

Odgovore na pitanja skupili su studenti smjera KIST akademske godine 2023./2024.

Ovim putem zahvaljujem se svim kolegama koji su zajedničkim radom omogućili nastanak ove skripte te se u ime svih njih nadam da će biti od koristi i budućim generacijama.

**Sretno!**  
**tux et al.**

1. Geografska dužina predstavlja:
  - a) razmak između dviju paralela
  - b) kut između ekvatorijalne ravnine i pripadajuće paralele na kojoj se nalazi ta točka
  - c) kutnu udaljenost mjerenu uzduž Zemljinog ekvatora od nultog meridijana do pripadajućeg meridijana te točke**
  - d) razmak od ekvatora do sjevernog pola
2. Kod inercijske navigacije se:
  - a) pojavljuje pogreška zbog utjecaja interferencije radijskih signala
  - b) os rotacije žiroskopