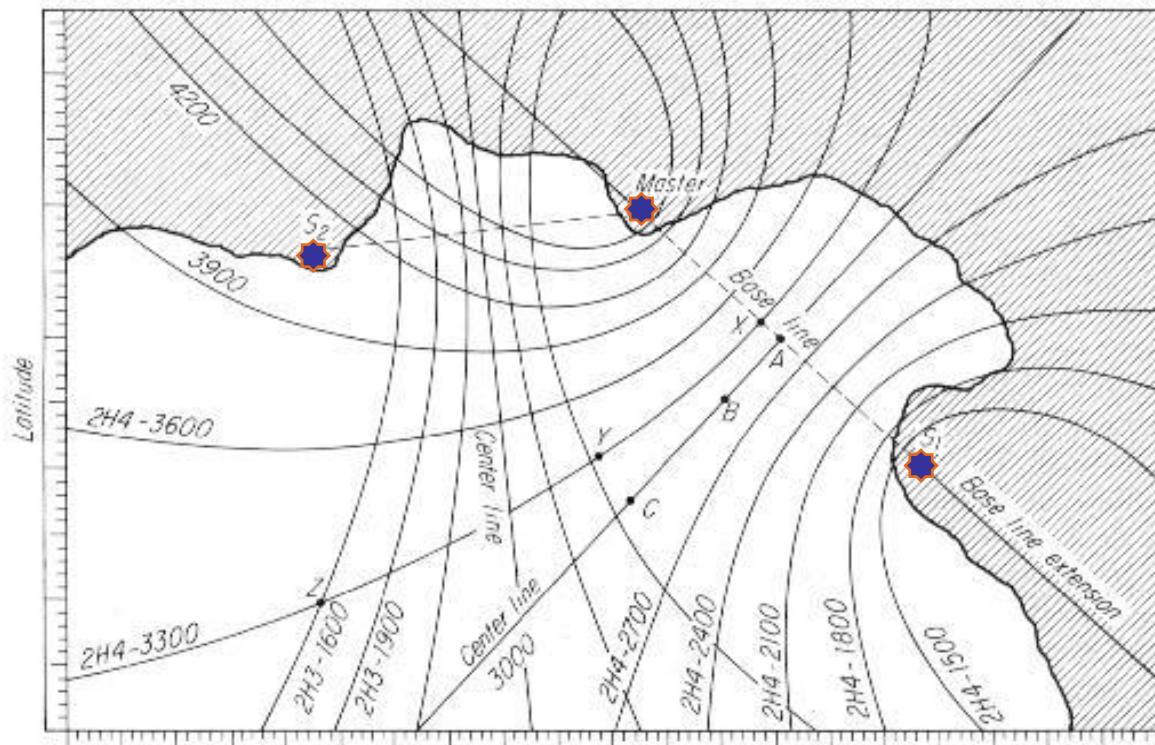


Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

LORAN-A

- za određivanje pozicije bila su potrebna 2 mjerena, a izmjerene vrijednosti razlike kašnjenja (μs) unosile su se u navigacijsku kartu s ucrtanim hiperbolama
- iskusnom navigatoru trebalo je 3-5 minuta da odredi poziciju



Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

LORAN-A

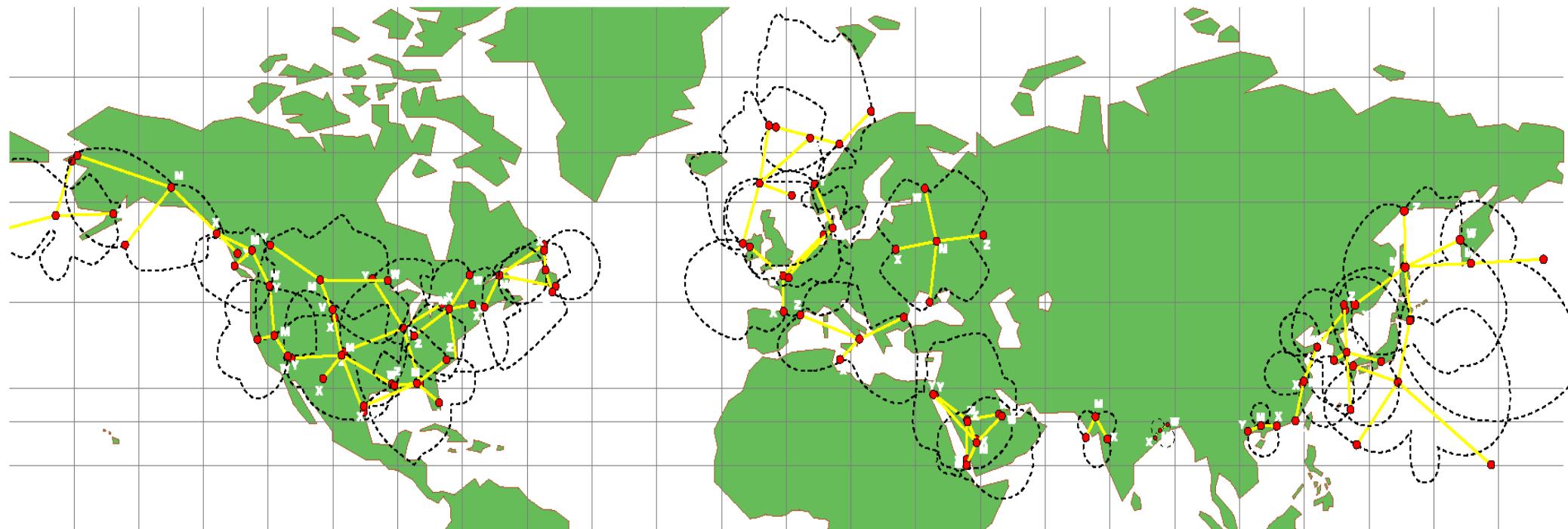
- budući da su odašiljači radili u impulsnom radu, mogla se postići vrlo velika impulsna snaga odašiljanja uz relativno malu srednju snagu emisije
- maksimalni domet:
 - 700 NM (\approx 1200 km) danju, površinski val
 - 1400 NM (\approx 2400 km) noću, uz refleksije od ionosfere
- točnost očitanja bila je $1 \mu\text{s} \rightarrow \pm 150 \text{ m}$ (u najpovoljnijem slučaju, samo teoretski)
- točnost utvrđenog položaja:
 - 1,5 NM (2,5 km) danju (uz površinski val)
 - 6 NM (10 km) noću (za prostorni val s refleksijama od ionosfere)
- u svijetu je bilo aktivno 27 Loran-A lanaca sa 79 odašiljača
- Loran-A lanci prestali su s radom 1980. godine u sjevernoj Americi, 1985. širom svijeta, a 1997. u Japanu

Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

LORAN-C

- širom svijeta bilo je postavljeno oko 30 Loran-C lanaca s 90 odašiljača, bazne linije od 300 do 1500 km
- impulsna snaga odašiljača kretala se od 400 kW do 3 MW, svi su bili na istoj frekvenciji od 100 kHz
- domet sustava je bio povećan do 2500 km za površinski val i do 5000 km za prostorni



Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

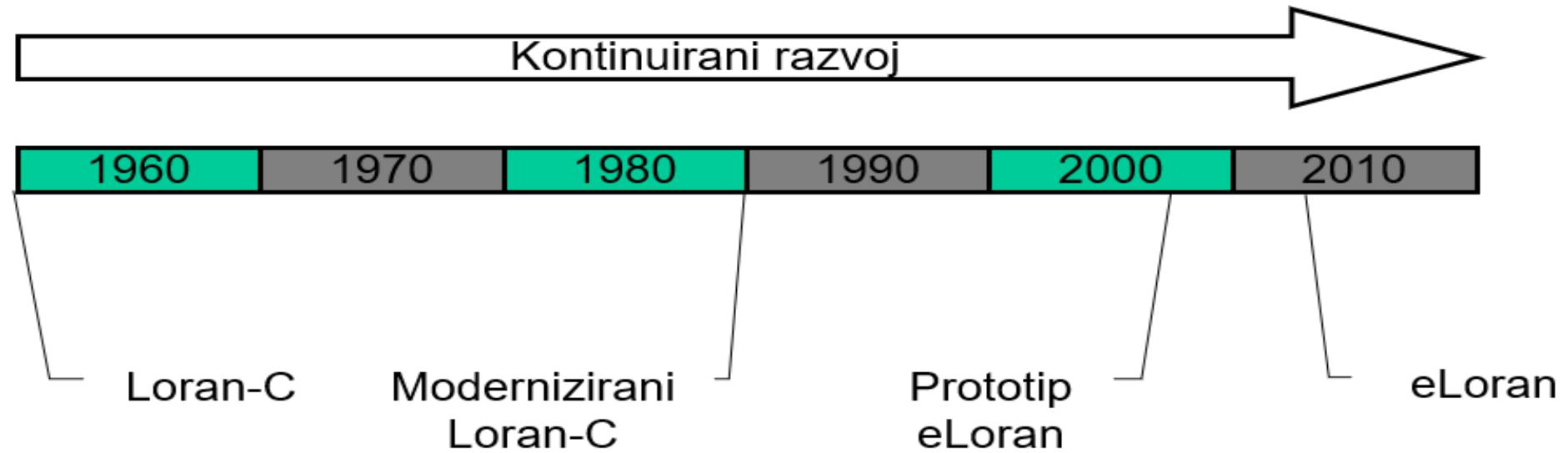
LORAN-C

- ostvariva točnost sustava kretala se od 100 do 500 m, ovisno o udaljenosti od bazne linije
- ponovljiva točnost pozicioniranja Loran-C sustava mogla je biti i bolja od 30 m (mogućnost da se korisnik kasnije vrati na istu poziciju s navedenom točnošću)
- Loran-C stanice stalno su se nadzirale kako bi se detektirale eventualne nepravilnosti u radu koje bi mogle izazvati pogreške u pozicioniranju
- pomoći odašiljači signalizirali su korisniku ako Loran par nije funkcionirao ispravno te je zbog neispravnosti određena bazna linija između parova odašiljača bila neprikladna za navigaciju - **dobra kontrola cjelovitosti sustava**
- raspoloživost Loran-C sustava bila je bolja od 99,7%.

Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

LORAN-C → eLoran (*enhanced Loran*)



	Loran-C	Modernizirani Loran-C	Prototip eLoran	eLoran
Točnost (95%)	460 m	100 m	10-20 m	10-20 m

Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

LORAN-C → eLoran (*enhanced Loran*)

U.S. COAST GUARD Loran-C

Originalna verzija Loran-C temeljena na odašiljačima s elektronskim cijevima, **ASF** (*Additional Secondary Factors*) look-up tablicama kašnjenja signala zbog utjecaja terena te hiperbolnom (TDoA) navigacijom. Zahtjevala je velik broj ljudi na postaji.
Tipična točnost: 460 m (95%).

Modernizirani Loran-C

Originalna verzija NELS (*Northwest European Loran-C System*) temeljena na odašiljačima u poluvodičkoj tehnologiji, preciznim *time-of-emission* vremenskim usklađivanjem, **ASF** modelima propagacije, hiperbolnoj (TDoA) ili kružnoj (**ToA**) navigaciji. Mnogo manji broj ljudi u postaji.
Tipična točnost: 100 m (95%).

Prototip eLoran

GLA (*General Lighthouse Authorities of the United Kingdom and Ireland*) sustav (2008.) temeljen na moderniziranom Loran-C zajedno s Eurofix sustavom za prijenos UTC vremena i diferencijskih Loran korekcija, *all-in-view* navigacija, precizna **ASF** mjerena na terenu, **diferencijske Loran referentne postaje** za pomorsku uporabu.
Tipična točnost: 10-20 m (95%).

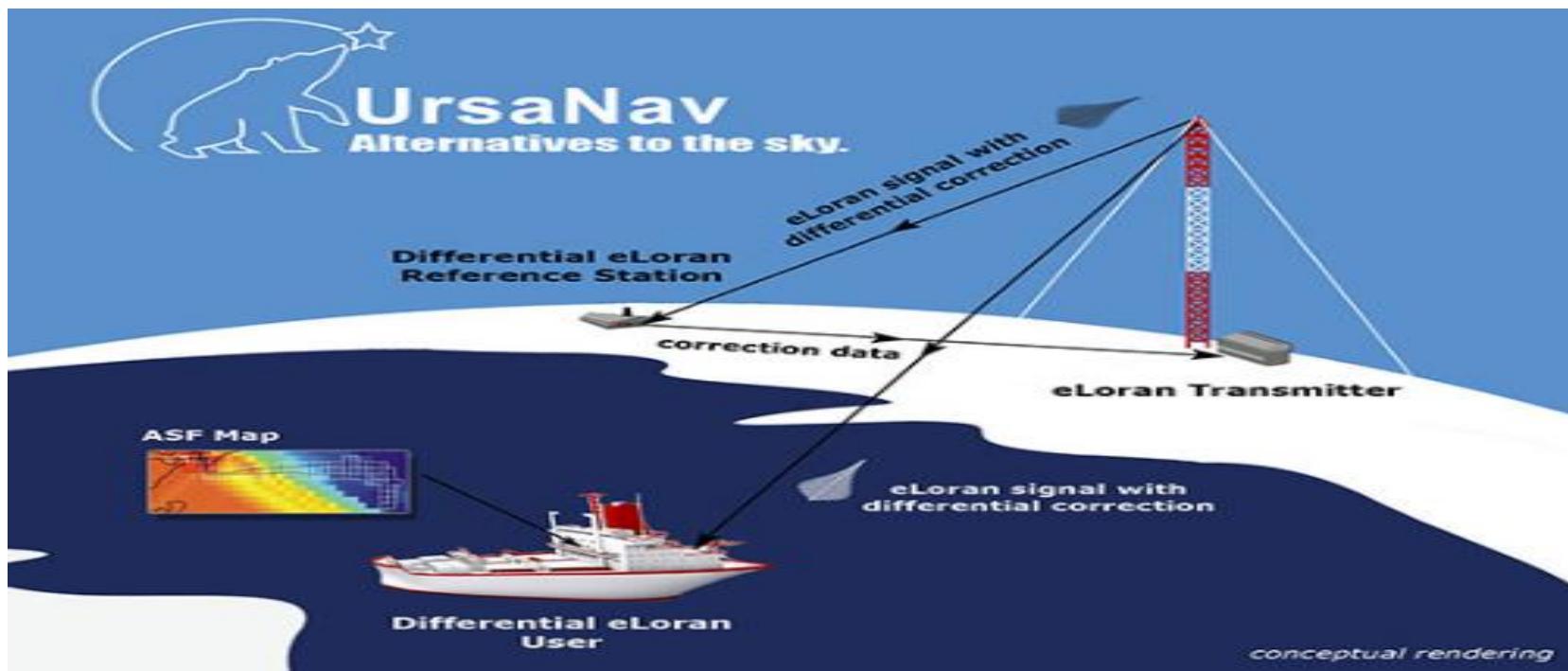
Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

LORAN-C → eLoran (*enhanced Loran*)

eLoran

(→ 2013.) Temeljeno na prototipu eLoran, osuvremenjena oprema za povećanu vremensku stabilnost, povećana otpornost na ometanja radi osiguranja visoke raspoloživosti, Eurofix na svim postajama, modernizirani kontrolni sustav postaje Brest.
Tipična točnost: 10-20 m (95%).

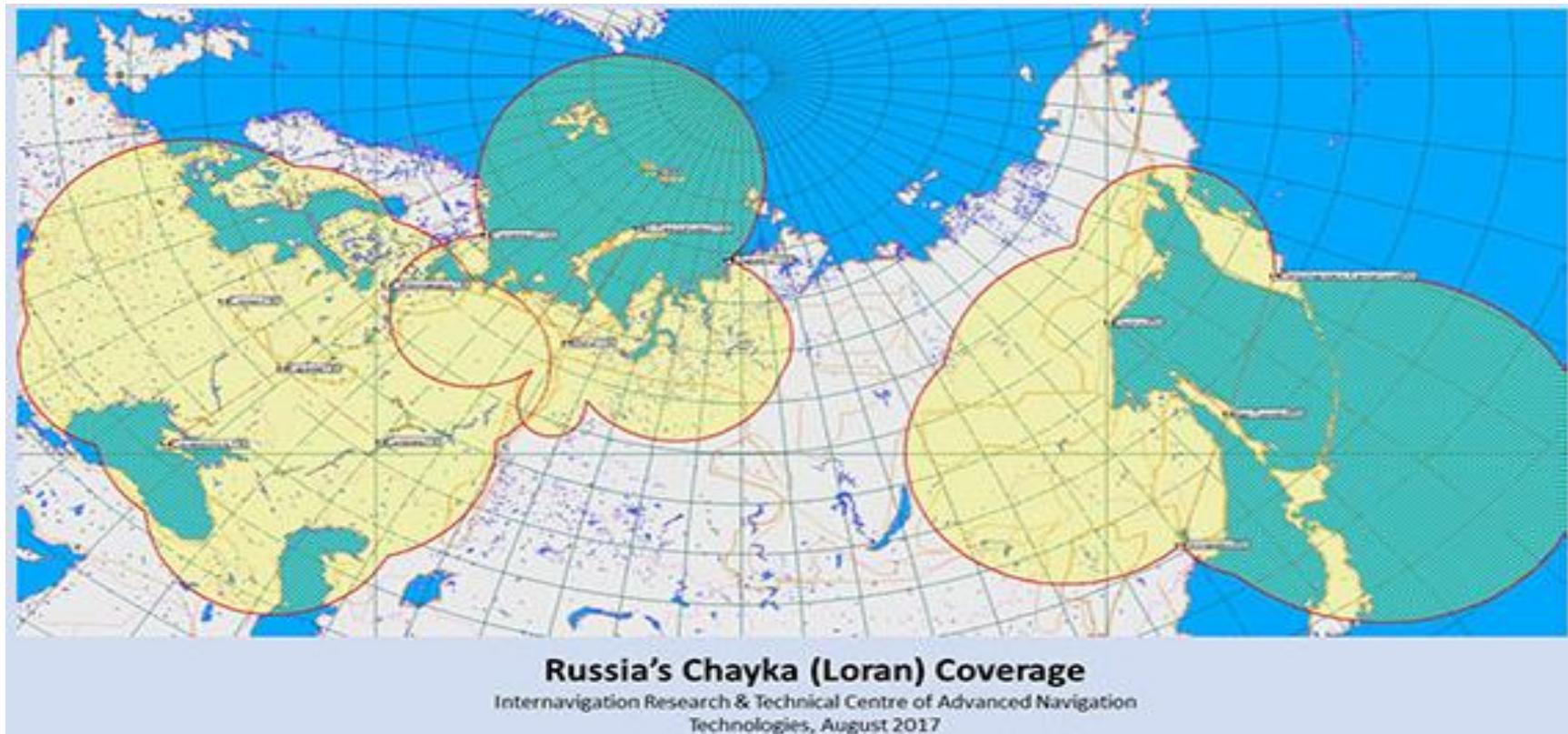


Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

Chaika (чайка - Ruska verzija sustava Loran-C)

<https://insidegnss.com/report-russian-navy-gets-new-precision-terrestrial-system-to-backup-gps-glonass/>

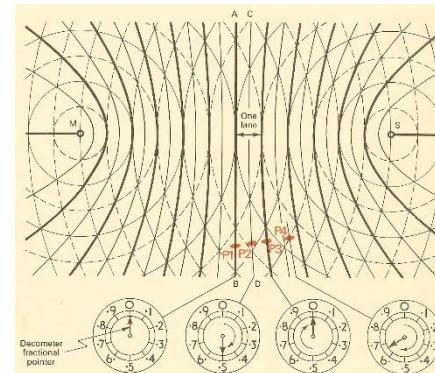
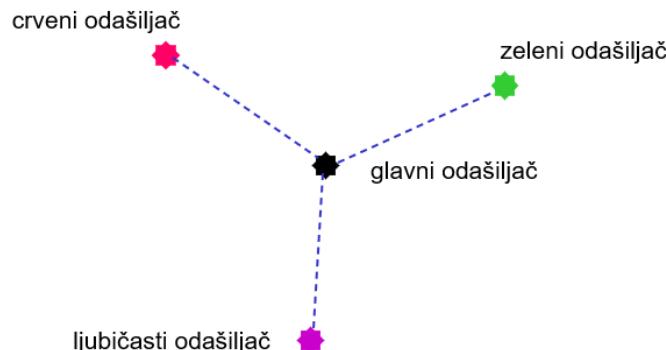


Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

DECCA

- razvijen za vrijeme II svjetskog rata i prvi puta korišten za vrijeme iskrcavanja savezničkih snaga u Normandiji
- sustav DECCA koristio je fazni način rada, u frekvencijskom području između 70 i 130 kHz
- geometrijski raspored odašiljača sličan kao i za LORAN sustav, ali s kraćim baznim linijama, od 100 - 200 km
- zbog toga je i područje pokrivanja pojedinog lanca bilo manje
- u prijemnicima prve generacije morala se kalibrirati početna pozicija korisnika, odnosno odrediti početni pojas
- kretanjem korisnika prijemnik je sam brojao broj prolazaka kroz nulte faze i registrirao prelaska u druge pojaseve
- u sustavima novije generacije ta se višezačnost eliminirala dodatnim postupkom grubog pozicioniranja
- to je omogućilo da prijemnici mogu potpuno automatski odrediti poziciju bez početne kalibracije

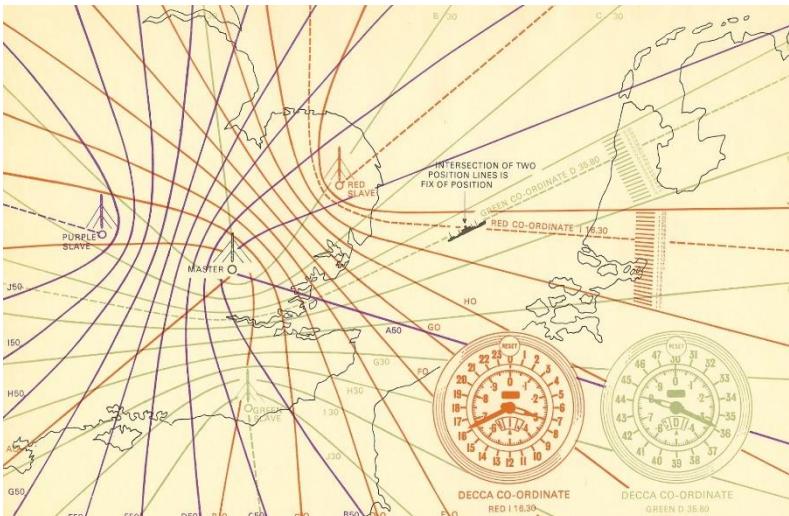


Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

DECCA

- uz snage odašiljača od 2,5 kW domet površinskih valova bio je do 1000 NM (1800 km)
- zbog interferencije površinskog i prostornog vala korisni domet sustava ograničen je na 1100 km po danu i 440 km noću
- najveća praktična točnost kretala se od 30-ak m po danu oko bazne linije
- DECCA lanci postavljali su se tako da su dopunjavali i prekrivali
- do 1989. godine u svijetu je bilo postavljeni četrdesetak lanaca sa 42 master i 119 pomoćnih odašiljača

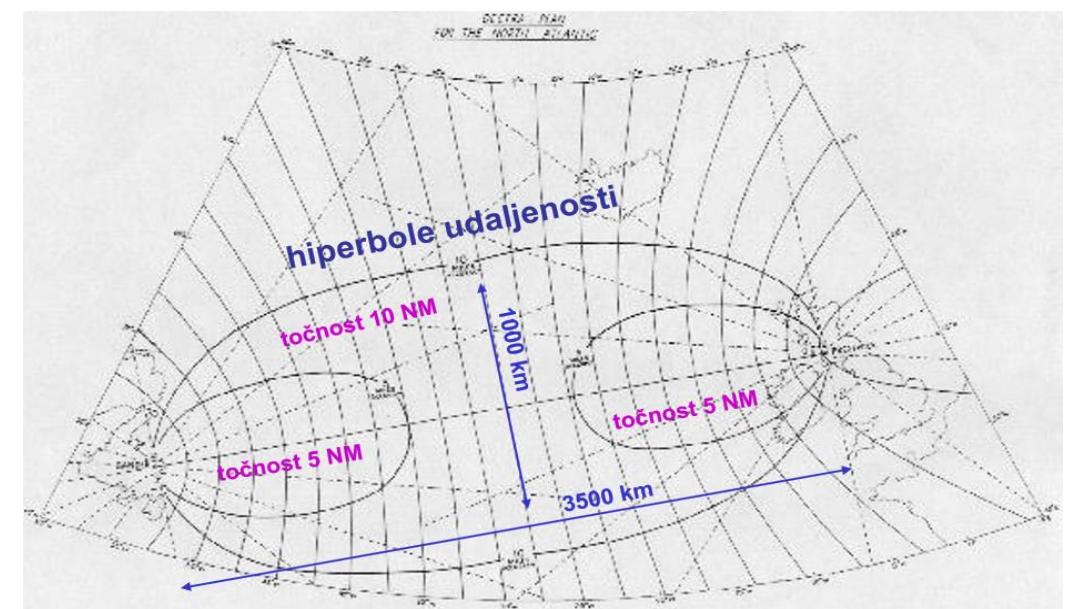
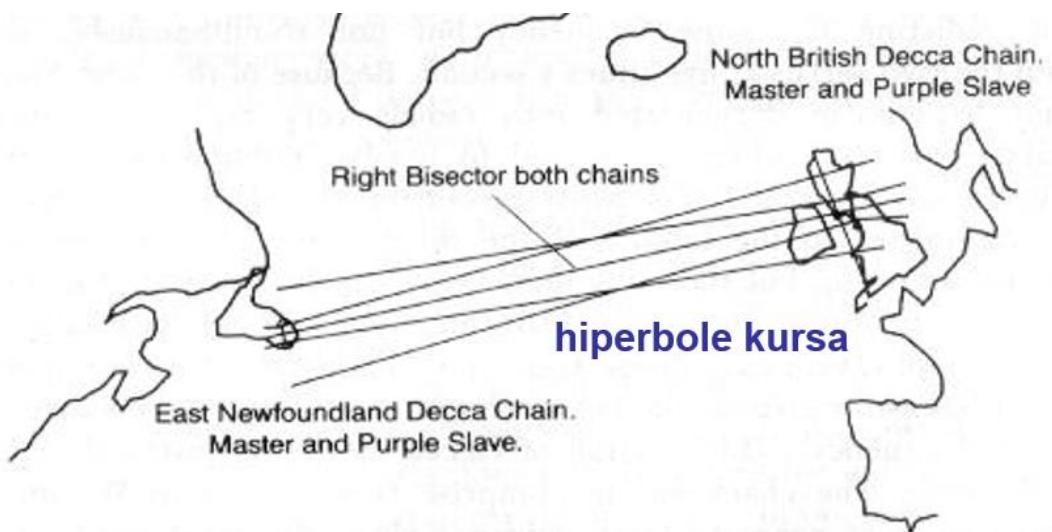


Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

DECTRA

- sustav je koristio modificirane DECCA odašiljače, ukupno 4 stanice
- bio je postavljen između Europe i Kanade, namijenjen za zračni i pomorski promet
- pokriva je Atlantski ocean navigacijskim signalima, nudeći hiperbole kursa i udaljenosti:

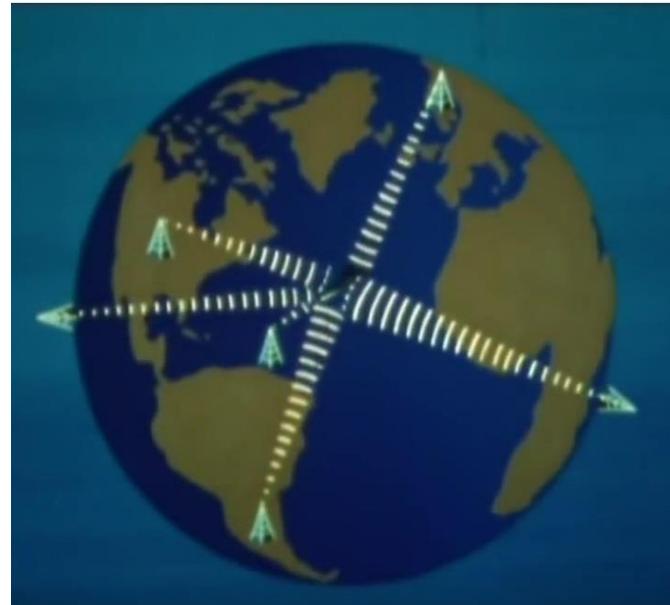


Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

OMEGA

- sustav razvijen u Americi krajem 60-tih godina, a 1982. postao je potpuno funkcionalan
- zamišljen je kao **globalni sustav** koji pokriva cijelu zemaljsku kuglu sa 8 odašiljača izlazne snage od po 10 kW
- odašiljači su bili raspoređeni po cijeloj zemaljskoj kugli, kao što se vidi na slici

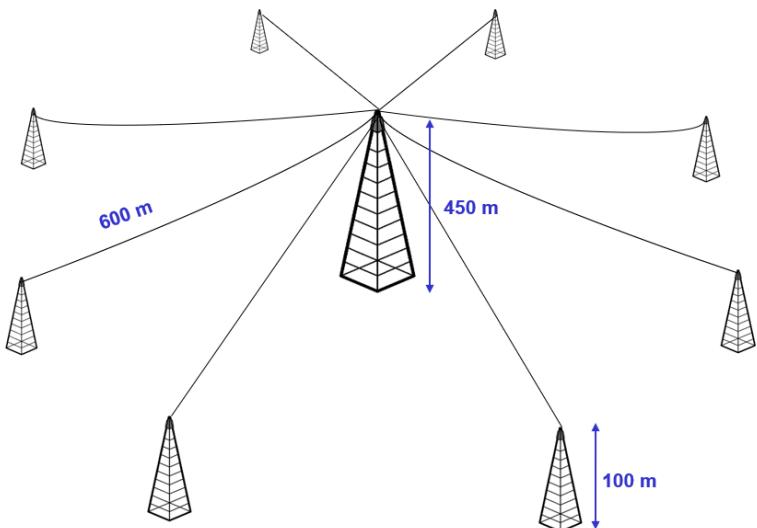


Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

OMEGA

- veliki se domet ostvarivao odabirom vrlo niskih prijenosnih frekvencija od 10,2 kHz do 13,6 kHz (VLF područje u kojem prevladava **površinski val** velikog dometa)
- omogućavao je navigaciju čak i podmornicama na dubinama do 10-tak metara
- sustav nije koristio glavne i pomoćne odašiljače, nego je prijamnik automatski odabirao parove odašiljača s najpovoljnijom geometrijom i najboljom kvalitetom primljenog signala



- antene za emitiranje radijskih valova ovako niskih frekvencija bile su vrlo velikih dimenzija
- u Norveškoj su antenski vodovi bili učvršćeni na vrhove fjordova

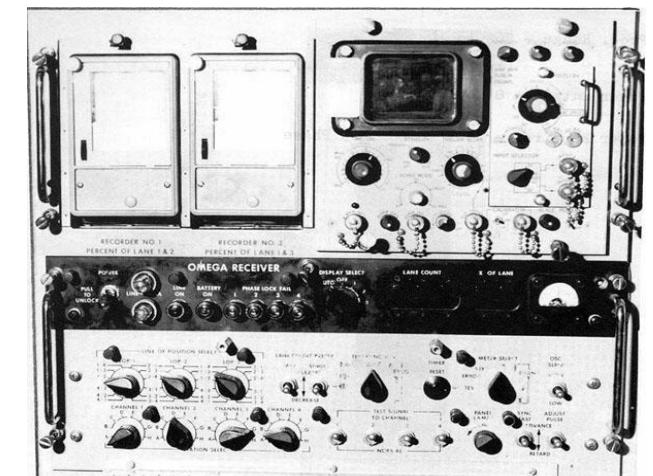


Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

OMEGA

- kako su na rasprostiranje vrlo niskih frekvencija radiovalova Omega sustava jako utjecale razlike vodljivosti tla (kopno-more) i različita visina ionosferskih slojeva danju i noću, izmjerene razlike brzina rasprostiranja signala od pojedinih odašiljača morale su se u prijamniku korigirati
- te su se korekcije obavljale dijelom empirijski, a dijelom prema korekcijskim tablicama
- kod Omega sustava morala se, zbog vrlo velikih udaljenosti od odašiljača, uzeti u obzir i povećana spljoštenost Zemaljske kugle na polovima
- zbog ovih problema kao i vrlo niske radne frekvencije, Omega prijamnici su bili vrlo složeni i skupi, a koristili su se uglavnom za prekoceansku plovidbu i letove
- ostvariva **točnost pozicioniranja** bila je u najpovoljnijem slučaju do **1 NM** (1,8 km)
- OMEGA sustav prestao je s radom 1997. godine



Radionavigacija

Hiperbolni navigacijski sustavi

Usporedba karakteristika hiperbolnih navigacijskih sustava

Sustav	Duljina bazne linije	Domet	Točnost očitanja	Točnost pozicije
LORAN – A (TDoA)	do 1000 km	1200 km površinski do 2400 km prostorni val	1 µs ili 300 m	1,8 km površinski do 10 km prostorni val
LORAN – C (TDoA)	300 – 1500 km	2500 km površinski do 5000 km prostorni val	0,1 µs ili 30 m	100 – 460 m
e-Loran (TDoA i ToA)	Nije definirana	2500 km površinski val		10 – 20 m
DECCA	100 – 200 km	700 km	3,5 – 6 m	30 – 800 m
OMEGA	Nije definirana			1,8 – 7 km



GLOBALNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Predavanje 4

Prof. dr. sc. Tomislav Kos

Doc. dr. sc. Josip Vuković

Satelitska navigacija



Teme predavanja

- Satelitska navigacija

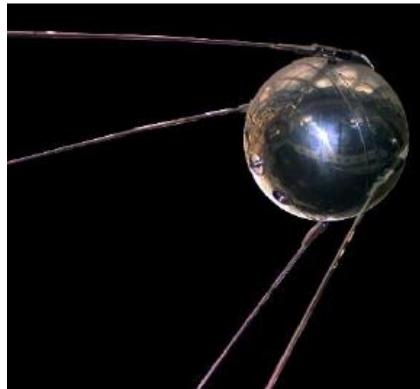
- Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

- Pozicioniranje trilateracijom

Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Satelitska era započela je 1957. godine kad je Sovjetski savez lansirao prvi umjetni satelit **SPUTNIK 1**

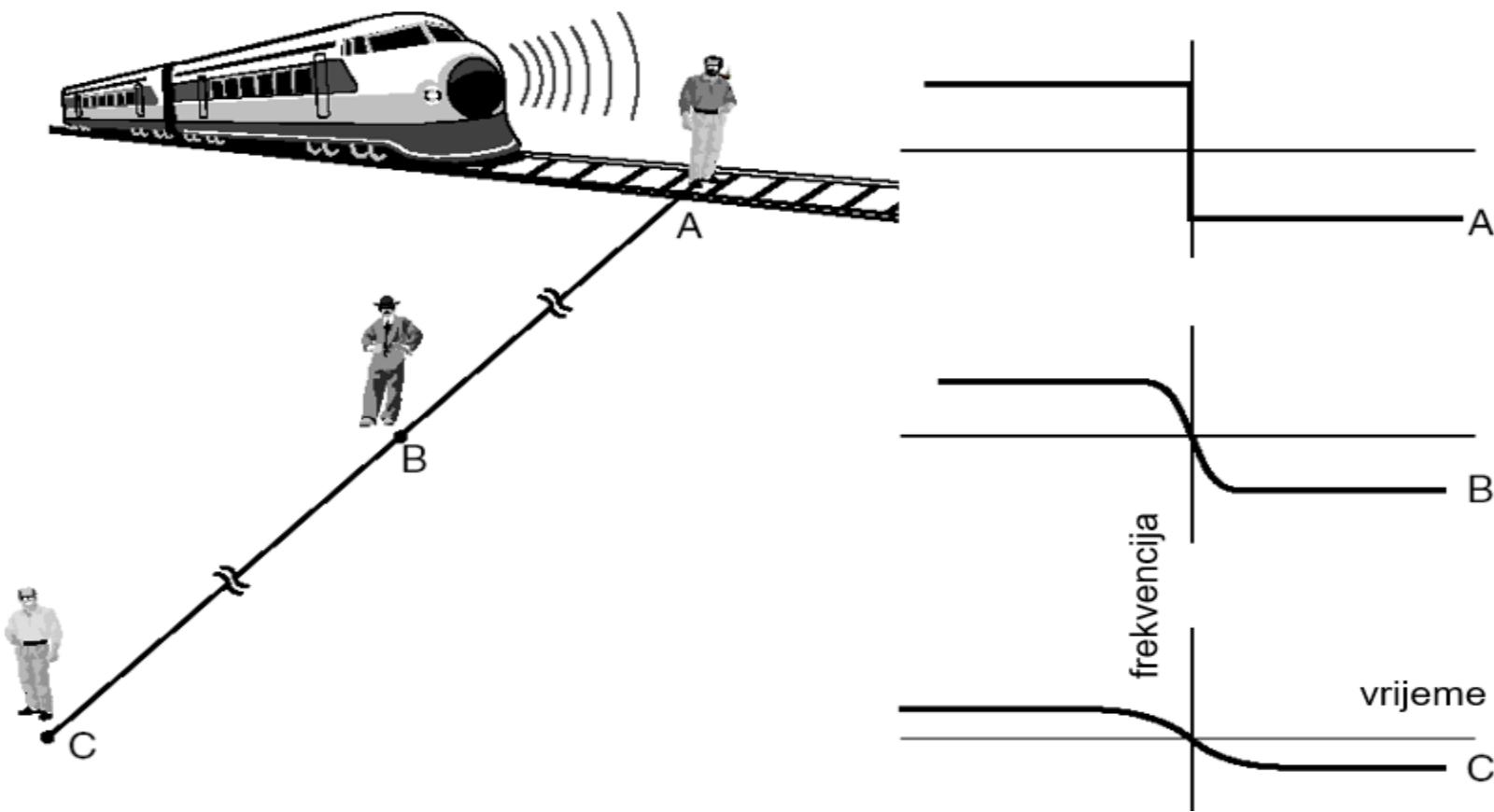


- mjerjenje karakterističnih promjena frekvencije signala emitiranog sa satelita (uslijed Dopplerovog efekta) omogućio je određivanje položaja satelita
- znanstvenici su zaključili da bi se uz točno poznate orbitalne pozicije satelita moglo na temelju dopplerovih promjena frekvencija odrediti i položaj prijamnika na zemlji
- mornarica SAD-a inicirala je 1958. god. razvoj sustava koji bi omogućio navigaciju brodovima koristeći signale sa satelita
- eksperimentalni sateliti lansirani su 1961. i 1962. godine, a sustav je proradio 1964. godine (prvobitni naziv *Navy Navigation Satellite System*)
- kasnije se koristio i zadržao naziv **Transit**

Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Transit - satelitski navigacijski sustav

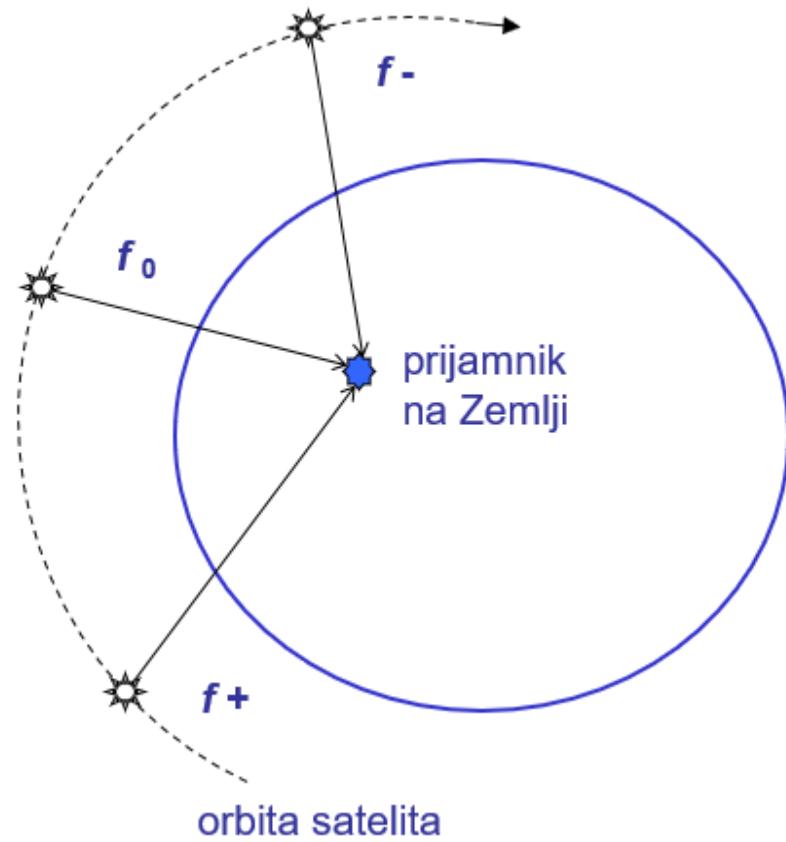
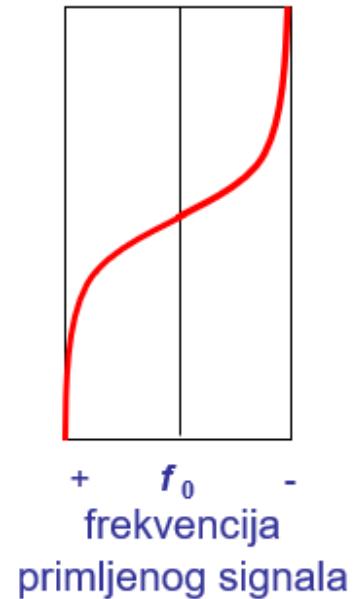
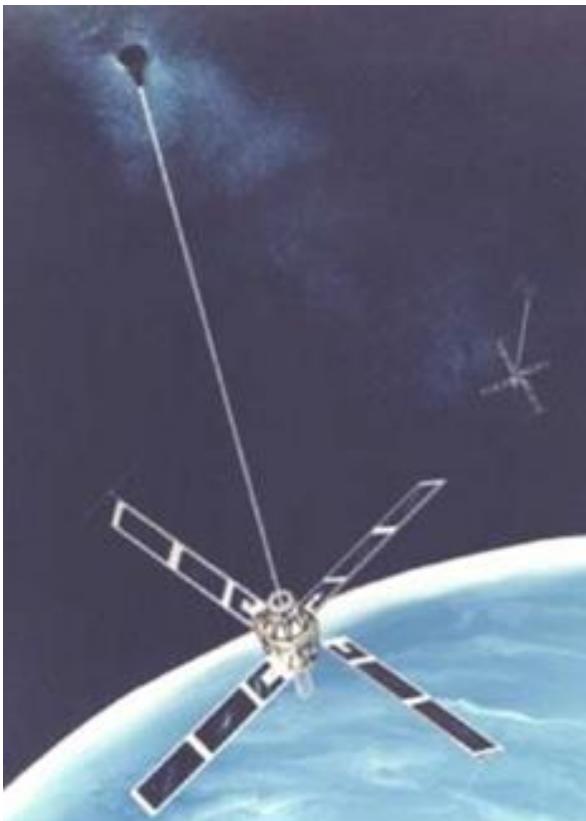
- sustav je radio na načelu dopplerovog efekta



Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Transit - satelitski navigacijski sustav

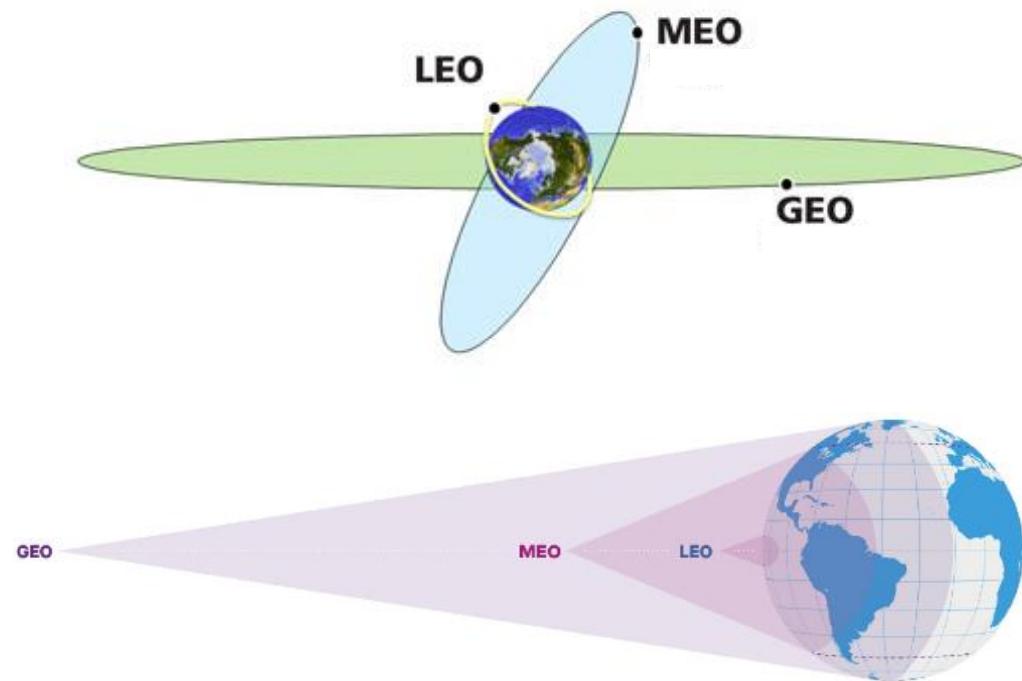
- sustav je radio na načelu dopplerovog efekta



Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Transit - satelitski navigacijski sustav

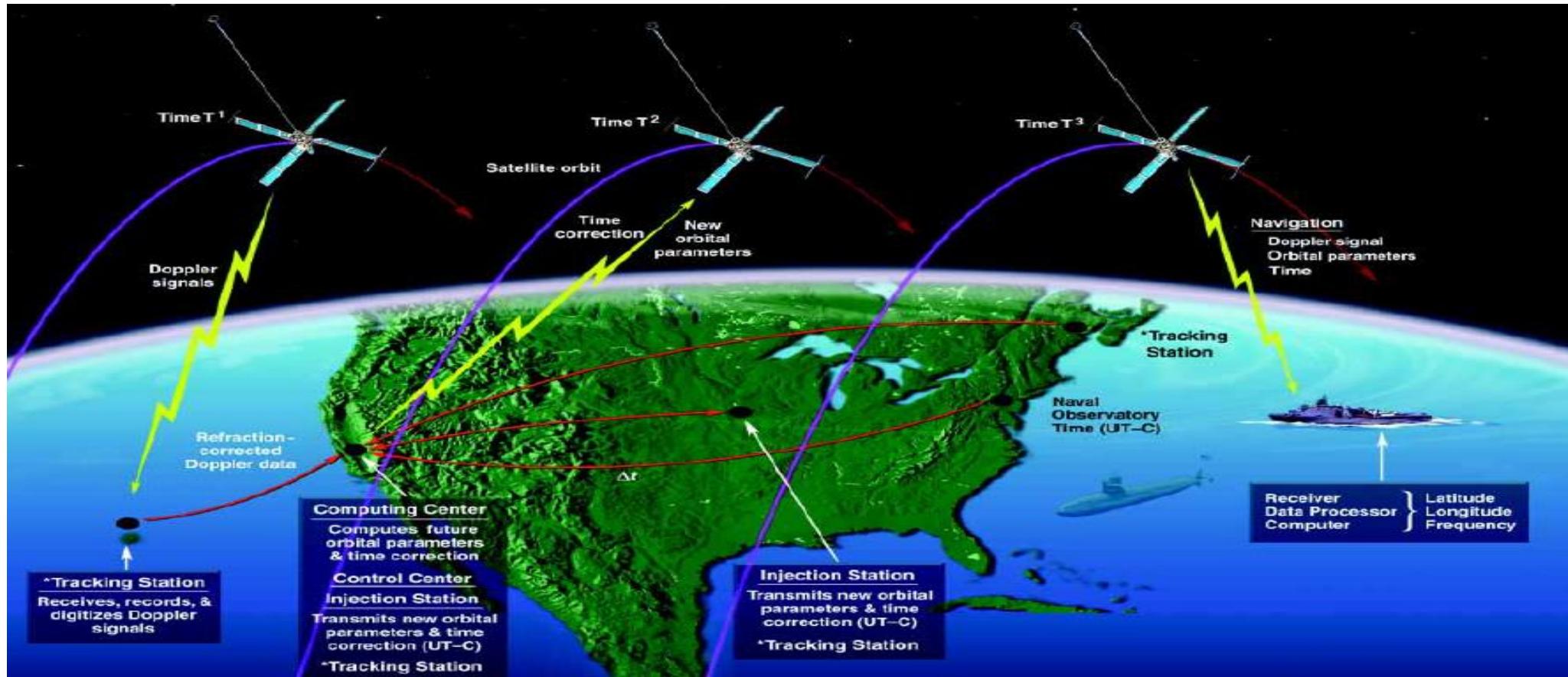
- sateliti Transit sustava su postavljeni u niskim LEO (*Low Earth Orbit*) **polarnim orbitama** na visini od 1075 km, s vremenom ophoda 1h 47' (107 minuta), kako bi dopplerova promjena frekvencije bila što veća
- u konstelaciji je bilo ukupno 6 satelita, a kontrolni sustav sačinjavale su 4 postaje



Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Transit - satelitski navigacijski sustav

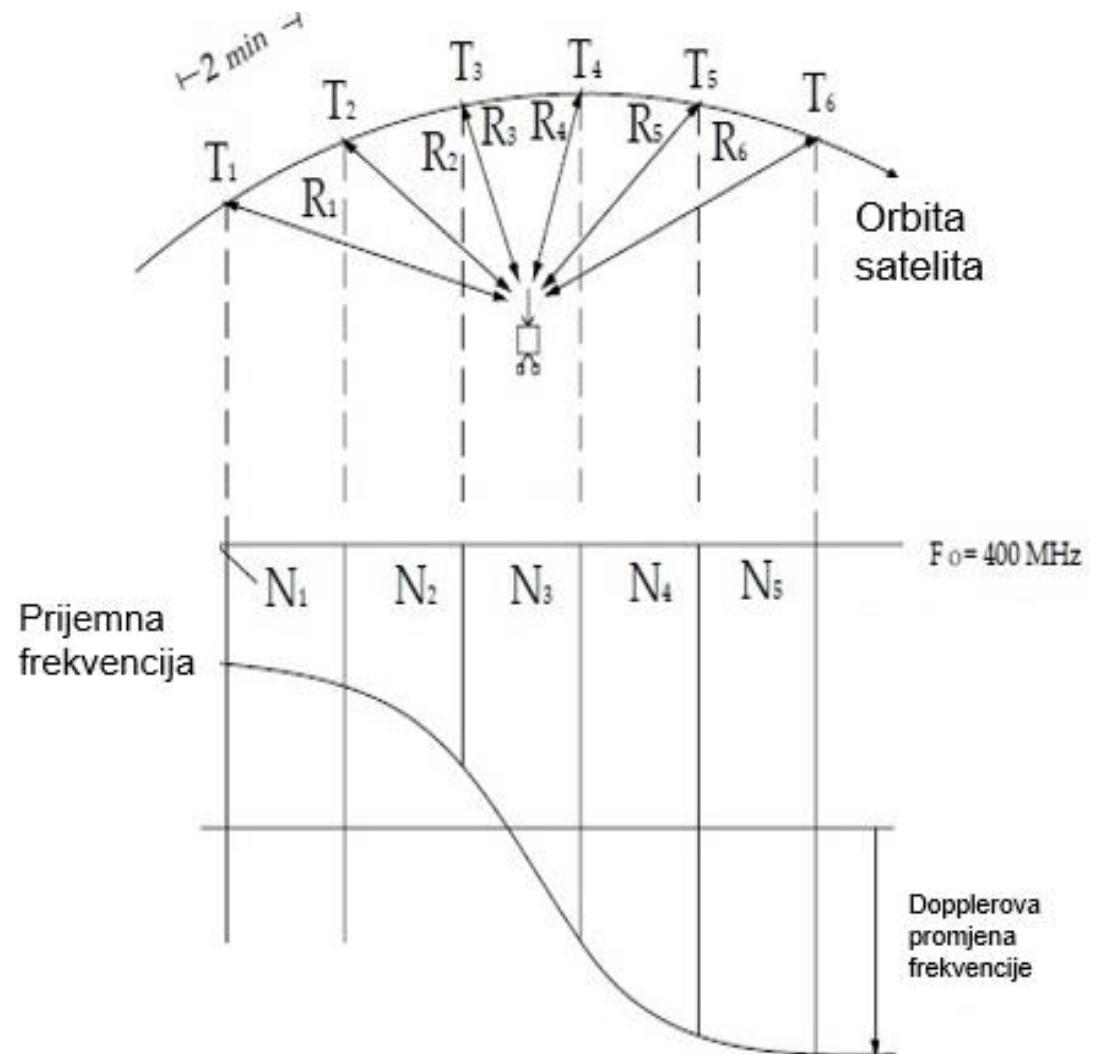
- dva puta dnevno postaje su slale svakom od satelita precizne podatke o njihovim putanjama i odstupanju sata, kako bi ih sateliti emitirali u navigacijskoj poruci



Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Transit - satelitski navigacijski sustav

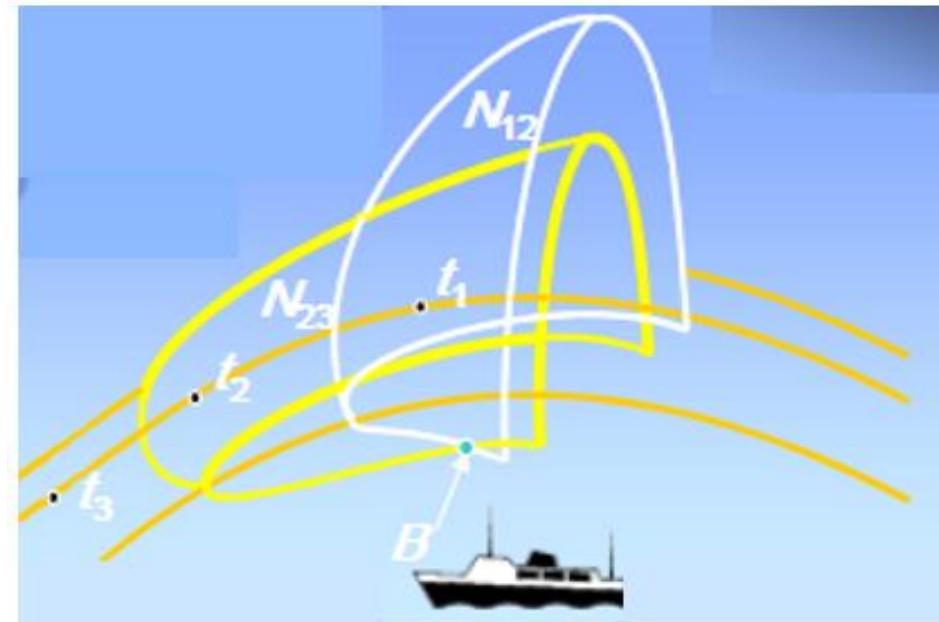
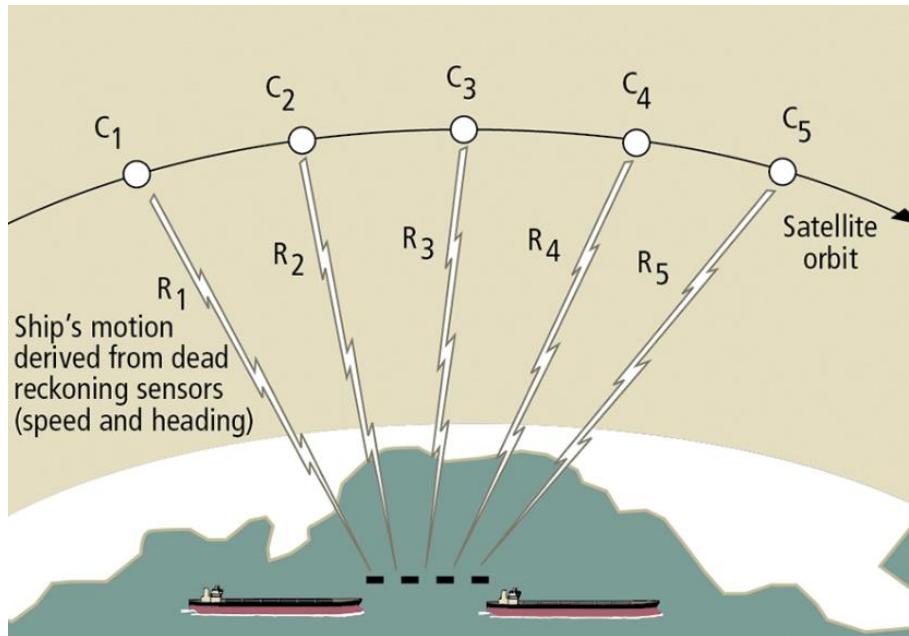
- sateliti su odašiljali signale na dvije frekvencije: 150 MHz i 400 MHz
- to je omogućilo eliminaciju utjecaja ionosferskog kašnjenja signala (kašnjenje signala u prolazu kroz ionosferske slojeve ovisno je o frekvenciji, a iz razlike u kašnjenju signala na dvjema frekvencijama moglo se je izračunati kašnjenje na svakoj pojedinoj frekvenciji)
- sateliti su navigacijsku poruku s efemeridama satelita emitirali s vremenskim markerima u intervalima od **2 minute**, unutar kojih su se mjerile promjene prijamne dopplerove frekvencije



Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Transit - satelitski navigacijski sustav

- prijamnici su svake 2 minute izračunavalci i točnu poziciju satelita
- svake 2 minute mogli su se izračunati razlike udaljenosti satelita i prijamnika na početku i na kraju markiranog intervala - hiperboloid
- pozicija se dobivala kao presjecište dvaju hiperboloida (2D navigacija)



Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Transit - satelitski navigacijski sustav

- na bilo kojoj poziciji satelit se mogao pratiti najdulje oko 16 minuta
- dostupnost satelita nije bila velika, jer se na pojavu novog satelita iznad horizonta, ovisno o geografskoj širini, trebalo čekati u prosjeku po 30 min, te je to bio i interval između dva izračuna pozicije
- obrada signala, kako bi se utvrdila pozicija, trajala je 10 do 15 min
- to je otežavalo korištenje sustava na objektima koji se brzo kreću, pa se sustav uglavnom koristio u pomorstvu i za geodetska mjerena
- pozicija se mogla odrediti samo u 2D

Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Transit - satelitski navigacijski sustav

Ostvariva točnost:

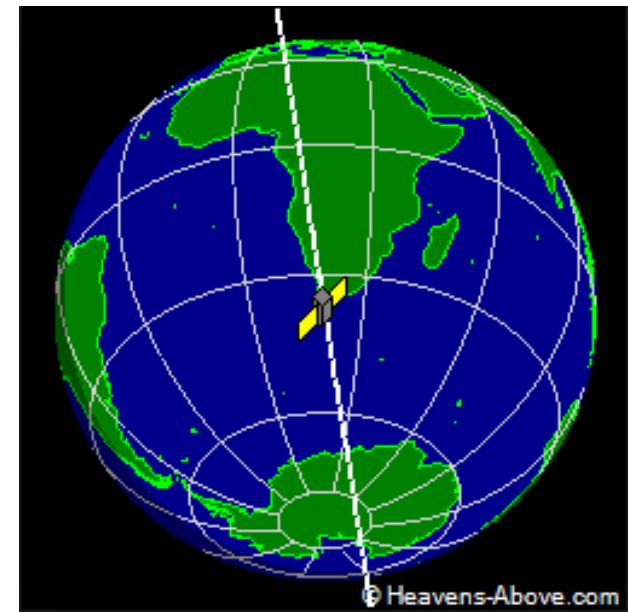
- za stacionarne dvofrekvencijske prijamnike točnost je bila 30-tak metara
- za jednofrekvencijske prijamnike bila je 100-tinjak metara
- za prijamnike u pokretu pogreška puno veća, ako se ne uzme u obzir brzina i smjer kretanja
- sustav je prestao s radom 1996. godine, nakon 32 godine neprekidnog rada



Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

Cikada – ruska verzija satelitskog navigacijskog sustava

- razvoj sustava započeo je 1965. godine
- od 1979. sustav je imao 4 civilna i 8 vojnih satelita (Cikada-M) u kružnim orbitama na visini 1000 km iznad zemlje
- orbitalni period bio je 1h 45' (105 minuta), inklinacija orbite je 83° , a sateliti jednoliko raspoređeni oko Ekvatora



Pozicioniranje računanjem Dopplerova pomaka

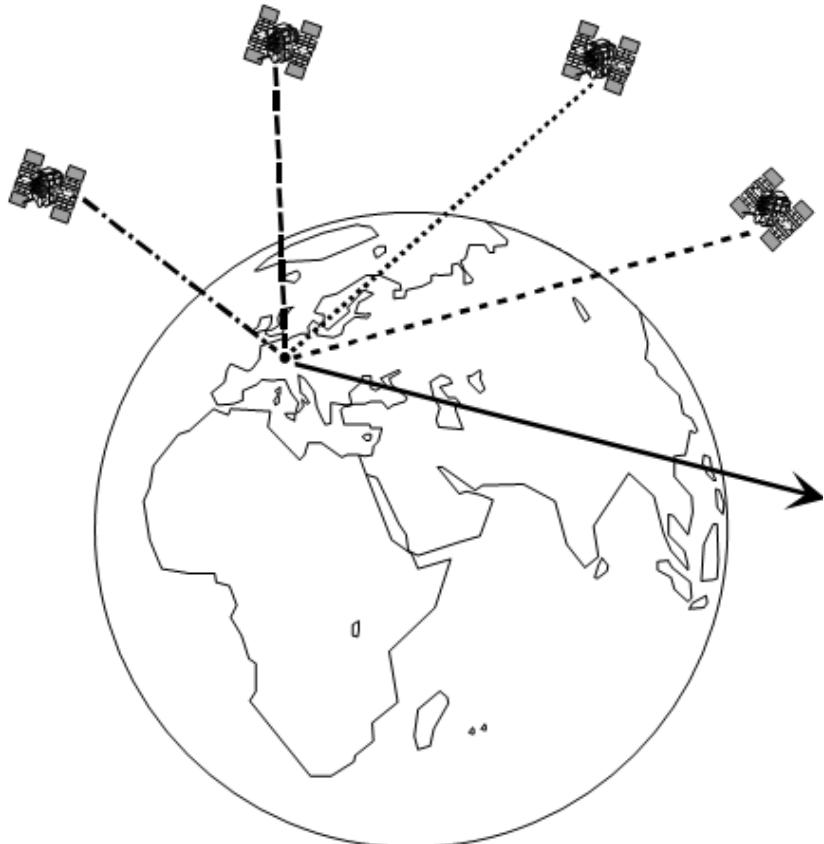
Cikada – ruska verzija satelitskog navigacijskog sustava

- pojedini sateliti vidljivi svakih 1-2 sata u trajanju od desetak minuta, koliko traje i obrada signala kako bi se utvrdila pozicija
- sateliti su odašiljali signale na dvije frekvencije: 150 MHz i 400 MHz
- kasnije generacije satelita lansirane od sredine 1982. godine omogućile su dvosmjernu komunikaciju i uvođenje funkcionalnosti traganja i spašavanja - „Cospas” sustav, koji je zajedno sa američko-francusko-kanadskim "Sarsat" sustavom imao funkciju SAR (*Search and Rescue*)
- točnost i performanse bile su slične kao i kod američkog sustava Transit
- sustav se koristio do 2008. godine

Pozicioniranje trilateracijom

Pozicioniranje trilateracijom

GNSS sustavi - Kako rade satelitski navigacijski sustavi



- sateliti se gibaju po točno poznatim putanjama (orbitama)
- svaki satelit emitira kod za mjerjenje vremena rasprostiranja signala (engl. *ranging signal*) i navigacijsku poruku
- vrlo stabilni atomski satovi na satelitima omogućuju preciznu sinkronizaciju signala
- korisnički prijamnik izračunava udaljenosti do 4 satelita
- prijamnik proračunava položaj u definiranom koordinatnom sustavu (X, Y, Z ili kao geografsku širinu, dužinu i nadmorsku visinu)

Pozicioniranje trilateracijom

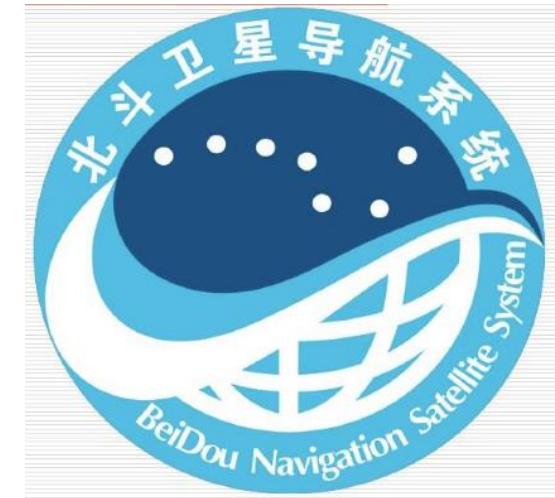
GNSS sustavi

GPS (*Global Positioning System*)

GLONASS (*Globalnaja Navigacionaja Sputnikovaja Sistema*)

Galileo

BeiDou



Pozicioniranje trilateracijom

GNSS sustavi

- SAD **GPS**
- Ruska Federacija **GLONASS**
- EU **Galileo**
- Kina **BeiDou (Compass)**

Regionalni navigacijski sustavi:

- Japan **QZSS (Quasi-Zenith Satellite System)**
- Indija **IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System)**

Sustavi nadopune satelitske navigacije: SBAS i GBAS (*Space Based Augmentation System, Ground Based Augmentation*)

- WAAS; EGNOS; MSAS; GAGAN; SDCM

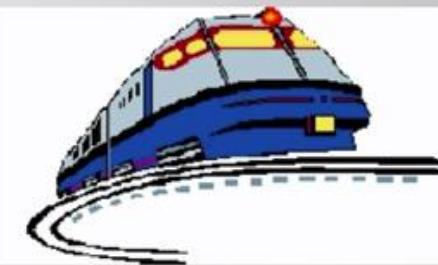
(Wide Area Augmentation System; European Geostationary Navigation Overlay Service; Multi-functional Satellite Augmentation System; GPS Aided Geo Augmented Navigation; System for Differential Corrections and Monitoring)

Pozicioniranje trilateracijom

GNSS sustavi - Namjena



Kopneni promet



Željeznički promet



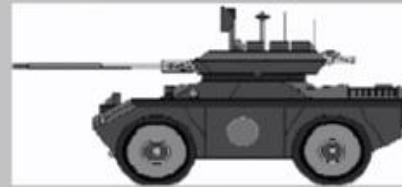
Zračni promet



Javna sigurnost



Pomorstvo



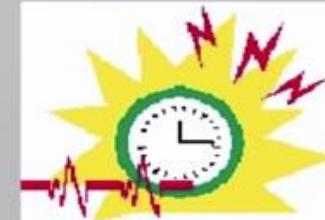
Vojska



Riječni promet



Geodetske izmjere



Referentno vrijeme

Pozicioniranje trilateracijom

GNSS sustavi - Ostvariva točnost pozicioniranja

U samostalnom
načinu rada



10 m



1 m



U diferencijskom načinu rada
(GBAS i SBAS)

Ground Based Augmentation System

Space Based Augmentation System

U RTK načinu
rada



1 cm

1 mm



Uz naknadnu
obradu podataka

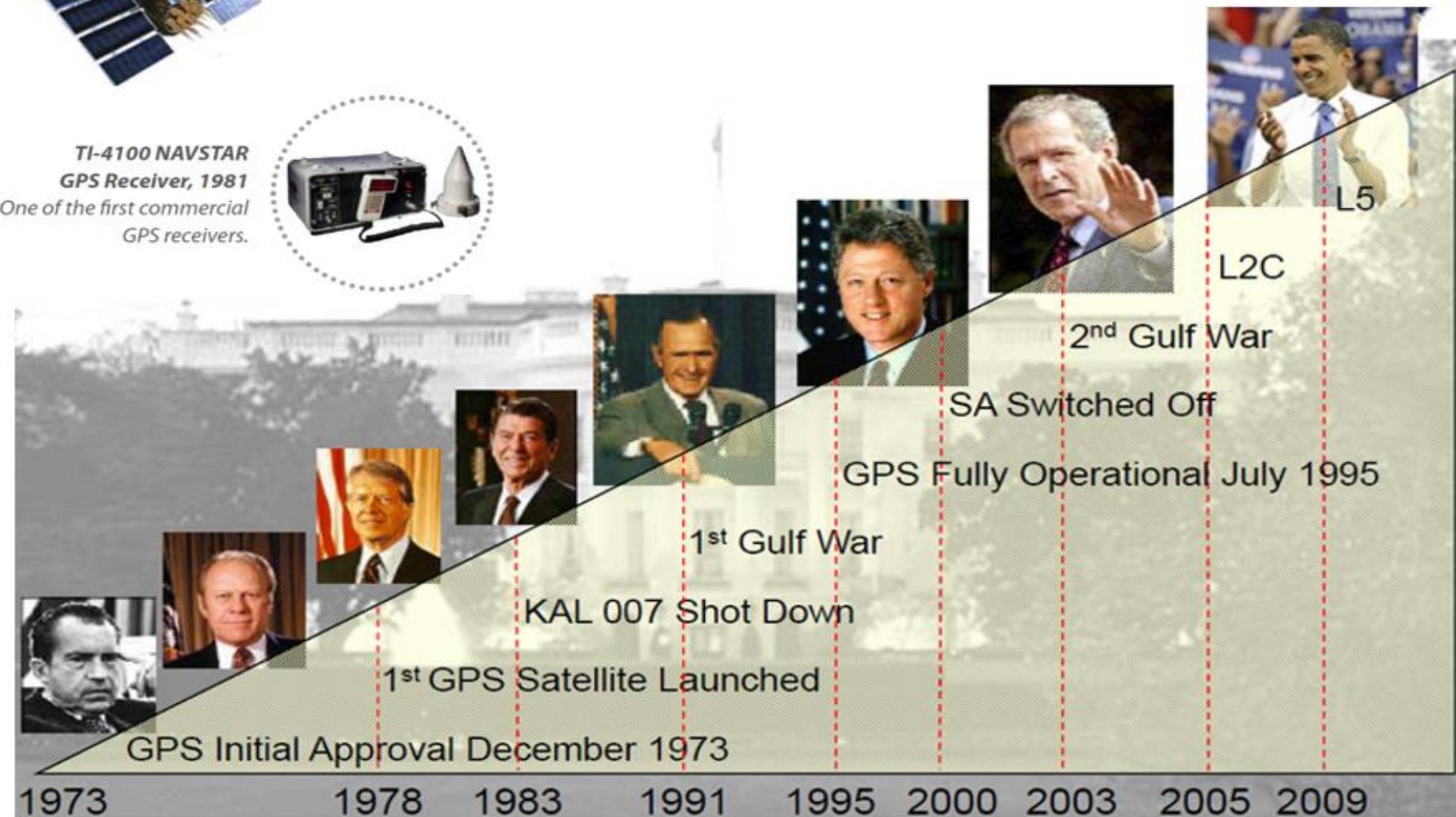
Pozicioniranje trilateracijom

GPS – globalni satelitski sustav za određivanje položaja

- 1969. god. započinje program DNSS (*Defense Navigation Satellite System*), koji je objedinio sva istraživanja na usavršavanju satelitske navigacije za vojne svrhe Ratne mornarice i Ratnog zrakoplovstva SAD-a
- nastao je koncept NAVSTAR GPS (*NAVigation Satellite Timing And Ranging*), koji se bazirao na mjerenjima pseudoudaljenosti uz sinkroniziranu referencu vremena
- sustav omogućava kontinuirano određivanje pozicije, brzine i točnog vremena bilo gdje na moru, na kopnu i u zraku, s točnošću većom nego s bilo kojim radionavigacijskim sustavom do sada
- GPS sustav razvijen je za potrebe američke vojske, ali je 1983. godine američki Senat odobrio korištenje GPS sustava i za civilne svrhe
- usluga GPS pozicioniranja je javna i besplatna, a korisnik svojim GPS prijamnikom prima i obrađuje navigacijske signale sa satelita

Pozicioniranje trilateracijom

Povijesni razvoj GPS-a



Pozicioniranje trilateracijom

GLONASS

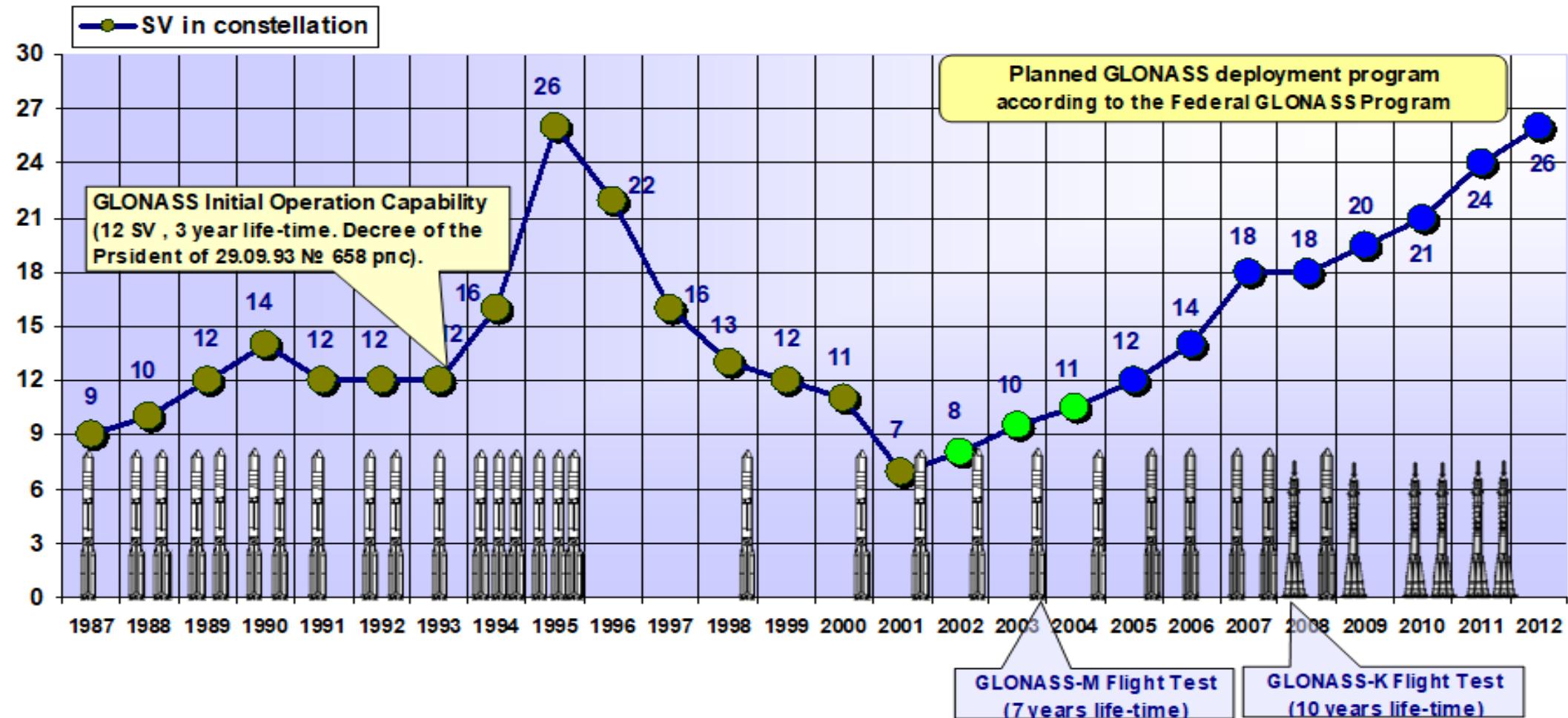
- razvoj sovjetskog satelitskog navigacijskog sustava počinje 1970. god. kao nastavak razvoja i uspješnog rada nisko orbitalnog sustava Cikada
- prvi sateliti GLONASS sustava (Cosmos 1413, 1414, 1415) lansirani su u orbitu 1982. god.
- do kraja 1988. god. postavljeno je 6 funkcionalnih satelita u orbitu, što je bilo dovoljno za kompletno testiranje sustava
 - ▶ time započinje prva “inicijalna” faza korištenja
- do 1991. god. lansirano je ukupno 12 funkcionalnih satelita, pomoću kojih se mogla kontinuirano određivati globalna pozicija korisnika
 - ▶ početak druge faze korištenja



Pozicioniranje trilateracijom

GLONASS

Povijesni razvoj GLONASS-a



Pozicioniranje trilateracijom

Galileo sustav

Razlozi razvijanja europskog GALILEO sustava:

- GPS i GLONASS - vojni sustavi
- postoji i civilna primjena ovih sustava, ali ograničena
- sustave kontroliraju Ministarstvo obrane SAD-a i Ruske federacije
- osamostaljenje Europe
- potreba za isključivo civilnim sustavom



Pozicioniranje trilateracijom

Galileo sustav

Razlozi razvijanja europskog GALILEO sustava:

- osigurati neovisnost o SAD-u
- povećati točnost određivanja položaja
- osigurati civilni nadzor sustava
- ponuda novih usluga
- uvođenje funkcije traganja i spašavanja (SAR – *Search and Rescue*)
- povećanje sigurnosti uvođenjem dojave cjelovitosti (*Integrity*) sustava
- nove mogućnosti zapošljavanja
- dostizanje boljeg tehnološkog znanja o GNSS sustavima
- poboljšanje globalne pokrivenosti navigacijskim satelitima





GLOBALNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Predavanje 5

Prof. dr. sc. Tomislav Kos

Doc. dr. sc. Josip Vuković

Struktura sustava GNSS



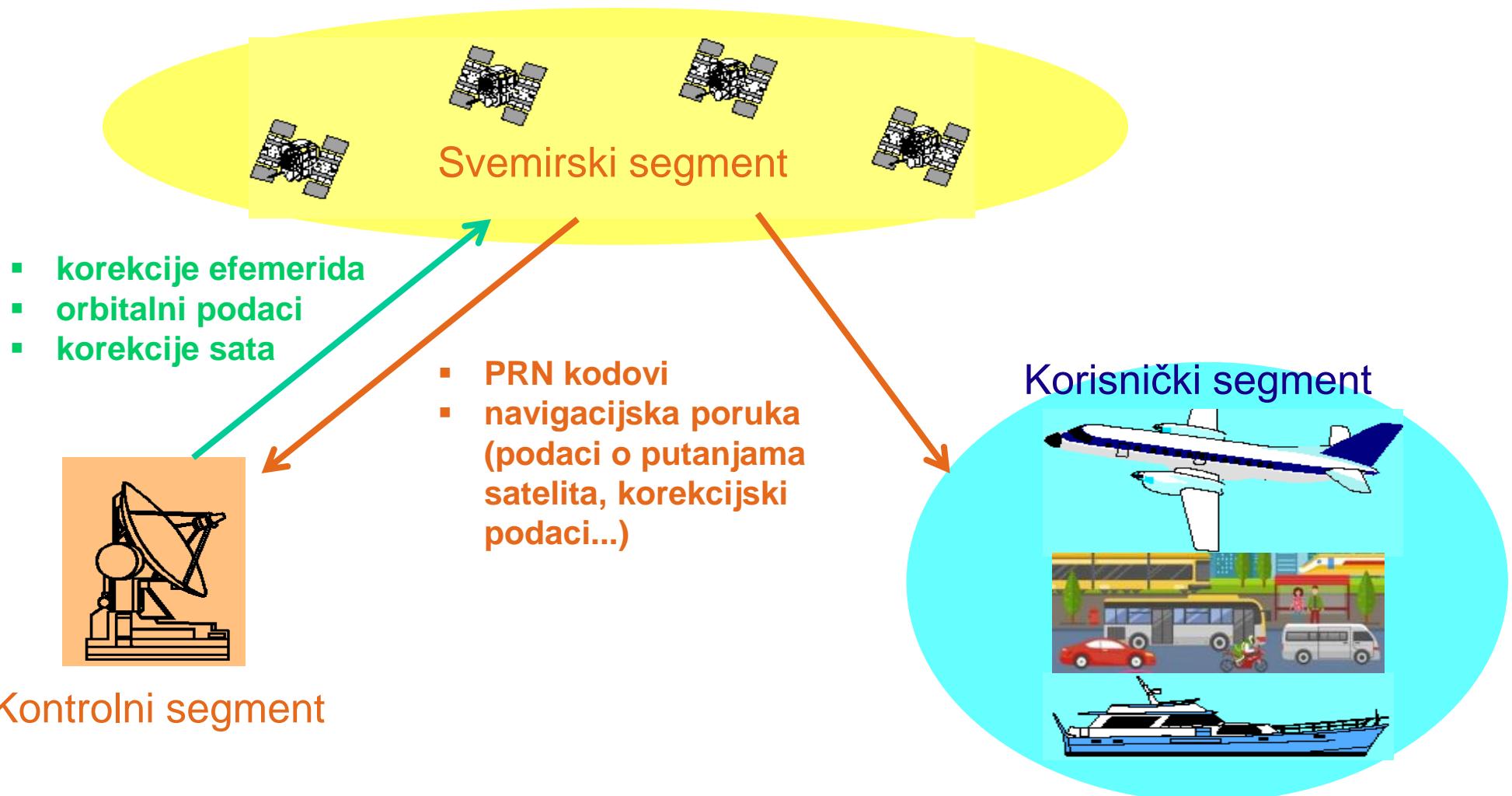
Teme predavanja

- Satelitska navigacija

Struktura sustava GNSS

Struktura sustava GNSS

GNSS sustavi - Segmenti sustava GNSS



Svemirski segment

Struktura sustava GNSS

GNSS sustavi – svemirski segment

	GPS	GLONASS	GALILEO	BeiDou
Broj satelita (predviđeni)	minimalno 24 maksimalno 32	24+3	24+6	27 MEO 5 GEO 3 IGSO
Orbitalne ravnine	6	3	3	6
Inklinacija orbite (nagib)	55°	64,8°	56°	55°
Visina orbite	20200 km	19140 km	23616 km	21500 km
Vrijeme ophoda	11h58'	11h15'	14h05'	12h50'

Struktura sustava GNSS

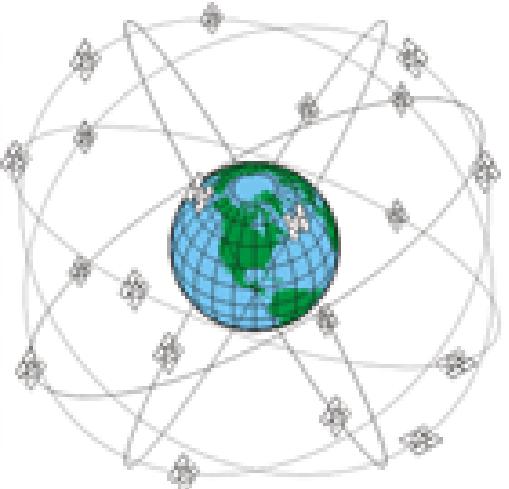
GNSS sustavi – svemirski segment

Parameter	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou
Orbital Period	11hrs 58 min	11hrs 15mins	14hrs 04mins	12 hrs 50 min
Orbital Height	20,200 Km	19,100 km	23,222 km	21,528 km
Inclination	55°	64.8°	56°	55°
Number of Orbital Planes	6	3	3	6
Number of satellites	24 operational + 6 spares	21 operational + 3 spares	24 operational + 6 spares	27 MEOs + 5 GEOs + 3 IGSOs
Reference frame	WGS-84	PZ90	GTRF	CGCS2000
Reference time	GPS Time (GPST)	GLONASS Time (GLONASST)	Galileo System Time (GST)	BeiDou Time (BDT)

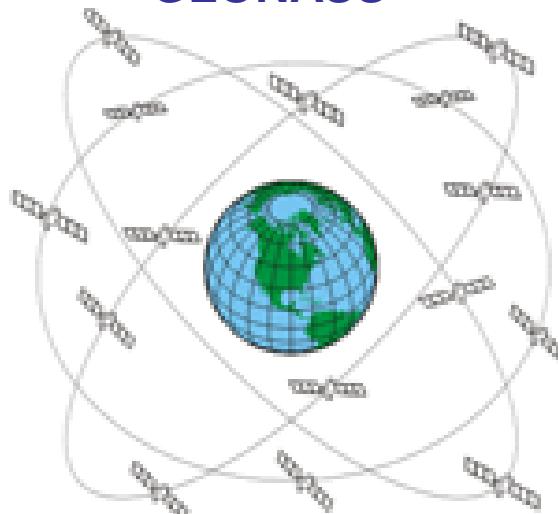
Struktura sustava GNSS

GNSS sustavi – svemirski segment

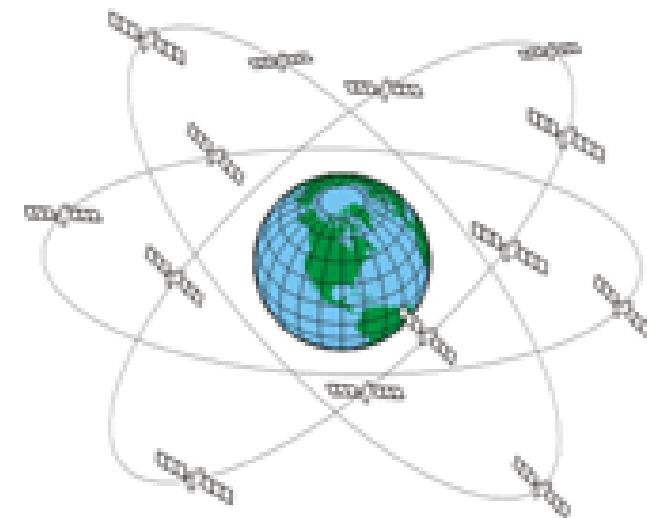
GPS



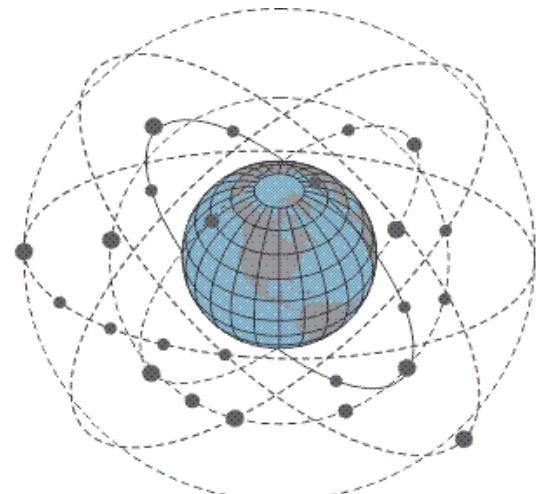
GLONASS



Galileo

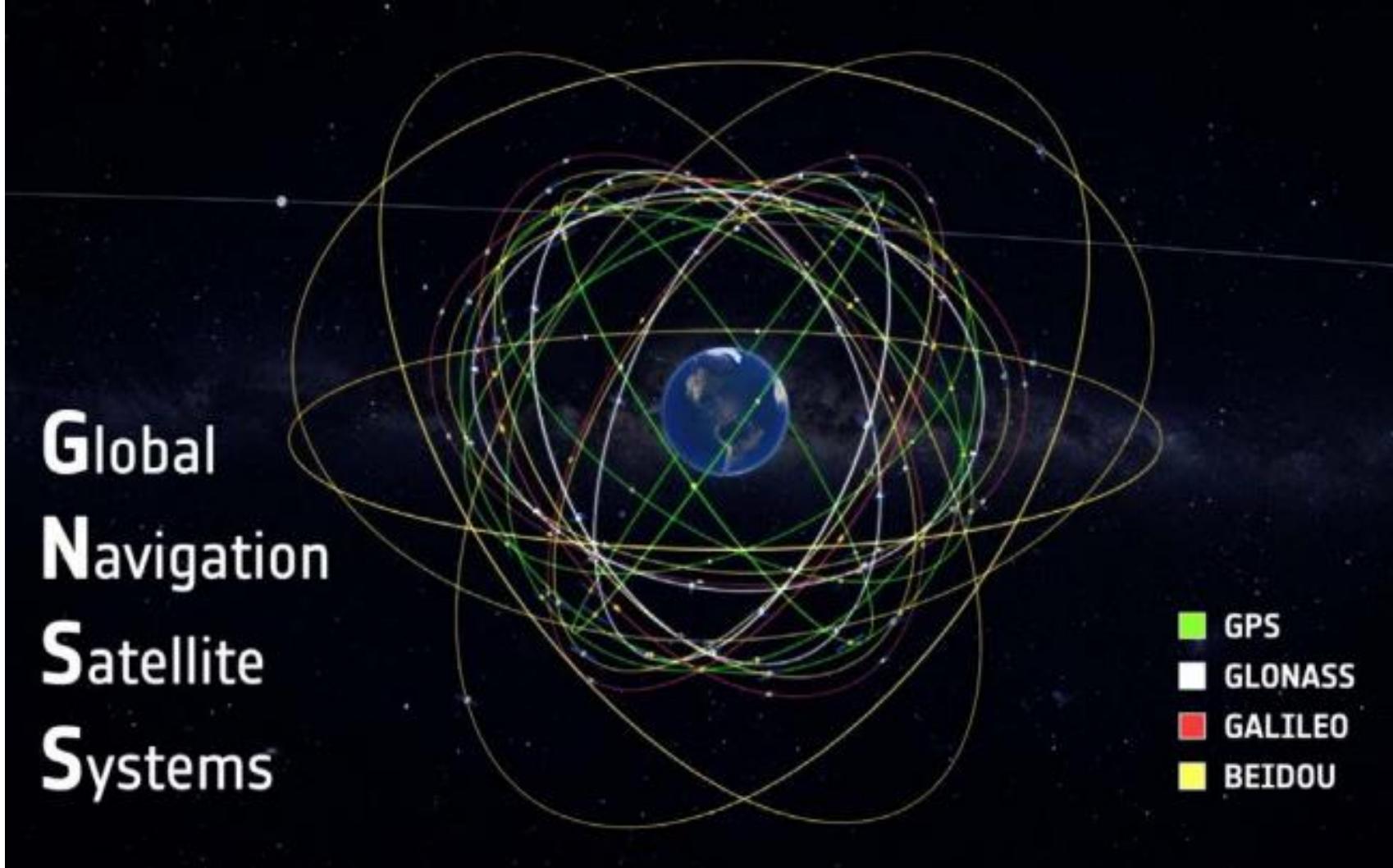


BeiDou



Struktura sustava GNSS

GNSS sustavi – svemirski segment

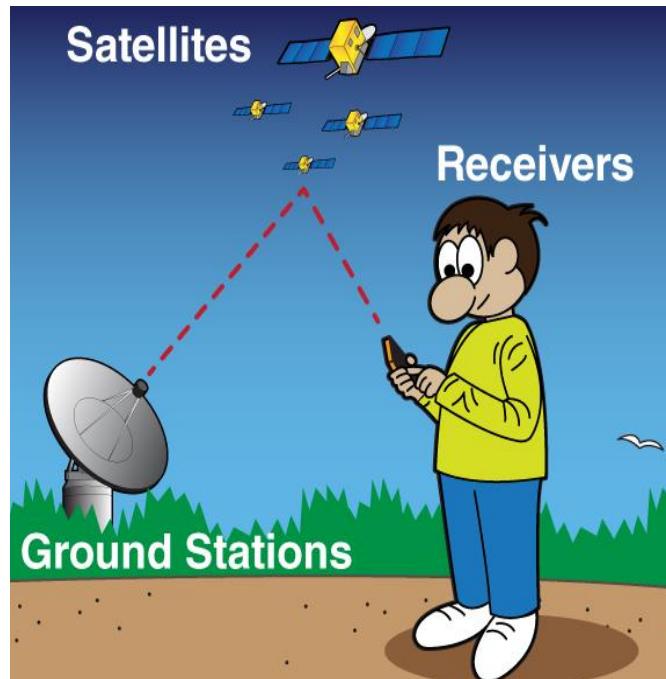


Struktura sustava GNSS

GPS – Cjeline GPS sustava

GPS sustav sastoji se od tri cjeline:

- 1) Svemirski segment - sateliti koji odašilju signale
- 2) Kontrolni segment - upravlja cijelim sustavom
- 3) Korisnički segment - GPS prijemnici

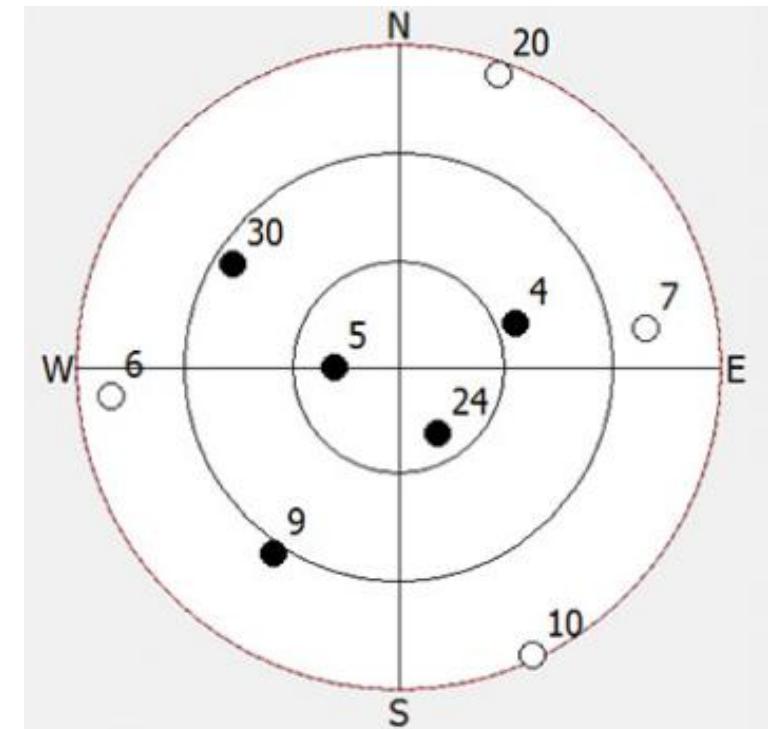


Struktura sustava GNSS

GPS – Cjeline GPS sustava

1) Svemirski segment čini 30 satelita, koji se gibaju oko Zemlje u kružnim orbitama na visini oko 20200 km

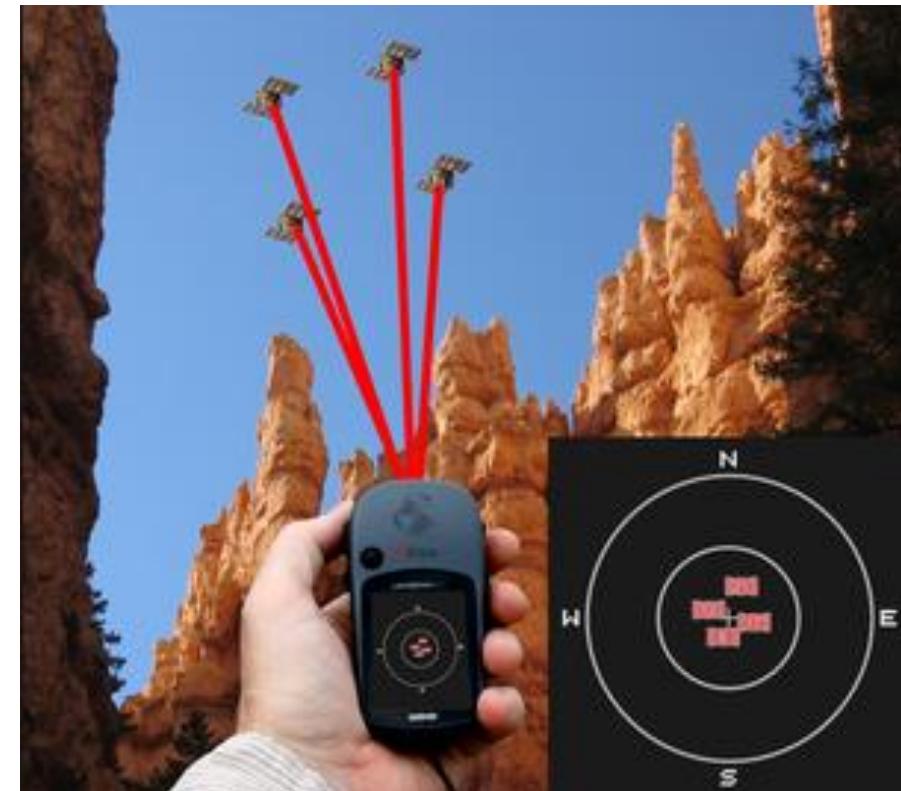
- raspored satelita unutar 6 orbitalnih ravnina je tako odabran da se u svakom trenutku iznad horizonta nalazi barem 5 ili više satelita, čime se postigla globalna pokrivenost
- sateliti emitiraju signale na dvjema prijenosnim frekvencijama (L1 i L2) na koje se moduliraju kodovi za pozicioniranje i navigacijske poruke
- vrlo precizni i stabilni atomski satovi na satelitu osiguravaju potrebnu stabilnost signala i usklađenost s jedinstvenim GPS vremenom



Struktura sustava GNSS

GPS – Kako je odabran broj orbita i smještaj satelita

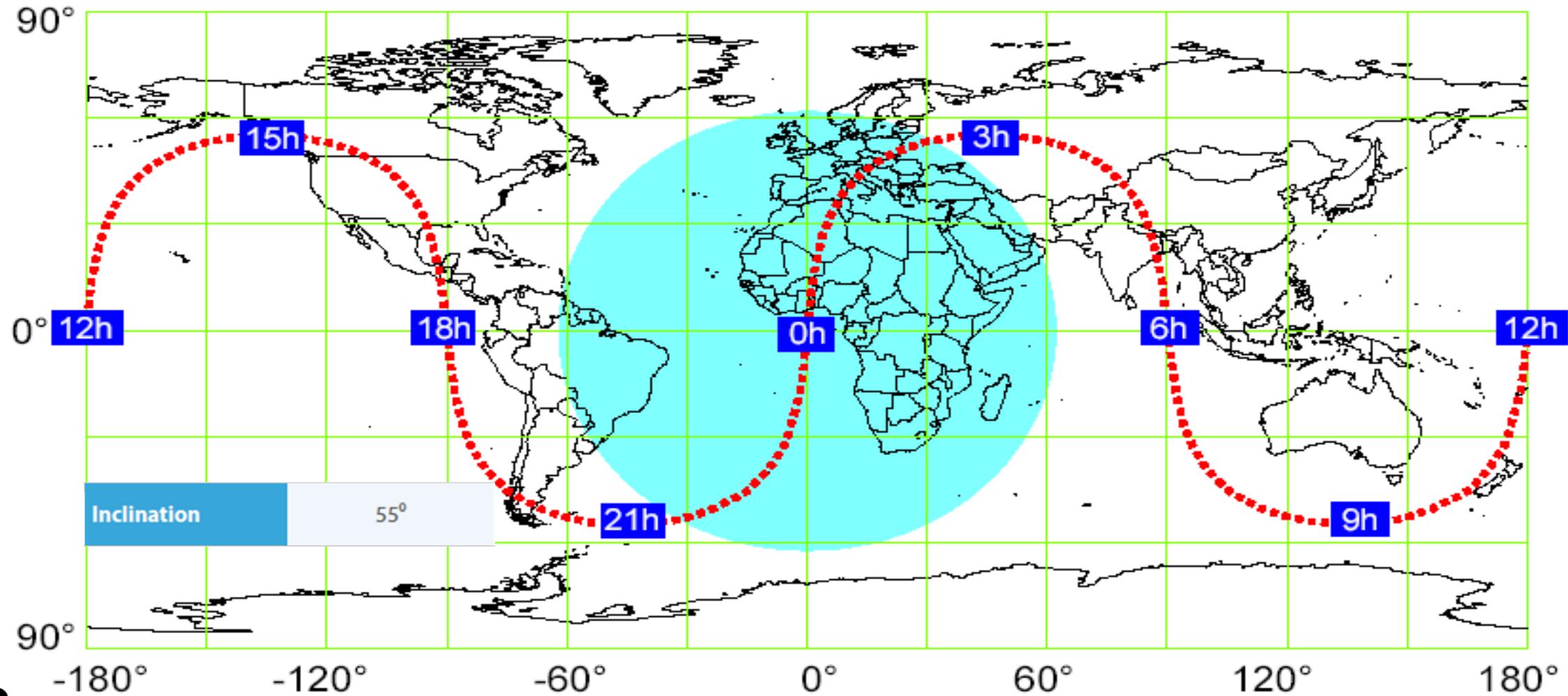
- u svakom trenutku iznad horizonta trebalo bi se nalaziti barem 5 ili više satelita, ukoliko u okolišu nema prepreka koje bi zaklanjale vidljivost satelita



Struktura sustava GNSS

GNSS sustavi

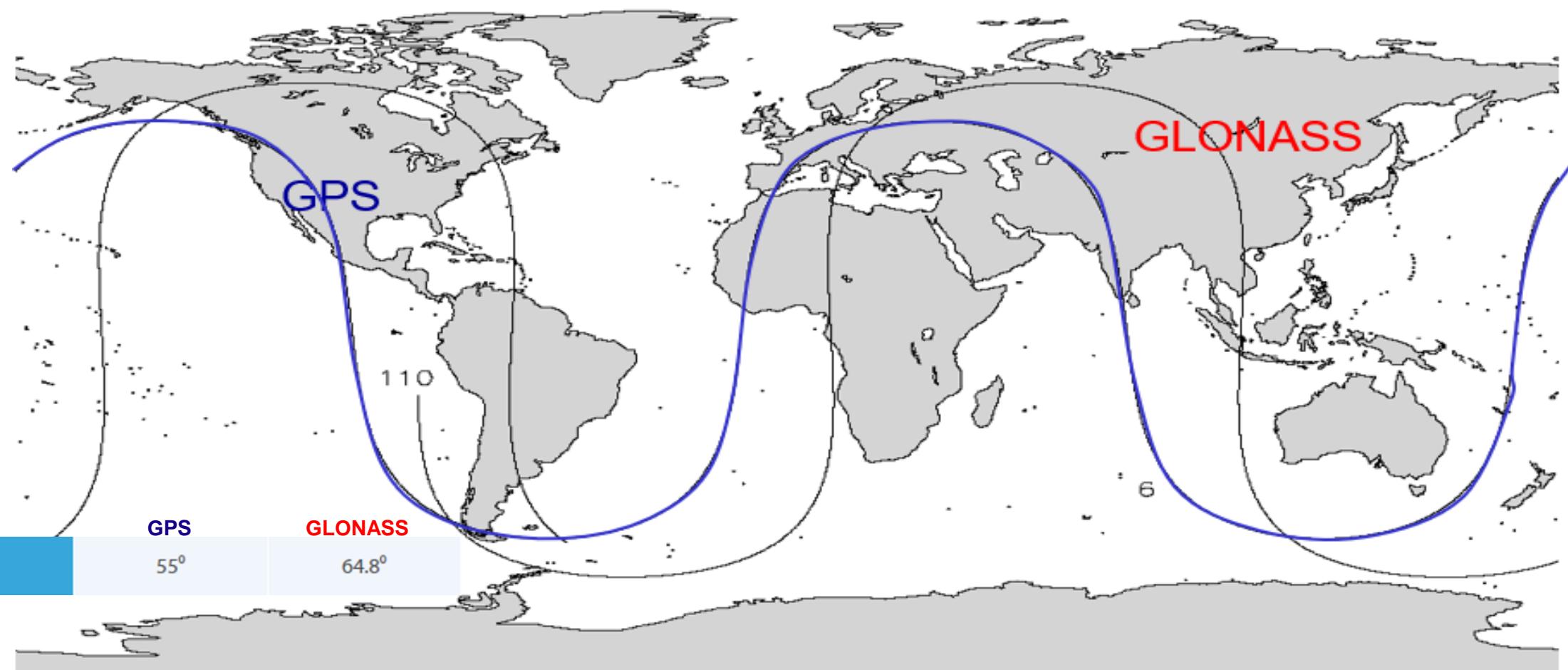
Područja na Zemlji iznad kojih se GPS satelit pojavljuje u zenitu



Struktura sustava GNSS

GNSS sustavi

Područja na Zemlji iznad kojih se GPS i GLONASS satelit pojavljuju u zenitu



Struktura sustava GNSS

GLONASS

- prvi sateliti GLONASS sustava (Cosmos 1413, 1414, 1415) lansirani su u orbitu 1982. god.
- do kraja 1988. god. postavljeno je 6 funkcionalnih satelita u orbitu, što je bilo dovoljno za kompletno testiranje sustava
 - ▶ **time započinje prva “inicijalna” faza korištenja**
- do 1991. god. lansirano je ukupno 12 funkcionalnih satelita, pomoću kojih se mogla kontinuirano određivati globalna pozicija korisnika
- namijenjen vojnoj i civilnoj uporabi
 - ▶ **početak druge faze korištenja**

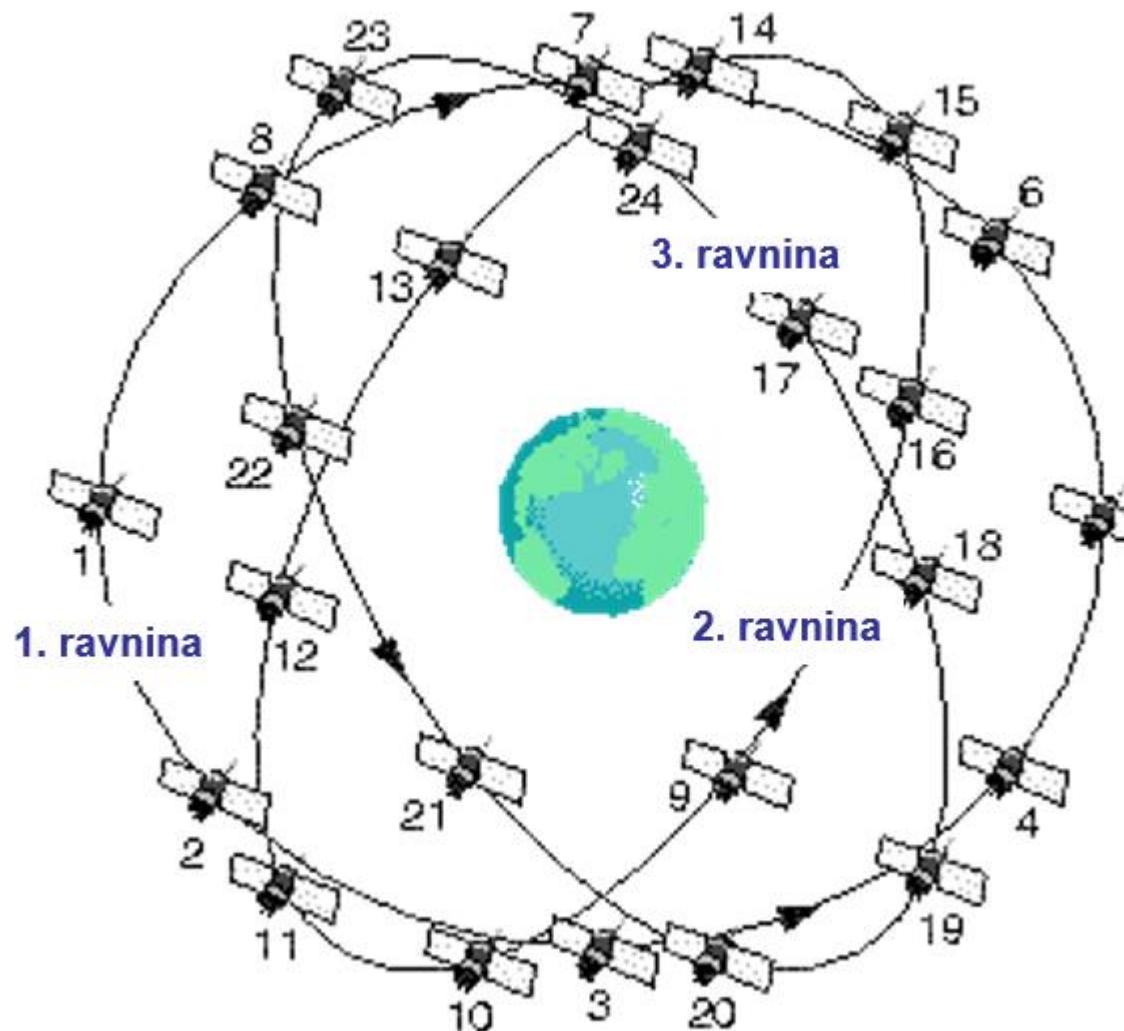


Struktura sustava GNSS

GLONASS – svemirski segment

3 orbitalne ravnine po 8 satelita

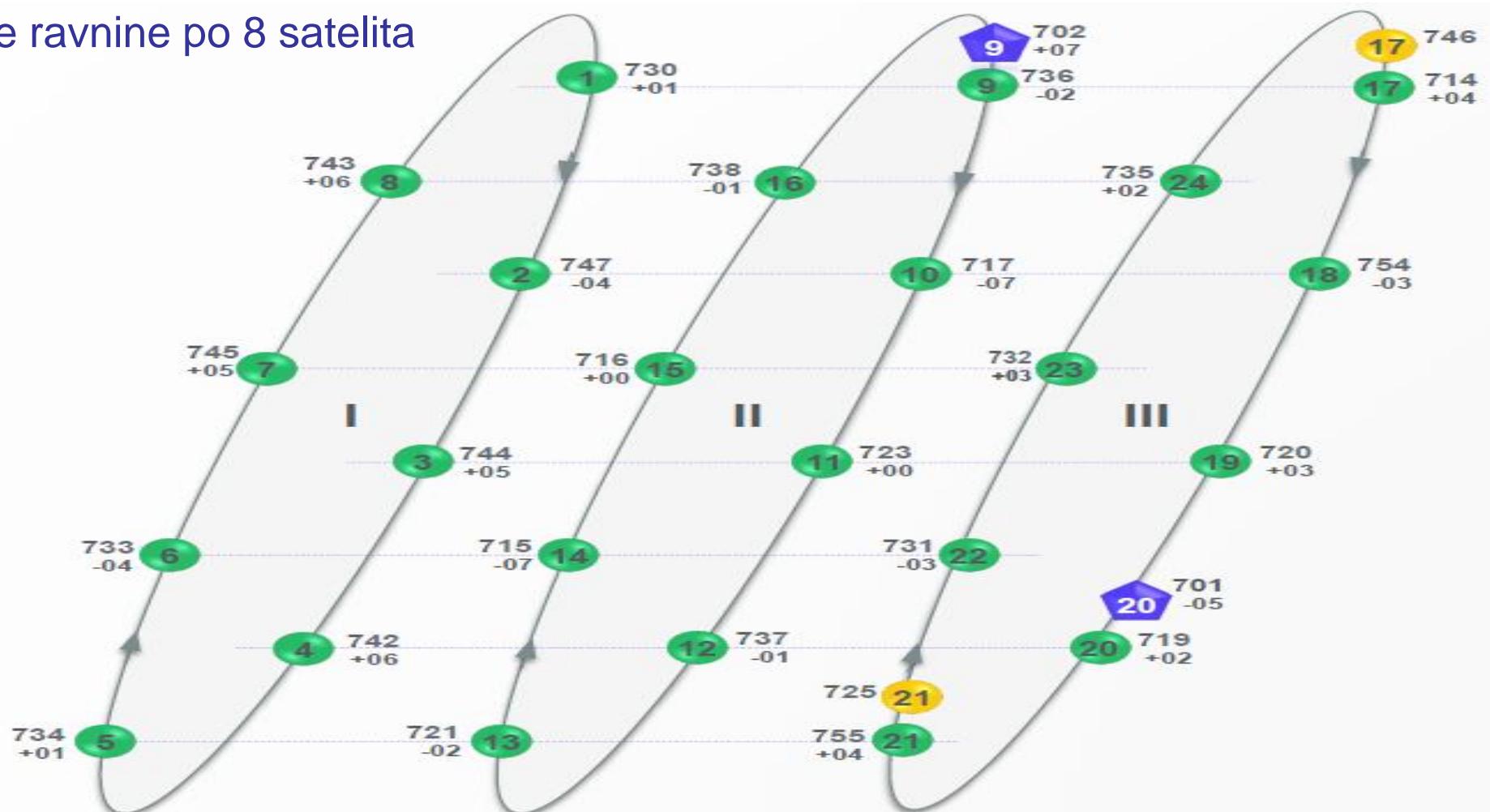
- minimalno 18 satelita za rad sustava
- u punoj funkciji sa 24 satelita
- iako imaju različite orbitalne konfiguracije, GPS i GLONASS sustavi osiguravaju praktički identične mogućnosti
- najmanje 6 do 11 satelita u oba sustava vidljivi su odjednom na bilo kojem dijelu Zemlje u bilo kojem trenutku
- točnost pozicioniranja, ovisna o satelitskoj konfiguraciji, slična je za oba sustava



Struktura sustava GNSS

GLONASS – svemirski segment

3 orbitalne ravnine po 8 satelita



Struktura sustava GNSS

GLONASS – svemirski segment i razvoj sustava

	L1	L2	L3	L1, L2	Future	Status
Glonass	L1OF, L1SF	L2OF, L2SF	-	-		Done
Glonass-M	L1OF, L1SF	L2OF, L2SF	-	-		Done
Glonass-K1	L1OF, L1SF	L2OF, L2SF	L3OC test	-		From first test sat (2010 r.)
Glonass-K2	L1OF, L1SF	L2OF, L2SF	L3OC	L1OC, L1SC, L2SC		From №3 sat Glonass-K
Glonass-KM	L1OF, L1SF	L2OF, L2SF	L3OC	L1OC, L1SC, L2SC	L3SC, L10CM, L2OC, L5OC	Under developm. After 2015 r.

Legend: FDMA signals CDMA

Struktura sustava GNSS

Galileo sustav - sateliti



- prvi Galileo satelit GIOVE-A lansiran je **28. prosinca 2005.**
- počeo je emitirati 12. siječnja 2006. signale na dvije različite frekvencije (L1+E5 ili L1+E6)
- drugi Galileo satelit GIOVE-B lansiran je **26. travnja 2008.**
- počeo je emitirati signale na dvije od tri raspoložive frekvencije (L1+E5+E6)

Struktura sustava GNSS

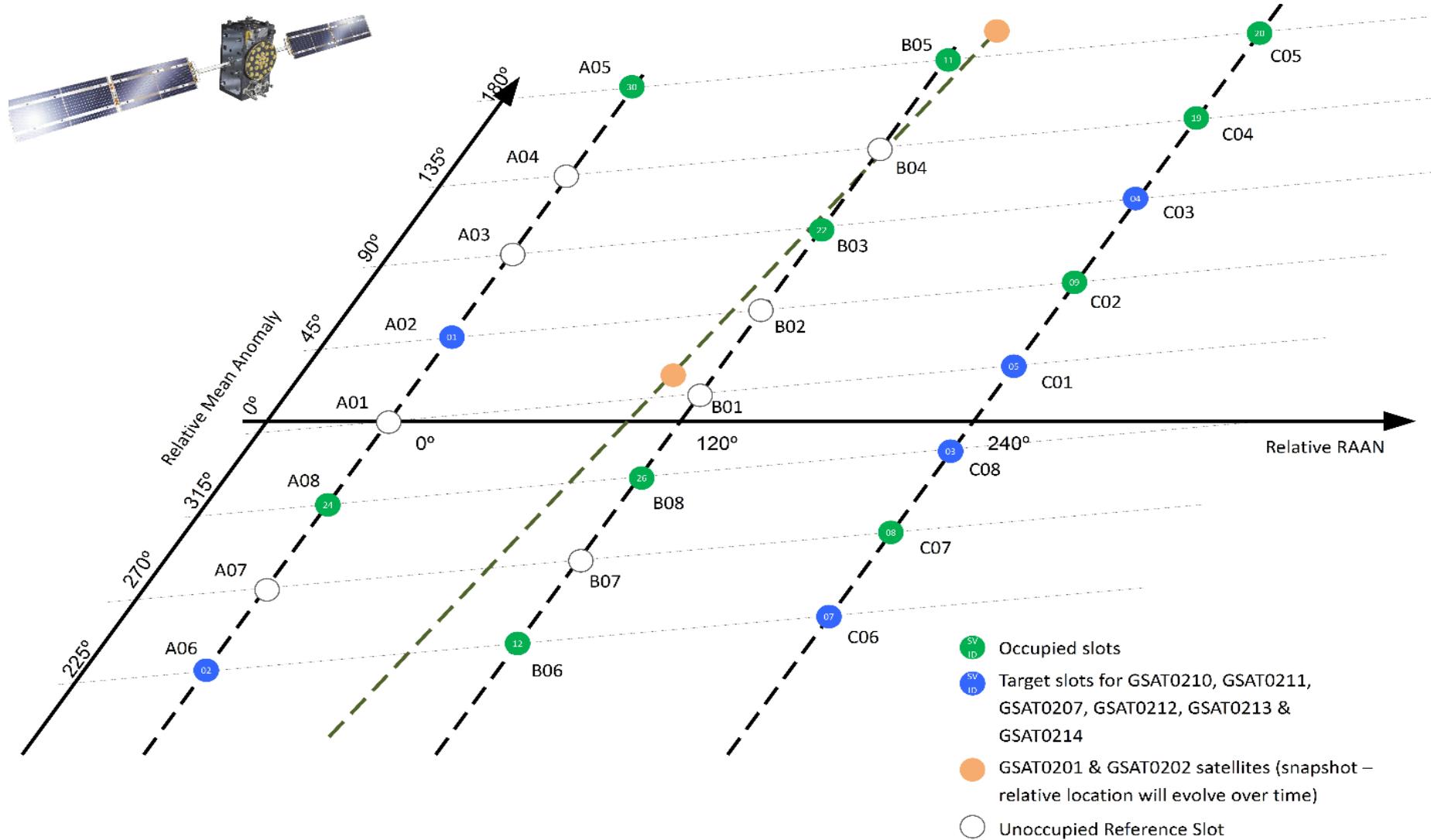
Galileo sustav - sateliti

- GIOVE-B ima dva redundantna rubidijeva atomska sata, ali i PHM (*Passive Hydrogen Maser*) atomski sat koji ima točnost bolju od 1 ns u jednom danu
- ima ugrađenu opremu za mjerjenje radijacije svemirskog okruženja, kao i laserski retro reflektor za vrlo precizna mjerena udaljenosti
- nakon zaključenja eksperimentalne faze s GIOVE-A i GIOVE-B, 4 satelita postavljena u orbitu radi provjere glavnih komponenti Galileo sustava (do 2012.)
- prema planu potpuna operabilnost sustava FOC (*Full Operational Capability*) Galileo usluga, s konstelacijom od 30 satelita trebala se postići 2021.



Struktura sustava GNSS

Galileo sustav - orbitalne ravnine



Struktura sustava GNSS

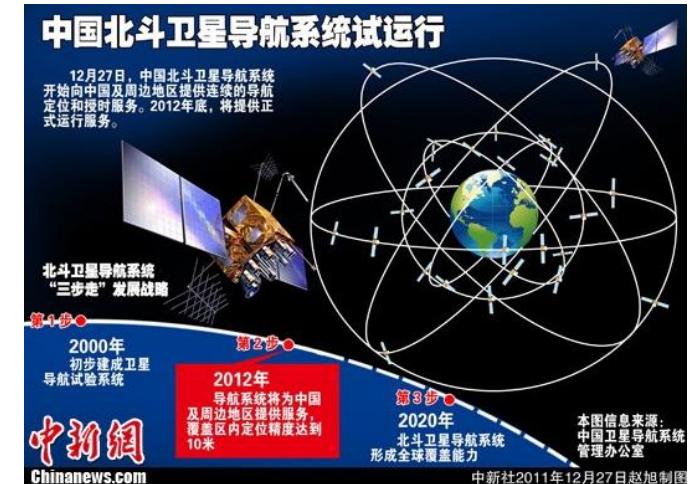
BeiDou sustav

- kineski satelitski navigacijski sustav namijenjen je vojnoj i civilnoj uporabi
- razvoj sustava započeo je 1994. godine
- **faza 1** započela je 2000. godine s 3 satelita, a prvi MEO satelit lansiran je 2007.
- u skladu s planom razvoja, krajem 2012. godine faza 2 sustava s 14 satelita (5 GEO, 5 IGSO, 4 MEO) osigurala je regionalnu pokrivenost u azijsko-pacifičkoj regiji s uslugom pozicioniranja, navigacije, vremenske reference i opcijom korištenja SMS poruka komunikacijskih usluga
- sustav je dizajniran za pružanje globalne pokrivenosti, prema planu do 2020. godine sa 27 MEO, 5 GEO i 3 IGSO satelita



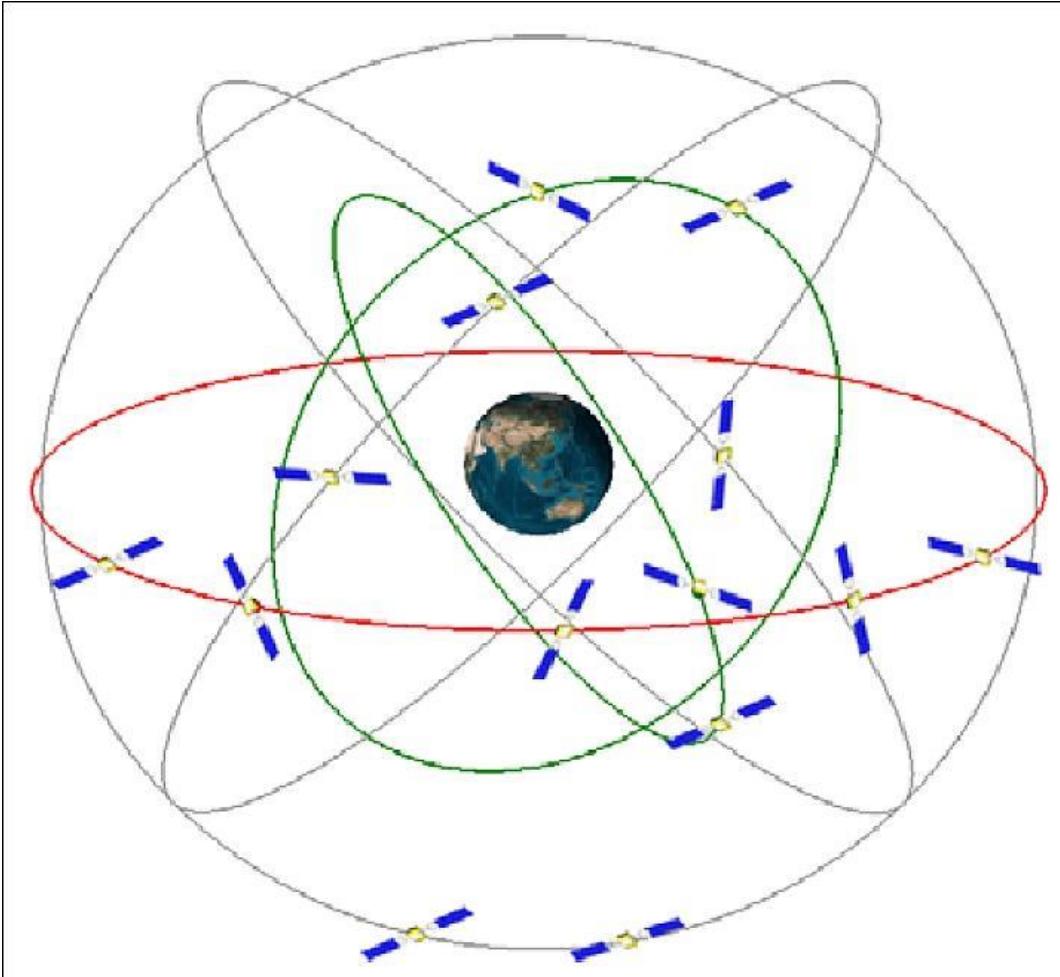
Block	Launch Period	Satellite launches			Currently in orbit and healthy
		Success	Failure	Planned	
1	2000–2007	4	0	0	0
2	2007–2012	16	0	0	13
3	From 2015	7	0	18	7
Total		27	0	18	20

(Last update: January 16, 2017)



Struktura sustava GNSS

BeiDou sustav - Konstelacija BeiDou satelita u GEO, IGSO, MEO orbitama u fazi 2 sa 14 satelita



Faza 2

Sateliti	5 Geo	5 IGSO	4 MEO
Inklinacija	-	55 degrees	55 degrees
Visina Orbite	35,787 km	35,787 km	21,528 km

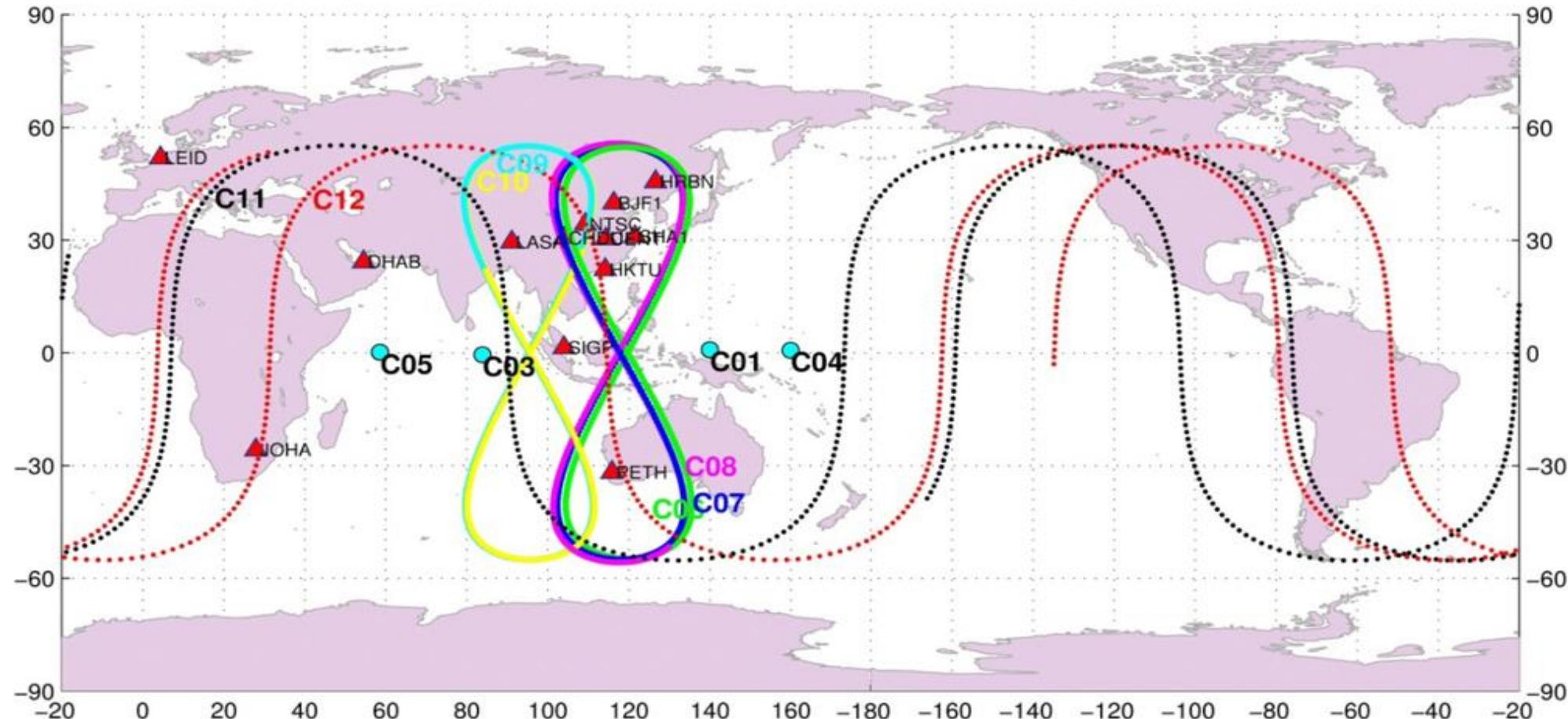
Faza 3

Sateliti	5 GEO	3 IGSO	27 MEO
Orbitalne ravnine	—	—	—
Inklinacija	-	55 degrees	55 degrees
Visina Orbite	35,787 km	35,787 km	21,525 km

Struktura sustava GNSS

BeiDou sustav - Konstelacija BeiDou (BDS) satelita u GEO, IGSO, MEO orbitama

Projekcije zenitnih položaja BDS **GEO** satelita (C01, C03, C04, C05), **IGSO** satelita (C06, C07, C08, C09, C10), i **MEO** (C11, C12) i raspored zemaljskih kontrolnih postaja ▲

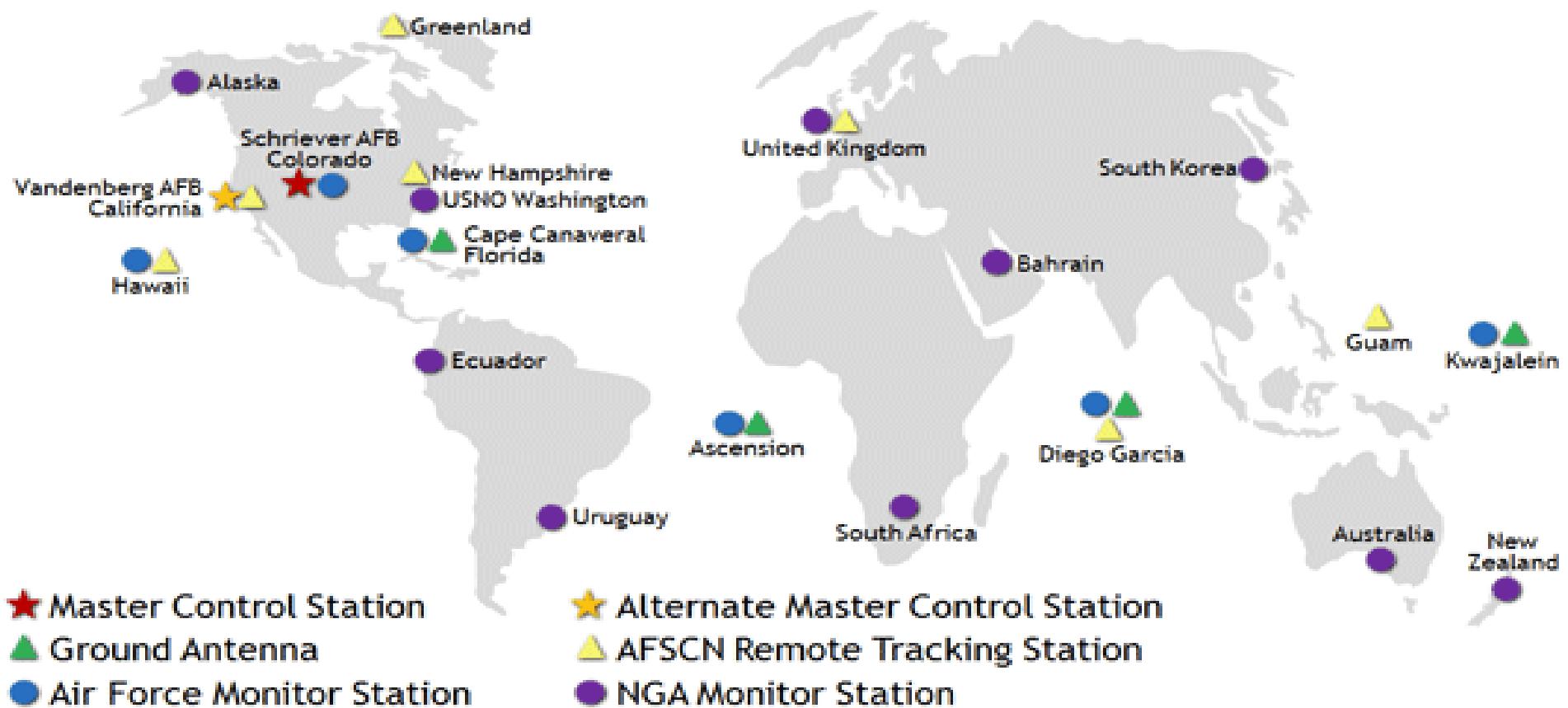


Kontrolni segment

Struktura sustava GNSS

GPS - Kontrolni segment - obavlja nadzor i upravlja cijelim sustavom

- sastoji se od kontrolnih stanica raspoređenih po čitavoj Zemaljskoj kugli koje kontinuirano prate sve GPS satelite i prosljeđuju primljene satelitske signale u glavnu kontrolnu postaju na obradu

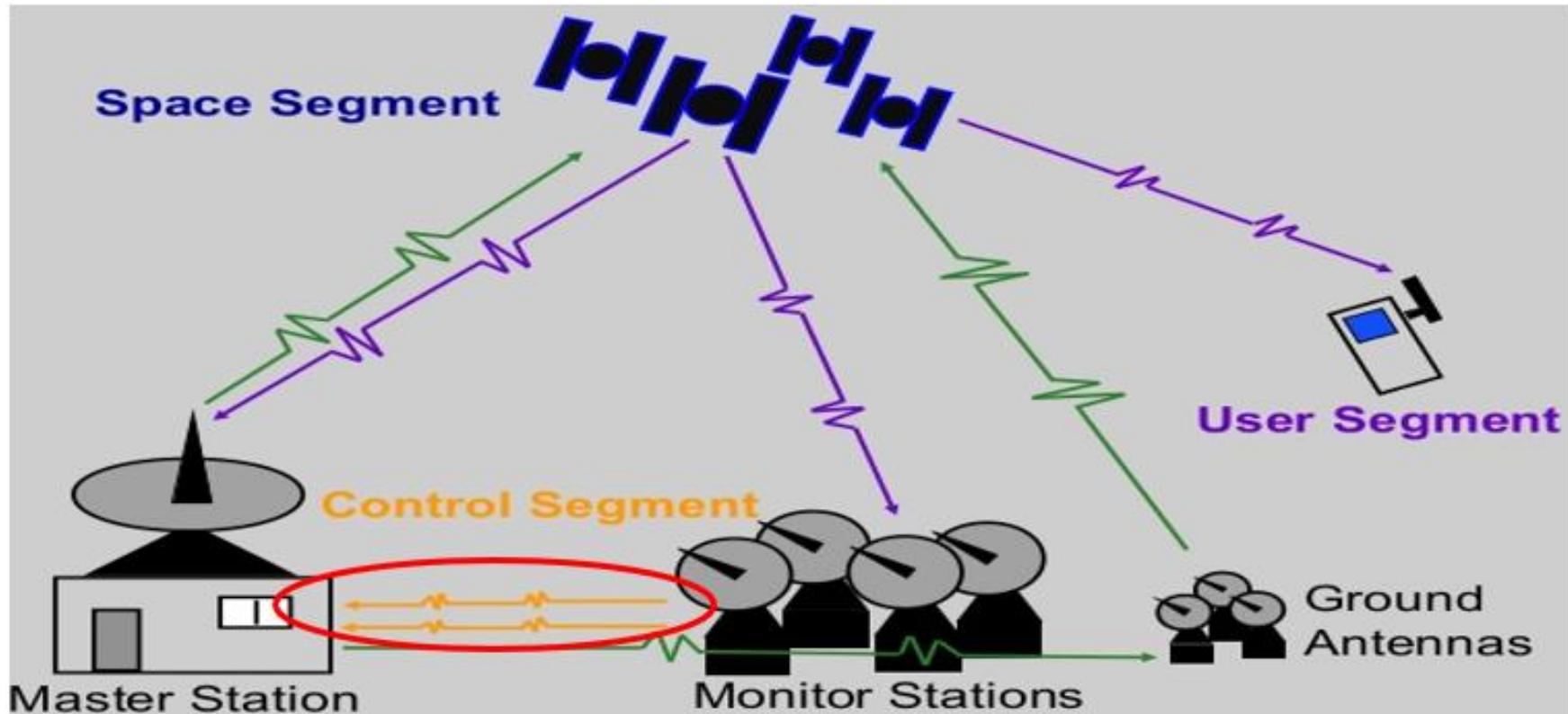


Struktura sustava GNSS

GPS

Kontrolni segment - obavlja nadzor i upravlja cijelim sustavom

- čine ga kontrolne postaje raspoređene po čitavoj Zemaljskoj kugli koje kontinuirano prate sve GPS satelite i proslijeđuju primljene satelitske signale u glavnu kontrolnu postaju na obradu

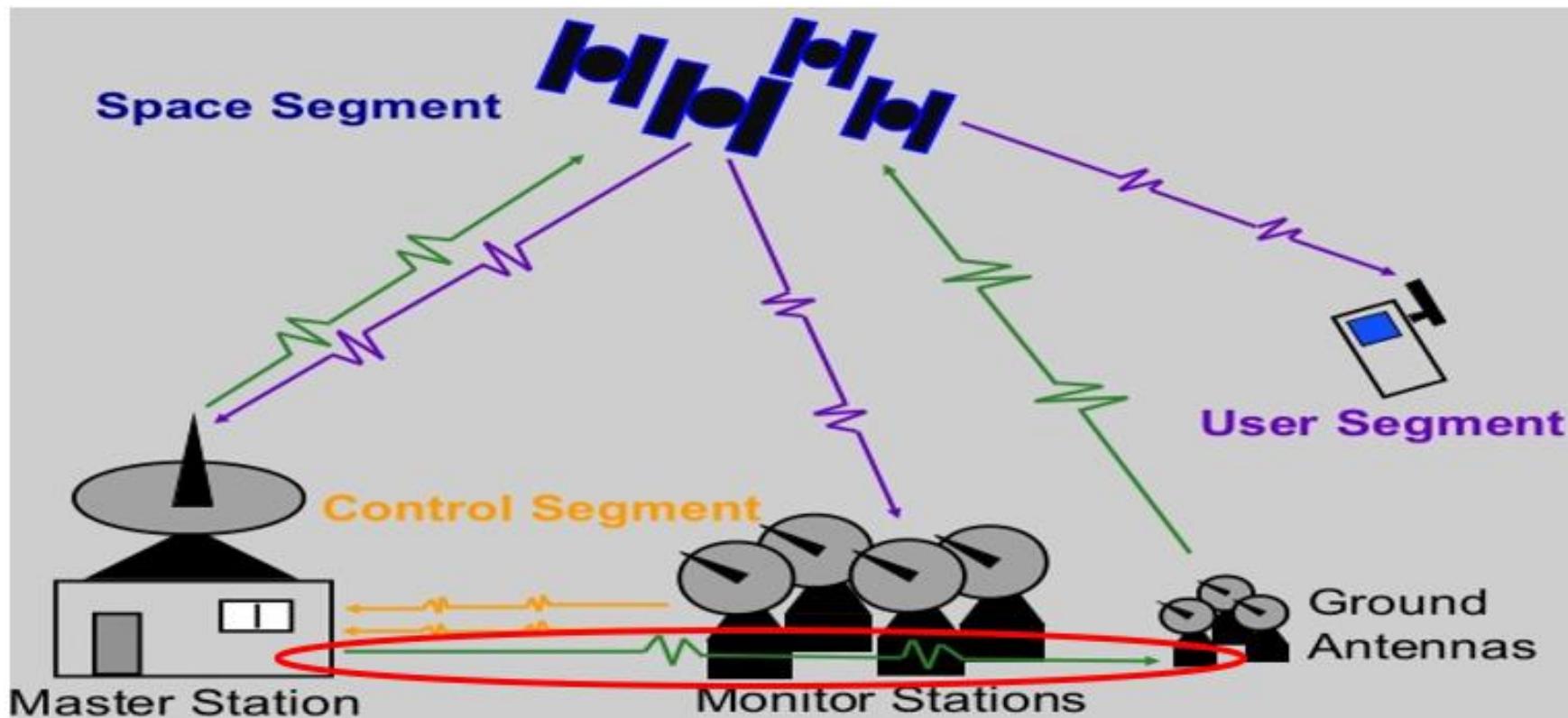


Struktura sustava GNSS

GPS

Kontrolni segment - obavlja nadzor i upravlja cijelim sustavom

- u glavnoj postaji se izračunavaju odstupanja pozicija svakog satelita od preciznih orbitalnih modela i odstupanja njihovih atomskih satova od GPS vremena i prosljeđuju u zemaljske postaje za uzlaznu vezu sa satelitima

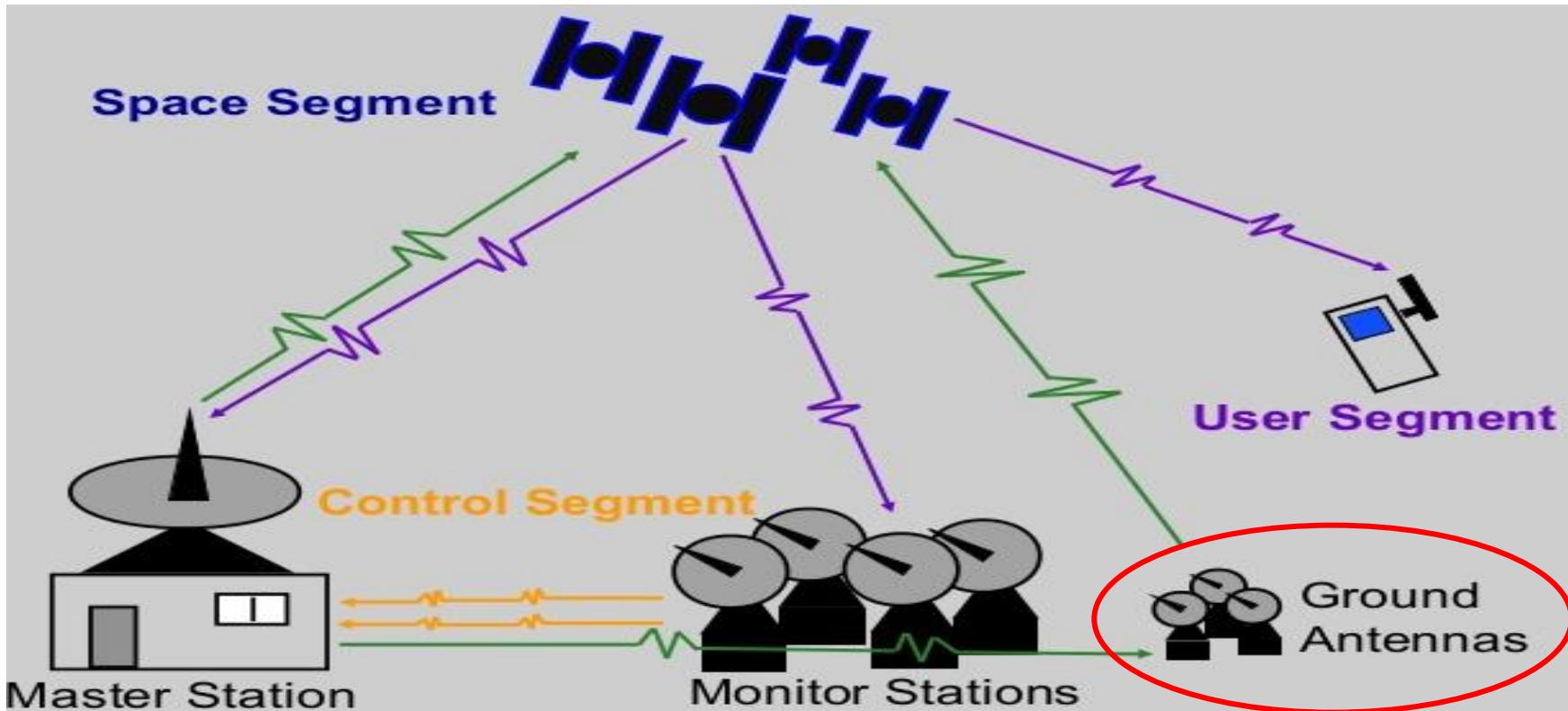


Struktura sustava GNSS

GPS

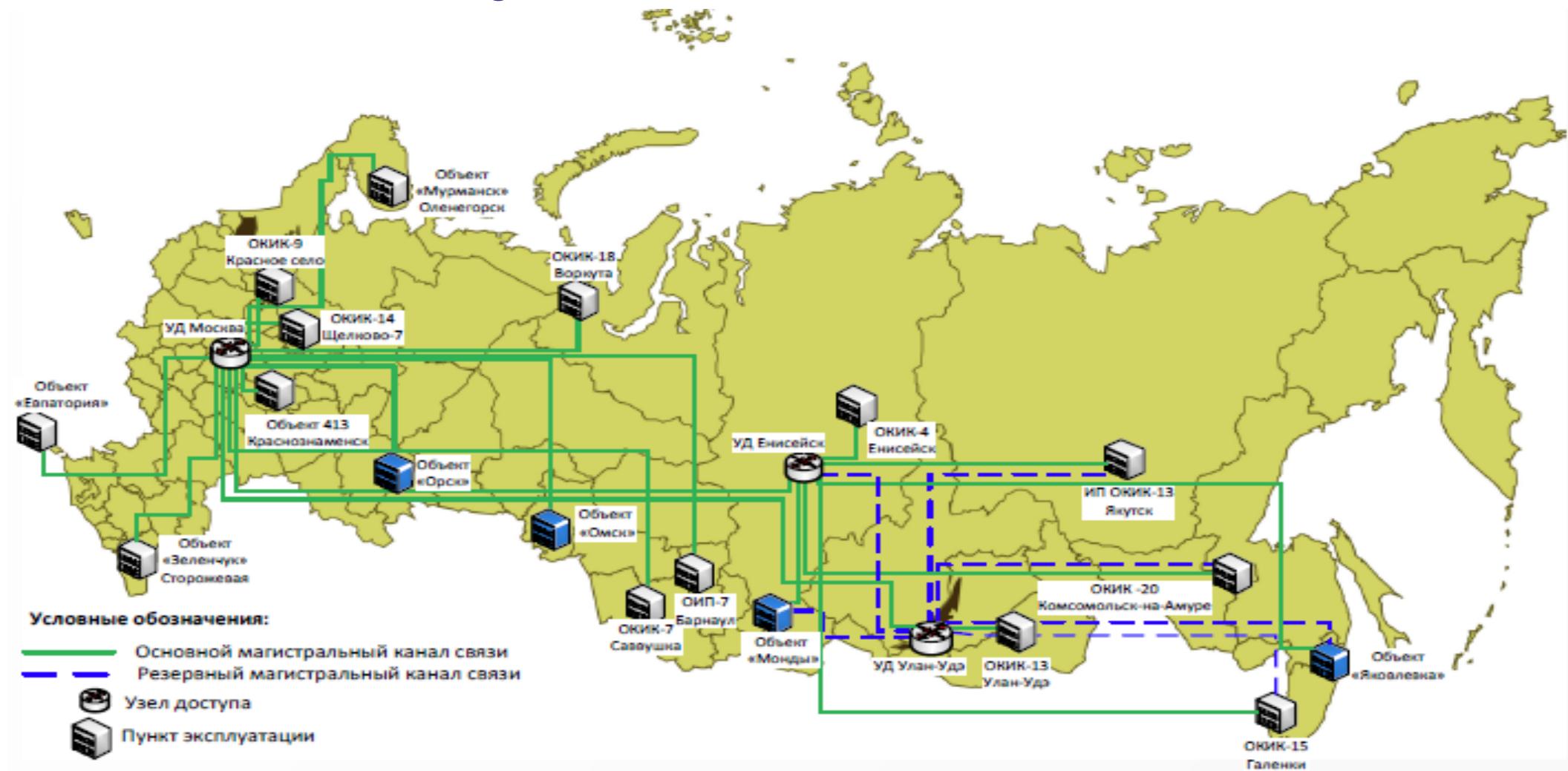
Kontrolni segment - obavlja nadzor i upravlja cijelim sustavom

- zemaljske postaje za uzlaznu vezu sa satelitima šalju korekcijske podatke satelitima, kako bi ih oni uključili u navigacijske poruku



Struktura sustava GNSS

GLONASS – kontrolni segment



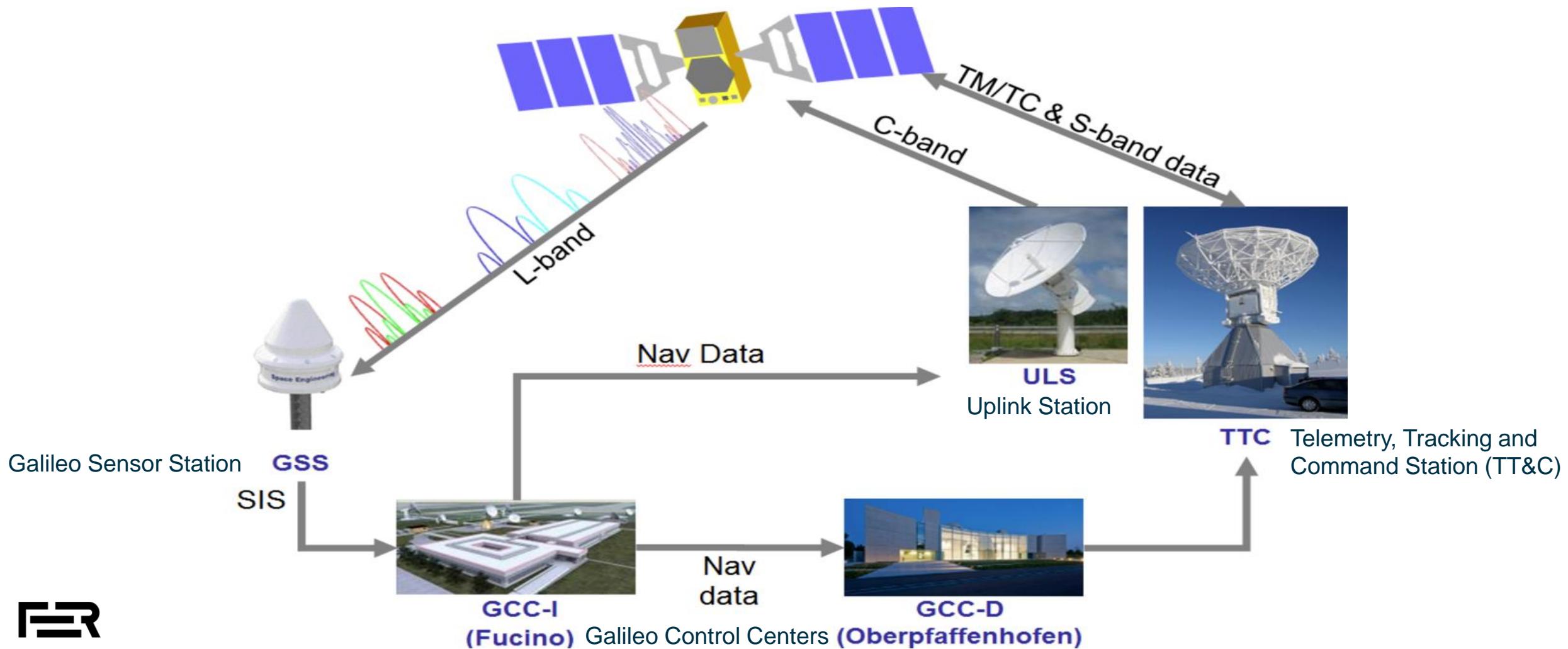
Struktura sustava GNSS

Galileo – kontrolni segment



Struktura sustava GNSS

Galileo – kontrolni segment



Struktura sustava GNSS

BeiDou – kontrolni segment

Space Constellation

- 5 GEO satellites
- 30 non-GEO satellites(include 27 MEO satellites and 3 IGSO satellites)



Ground Control Segment

- Master Control Stations (MCS)
- Upload Stations (US)
- a network of globally distributed Monitor Stations (MS)



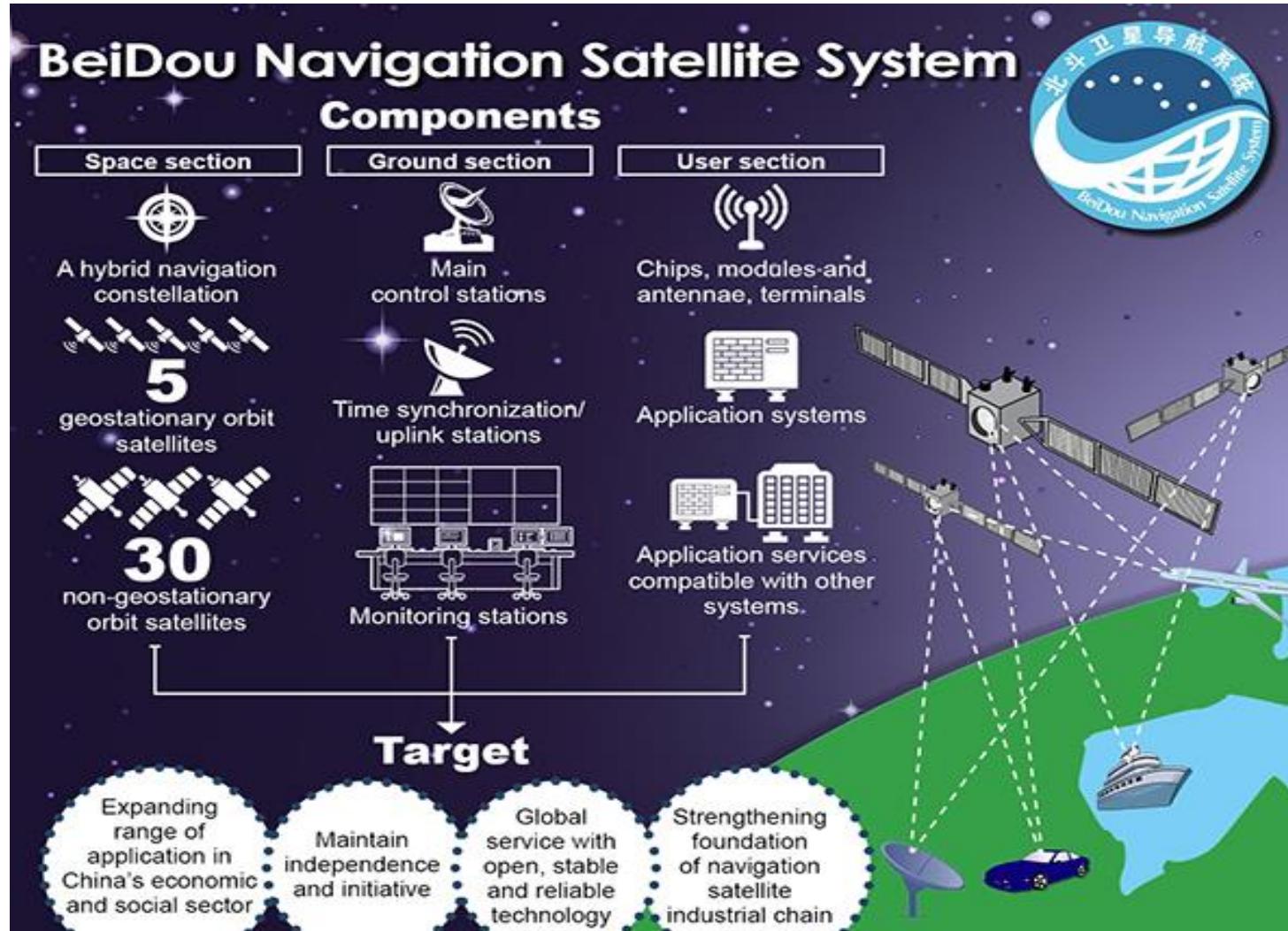
User Terminals

- BeiDou user terminals
- terminals compatible with other navigation satellite systems



Struktura sustava GNSS

BeiDou sustav



Korisnički segment

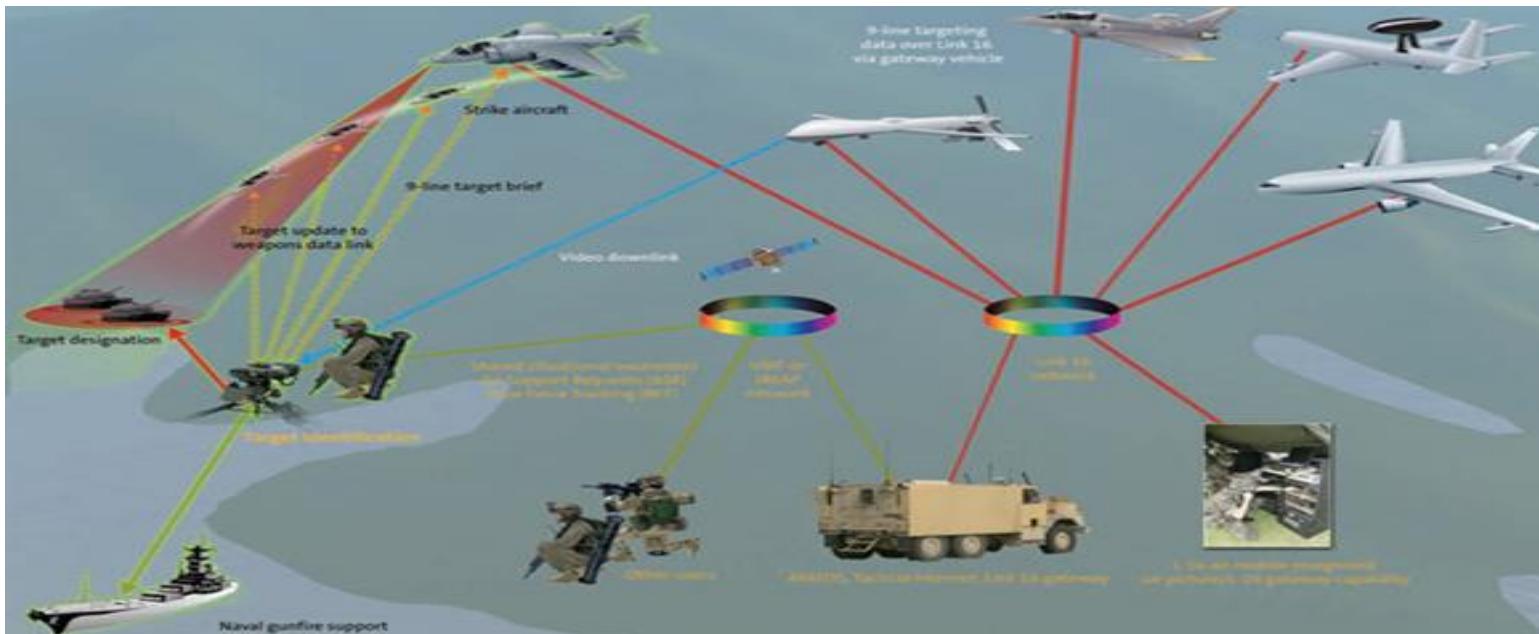
Struktura sustava GNSS

GPS

Korisnički segment čine dvije kategorije korisnika:

- **Autorizirani korisnici** - američka vojska i državne službe
- **Neautorizirani korisnici** - svi ostali korisnici širom svijeta

Za vojne primjene GPS prijamnici se koriste u zrakoplovima, brodovima, kopnenim vozilima, raketama, pa čak i za pješačke jedinice



Struktura sustava GNSS

GPS

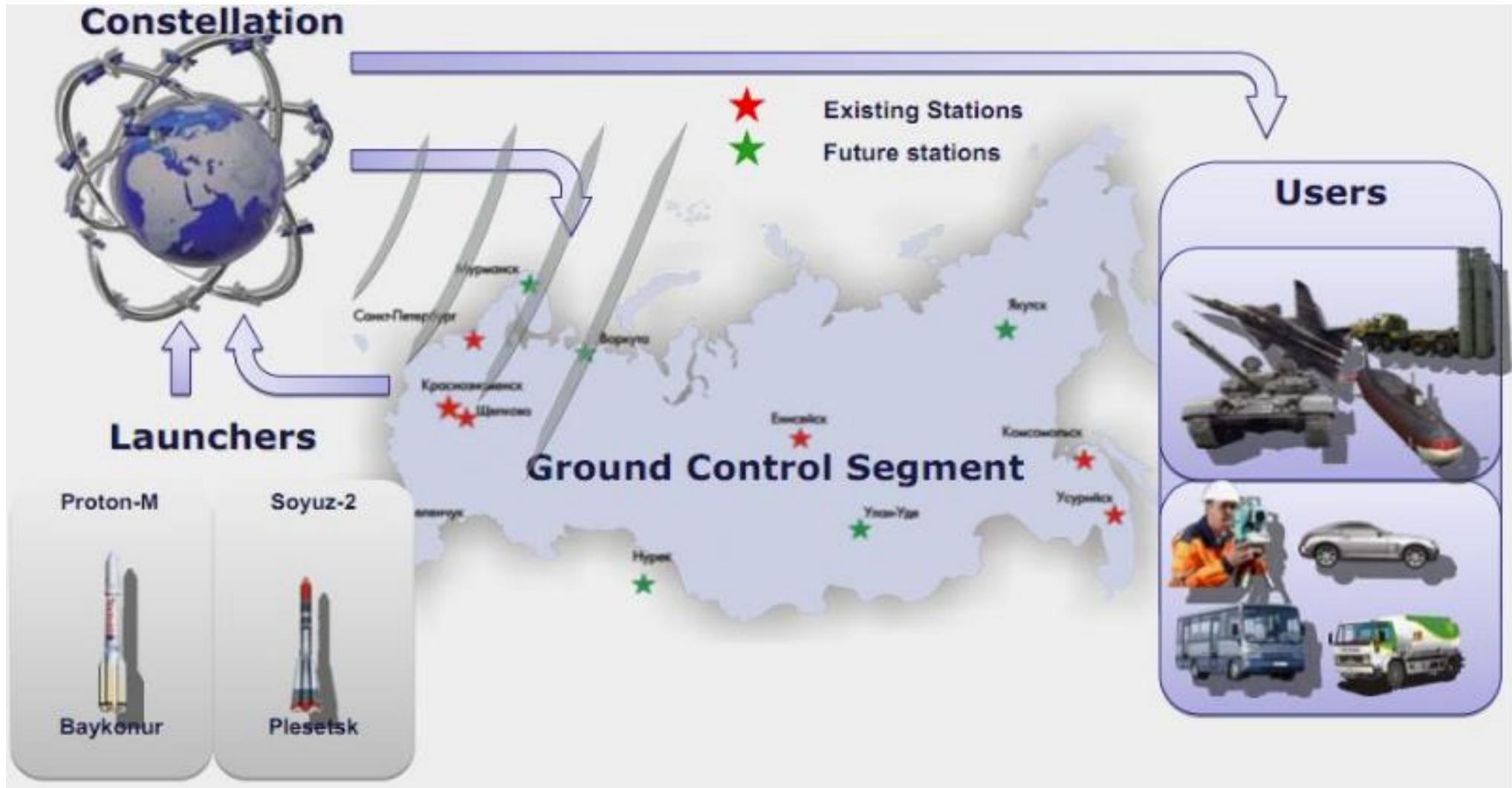
Neautorizirani korisnici - svi ostali korisnici širom svijeta

- civilna primjena GPS sustava je u početku bila samo navigacijska, a kasnije se proširila na sve vrste geodetskih i inženjerskih radova, u svim granama djelatnosti vezanim za prostor, a u zadnje vrijeme koristi se kao precizna vremenska referenca u mnogim komunikacijskim sustavima
- kao mali prijenosni uređaji za individualne korisnike sve masovnije se koriste za sport i rekreaciju



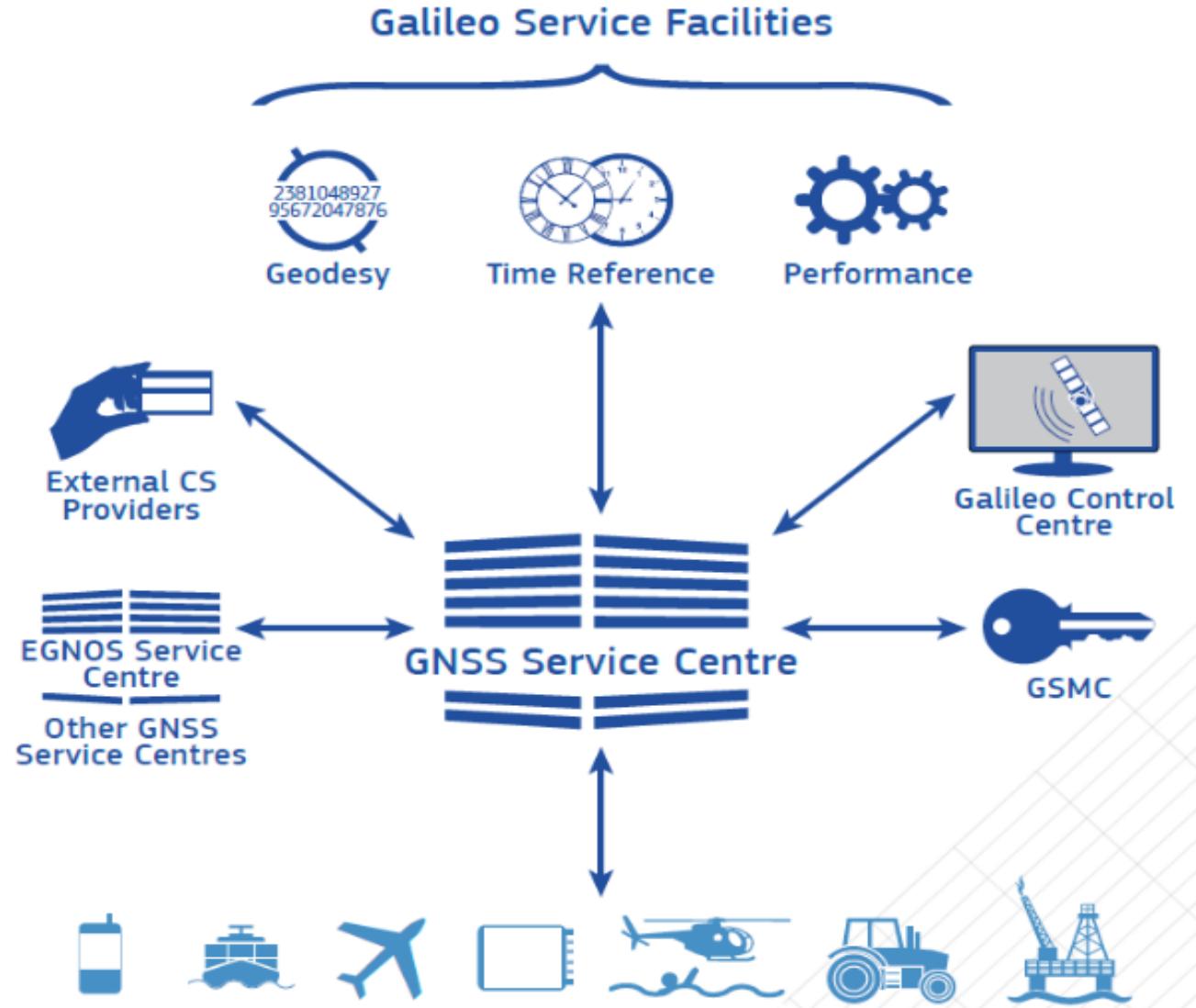
Struktura sustava GNSS

GLONASS korisnici



Struktura sustava GNSS

Galileo korisnici



Struktura sustava GNSS

BeiDou korisnici





GLOBALNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Predavanje 6a

Prof. dr. sc. Tomislav Kos

Doc. dr. sc. Josip Vuković

Signali i usluge GNSS-a



Teme predavanja

- Satelitska navigacija

Satelitski signali i usluge u sustavima

GPS

GLONASS

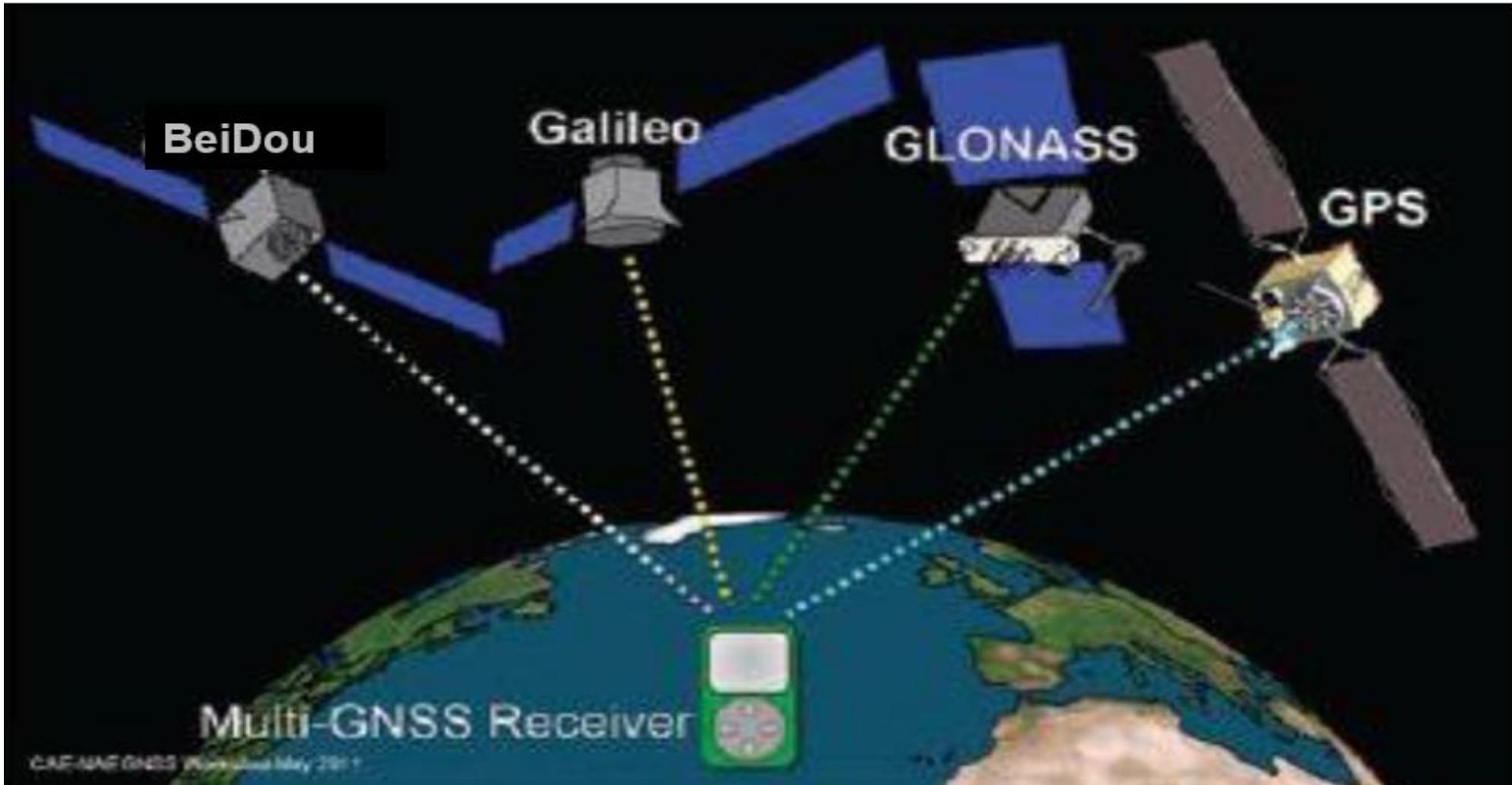
Galileo

BeiDou

Interoperabilnost različitih GNSS-a

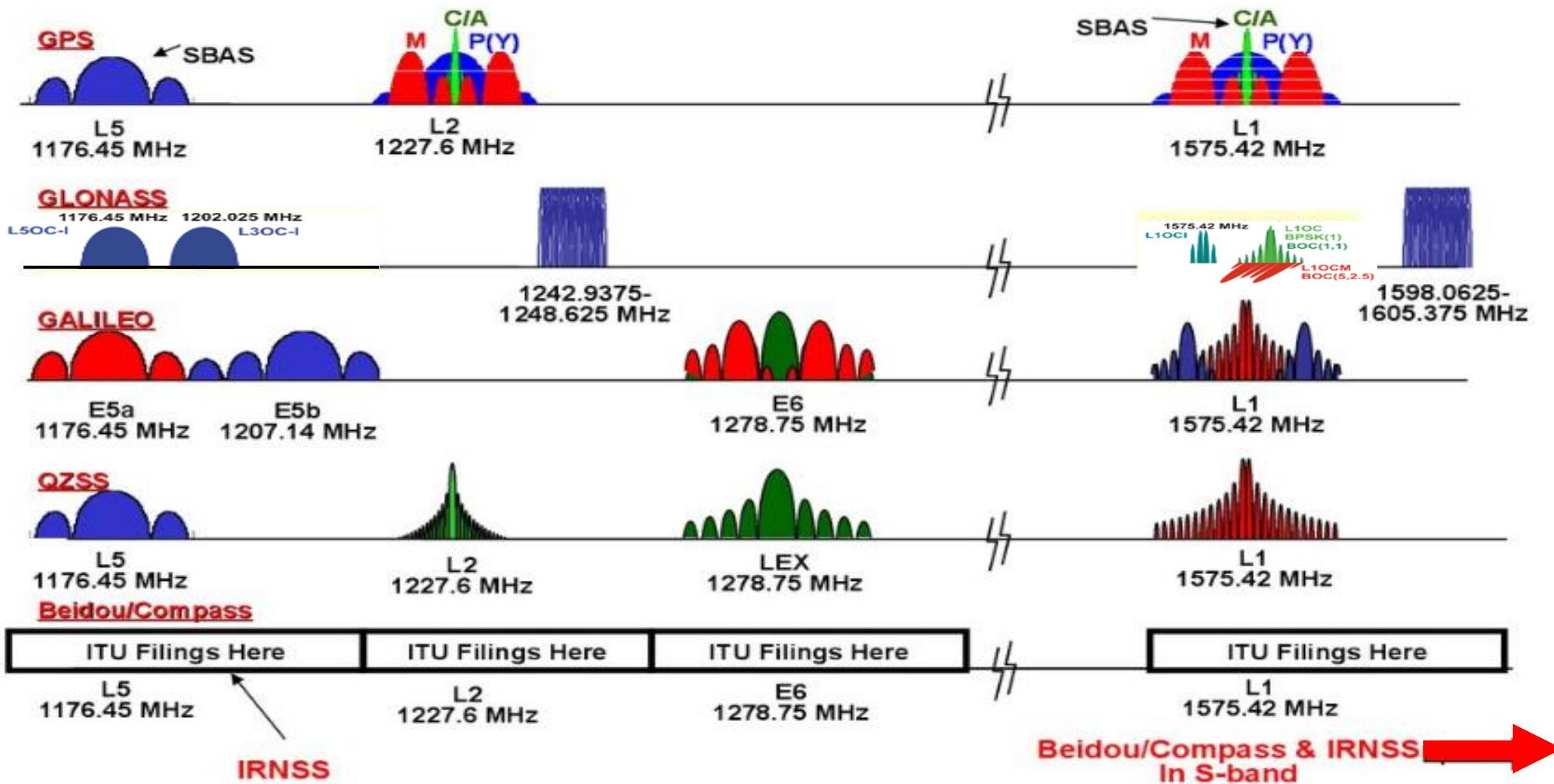
Satelitski signali i usluge

Globalni navigacijski sustavi



Satelitski signali i usluge

Spektar GNSS signala

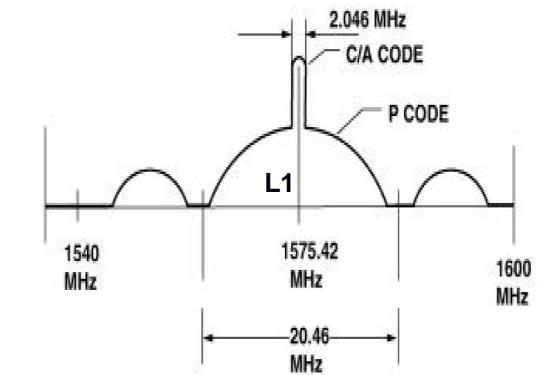
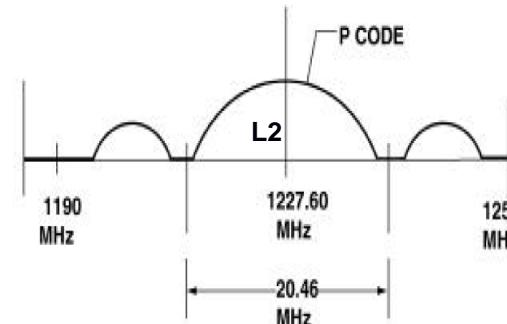


Signali i usluge GPS-a

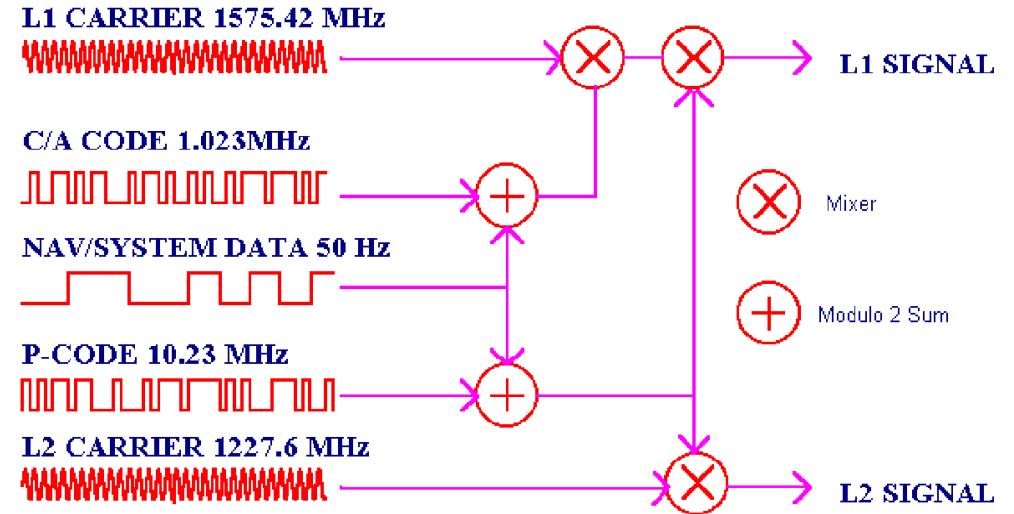
Signali i usluge GPS-a

GPS signali koje emitiraju sateliti sastoje se od kodova i navigacijske poruke

- moguće kombinacije signala:
 - nositelj L1 + C/A-kod + navigacijska poruka;
 - nositelj L1 + P-kod + navigacijska poruka;
 - nositelj L2 + P-kod + navigacijska poruka.
- vrlo točni atomski satovi omogućavaju dobivanje iznimno stabilne osnovne takt frekvencije $f = 10,23 \text{ MHz}$



Komponente signala	Frekvencija (MHz)
osnovna takt frekvencija	$f = 10,23$
prijenosna frekvencija L1	$154 f = 1575,42$
prijenosna frekvencija L2	$120 f = 1227,60$
P-kod	$f = 10,23$
C/A-kod	$f / 10 = 1,023$
navigacijska poruka (D-kod)	$f / 204600 = 50 \text{ Hz}$



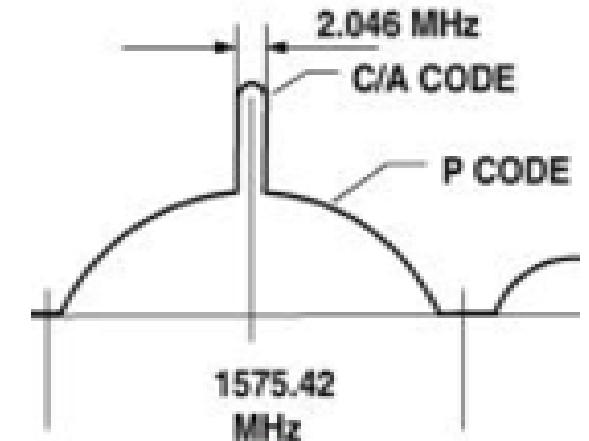
Signali i usluge GPS-a

Prijenosni signali modulirani su binarnom bifaznom modulacijom

BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) pomoću tri sinkronizirana koda

1) C/A kod (COARSE ACQUISITION / Clear Access) – gruba točnost

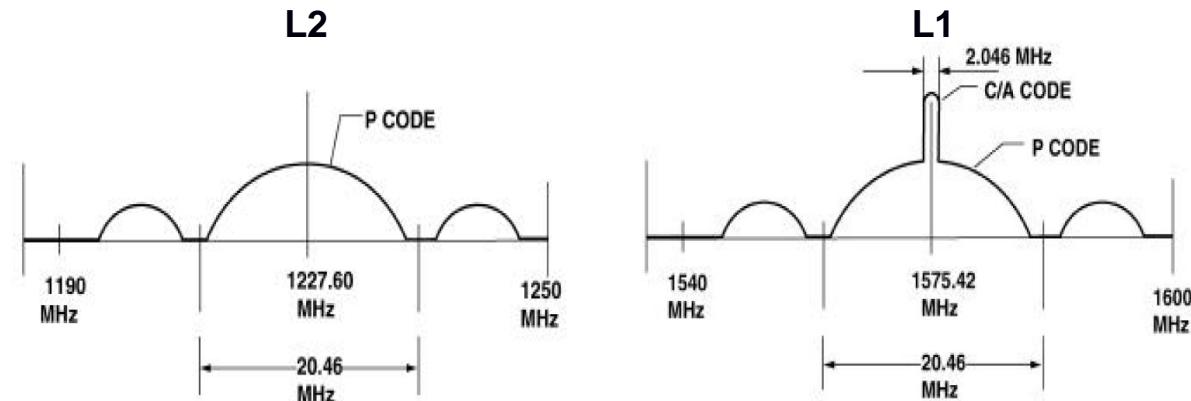
- modulira fazu nosioca L1
- predviđen je za standardnu SPS (*Standard Positioning Service*) uslugu i dostupan je svim korisnicima
- kodna sekvenca ima pseudoslučajni oblik PRN koda (*Pseudo Random Noise*) s takt frekvencijom 1,023 MHz
- sekvenca se ponavlja svakih 1023 bita (1 ms) što daje efektivnu valnu duljinu od oko 300 m
- kod je različit za svaki pojedini satelit, sateliti se identificiraju na temelju PRN koda
- PRN kodovi omogućavaju CDMA (*Code Division Multiple Access*), tako da kodovi istovremeno primljeni s različitih satelita ne koreliraju međusobno
- svi signali mogu biti primljeni na istoj frekvenciji i svaki pojedini se može selektivno izdvojiti



Signali i usluge GPS-a

2) P kod (*PRECISE / Protected*) – precizni kod

- modulira faze oba nosioca L1 i L2
- predviđen je za PPS (*Precise Positioning Service*) uslugu za autorizirane korisnike
- kodna sekvenca dugačka je 37 tjedana ($2,35 \times 10^{14}$ bitova koda) i dijeli se u nizove sa sedmodnevnim sekvencama ($6,187104 \times 10^{12}$ bitova)
- svakom satelitu dodijeljen je dio P koda - po jedna jednotjedna sekvenca
- početkom svakog tjedna starta se nova kodna sekvenca
- takt frekvencija je 10,23 MHz, a efektivna valna duljina je oko 30 m
- veća frekvencija P koda omogućava postizanje veće točnosti
- P kod se može posebno šifrirati čime se dobije Y kod, koji zahtijeva posebni A-S (*Anti-Spoofing*) modul i kodni ključ dostupan samo autoriziranim korisnicima
- P kod se prenosi na obje prijenosne frekvencije, što omogućava mjerjenje kašnjenja i kompenzaciju utjecaja ionosfere na propagaciju signala



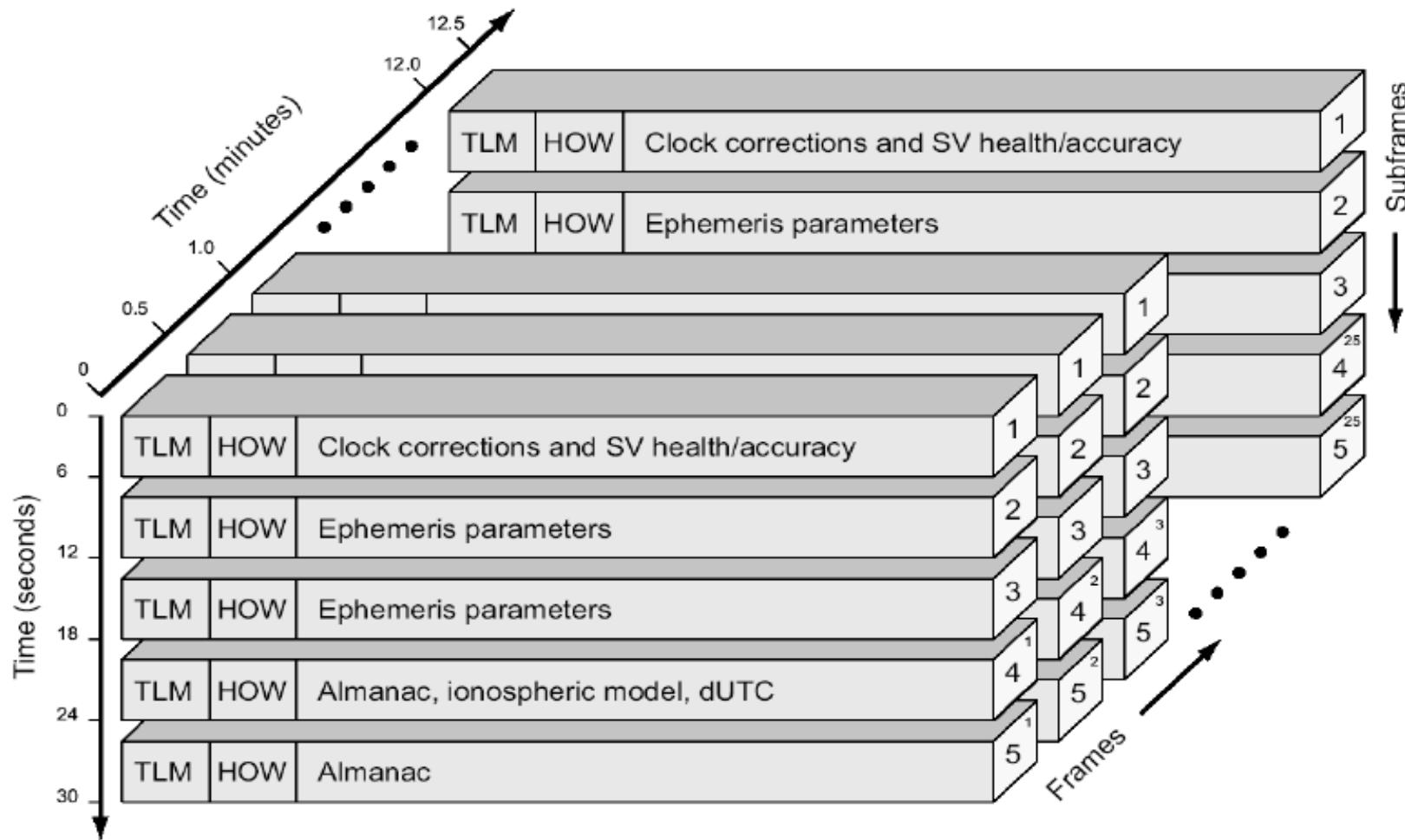
Signali i usluge GPS-a

3) D kod (*Data code*) – navigacijska poruka

- sadrži podatke o točnim **efemeridama** satelita, koeficijente **modeliranja ionosfere**, informacije o stanju satelita i **pogrešci sata**, kao i **almanah** podatke o aproksimativnim orbitama svih GPS satelita
- signal se prenosi brzinom od 50 bit/s
- informacija je složena u okvire podataka od 1500 bitova
- okviri su podijeljeni u 5 pod-okvira po 300 bita, s trajanjem pod-okvira od 6 s i trajanjem okvira od 30 s
- niz od 25 okvira (125 pod-okvira) čini kompletну navigacijsku poruku
- za prijenos cijelog paketa informacija treba 12,5 min
- da se skrati vrijeme za dobivanje inicijalne pozicije, podaci o efemeridama satelita i podaci vremena smješteni su u pod-okvire i ponavljaju se svakih 30 s

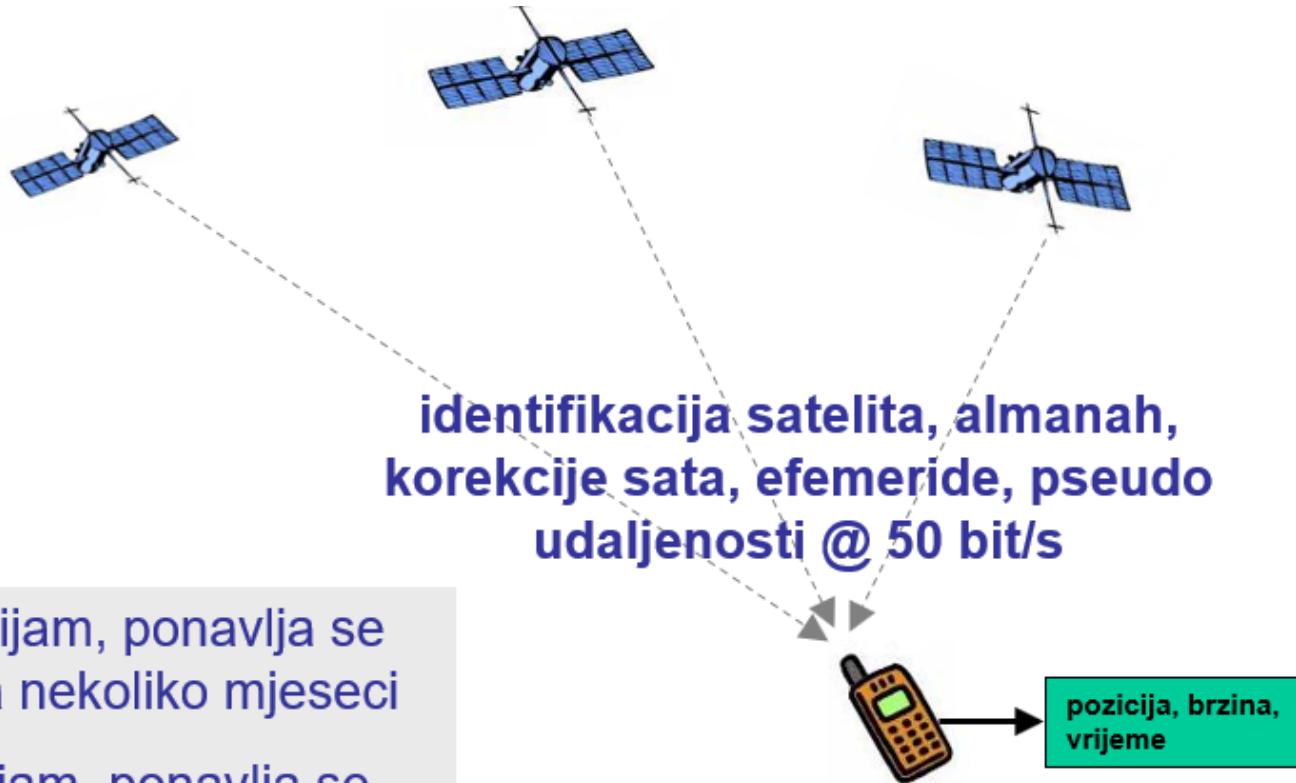
Signali i usluge GPS-a

Struktura navigacijske poruke



Signali i usluge GPS-a

Organizacija GPS navigacijske poruke



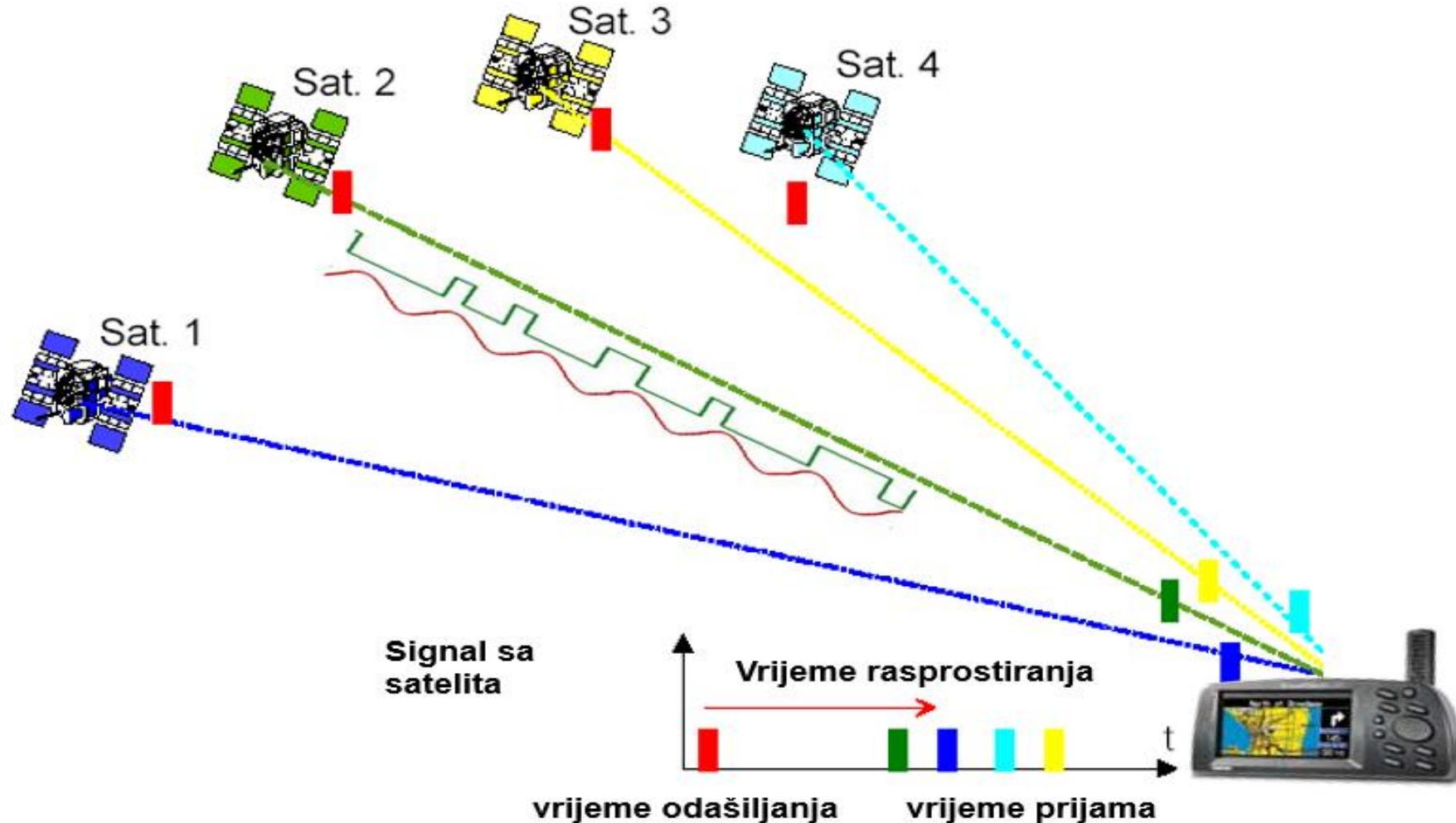
Almanah – 12,5 min za prijam, ponavlja se svakih 12,5 min, vrijede za nekoliko mjeseci

Efemeride – 12 sek za prijam, ponavlja se svakih 30 sek, vrijede nekoliko sati

Korekcije sata – 6 sek za prijam, ponavlja se svakih 30 sek, vrijede nekoliko sati

Signali i usluge GPS-a

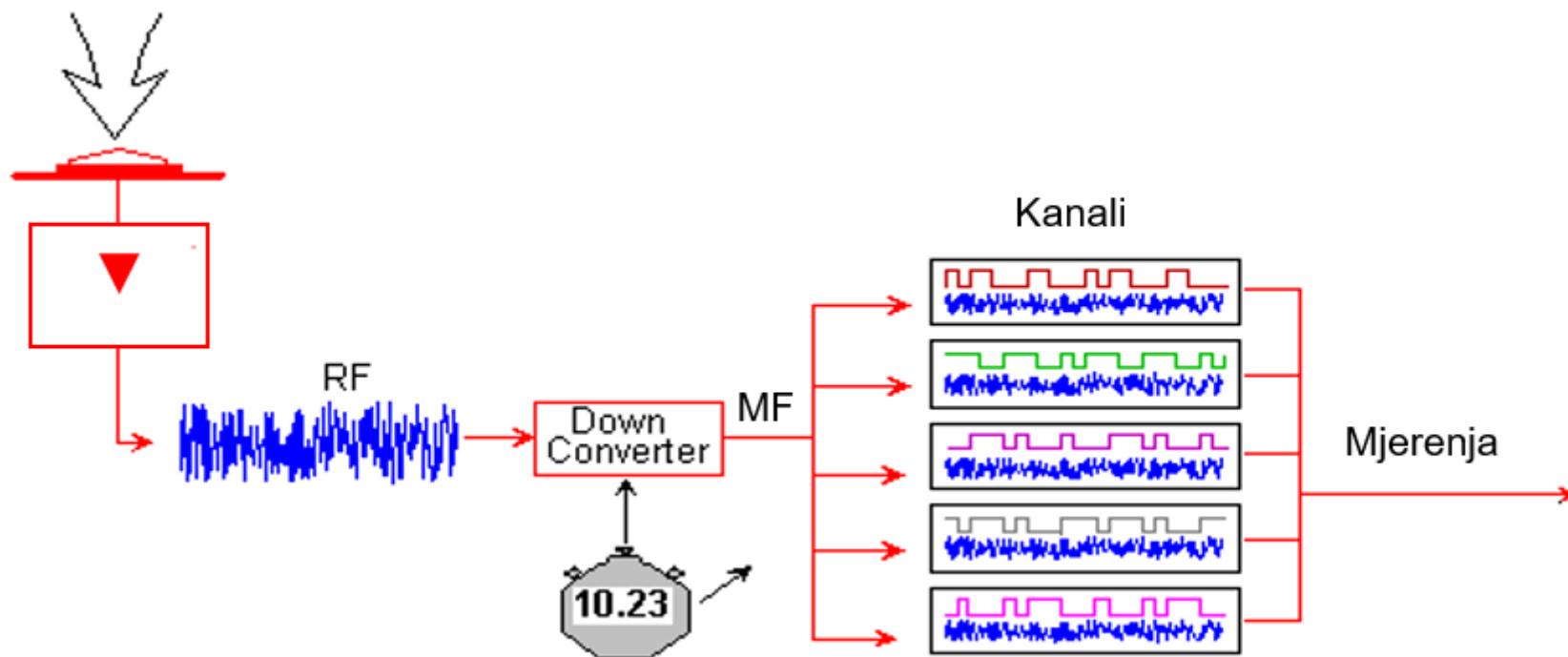
Kako radi GPS sustav



Signali i usluge GPS-a

Kako radi GPS prijamnik

- antena prima signale svih “vidljivih” satelita iznad horizonta
- nakon pojačanja signal dolazi na RF dio i na međufrekvencijski sklop iza kojeg se ulazni signal dijeli na kanale
- obrada signala provodi se u kanalima, na koje dolaze signali pojedinog satelita
- oscilator generira osnovnu takt frekvenciju 10,23 MHz, pomoću koje se dobivaju sve komponente ulaznih signala



Signali i usluge GPS-a

Kako radi GPS prijamnik

- u memoriji GPS prijamnika pohranjuju se almanah podaci, a u prijamniku su spremljeni i setovi PRN kodova svih satelita



10111100011001101001110001110001011110001100110100111000111000



Primjer dijela sekvence PRN koda

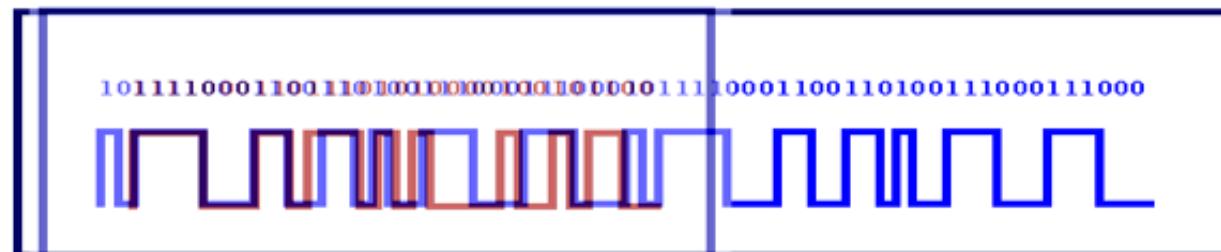
- tehnikom korelacije izdvajaju se PRN kodovi pojedinih satelita
- GPS prijamnik generira repliku C/A koda satelita (i/ili P koda), koje ima pohranjene u memoriji

Signali i usluge GPS-a

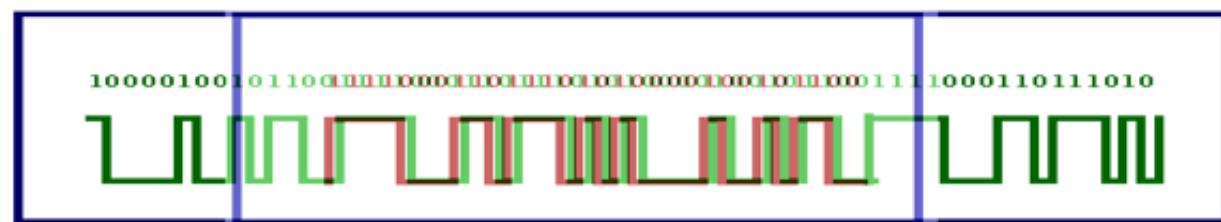
Kako radi GPS prijamnik

Tehnika korelacije

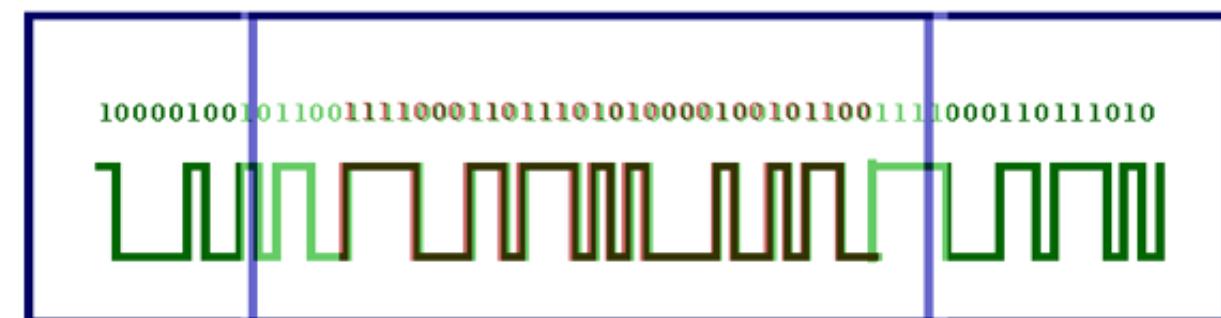
- u posmačnom registru se PRN kodna kombinacija vremenski pomic, dok se ne postigne korelacija sa identičnim kodom sa satelita
- kad se kodovi poklope, detektira se maksimalni signal
- ako se generira pogrešna replika PRN koda, ne može biti korelacija



Bez korelacijskog PRN koda



Djelomična korelacija PRN koda satelita i prijemnika



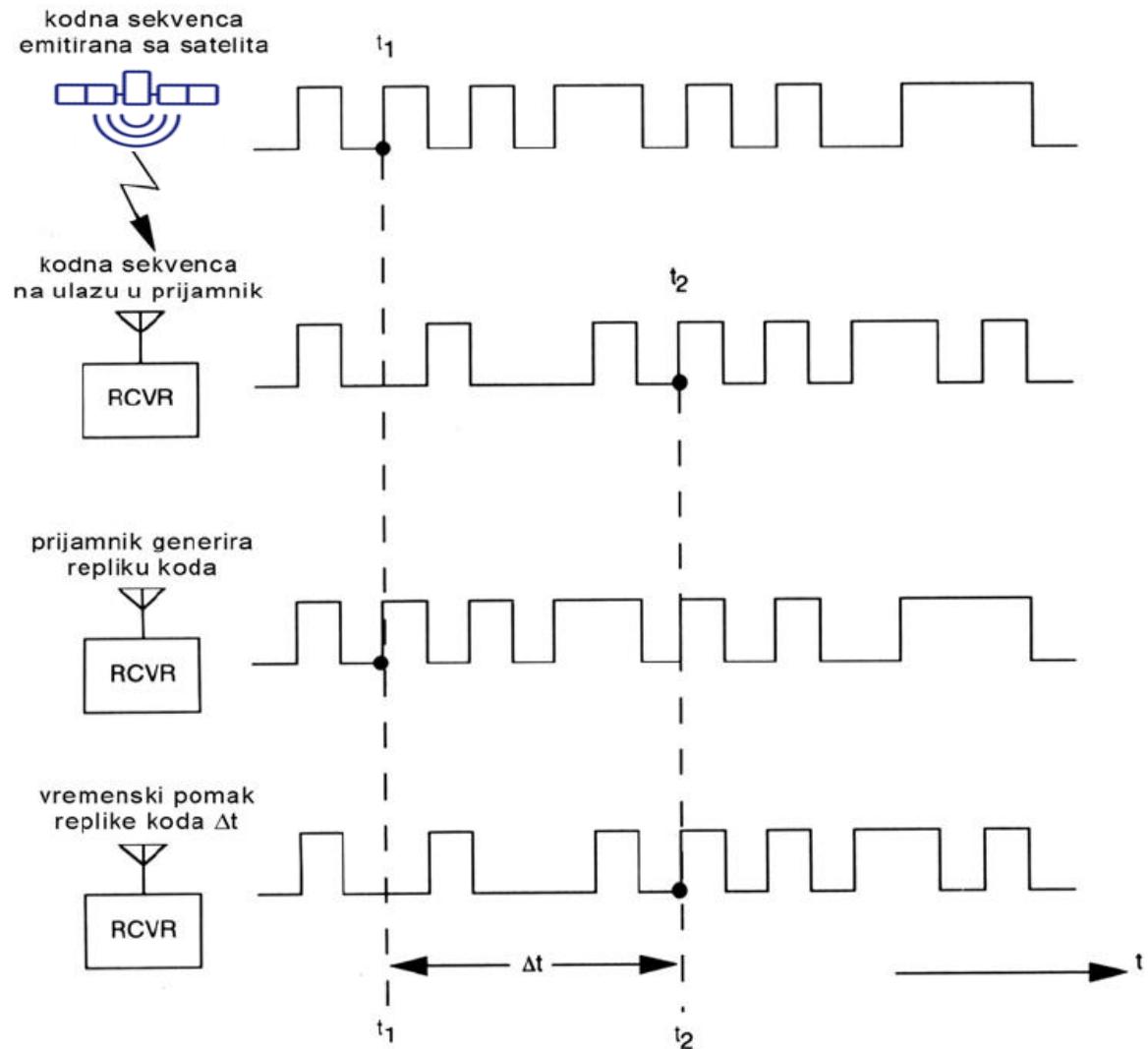
Puna korelacija PRN koda satelita i prijemnika (Code – phase lock)

Signali i usluge GPS-a

Kako radi GPS prijamnik

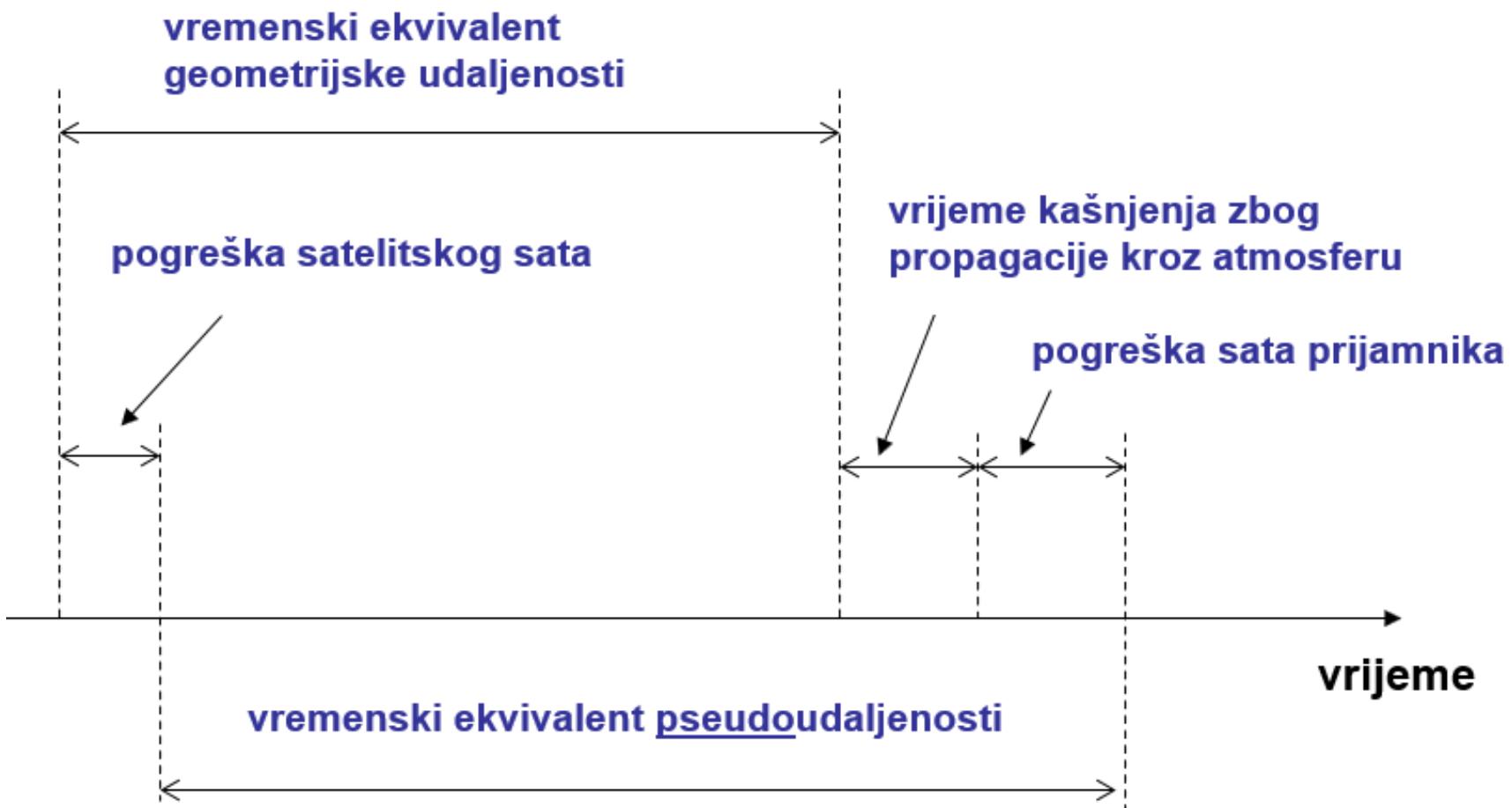
Utvrđivanje vremena na temelju pomaka replike koda

- vremenski pomak Δt je vrijeme propagacije signala od satelita do prijamnika
- ToA (*Time of Arrival*) predstavlja pseudoudaljenost od satelita do korisnika
- sadrži u sebi razne pogreške, od kojih se neke mogu djelomično ili potpuno korigirati podacima dobivenim iz navigacijske poruke



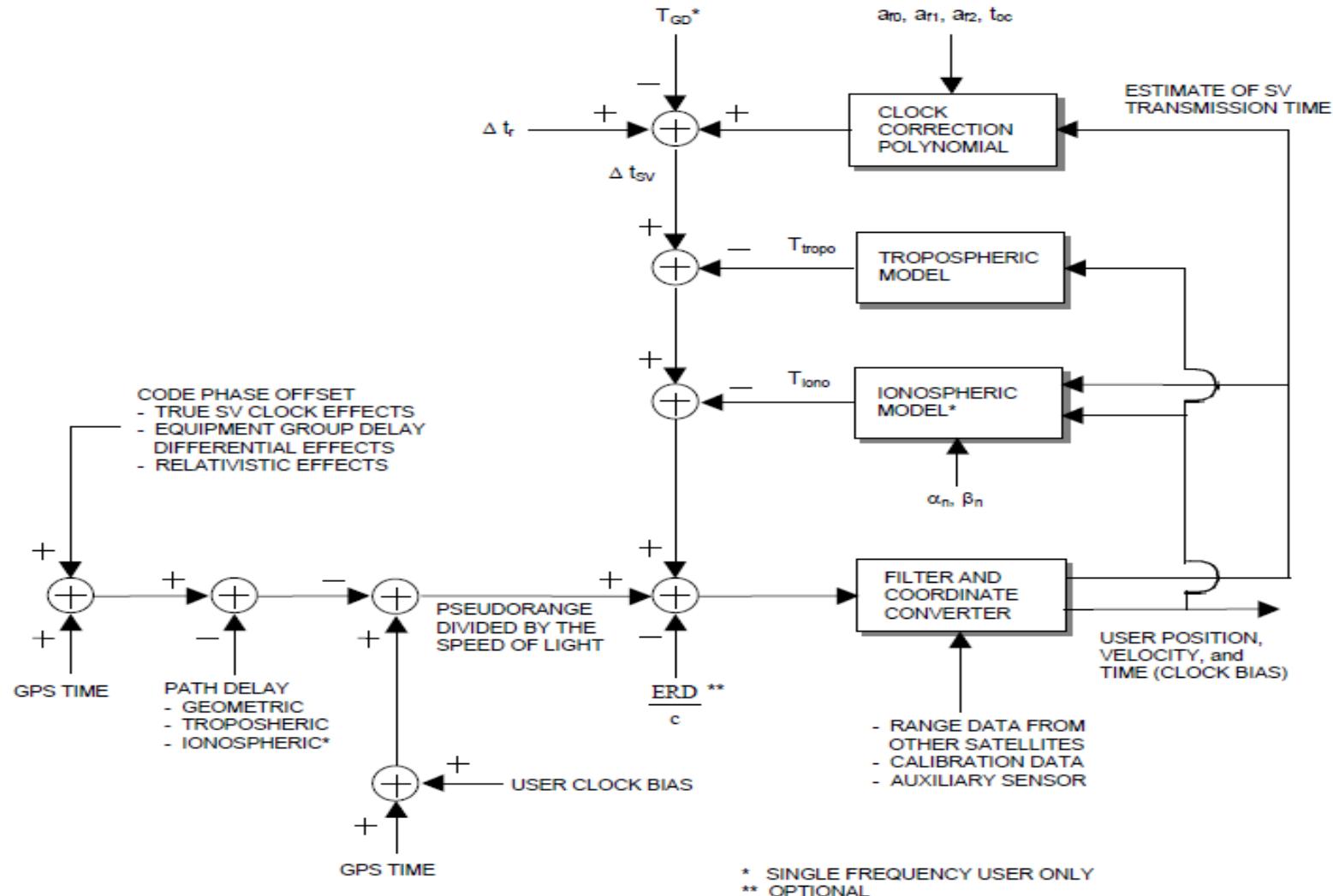
Signali i usluge GPS-a

Mjerenje udaljenosti i pogreške u vremenu



Signali i usluge GPS-a

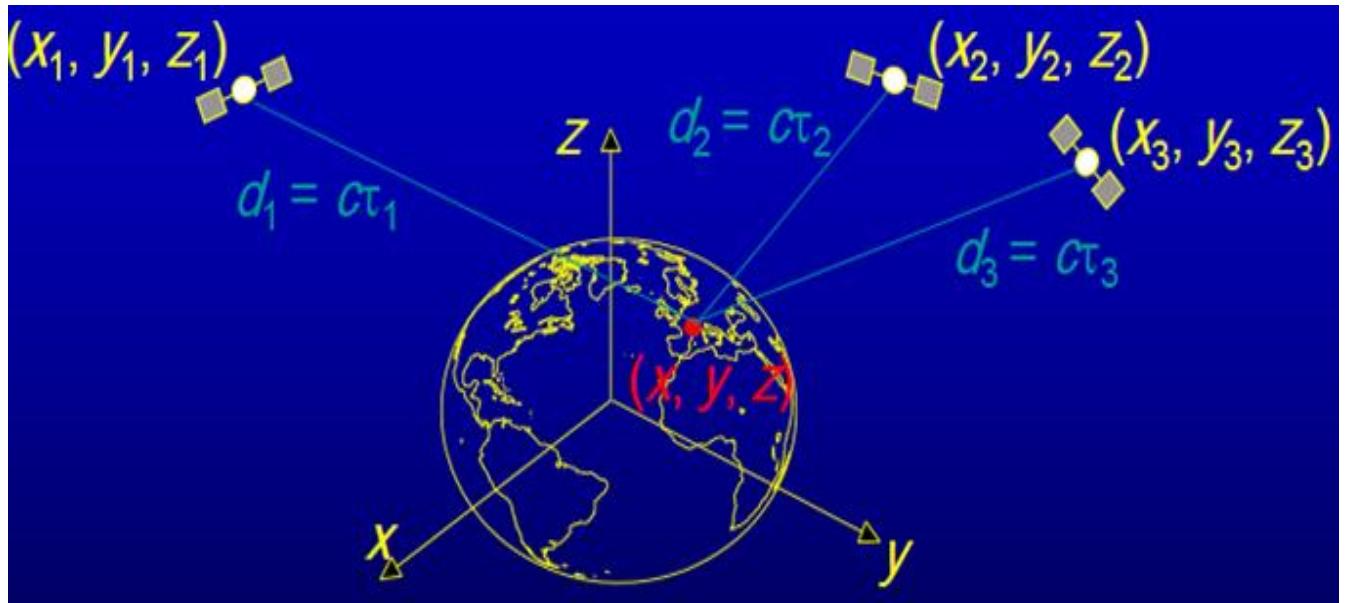
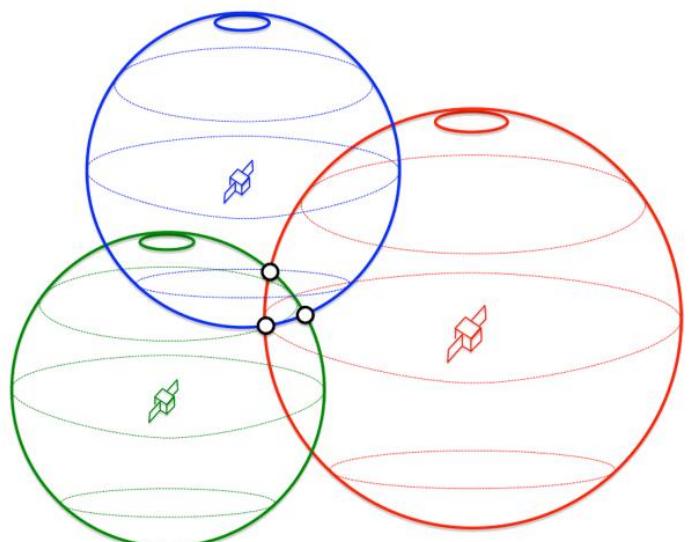
Mjerenje udaljenosti i pogreške u vremenu



Signali i usluge GPS-a

Izračunavanje pozicije prijamnika

- pozicija prijemnika utvrđuje se kao mjesto presijecanja linija pseudoudaljenosti prema više satelita
- orbitalni podaci (efemeride) omogućavaju da prijemnik izračuna trenutnu poziciju svakog satelita u tri dimenzije (u X , Y , Z koordinatnom sustavu)
- pseudoudaljenosti od tri satelita bile bi dovoljne za utvrđivanje trodimenzionalne pozicije u slučaju savršeno točnog sata u prijamniku



Signali i usluge GPS-a

Izračunavanje pozicije prijamnika

$$|P_s - P_k| = d \quad ; \quad d = c \cdot t \quad P = f(x, y, z,)$$

P_s - pozicija satelita

P_k - pozicija korisnika

d - udaljenost

Jednadžba pozicije:

$$(X_s - X_k)^2 + (Y_s - Y_k)^2 + (Z_s - Z_k)^2 = d^2 = [c \cdot t]^2$$

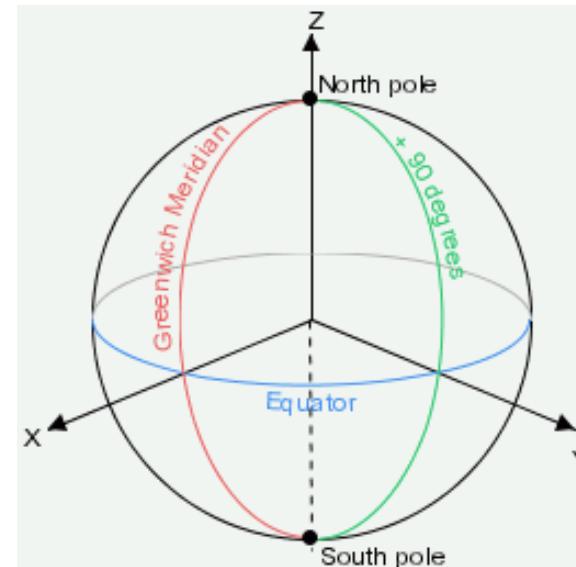
$$(X_{s1} - X_k)^2 + (Y_{s1} - Y_k)^2 + (Z_{s1} - Z_k)^2 = [c \cdot (\tau_{p1} - \tau_{o1} - d\tau_1)]^2$$

τ_{p1} - trenutak prijema, τ_{o1} - trenutak odašiljanja, $d\tau_1$ - odstupanje sata satelita

Signali i usluge GPS-a

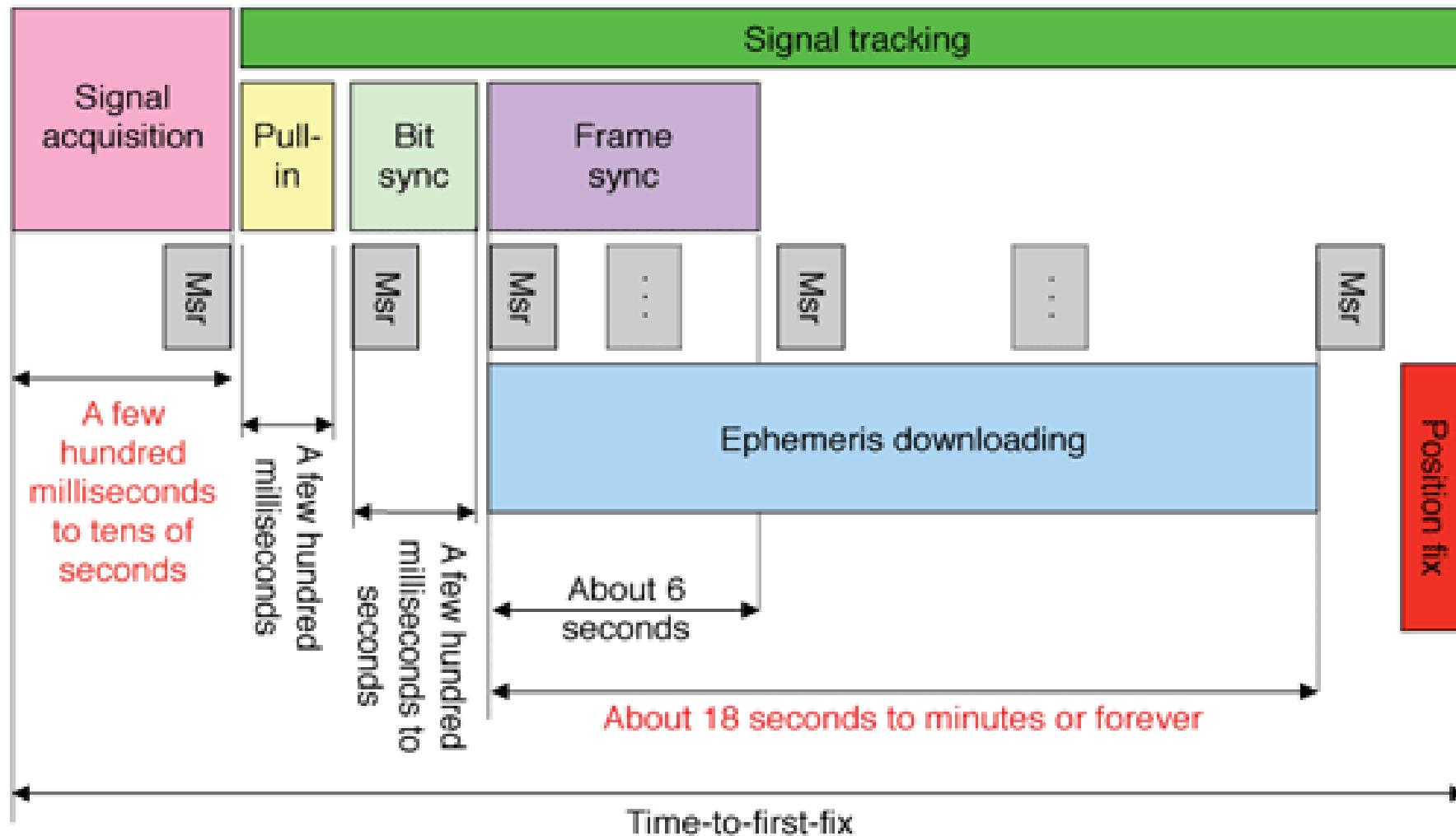
Izračunavanje pozicije prijamnika

- kako broj mjerena mora biti jednak ili veći od broja nepoznаница, a uz nepoznаницу тродимenzionalnog položaja imamo и vrijeme prijema kao nepoznаницу, потребно је обавити четири mјerenja pseudoudaljenosti
- pozicija prijemnika se izračunava iz pozicija satelita, izmјerenih pseudoudaljenosti (korigiranih za odstupanje sata svakog satelita i prijemnika, као и ionosferska kašnjenja) i zadnje utvrđene pozicije prijamnika
- pozicija korisnika u X,Y,Z koordinatama konvertira se u GPS prijemniku u geodetske veličine - geografska širina, geografska dužina i visina



Signali i usluge GPS-a

Izračunavanje pozicije prijamnika – vremensko trajanje



Signali i usluge GPS-a

Koje vrste GPS prijamnika postoje

GPS prijemnici se mogu podijeliti na tri skupine:

1) C/A kodni za mjerjenje pseudoudaljenosti

- jednofrekvencijski, koriste samo C/A kod
- namjena im je prije svega za navigaciju
- malih dimenzija, s desetak do dvanaest kanala



2) C/A kodni + fazna mjerena

- za mjerjenje pseudoudaljenosti koriste uz C/A kod i mjerjenje faze L1 nosioca
- imaju široku primjenu, jer su pogodni za sva precizna mjerena



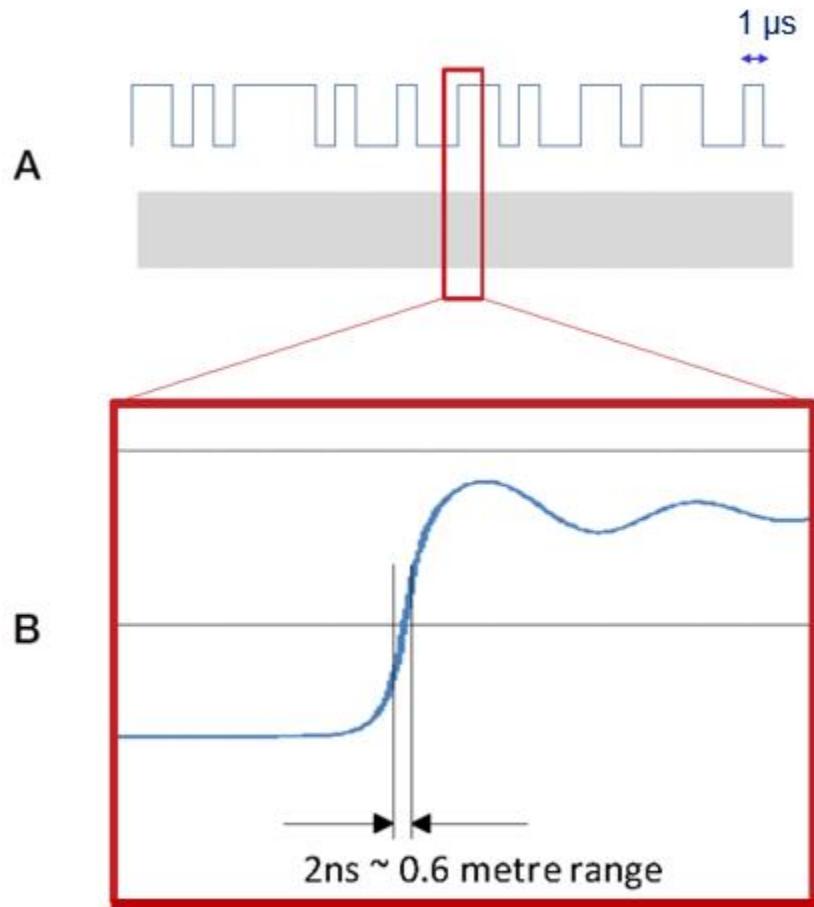
3) P kodni prijemnici

- koriste P kod na oba nosioca L1 i L2, a mogu mjeriti i fazu
- mogu ostvariti vrlo visoku točnost
- kada je uključena A-S (*Anti-Spoofing*) zaštita, pristup P kodu moguć je samo za autorizirane korisnike uz poznavanje tajnog Y koda

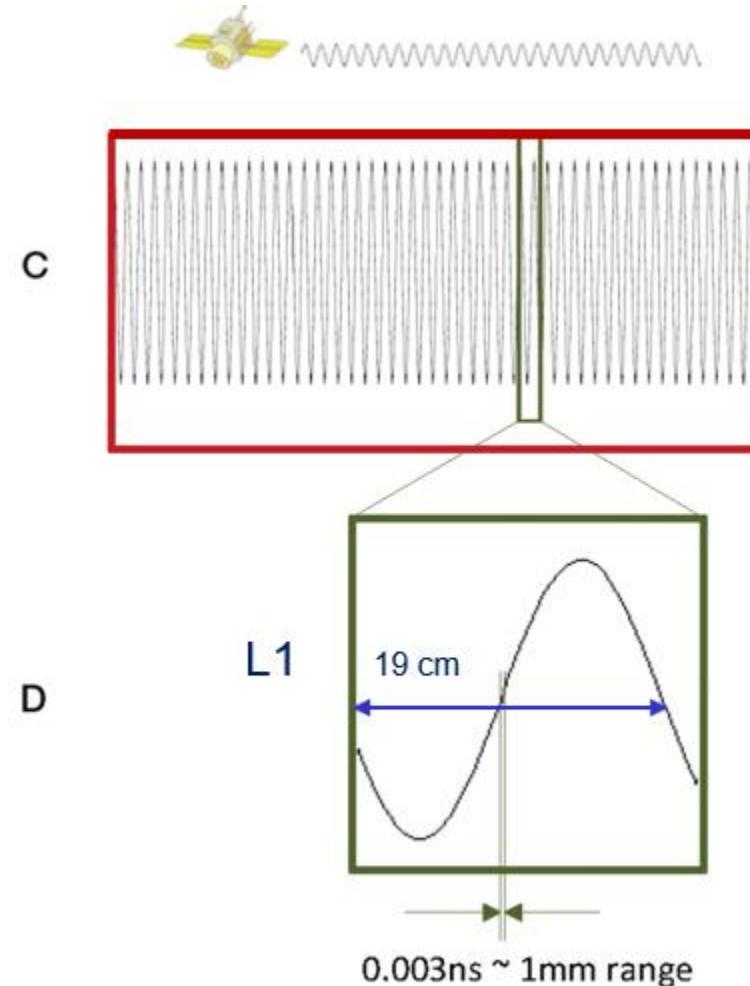


Signali i usluge GPS-a

Točnost različitih metoda mjerena



Kodna mjerena



Fazna mjerena

Signali i usluge GPS-a

Koje usluge nudi GPS

GPS sustav nudi dvije usluge pozicioniranja:

1) Pozicioniranje višom razinom točnosti (PPS - *Precise Positioning Service*)

- namijenjeno je samo autoriziranim korisnicima, uz korištenje dvofrekvencijskog GPS prijamnika i P kodova, odnosno Y kodova za dekriptiranje
- ostvariva točnost pozicioniranja je za 95% vremena bolja od 22 m u horizontalnom i 28 m u vertikalnom smjeru

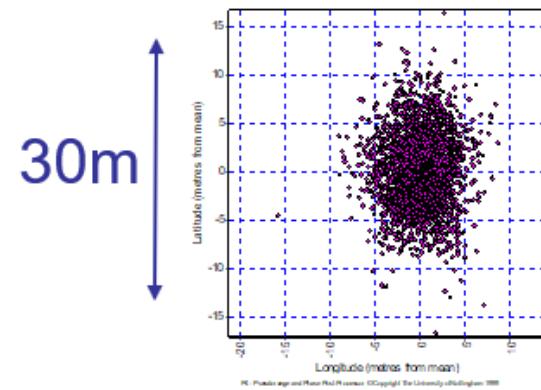
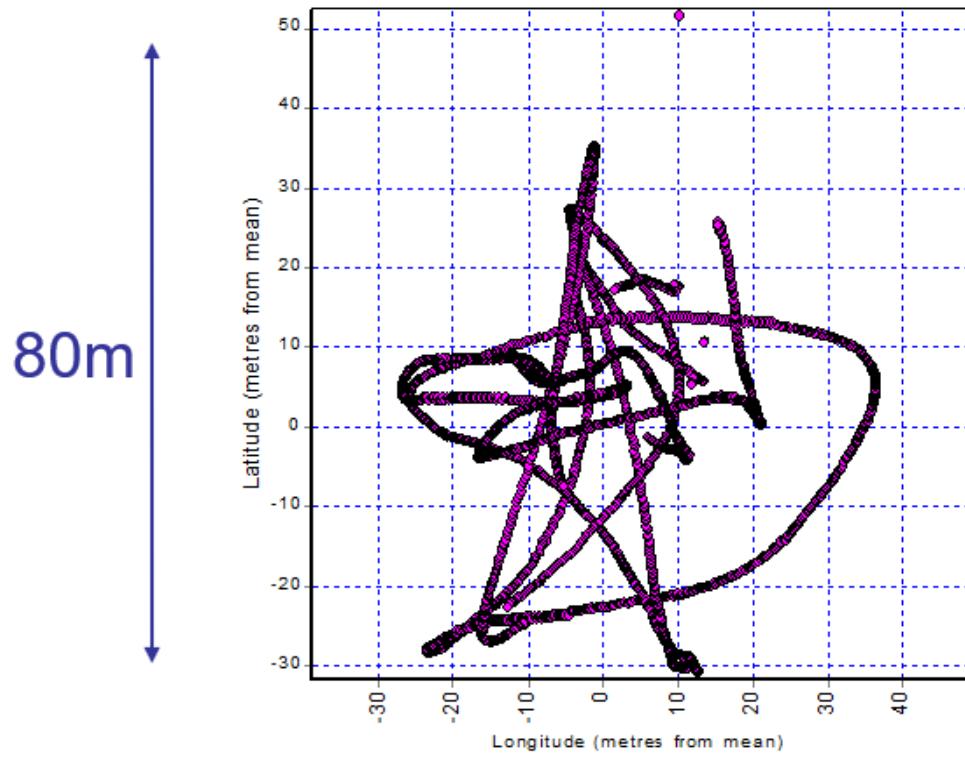
2) Pozicioniranje standardnom razinom točnosti (SPS - *Standard Positioning Service*)

- namijenjeno je svim civilnim korisnicima
- GPS prijamnici primaju signale C/A kodova samo na jednoj frekvenciji
- ministarstvo obrane SAD-a može kontrolirati točnost pozicioniranja ove usluge i manipulirati s veličinom pogreške pozicioniranja korištenjem tzv. selektivne dostupnosti
- selektivna dostupnost (SA – *Selective Availability*) bila je aktivirana od 1991. godine, čime je bila točnost pozicioniranja namjerno smanjena na 100 m
- od svibnja 2000. godine SA je isključena, a točnost usluge standardnog pozicioniranja u 95% vremena bolja je od 36 m u horizontalnom i 77 m u vertikalnom smjeru

Signali i usluge GPS-a

Koje usluge nudi GPS

Točnost GPS-a prije i nakon isključivanja SA

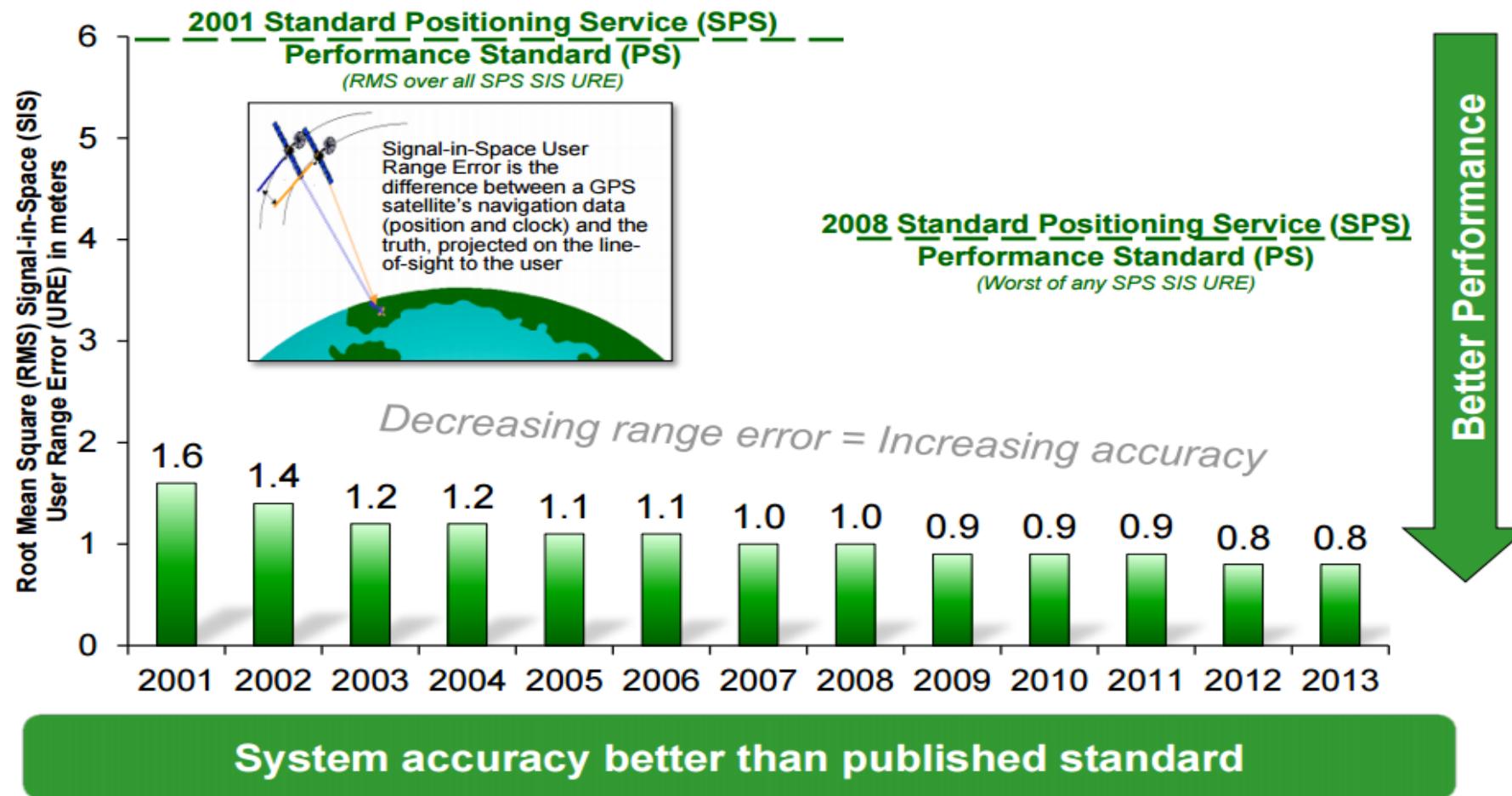


bez SA

Signali i usluge GPS-a

Koje usluge nudi GPS

Stvarna točnost pozicioniranja sustava GPS: SPS usluga, *Signal in Space performance*



Signali i usluge GPS-a

Koje usluge nudi GPS

Ostvarive točnosti pozicioniranja korištenjem sustava GPS

Samostalni
način rada



10 m



Diferencijski
način rada
(DGPS)

1 m



RTK (*Real Time Kinematic*)
način rada

1 cm



Post -
procesiranje

1 mm



Signali i usluge GPS-a

GPS signali i modernizacija sustava

Ciljevi modernizacije:

- osigurati neprekidnu dostupnost usluga
- ispuniti sve nacionalne potrebe i zahtjeve
- i dalje ostati vodeći GNSS sustav za vojne potrebe
- nastaviti omogućavanje civilnih usluga koje su jednako dobre ili bolje od konkurenčkih GNSS sustava
- zadržati bitne komponente međunarodno prihvaćenih usluga
- promovirati tehnološki vodeću ulogu SAD-a



Block II/IIA/IIR

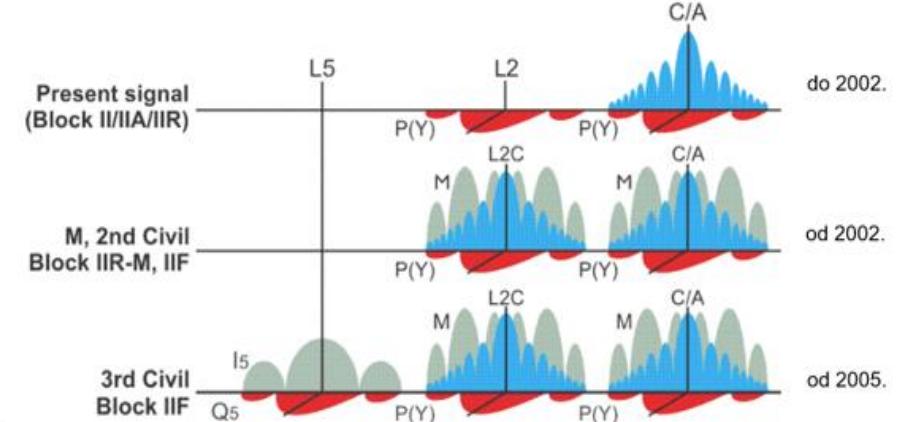
L1 C/A Code
Autonav (II-R)

Block IIR-M/IIF

L2C
L5 (II-F)
M Code

Block III

L1C
Improved Accuracy

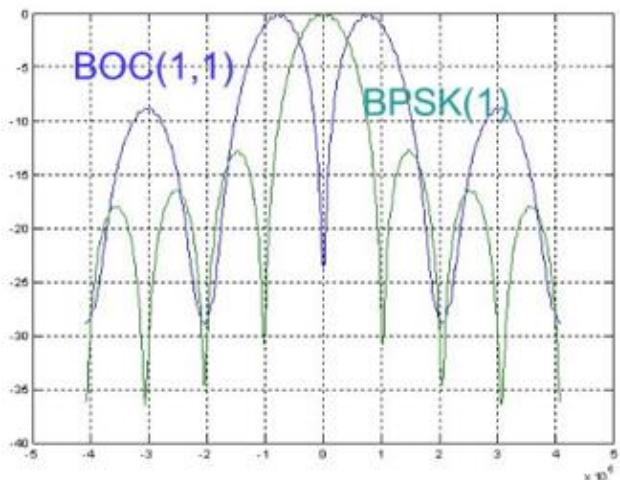
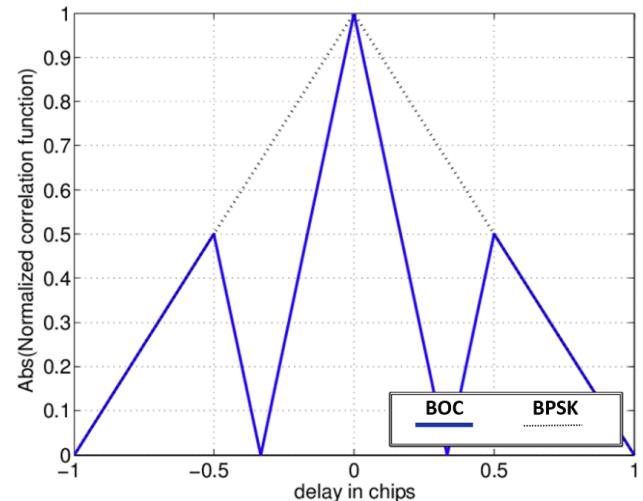
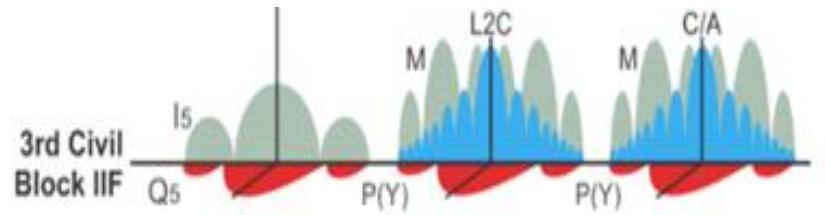
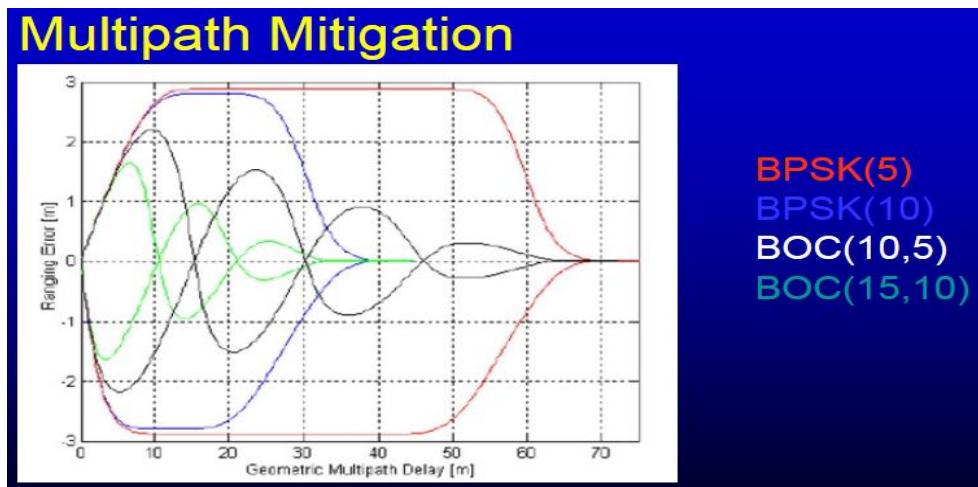


Signali i usluge GPS-a

GPS signali i modernizacija sustava

Koje su prednosti modernizacije sustava?

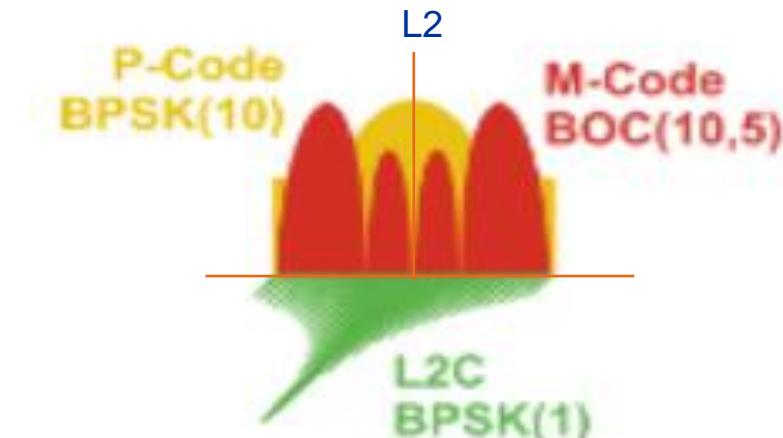
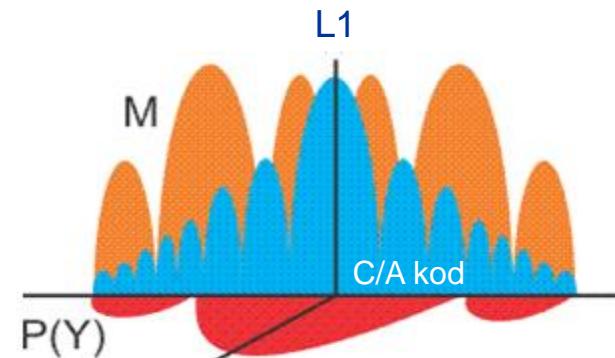
- Sustav koristi dvije ili tri prijenosne frekvencije
 - eliminacija utjecaja ionosferskog kašnjenja
- Novi modulacijski postupci
 - vrlo oštra korelacijska funkcija → bolja točnost
- Veća širina spektra signala
 - bolja otpornost na termički šum
- Veća brzina koda (BPSK → BOC) (*Binary Phase Skift Key*) → (*Binary Offset Carrier*)
 - smanjenje pogreške zbog višestrukog puta signala



Signali i usluge GPS-a

GPS signali i modernizacija sustava

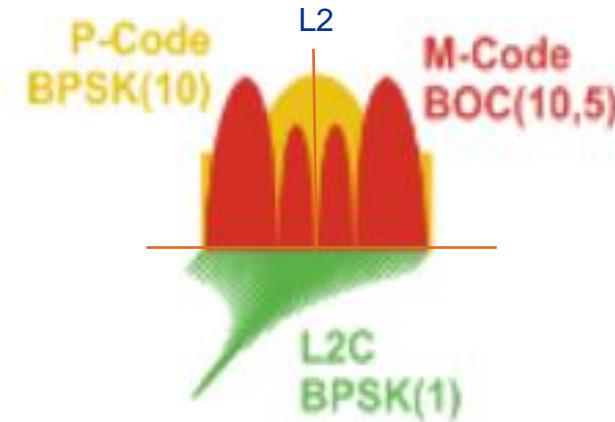
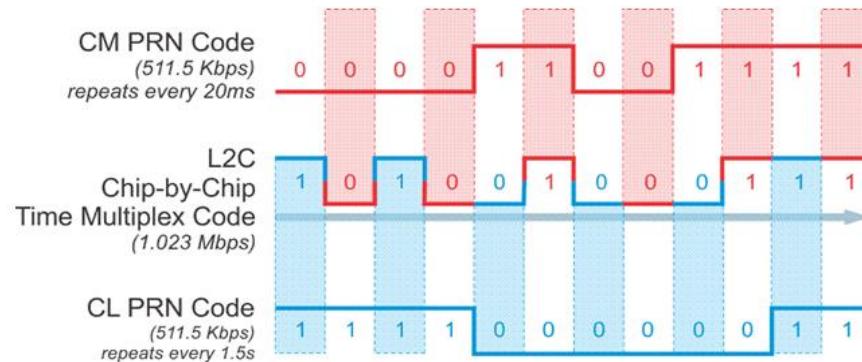
- mnoga poboljšanja u GPS sustavu usmjereni su na emitiranje novih signala, i to s većom snagom emisije, da se smanje efekti namjernog ometanja (*jamming*)
- novi vojni M signali spektralno se ne preklapaju sa civilnim C/A signalima, jer su minimumi i maksimumi gustoće spektra njihovih signala razdvojeni
- to je postignuto korištenjem BOC (*Binary Offset Carrier*) modulacije, za razliku od BPSK (*Binary Phase Shift Key*) koju koriste C/A i P kodirani signali
- pomoću M koda korelatori u autoriziranim prijemnicima moći će se samostalno sinkronizirati i odrediti poziciju, bez potrebe za prethodnom sinkronizacijom pomoću C/A koda (kao što je to do sada bilo potrebno za P ili Y kod)



Signali i usluge GPS-a

GPS signali i modernizacija sustava

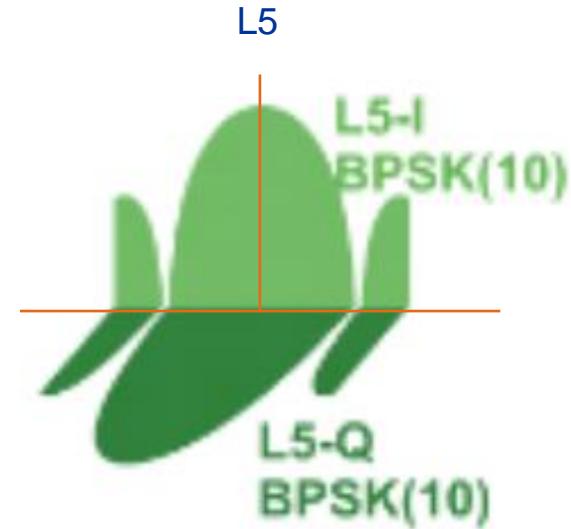
- novi civilni L2C kod neće biti kopija C/A koda, bit će mnogo sofisticiraniji
 - C/A kod je osjetljiv na izobličenja valnog oblika signala i uskopojasne smetnje, a njegova križno-korelacijska svojstva su u najboljem slučaju marginalna
 - L2C se sastoji od dvaju PRN kodova različitih duljina – srednje duljine (CM) i veće duljine (CL)
 - oba koriste BPSK modulaciju brzine 511,5 kbit/s, CM s repeticijom 10230 chipova svakih 20 ms, a CL s repeticijom 767250 chipova svakih 1,5 s, a rade u vremenskom multipleksu
 - imaju izvrsna križno-korelacijska svojstva, imaju veću snagu emisije i puno su robusniji od C/A koda
 - navigacijska poruka u sklopu CM koda je puno fleksibilnija od poruke C/A koda, omogućava puno kraći TTFF te slanje dodatnih korisnih podataka za bolju interoperabilnost s drugim GNSS sustavima
 - navigacijska poruka uz CL kod je bez podataka i služi kao pilot signal upotrebljiv za sinkronizaciju čak i za vrlo slabe signale



Signali i usluge GPS-a

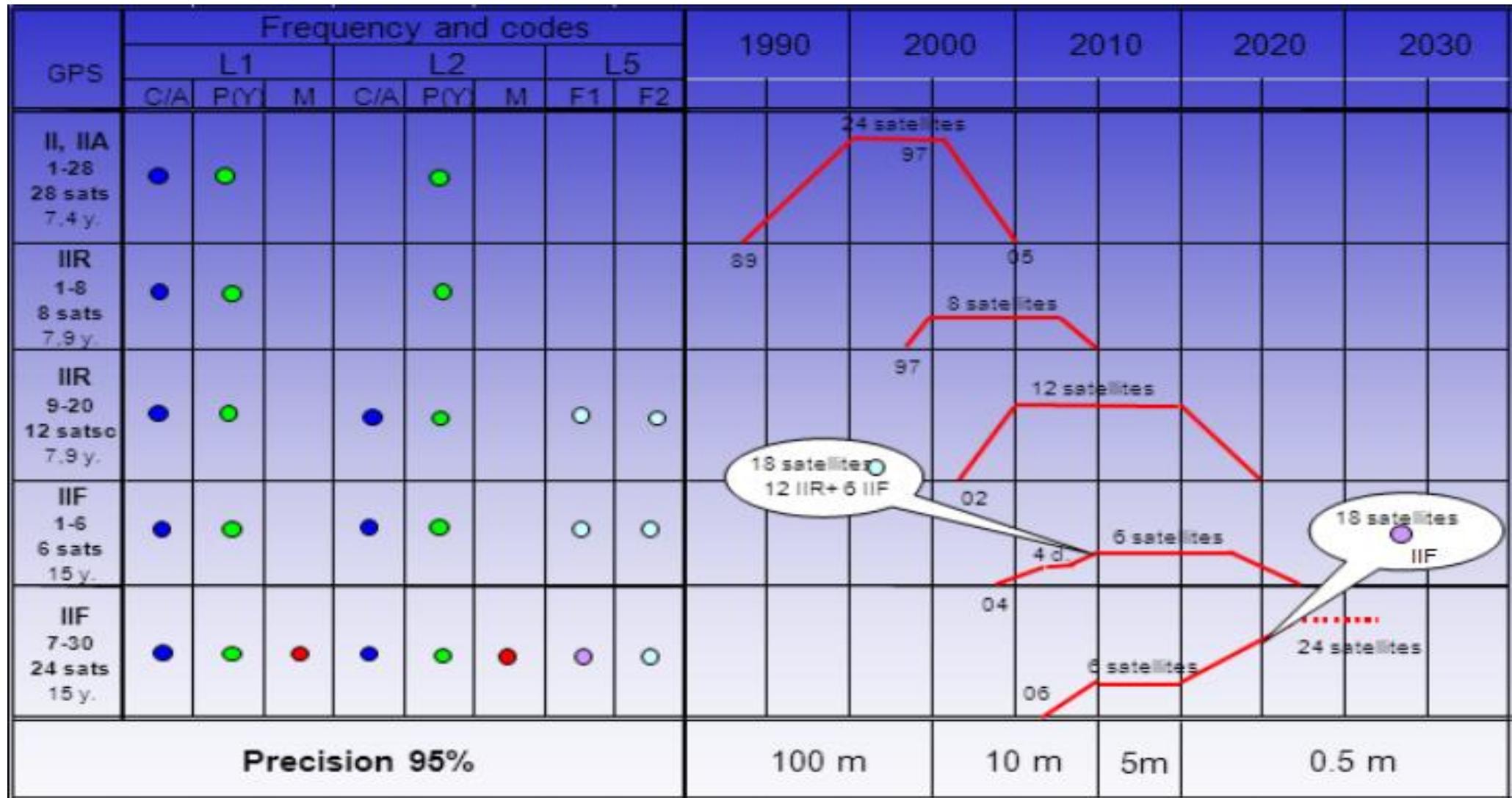
GPS signali i modernizacija sustava

- novi civilni L5 signal na 1176,45 MHz sa strogim zahtjevima za „*safety-of-life transportation*“ omogućit će:
 - poboljšanu raspoloživost
 - poboljšanu točnost (smanjeni utjecaj ionosferskih efekata korištenjem zajedno sa L1 C/A signalom)
 - vrlo robusnu uslugu korištenjem u kombinaciji s L1, C/A i L2C
 - sub-metarsku točnost bez sustava nadopune, tehnikom zvanom „*trilateration*“, korištenjem triju GPS frekvencija
- signal je u frekvencijskom pojasu DME sustava
 - moguće interferencijske smetnje?



Signali i usluge GPS-a

GPS signali i modernizacija sustava



GLONASS

Signali i usluge GLONASS-a

- kao i kod GPS sustava, kod GLONASS-a se utvrđuju pseudoudaljenosti
- zbog toga su strukture signala slične
- razlikuju se u korištenim modulacijskim postupcima
- sateliti emitiraju signale na dvije prijenosne frekvencije u L-pojasu, L1 i L2
- ti se signali moduliraju s dva binarna koda (C/A-kod i P-kod), te binarnim podacima
- GLONASS sateliti emitiraju signale na različitim kanalima, odnosno na različitim frekvencijama
- GLONASS prijemnik odvaja signale vidljivih satelita odabirom specifične frekvencije pridružene svakom satelitu postupkom **FDMA** (*Frequency Division Multiple Access*)
- kako FDMA ne traži specijalnu kodnu modulaciju za razlikovanje pojedinih satelita, svi GLONASS sateliti emitiraju isti kod
- radi interoperabilnosti s drugim GNSS sustavima od 2011. godine postupno se uvode sateliti koji koriste i **CDMA** višestruki pristup s kodnom podjelom

Signali i usluge GLONASS-a

- frekvencije kanala utvrđuju se formulom:

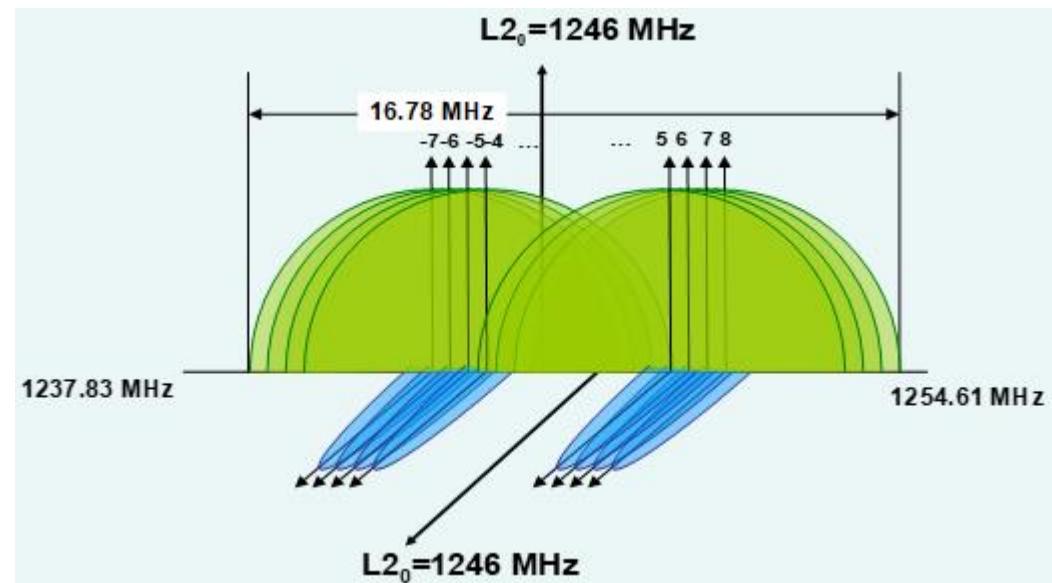
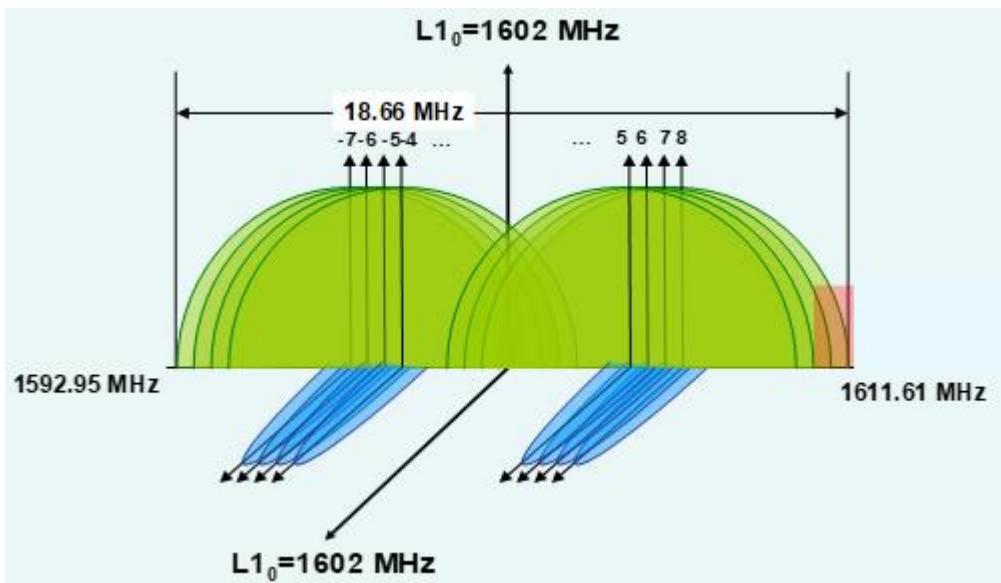
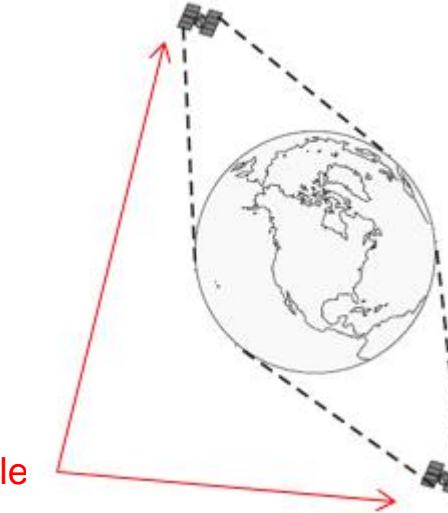
$$L1 = (1602 + k \cdot 9/16) \text{ MHz}$$

$$L2 = (1246 + k \cdot 7/16) \text{ MHz}$$

k - broj kanala

(od 2005. god. $k = -7, \dots +6$)

- antipodni sateliti koriste iste kanale



Signali i usluge GLONASS-a

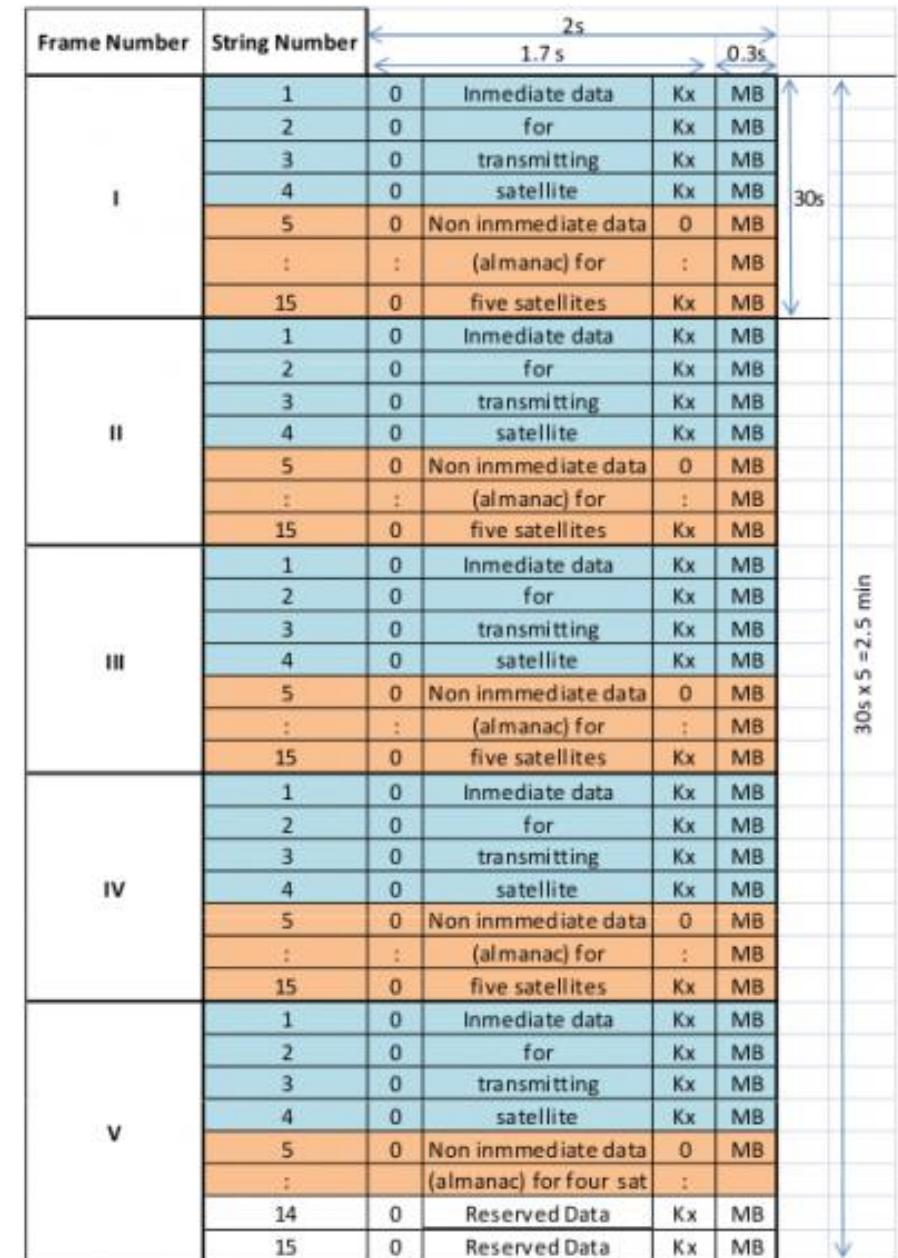
- sateliti emitiraju dvije vrste signala: **SP** (*standard precision navigation signal*) i **HP** (*high precision navigation signal*)
- SP signal sa C/A kodom emitira se samo na nosiocu L1, a HP signal s P kodom emitira se na oba nosioca L1 i L2
- prijamnici za SP signal koriste samo L1 nosilac
- prijamnici za HP signal mogu mjeriti pseudoudaljenosti na obije frekvencije, što im omogućuje korekcije ionosferskog kašnjenja
- brzina C/A koda je 0,511 MHz, a P koda 5,11 MHz
- GLONASS kod je pseudoslučajna sekvenca PRS (*Pseudo Random Sequence*) generirana u posmačnom registru s 9 stupnjeva
- kod od 511 bita emitira se nominalnom brzinom 511 kbit/s, tako da se ponavlja svake 1 ms

Signali i usluge GLONASS-a

- GLONASS sustav emitira dva tipa navigacijske poruke, jednu poruku uz C/A kod, a drugu uz P kod
- obje poruke emitiraju se brzinom 50 bit/s
- navigacijska poruka svakog satelita sadrži podatke efemerida satelita i almanah podataka s cijelokupnom konstelacijom ostalih satelita te raspored kanala na kojima emitiraju sateliti
- neposredni podaci za svaki od satelita se ponavljaju u prva četiri reda svakog okvira
- sastoji se od parametara efemerida, *offseta* satelitskog sata, zastavica za označavanje zdravlja satelita i relativnu razliku između frekvencija signala nositelja pojedinog satelita i nominalne vrijednosti osnovne frekvencije

Signali i usluge GLONASS-a

- navigacijska poruka organizirana je u 5 okvira trajanja 30 s sadržanih u superokviru koji se ponavlja svake 2,5 minute
 - efemeride se ažuriraju svakih 30 minuta
 - način prikaza efemerida je različit od prikaza u GPS sustavu
 - almanah je sličan GPS-ovom, a ažurira se jedanput dnevno
- GLONASS navigacijska poruka sadrži podatke o razlici vremena GLONASS satelita i sistemskog GLONASS vremena, koje je korelirano s univerzalnim UTC vremenom, kao i izračunato odstupanje osnovne frekvencije cezijevih satova na satelitu



Signali i usluge GLONASS-a

GLONASS metoda slanja informacija o orbitama satelita razlikuje se od GPS metode

- svaki satelit direktno šalje svoju poziciju u geocentričnim koordinatama, svoju brzinu i ubrzanje (uslijed utjecaja Sunca i Mjeseca)
- za vrijeme mjerjenja korisnikov prijamnik interpolira poziciju satelita koristeći njegove koordinate, brzinu i ubrzanje
- dobivene koordinate odgovarale su u početku sovjetskom geocentričnom sustavu iz 1985. god. (SGS-85), a sada PZ90

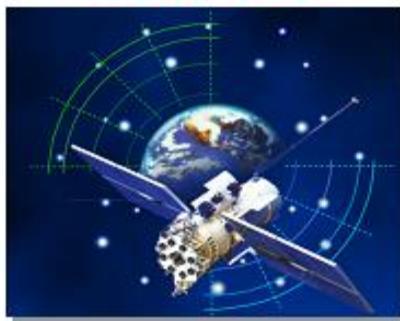
Signali i usluge GLONASS-a

GLONASS – točnost sustava

- postoje dvije razine točnosti, slično kao kod GPS sustava
- visoka točnost se može postići samo za autorizirane vojne korisnike, koji imaju mogućnosti dekodiranja *anti-spoofing* signala
- točnost je 20 m u horizontalnoj ravnini i 34 m u vertikalnoj ravnini
- za civilne korisnike predviđena točnost pozicioniranja iznosi 100 m u horizontalnoj ravnini i 150 m u vertikalnoj
- u praksi je izmjerena daleko veća preciznost sustava za civilne korisnike, koja je 26 m u horizontalnoj ravnini i 45 m u vertikalnoj ravnini

Signali i usluge GLONASS-a

GLONASS – modernizacija sustava



GLONASS
1982- 2005

ukupno lansirano 81 SV
u orbiti 12 SV
životni vijek 3 godine
stabilnost sata 5×10^{-13}
Signalni: L1SF, L2SF,
L1OF, (FDMA)



GLONASS-M
2003- 2016

ukupno lansirano 28 SV
životni vijek 7 godina
stabilnost sata 1×10^{-13}
novi civilni signal L2OF
(FDMA) + L3OC (CDMA)



GLONASS-K
2011 - 2018

plan narudžbe 27 SV
životni vijek 10 godina
stabilnost sata 5×10^{-14}
Glonass-M + L2OC +
L2SC (CDMA)
SAR



GLONASS-KM
2017 +

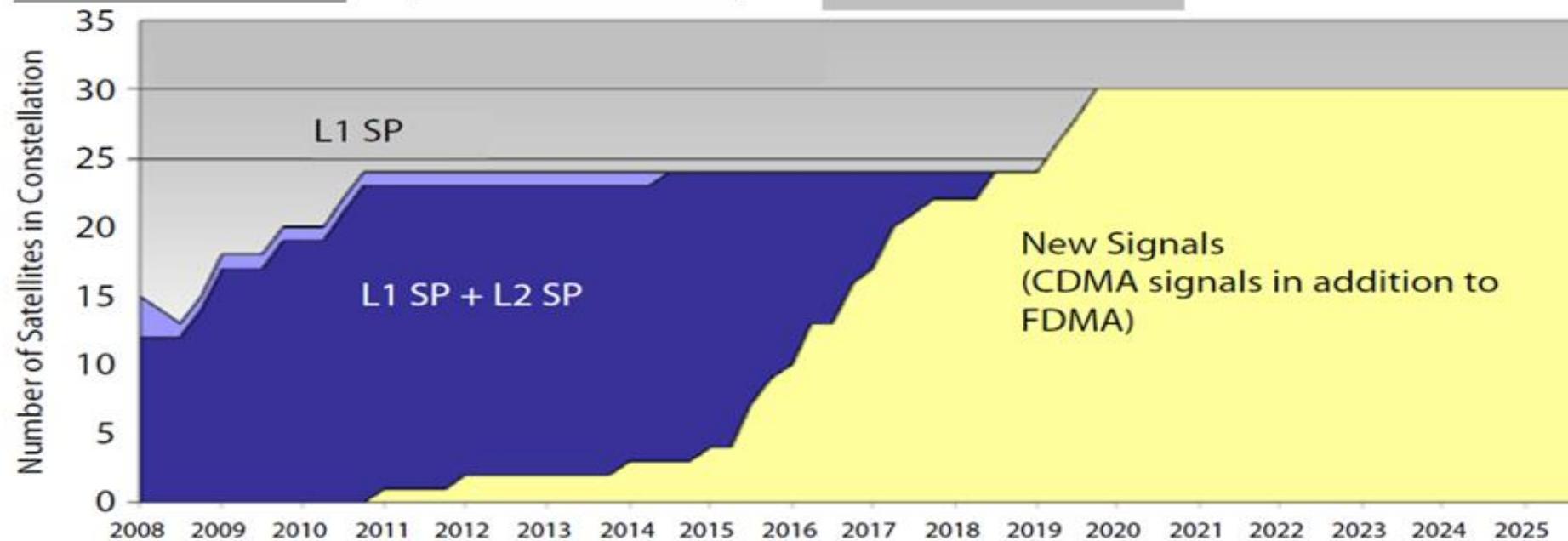
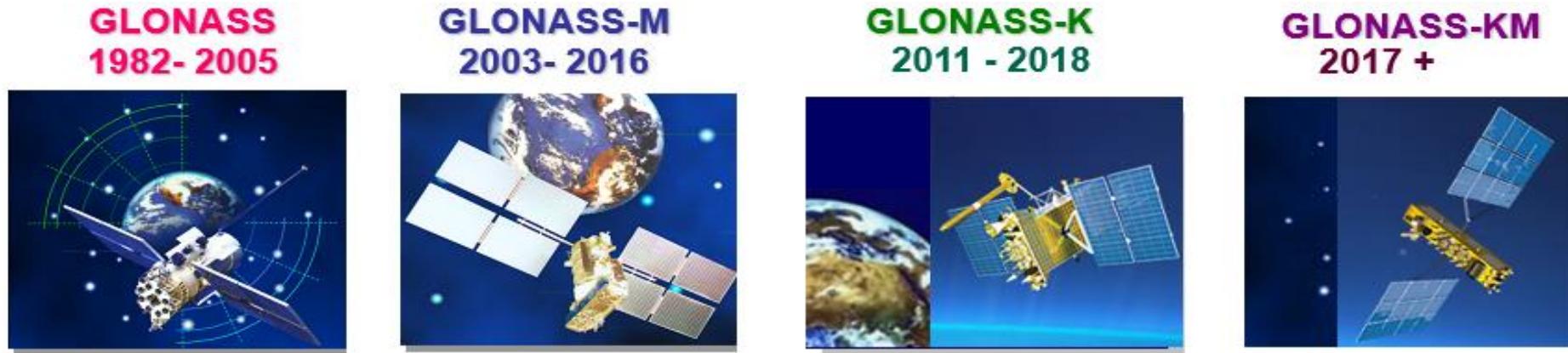
životni vijek 10 godina
stabilnost sata 1×10^{-14}
Signalni: Glonass-M + L1OC,
L3OC, L1SC, L2SC (CDMA)
SAR

modernizacija kontrolnog segmenta
modernizacija navigacijskog dijela sustava
implementacija GLONASS sustava nadopune
certifikacija za "safety of life" primjene

razvoj tržišta navigacijskih servisa

Signali i usluge GLONASS-a

GLONASS – modernizacija sustava



Signali i usluge GLONASS-a

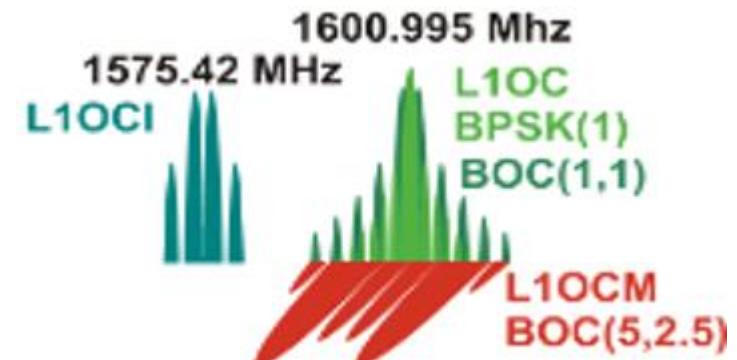
GLONASS – modernizacija sustava



FDMA



Proposed
CDMA L5OC-Q





GLOBALNI NAVIGACIJSKI SUSTAVI

Predavanje 6 b

Prof. dr. sc. Tomislav Kos

Doc. dr. sc. Josip Vuković

Signali i usluge GNSS-a



Teme predavanja

- Satelitska navigacija

Satelitski signali i usluge u sustavima

GPS

GLONASS

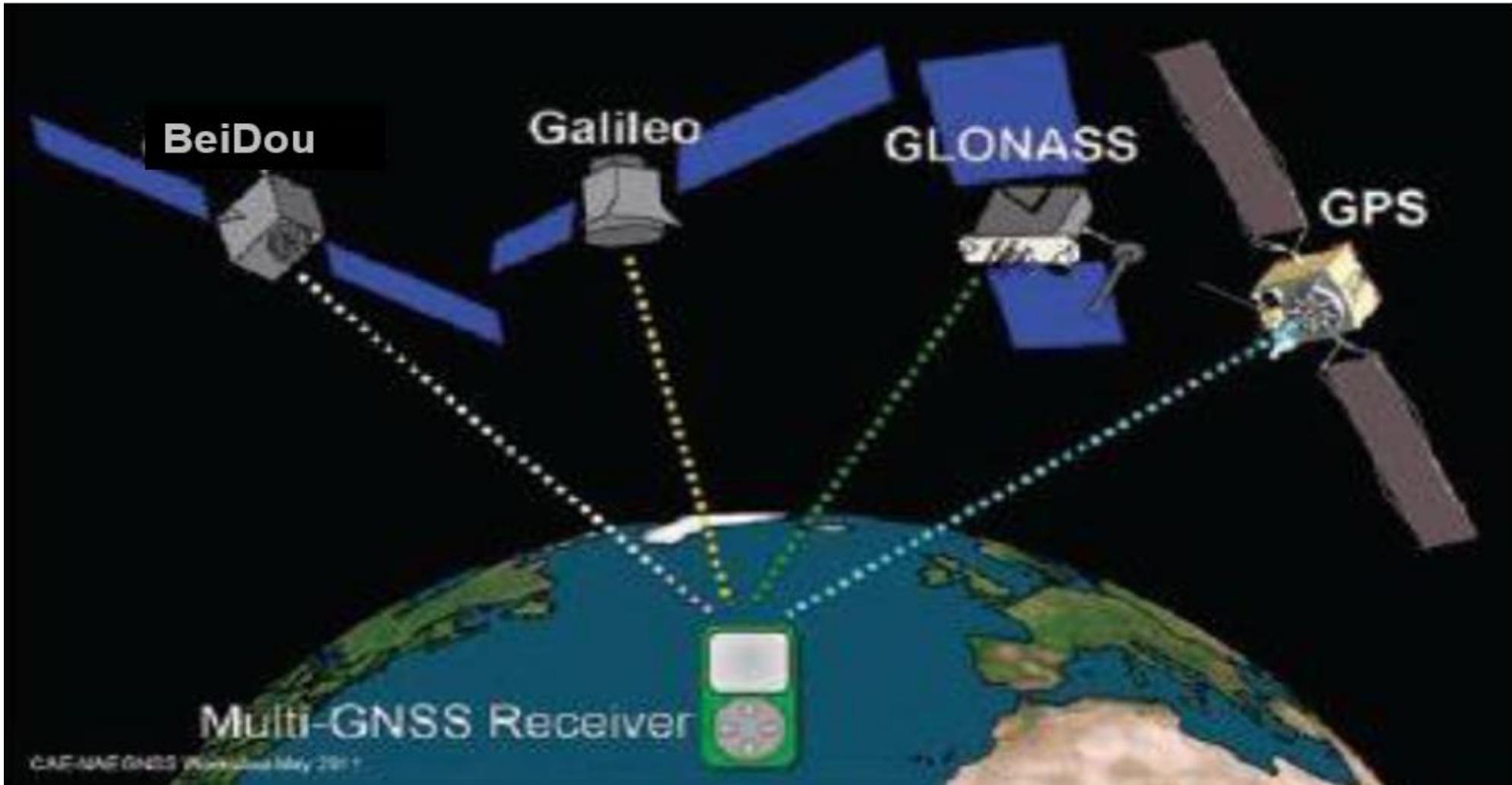
Galileo

BeiDou

Interoperabilnost različitih GNSS-a

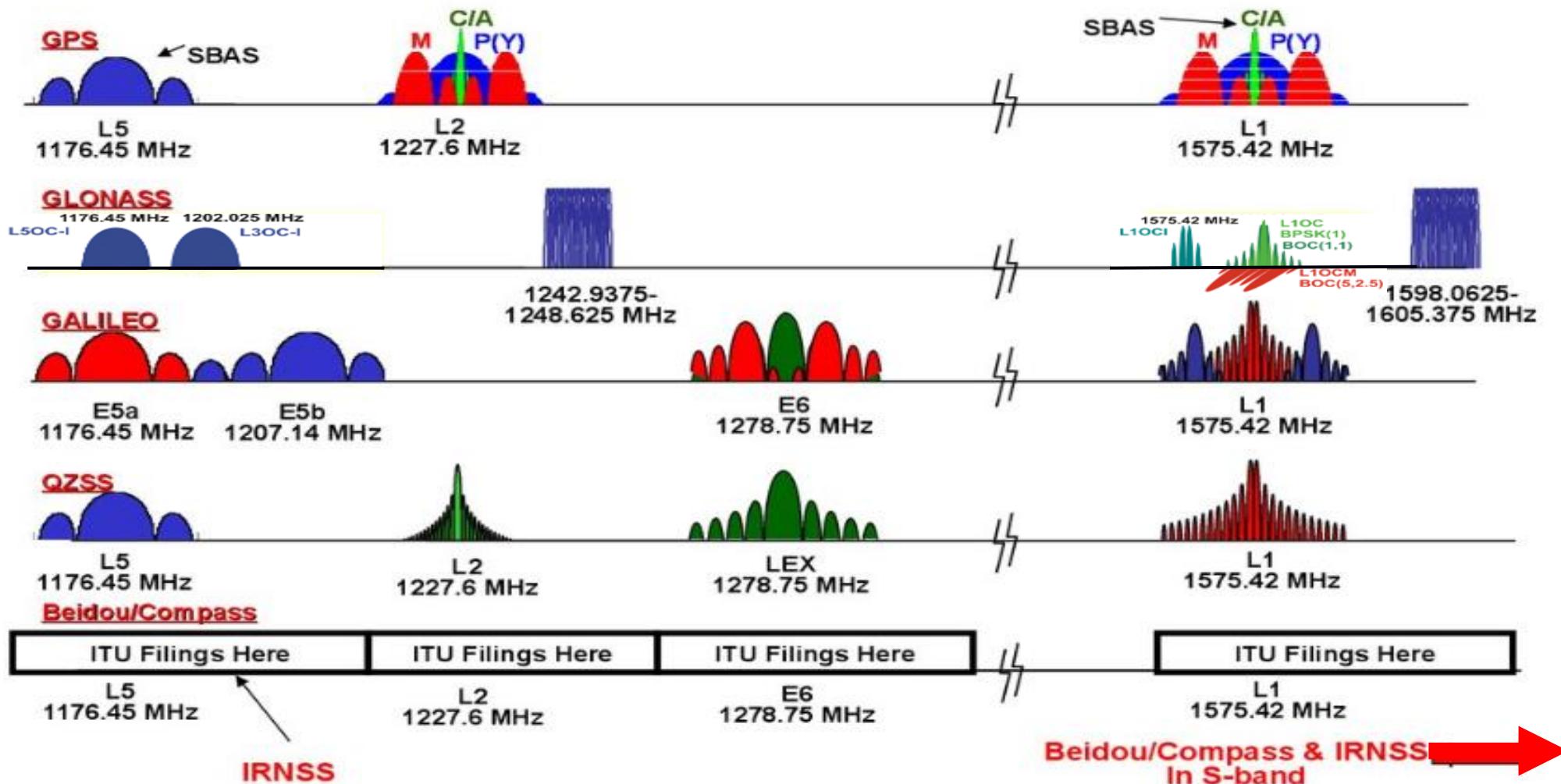
Satelitski signali i usluge

Globalni navigacijski sustavi



Satelitski signali i usluge

Spektar GNSS signala



Galileo

Signali i usluge sustava Galileo

Open Service, OS
- Otvorena usluga



Search and Rescue, SAR
- Traganje i spašavanje



High Accuracy Service, HAS
- Usluga visoke točnosti



Public Regulated Service, PRS
- Javna regulirana usluga

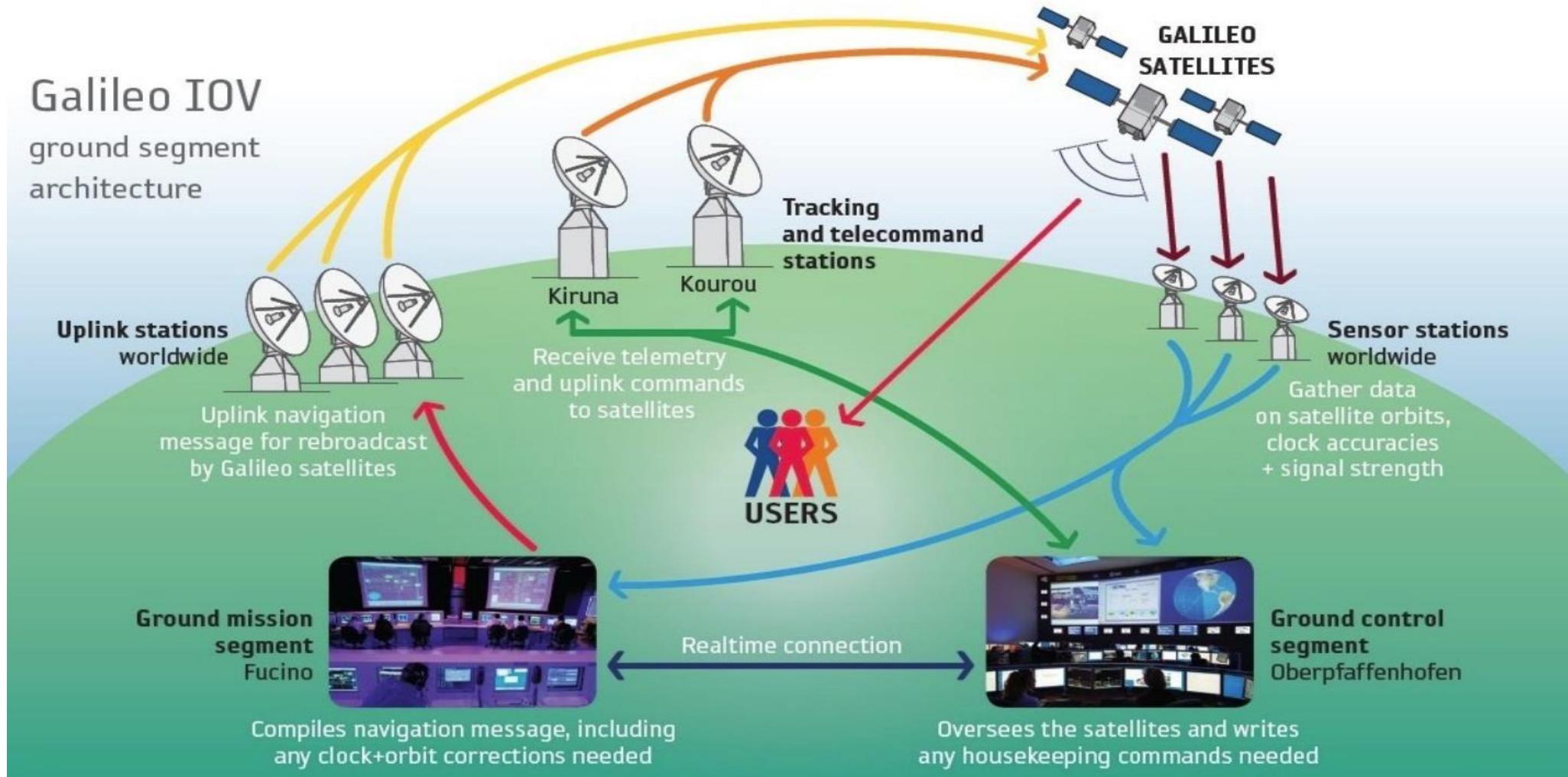


Signali i usluge sustava Galileo

Usluga	Opis
Otvorena usluga (OS)	Galileo otvorena i besplatna usluga pozicioniranja i vremenske reference. Ubuduće će Galileo Open Service pružati i provjeru autentičnosti navigacijske poruke, što će omogućiti izračunavanje korisničkog položaja pomoću provjerenih podataka izdvojenih iz navigacijske poruke.
Usluga visoke točnosti (HAS)	Usluga koja nadopunjuje OS pružanjem dodatnog navigacijskog signala i usluga s dodanom vrijednošću, preko satelita i alternativno preko Interneta. HAS signal može se šifrirati kako bi se kontrolirao pristup uslugama Galileo HAS.
Služba za traganje i spašavanje (SAR)	Globalne operacije traganja i spašavanja (SAR) brzo lociraju i pomažu ljudima u nevolji. Galileo ne samo da locira ljude u nevolji i šalje njihovu lokaciju nadležnim tijelima, SAR/Galileo RLS (<i>Return Link Service</i>) pruža automatsku povratnu potvrdu unesrećenom kojom ga obavještava da je njihov zahtjev za pomoć primljen
Šifrirana javno regulirana usluga (PRS)	Vrlo učinkovito šifrirana usluga, s ograničenim pristupom, ponuđena vladinim agencijama koje zahtijevaju navigacijski signal visoke dostupnosti. PRS osigurava bolji kontinuitet usluge ovlaštenim korisnicima kada se pristup drugim navigacijskim uslugama može smanjiti (otpornost signala). U slučajevima zlonamjernih smetnji PRS povećava vjerojatnost kontinuirane dostupnosti signala u svemiru (robustnost signala).

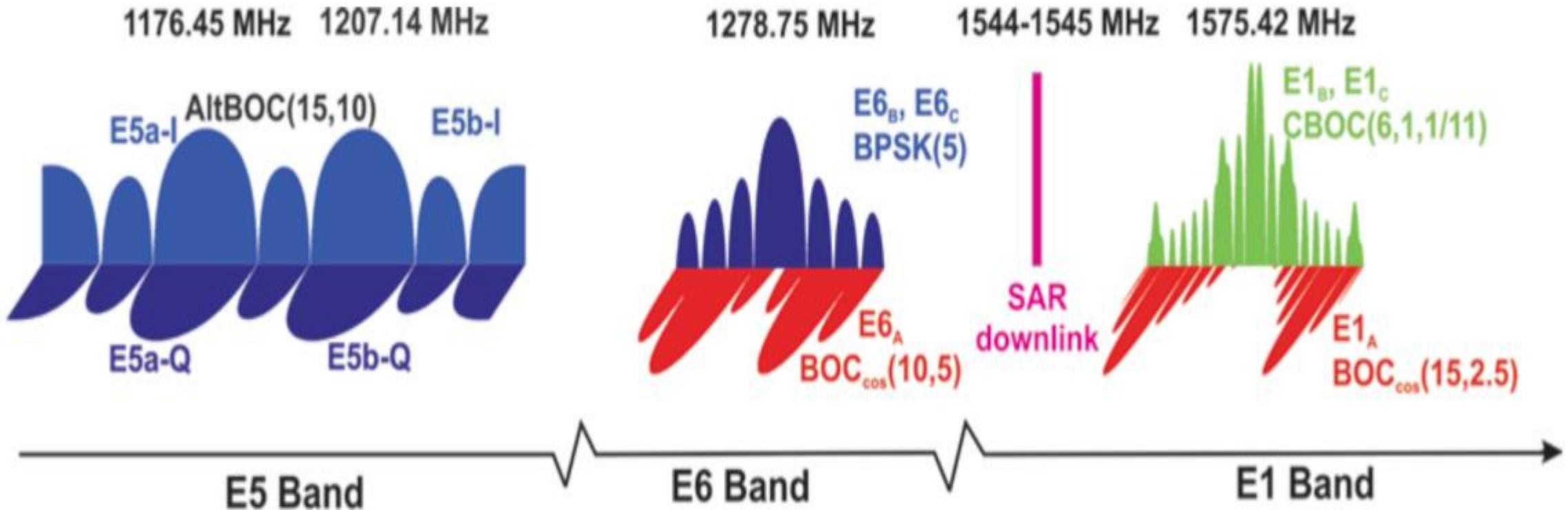
Signali i usluge sustava Galileo

Galileo sustav – kontrolni segment



Signali i usluge sustava Galileo

Galileo sustav – frekvencijski plan



Signali i usluge sustava Galileo

Galileo sustav – vrste signala

- otvorene usluge OS

Otvorena provjera autentičnosti navigacijske poruke OSNMA (*Open Service Navigation Message Authentication*) koja će koristiti poboljšane modulacije (BOC varijante) i tehnike šifriranja/autentifikacije kako bi se osigurala otpornost na ometanje i lažiranje. Prema OS-NMA, korisnicima će pružiti sigurnosnu provjeru da je primljenu navigacijsku poruku generirao Galileo zemaljski segment.

- usluge HAS

HAS korekcije - korekcije visoke preciznosti uključuju pogreške orbite, sata, koda i odstupanja faze po svakom satelitu. Puna usluga HAS-a uključivat će i atmosferske korekcije.

Dostupnost - korekcije visoke točnosti dostupne su putem dva kanala za distribuciju: E6-B signala u svemиру (SiS) i zemaljske veze – alternativni izvor za SiS putem interneta.

Više konstelacijske i više frekvencijske - korekcije visoke točnosti izračunavaju se za Galileo E1/E5a/E5b/E6; E5 AltBOC i GPS L1/L5; L2C.

- javne usluge PRS nude potporu nizu službi za javnu sigurnost i hitne službe, uključujući: vatrogasne postrojbe, zdravstvene usluge (ambulanta), humanitarnu pomoć, traganje i spašavanje, policiju, obalnu stražu, graničnu kontrolu, carinu, postrojbe civilne zaštite
- Ovisno o usluzi, koristit će se različite frekvencije, različiti modulacijski postupci i različite brzine prijenosa

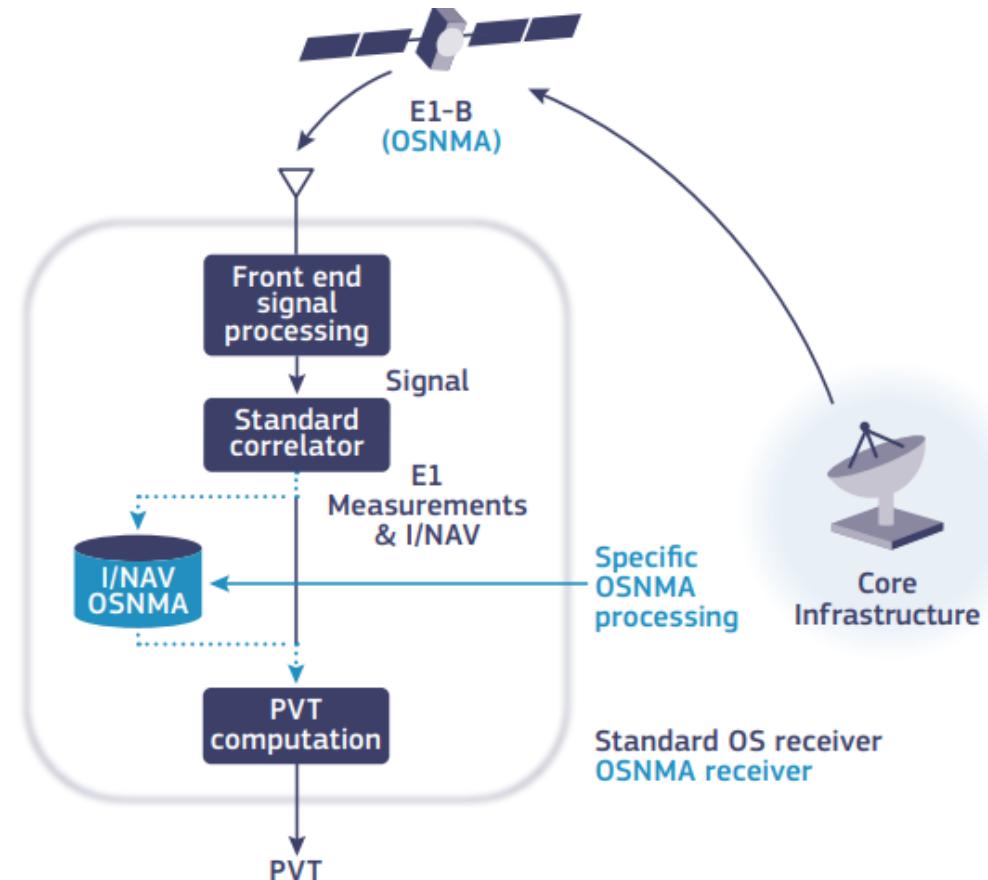
Signali i usluge sustava Galileo

Galileo sustav – OSNMA shematski prikaz

OSNMA prilagođava postojeći standardni lagani protokol za provjeru autentičnosti emitiranja pod nazivom TESLA (*Timed-Efficient Stream Loss-Tolerant Authentication*) za optimalan prijenos putem Galilea.

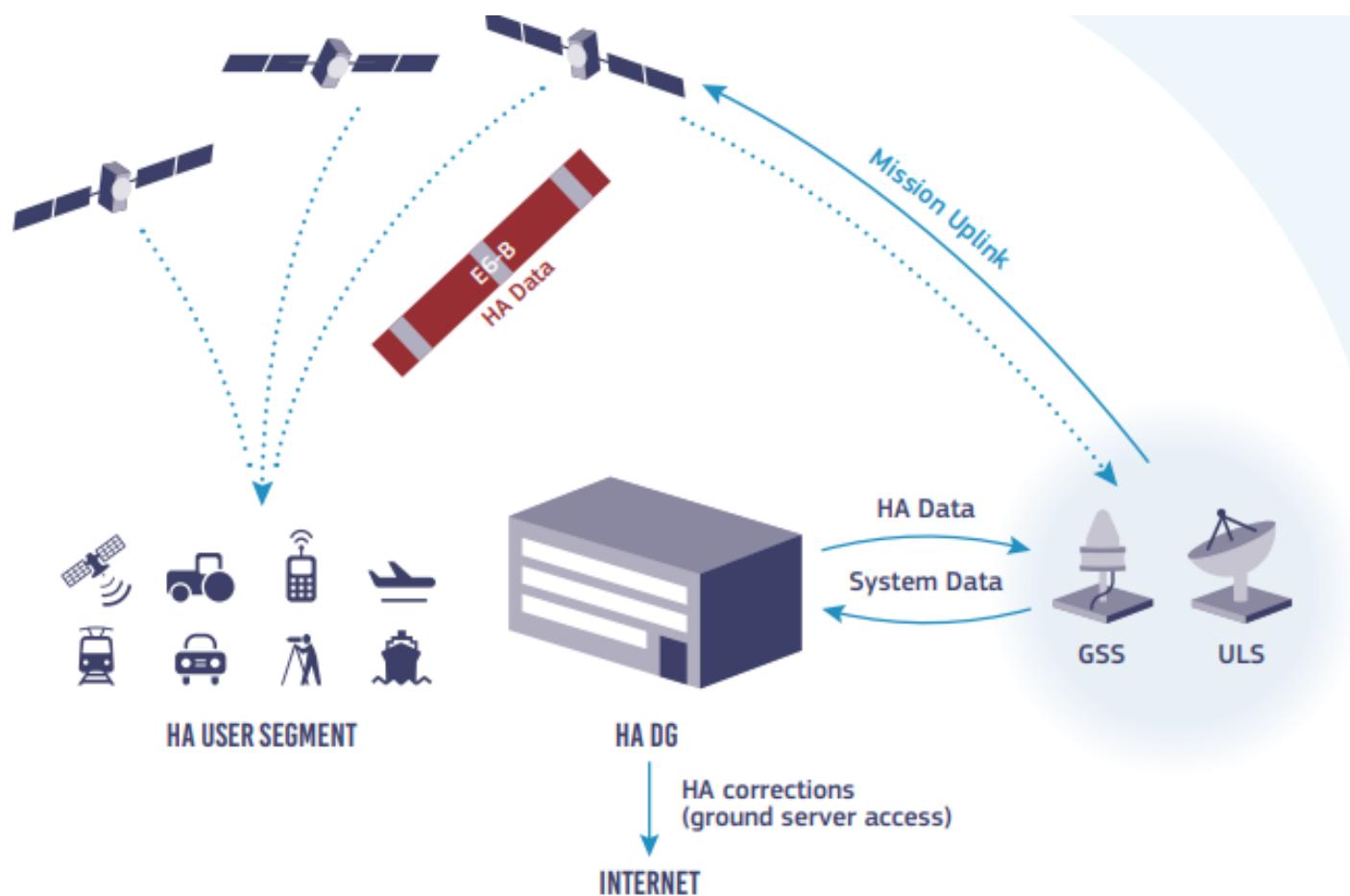
Prijamnik koji podržava OSNMA razlikuje se od generičkog OS prijemnika po dodatnim mogućnostima potrebnim za:

- dohvati OSNMA namjenskih polja u navigacijskoj poruci
- obradu ovih podataka kako bi se potvrdilo jesu li podaci autentični
- implementiranje zahtjeva sinkronizacije vremena u odnosu na Galileo System Time (GST) od 15 sekundi do nekoliko minuta, ovisno o načinu rada, za obradu OSNMA
- održavanje integriteta pohranjenog OSNMA kriptografskog materijala (ne primjenjuje se povjerljivost)



Signali i usluge sustava Galileo

Galileo sustav – HAS infrastruktura



"Source: Galileo High Accuracy Service (HAS) Info Note". © European GNSS Agency, 2020"



2020

User Consultation Platform

- The User Consultation Platform (UCP) is a forum for interaction between users of position, navigation and time solutions and the organisations and institutions dealing, directly and indirectly, with Galileo and EGNOS. The platform serves as a key tool for gathering user requirements and validating the Galileo HAS target performance
- The UCP 2020 will be held during European Space Week on 7-11 December 2020 (<https://www.euspaceweek.eu/>)

2021

Call for Expression of Interest

- Participating in the HAS SiS ICD public consultation
- Expressing interest in participating in ad-hoc HAS SiS testing campaigns
- Providing feedback on specific HAS user requirements

2021

HAS PO Testing

2021

HAS SiS ICD Publication

- Following the finalisation of the testing phase, the first version of the HAS message specification document is planned to be published

2022

HAS Initial Service Declaration

> 2024

HAS Full Service Operational Capability

- navedeni datumi su okvirni i podložni promjenama

Signali i usluge sustava Galileo

Galileo sustav – HAS karakteristike i ostvarive performanse

HAS	Servisna razina 1	Servisna razina 2
Pokrivenost	Globalna	Europska regionalna
Tip korekcija	PPP - orbite, sat, pomak (kodni i fazni) <i>(Precise Point Positioning)</i>	PPP - orbite, sat, pomak (kodni i fazni) uključujući atmosferske korekcije
Format korekcija	Otvoreni format sličan <i>Compact-State Space Representation (CSSR)</i>	Otvoreni format sličan <i>Compact-State Space Representation (CSSR)</i>
Distribucija korekcija	Galileo E6B koristi 448 bit/s po satelitu / zemaljski RTCM via Internet Protocol, NTRIP 2.0	Galileo E6B koristi 448 bit/s po satelitu / zemaljski RTCM via Internet Protocol, NTRIP 2.0
Podržane konstelacije	Galileo, GPS	Galileo, GPS
Podržane frekvencije	E1/E5a/E5b/E6; E5 AltBOC i L1/L5; L2C	E1/E5a/E5b/E6; E5 AltBOC i L1/L5; L2C
Horizontalna točnost 95%	< 20cm	< 20 cm
Vertikalna točnost 95%	< 40cm	< 40 cm
Konvergencijsko vrijeme	< 300 s	< 100 s
Raspoloživost	99%	99%
Podrška	24/7	24/7

Signali i usluge sustava Galileo

Galileo sustav – globalne prednosti

Traganje i spašavanje (SAR):



Signali i usluge sustava Galileo

Galileo sustav – predviđena namjena

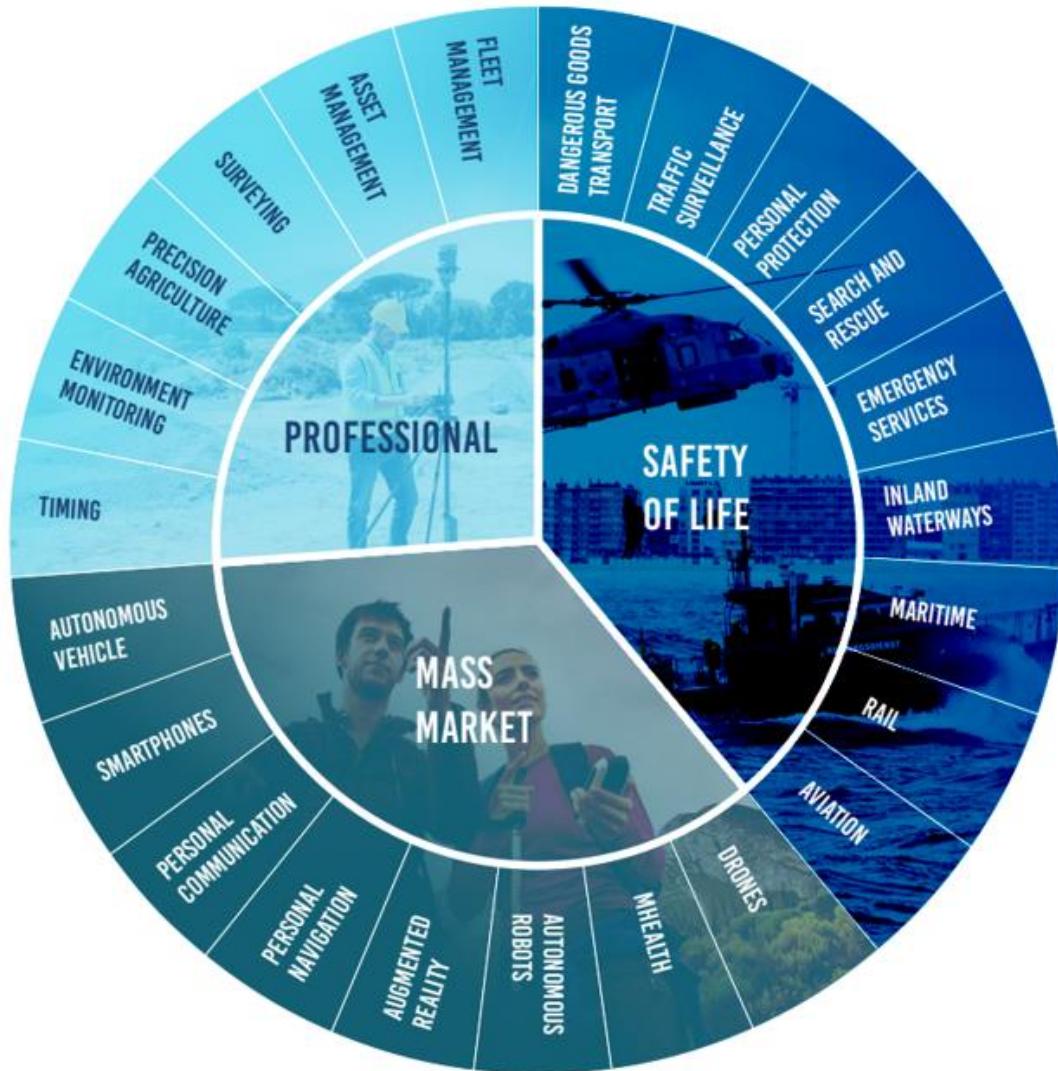
- treba osigurati neovisnost o GPS i GLONASS sustavu korištenjem vlastitih navigacijskih satelita
- treba osigurati Evropi potpunu neovisnost na polju upravljanja prometom i donijeti brojne ekonomske koristi europskim proizvođačima i industriji
- definiran kao samostalan sustav, neovisan o GPS sustavu, ali kompatibilan i interoperabilan s postojećim sustavima
- treba pružiti poboljšane usluge pozicioniranja s boljom kontrolom cjelovitosti, raspoloživosti i dostupnosti sustava
- Galileo omogućuje:
 - točnost pozicioniranja do razine decimetra
 - robusno pozicioniranje putem provjere autentičnosti navigacijskih podataka
 - otpornost na smetnje (ometanje i lažiranje) i visoku fleksibilnost
 - uvođenje povratne veze za operacije potrage i spašavanja

Signali i usluge sustava Galileo

Primjena Galileo sustava

Profesionalna primjena

- istraživanja nafte i plina
- rudarstvo
- vremenska referenca za sinkronizaciju TK i RK sustava
- istraživanja okoliša
- upravljanje flotom
- geodezija
- izmjere terena, GIS
- precizna agrikultura
- ribarstvo
- upravljanje imovinom
- visoko i niskogradnja



Sigurnost

- zračni promet
- željeznički promet
- pomorski promet
- hitna pomoć
- policija, vatrogasci
- traganje i spašavanje
- osobna zaštita
- nadzor prometa

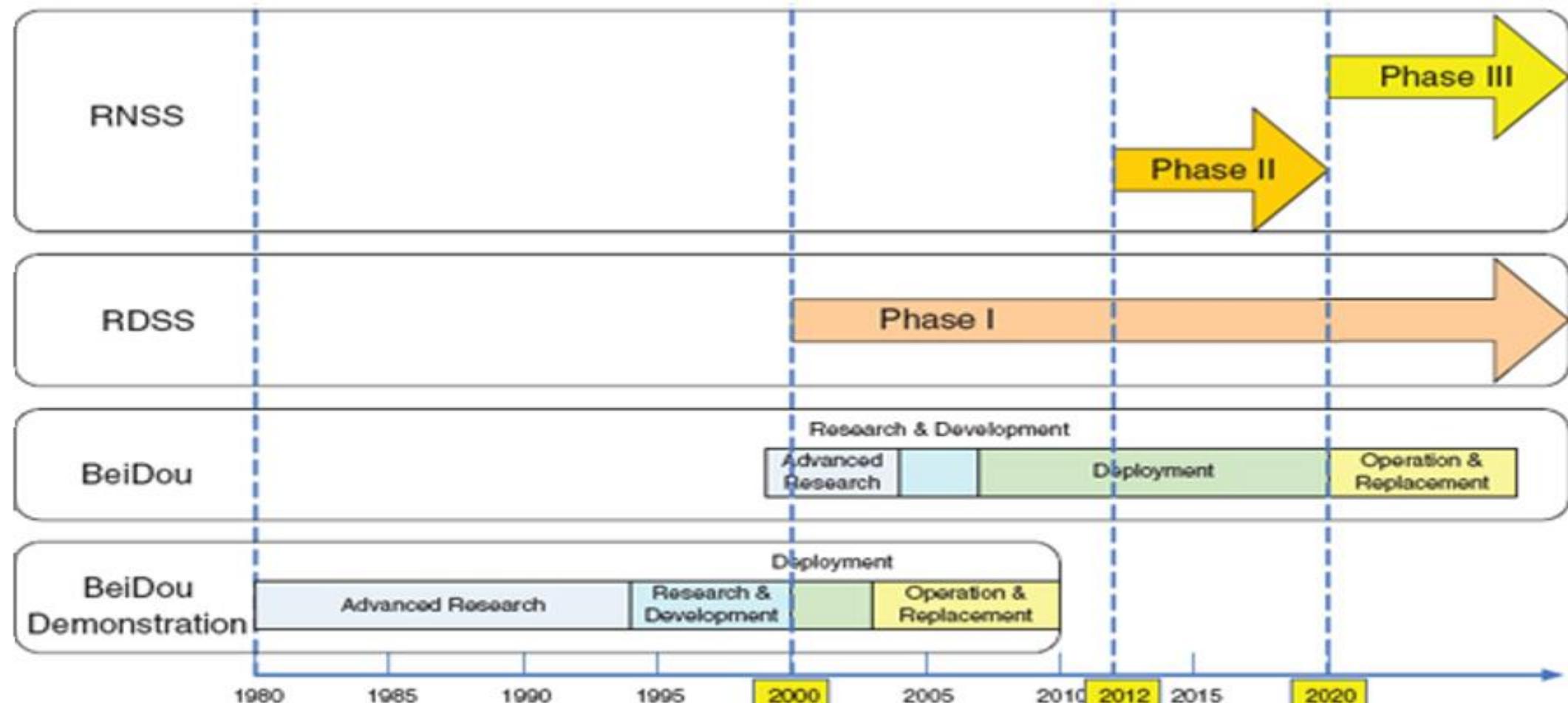
Široka potrošnja

- osobne komunikacije i navigacija
- autonomna vozila
- pametni telefoni
- autonomni roboti
- dronovi
- proširena stvarnost
- zdravlje i rekreacija

BeiDou (BDS)

Signali i usluge sustava BeiDou

BeiDou sustav - Generalni plan razvoja Compass/BeiDou/BDS



*BeiDou-Demonstration—BeiDou Navigation Demonstration System
RDSS—Radio Determination Satellite System
RNSS—Radio Navigation Satellite System

BeiDou—BeiDou Navigation Satellite System
RNSS—Radio Navigation Satellite System

Signali i usluge sustava BeiDou

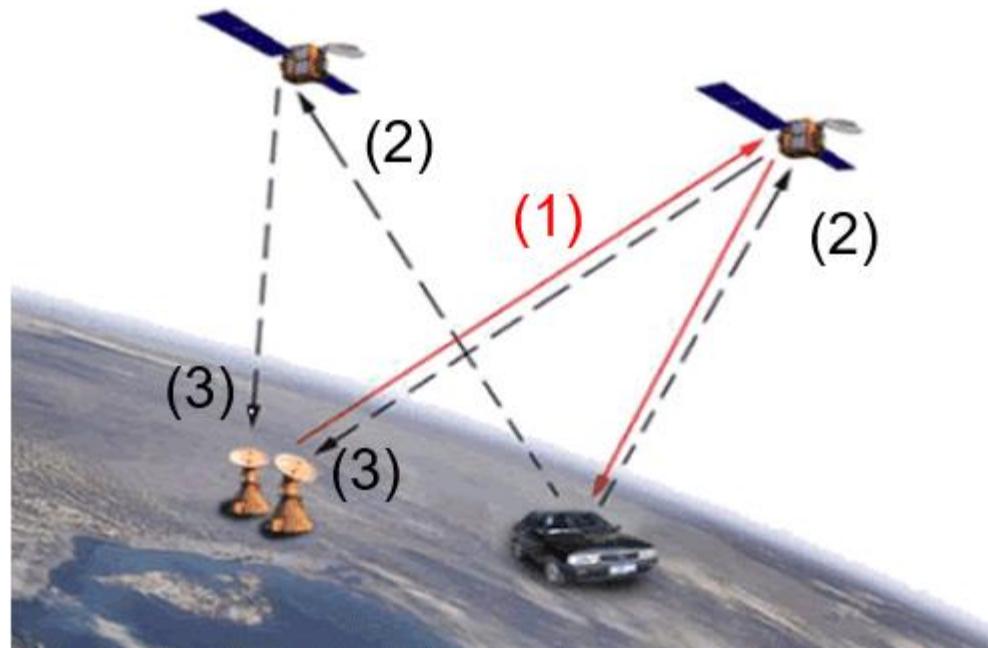
BeiDou sustav - RDSS (*Radio Determination Satellite Service*)

- usluga dostupna samo na Compass-G satelitima
- **Faza 1** BeiDou - zahtjevala je dvosmjerni prijenos signala između korisnika i središnje kontrolne postaje preko satelita, pa je to bio aktivni sustav pozicioniranja
- U RDSS usluži korisnikovu poziciju izračunava zemaljska postaja pomoću vremena kašnjenja signala između korisničkog prijemnika i GEO satelita
- RDSS značajka dodatno uključuje:
 - kratke SMS komunikacijske poruke (jamči kompatibilnost sa BeiDou-1)
 - dulje komunikacije poruke
 - informacijske veze
 - proširenu pokrivenost
 - Multisatelitske komunikacije i kratke poruke od GEO satelita

Signali i usluge sustava BeiDou

BeiDou sustav - RDSS (*Radio Determination Satellite Service*)

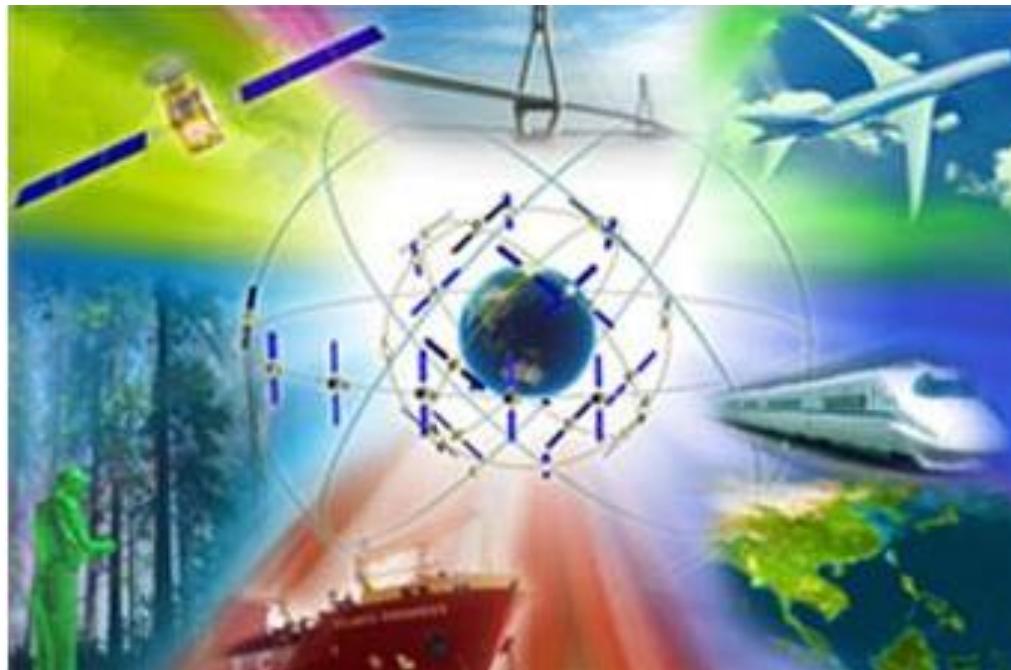
- središnja kontrolna postaja šalje upit za korisnike preko dva satelita (1), a kad korisnikov terminal primi signal od satelita, on šalje signal odgovora natrag prema oba satelita (2)
- središnja kontrolna postaja prima signale poslane od strane korisnika preko dva satelita (3) i izračunava korisničku 2D poziciju na temelju vremenske razlike između dvaju signala
- ova pozicija tada se uspoređuje s digitalnom kartom pohranjenom u bazi podataka kako bi dobili podatke o 3D položaju, koji se zatim šalje natrag korisniku putem satelita koristeći šifrirane komunikacije



Signali i usluge sustava BeiDou

BeiDou sustav - RNSS (*Radio Navigation Satellite Service*)

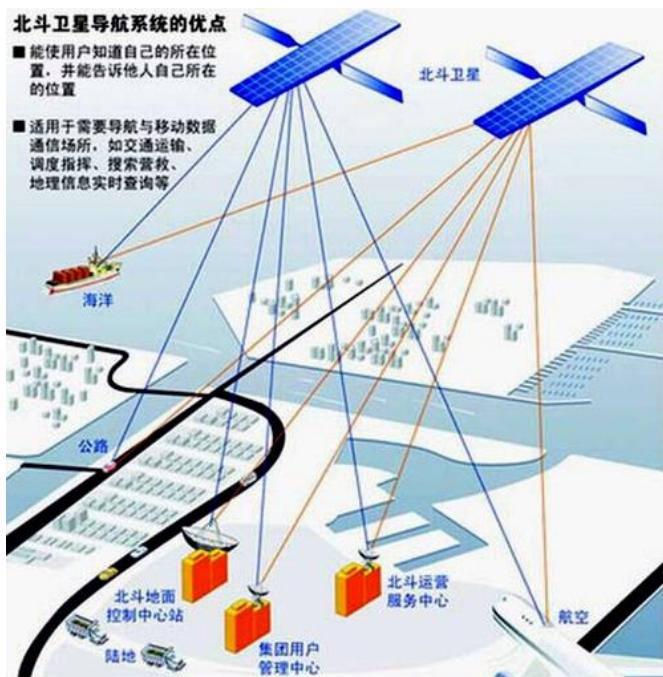
- **Faza 2** BeiDou sustava se naširoko primjenjuje u području komunikacija i transporta, prevencije šumskih požara, u predviđanju i prognozi katastrofa, javnoj sigurnosti, a predstavlja značajnu korist u društvenom i ekonomskom aspektu
- kako bi BeiDou sustav bio bolji za globalne usluge, te radi bolje kompatibilnosti i interoperabilnosti između Beidou sustava i GNSS sustava drugih zemalja, Kina je spremna na suradnju s drugim zemljama



Signali i usluge sustava BeiDou

BeiDou sustav - RNSS (Radio Navigation Satellite Service)

- usluga je dostupna na svim CNSS (Compass Navigation Satellite System) / Beidou-2 satelitima
- uključuje atomski sat, odašiljač u L pojasu, signalni procesor, odašiljački antenski niz, *uplink* prijemnik u L pojasu, laserski *corner-cube* reflektor za određivanje orbite i multilateralnu jedinicu
- RNSS je vrlo slična usluzi koju pružaju GPS i Galileo i dizajnirana je kako bi se postigle slične performanse



Signali i usluge sustava BeiDou

BeiDou sustav - BDS - Globalne usluge

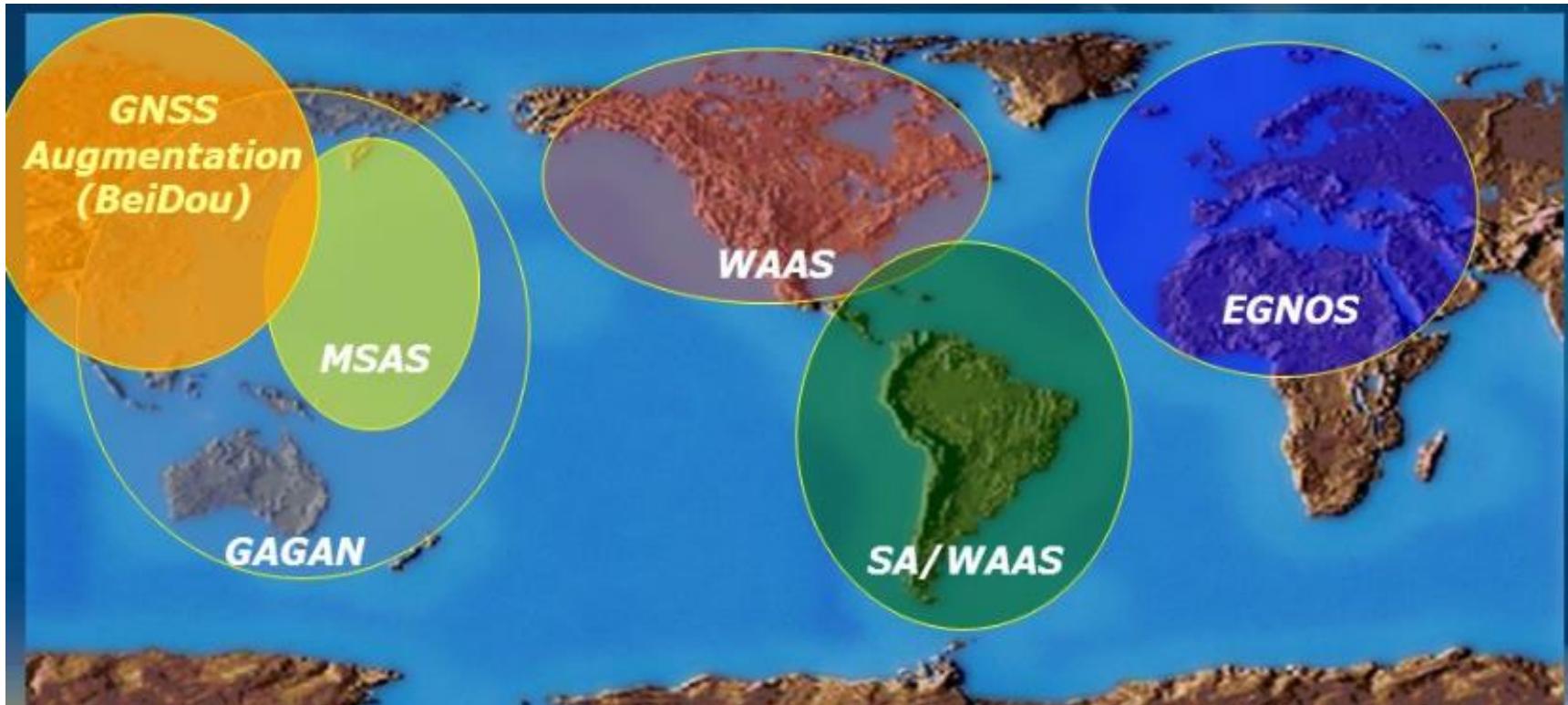
- BeiDou će nuditi dvije globalne usluge: otvorenu uslugu i autoriziranu uslugu
- otvorena usluga je besplatna, s točnošću pozicioniranja od 10 metara, točnost brzine od 0,2 m/sekundi i vremenskom točnošću od 10 nanosekundi
- autorizirana usluga pruža veću točnost položaja (10 cm), brzine, vremena i komunikacijskih usluga, kao i višu razinu kontrole cjelovitosti (*integrity*), osiguravajući veliku pouzdanost čak i u kompleksnim situacijama



Signali i usluge sustava BeiDou

BeiDou sustav - BDS - Regionalne usluge

- BeiDou će nuditi i dvije regionalne usluge
 - Diferencijske korekcije za širu regiju s točnošću pozicije od 1 m
 - SMS uslugu

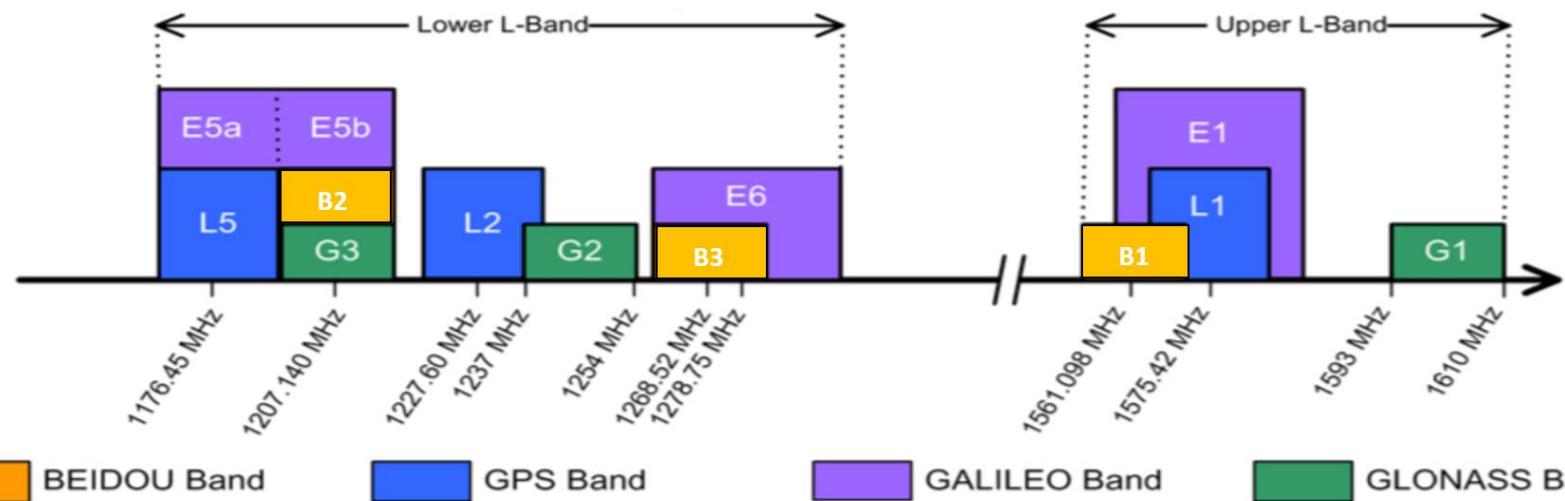


Signali i usluge sustava BeiDou

BeiDou sustav - BDS - Frekvencijski pojasi i usluge

Faza 2

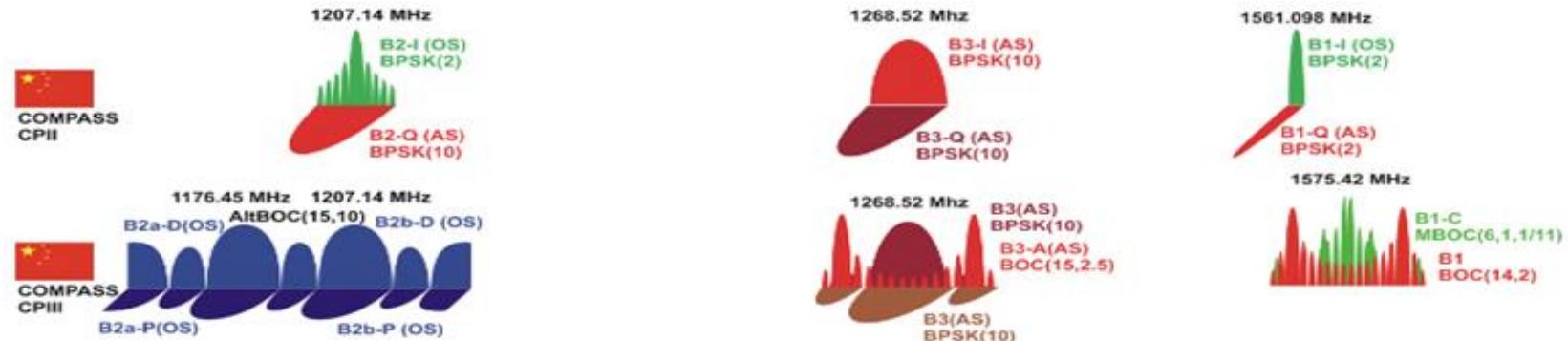
Komponenta	Frekvencija (MHz)	Brzina (Mchip/s)	Širina pojasa (MHz)	Modulacija	Usluga
B1 (I)	1561,098	2,046	4,092	QPSK	otvorena
B1 (Q)	1561,098	2,046	4,092	QPSK	autorizirana
B2 (I)	1207,14	2,046	24	QPSK	otvorena
B2 (Q)	1207,14	10,23	24	QPSK	autorizirana
B3	1268,52	10,23	24	QPSK	autorizirana



Signali i usluge sustava BeiDou

BeiDou sustav - BDS - Frekvencijski pojasi i usluge

Faza 3



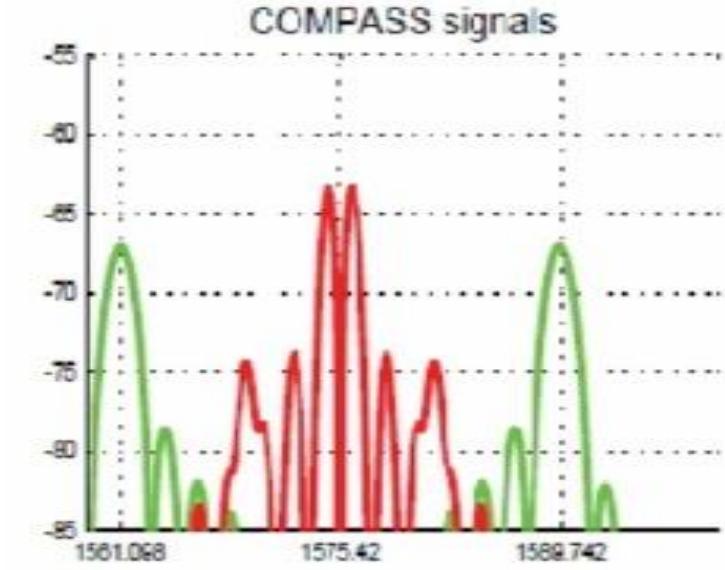
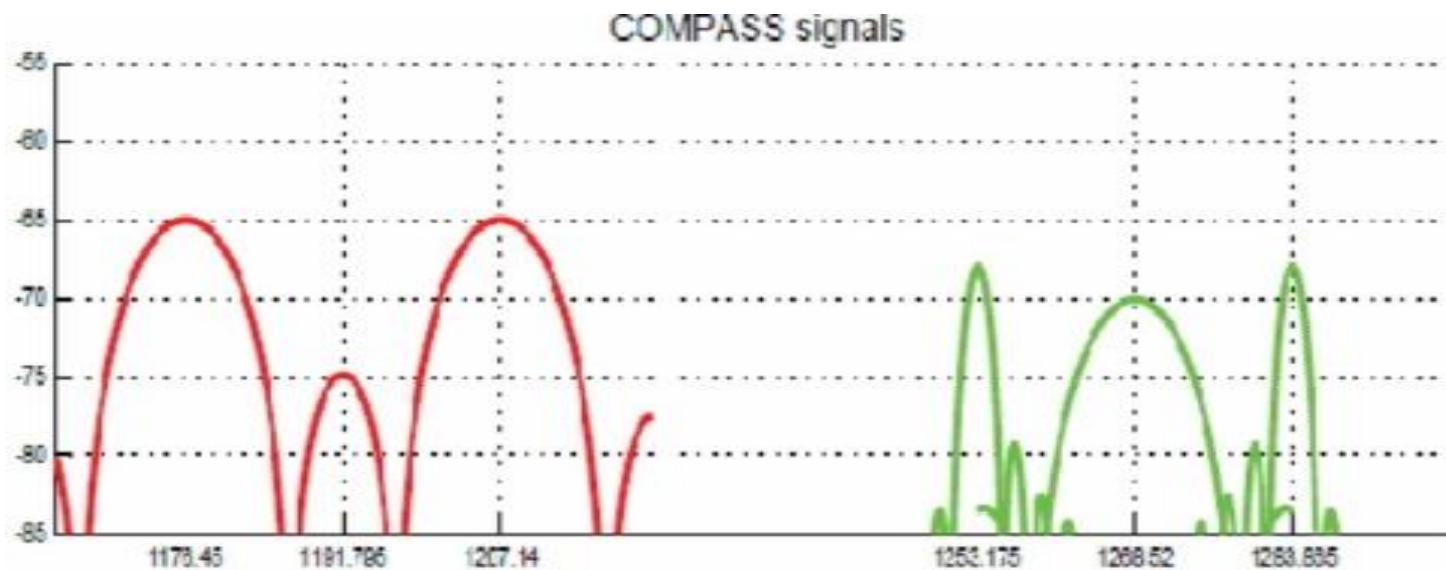
Component	Carrier Frequency (MHz)	Chip Rate (M cps)	Data/Symbol Rate (bps/sps)	Modulation Type	Service Type
B1- C_D	1575.42	1.023	50/100	MBOC(6,1,1/11)	Open
B1- C_P			No		
B1-A	1191.795	2.046	50/100	BOC (14 , 2)	Authorized
B2a $_D$			25/50		
B2a $_P$	1191.795	10.23	No	AltBOC(15,10)	Open
B2b $_D$			50/100		
B2b $_P$	1268.52	10.23	No	QPSK(10)	Authorized
B3			500bps		
B3-A $_D$	1268.52	2.5575	50/100	BOC(15,2.5)	Authorized
B3-A $_P$			No		

Signali i usluge sustava BeiDou

BeiDou sustav - BDS - Frekvencijski pojasi i usluge

Faza 3

- BeiDou **Faza 3** sustava uključuje promjenu frekvencije civilnog BeiDou 1 (B1) signala sa 1561,098 MHz na 1575,42 MHz (isto kao i GPS L1 i Galileo E1 civilni signali)
- Također se mijenja kvadraturna digitalna fazna modulacija (QPSK) na MBOC (*Multiplexed Binary Offset Carrier*), sličnu budućim GPS L1C i Galileo E1 signalima



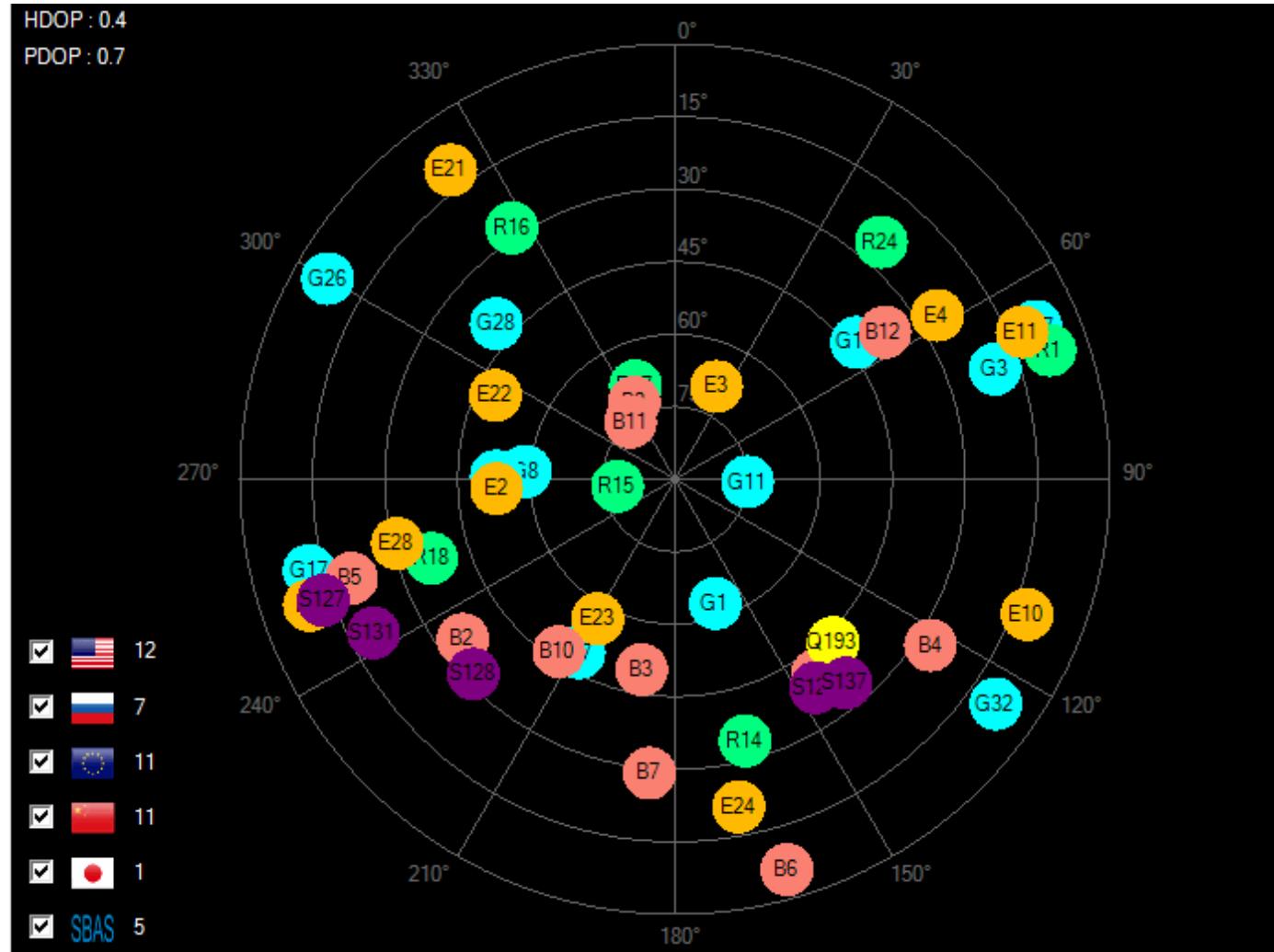
Interoperabilnost

Interoperabilnost

SUSTAV	GPS	GLONASS	Galileo	Compass/BeiDou
Država	SAD	Rusija	Europa (EC,ESA)	Kina
Prvo lansiranje	Feb. 22, 1978	Oct. 12, 1982	Dec. 28, 2005	April 14, 2007 (MEO)
Potpuna funkcionalnost	July 17, 1995	Jan. 18, 1996	~2020	~2020
Ponuđene usluge	Vojna Civilna	Vojna Civilna	Komercijalna Otvorena	Autorizirana Otvorena/komercijalna
Broj satelita	31	24	24	27
Broj orbitalnih ravnina	6	3	3	6
Inklinacija	55°	64,8°	56°	55°
Radius orbite	26 560 km	25 508 km	29 601 km	27 840 km
Vrijeme ophoda	11 h 58 minuta	11 h 15 minuta	14 h 05 minuta	12 h 50 minuta
Koordinatni sustav	WGS-84	PZ-90	GTRF	CGS2000
Vremenska referenca	GPST	UTC (SU)	GST	China UTC
Višestruki pristup	CDMA	FDMA i CDMA	CDMA	CDMA
Frekvencije (MHz)	L1: 1575,42 L2: 1227,60 L5: 1176,45	G1: 1602 G2: 1246 G3: TBD	E1: 1575,42 E5a: 1176,45 E5b: 1207,14 E6: 1278,75	B1-2: 1589,74 B-1: 1561,1 B2: 1207,14 B3: 1268,52

Interoperabilnost

Očekivani broj GNSS satelita na nebeskom svodu u budućnosti



Interoperabilnost

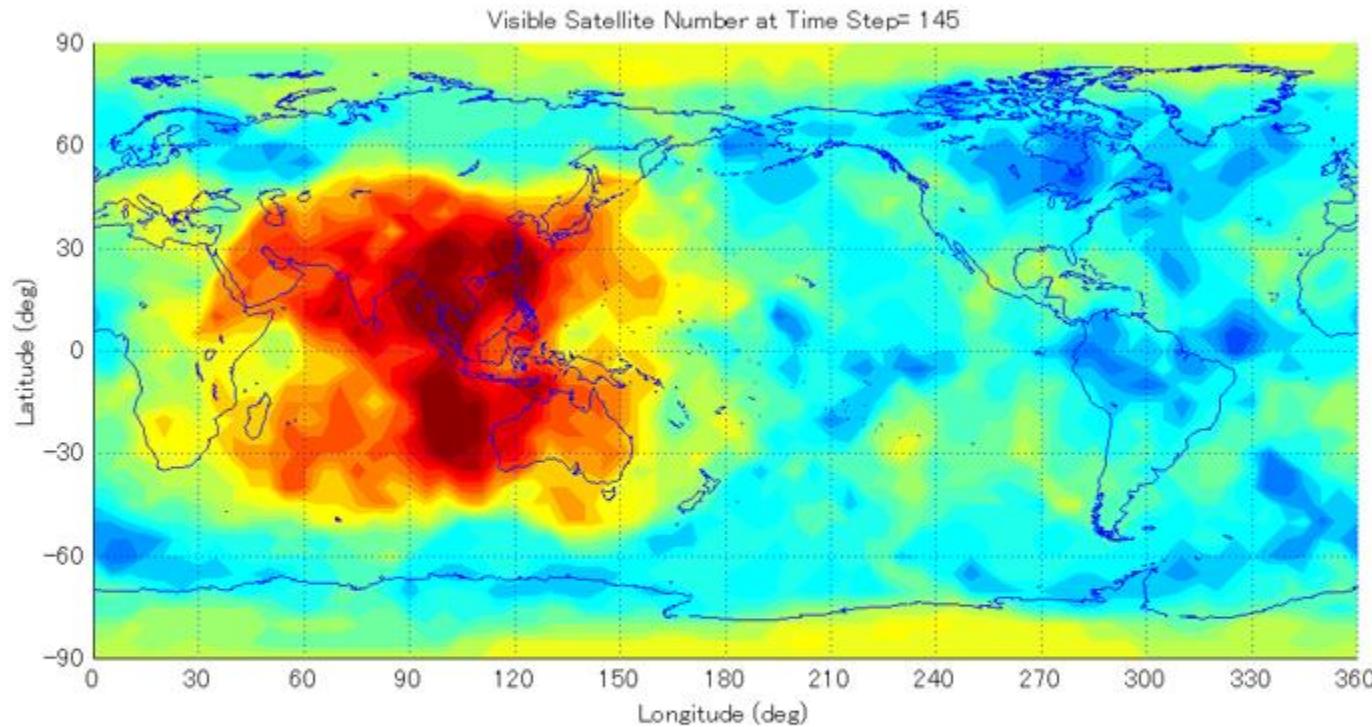
Očekivani broj GNSS satelita na nebeskom svodu u budućnosti



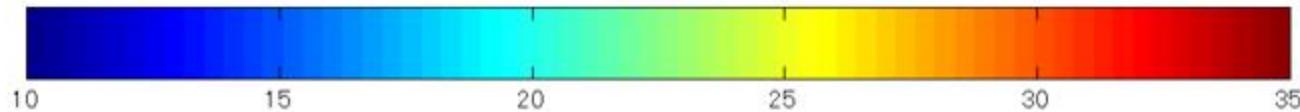
Interoperabilnost

Očekivani broj GNSS satelita na nebeskom svodu u budućnosti

Elevacijska maska > 30°



GPS(31)+Glonass(24)+Galileo(30)+BeiDou(30)+QZSS(3)+IRNSS(7)+SBAS(7)



Interoperabilnost

BeiDou sustav - BDS

- BeiDou sustav će osigurati globalnu pokrivenost uslugama pozicioniranja, navigacije i vremena

Vremenski standard

- BeiDou vremenski standard naziva se BDT, a sinkroniziran je sa UTC vremenom unutar 100 ns
- Interoperabilnost između BDT i GPS/Galileo vremena bit će osigurana, a odmak između njih će se mjeriti i odašiljati u navigacijskoj poruci

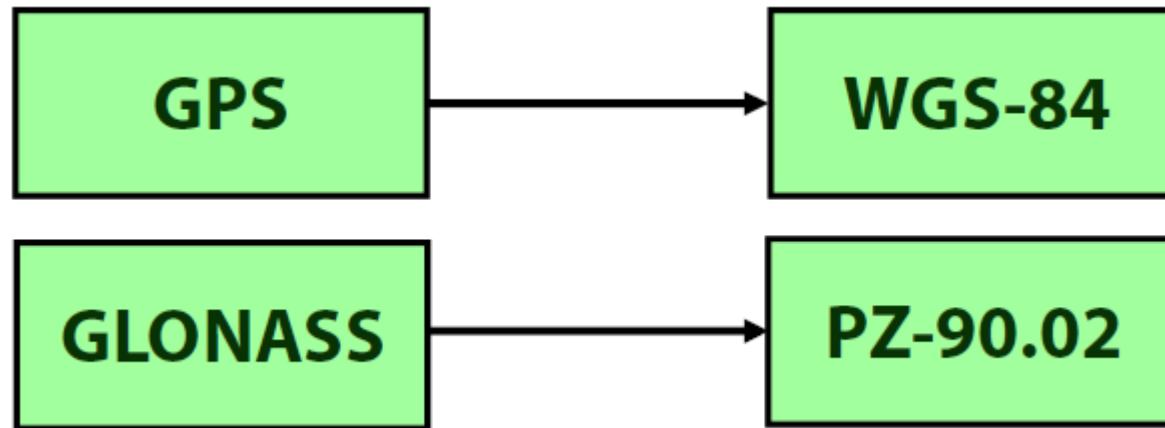
Koordinatni sustav

- Compass/BeiDou koordinatni sustav je BDC (*BeiDou Coordinate*)
- BDC koincidira sa sustavom CGS2000 (*China Geodetic System*)
- Razlika između CGS2000, ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*) i WGS84 sustava je reda veličine nekoliko cm, pa se za većinu aplikacija može zanemariti

Interoperabilnost

GLONASS – signali

- od 1993. god. GLONASS emitira efemeride u sustavu (PZ-90), koji je sličan modelu WGS-84 kojeg koristi GPS



- razlika pozicija točaka istih koordinata između WGS-84 i PZ-90.02 je manja od 15 m
- postoji matrica za preračunavanje pozicije između oba sustava

Interoperabilnost

Sažetak razlika koordinata i vremenskog standarda

GNSS	Coordinate System	Time System
GPS	WGS84	GPS Time
GLONASS	PZ90	GLONASS Time
Galileo	GTRF	Galileo System Time
BeiDou	CGCS2000	BeiDou Time
QZSS	JGS	QZSS Time
IRNSS	WGS84	IRNSS System Time

GTRF *Galileo Terrestrial Reference Frame*

CGCS *China Geodetic Coordinate System*

JGS *Japan Geodetic System*

Interoperabilnost

Interoperabilnost Galileo + GPS

- Interoperabilnost s GPS sustavom

- Poboljšane kombinirane performanse obaju sustava
 - veća raspoloživost signala u vrlo zahtjevnim okruženjima
- Rješava problem jednog neovisnog sustava
 - povoljno za primjene povećane sigurnosti

*BQ's Aquaris X5 Plus
smartphone, 2016
First European smartphone
with Galileo capability.*



Interoperabilnost

Interoperabilnost Galileo + GPS + GLONASS + BeiDou

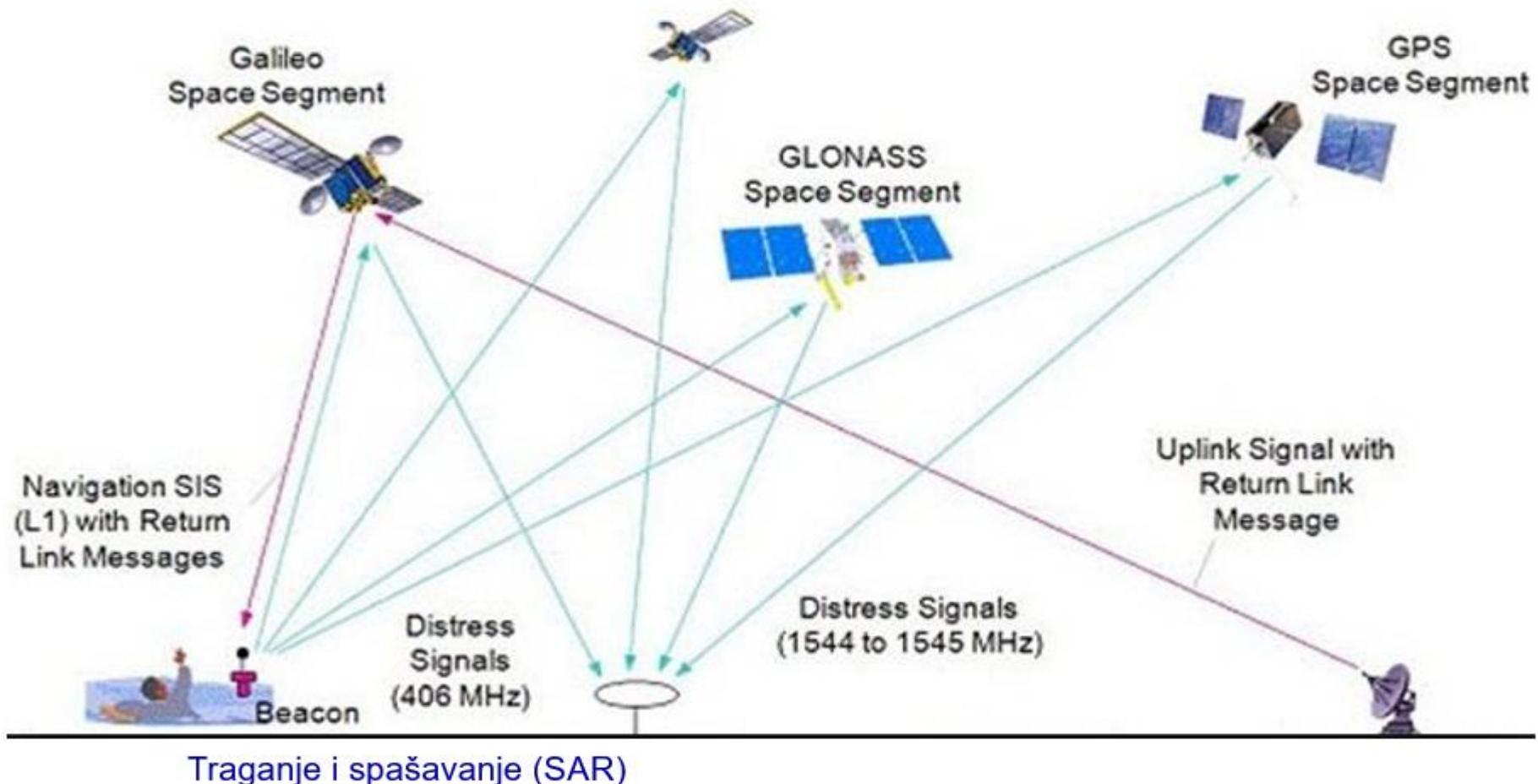
- Korisnici će imati veći broj raspoloživih satelita
 - Povećana sigurnost i pouzdanost zbog kompatibilnosti i interoperabilnosti
 - Povećano povjerenje u GNSS zbog redundancije sa aspekta raspoloživosti, cjelovitosti i kontinuiteta signala
 - Poboljšanje performansi, pogotovo u urbanim sredinama



Interoperabilnost

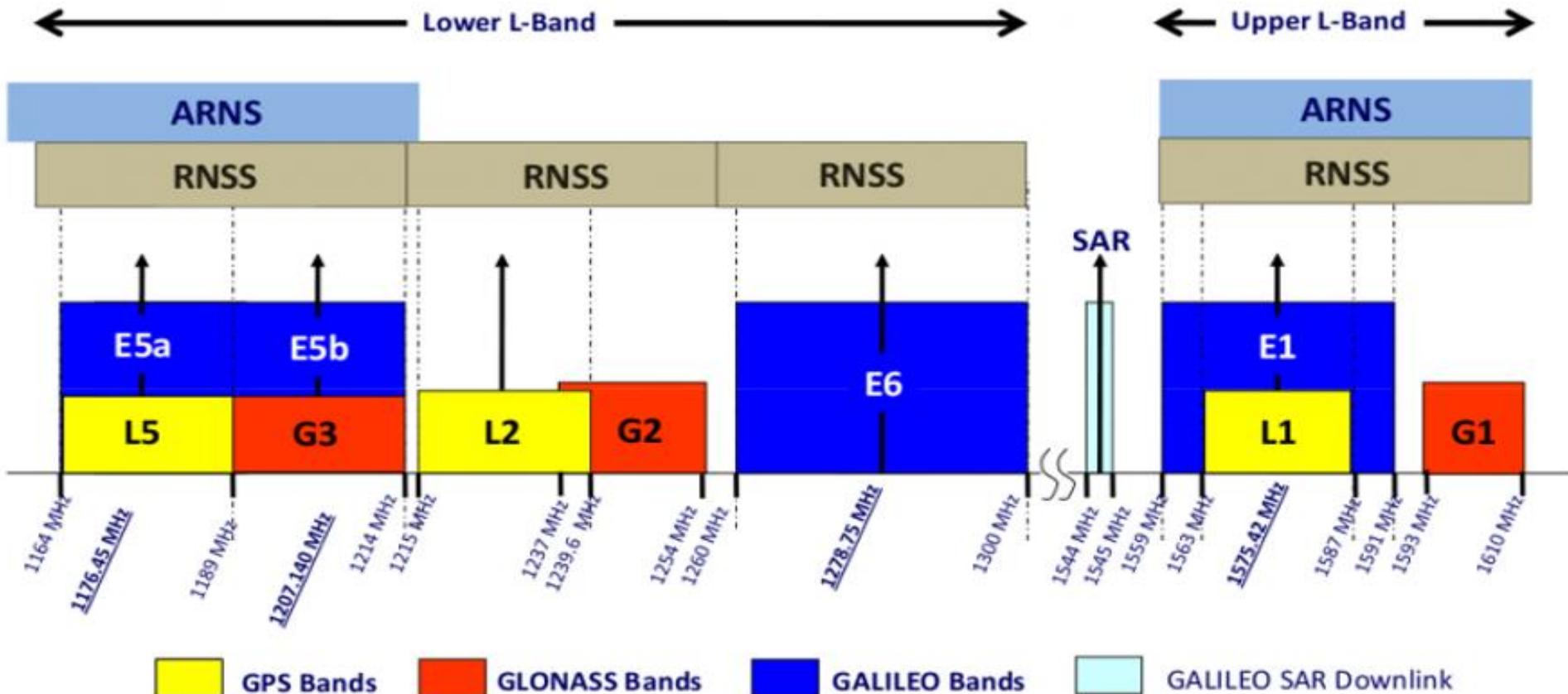
Interoperabilnost Galileo + GPS + GLONASS

- Integracija Galileo sustava u COSPAS-SARSAT sustav



Interoperabilnost

Interoperabilnost Galileo + GPS + GLONASS + BeiDou



ARNS : Aviation Radio Navigation Service

RNSS : Radio Navigation Satellite Service

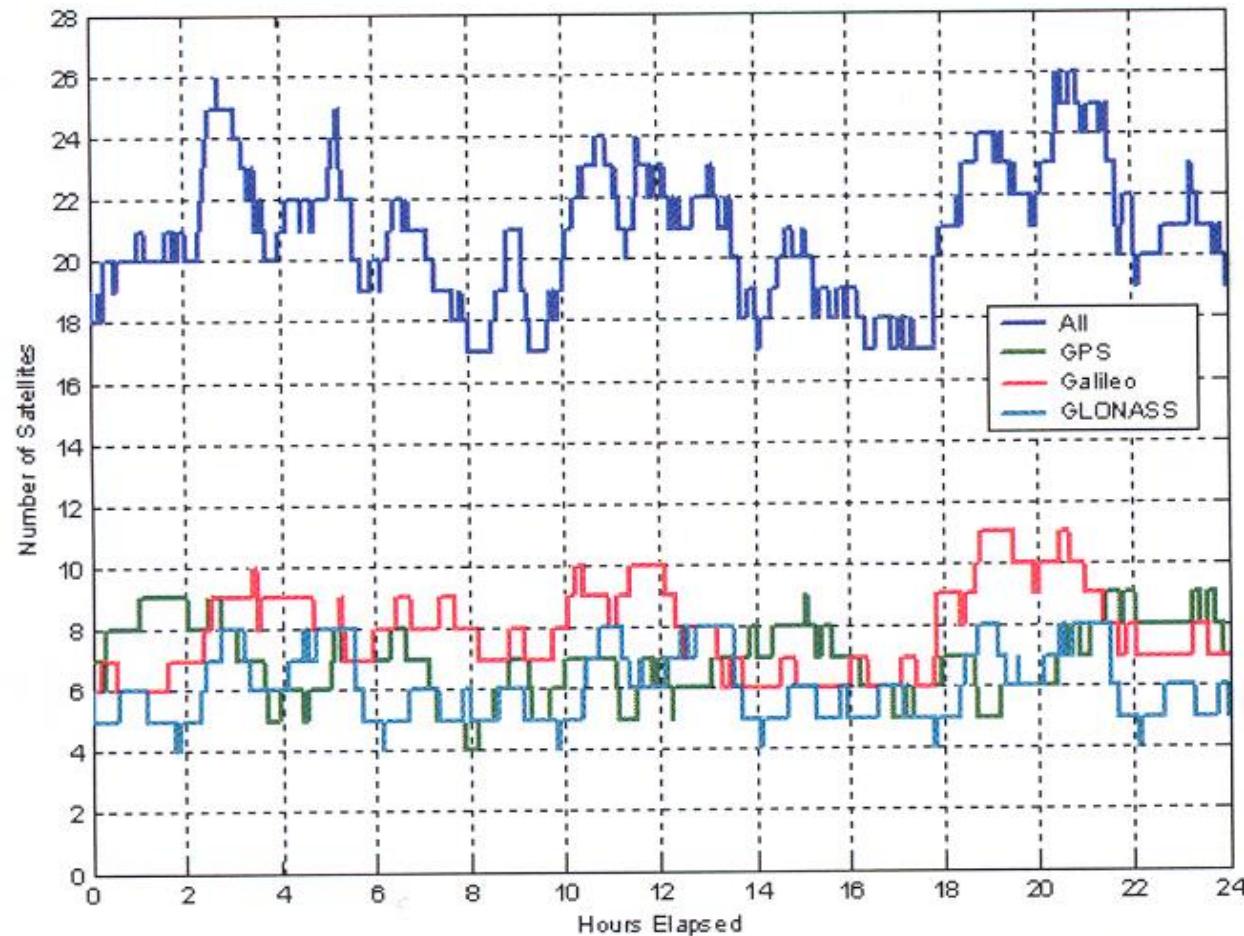
Interoperabilnost

Interoperabilnost Galileo + GPS + GLONASS

Veći broj raspoloživih satelita

Broj vidljivih satelita GPS,
GLONASS, Galileo

(Primjer: Sydney, by C. Rizos)



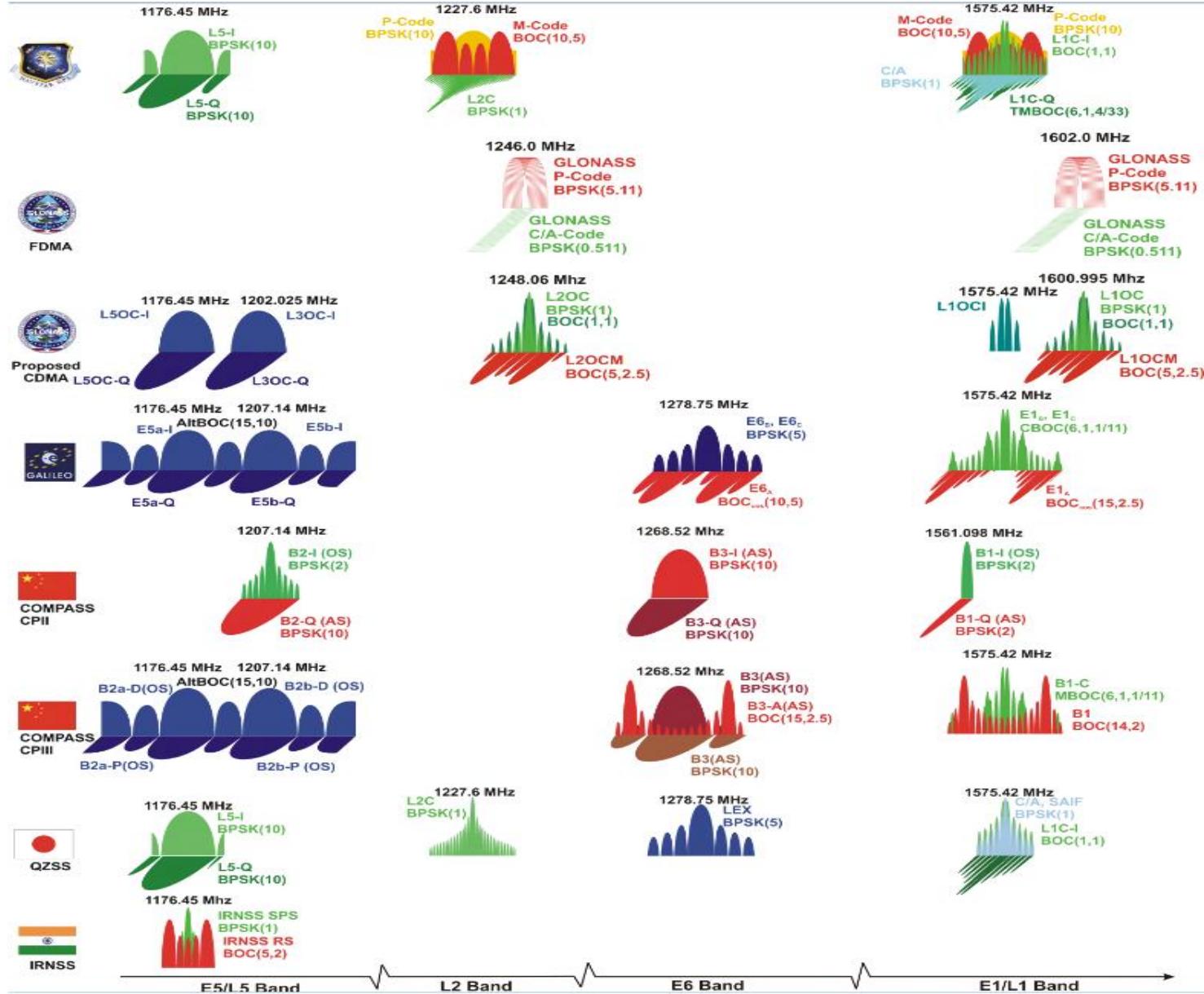
Interoperabilnost

Interoperabilnost Galileo + GPS + GLONASS

- masovno tržište bit će značajni pokretač ponude kombiniranih Galileo/GPS/GLONASS prijamnika
 - najbolje rješenje za korisnika ► Galileo koristi iste frekvencije
 - iste frekvencije sustava omogućavaju korištenje istog ulaznog stupnja i manju kompleksnost prijamnika
 - bit će lakše proizvesti povoljne kombinirane ‘*All-In-View*’ prijamnike
-
- **Nove generacije GNSS prijamnika bit će GPS + GLONASS + GALILEO + BeiDou**

Interoperabilnost

GNSS Interoperabilnost

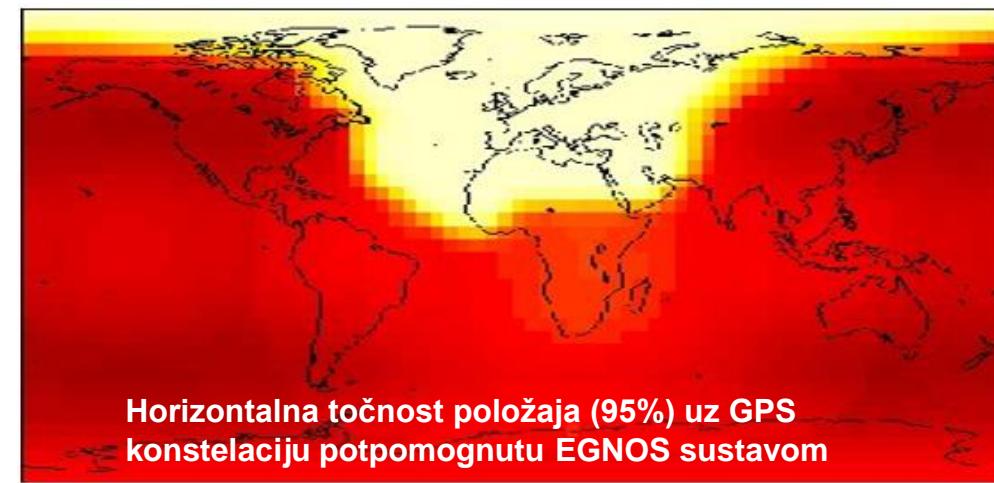
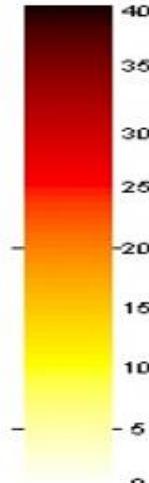


Interoperabilnost

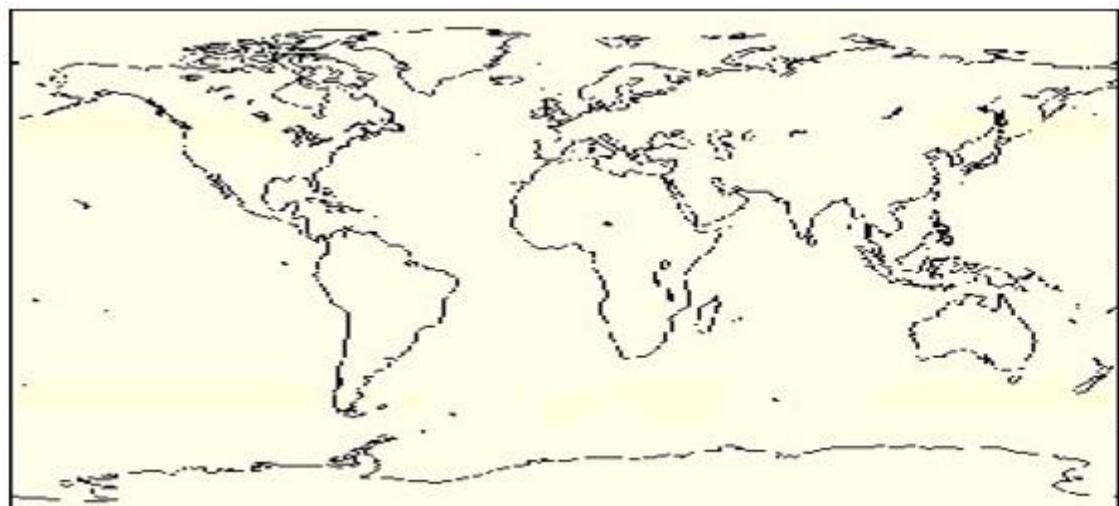
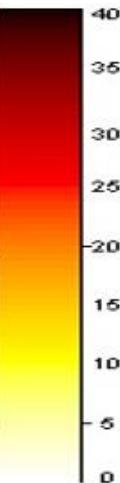
Prednosti GNSS multi konstelacija



Horizontalna točnost položaja (95%) uz GPS konstelaciju



Horizontalna točnost položaja (95%) uz GPS konstelaciju potpomognutu EGNOS sustavom



**Horizontalna točnost
položaja (95%)
korištenjem GPS,
EGNOS i Galileo
sustava**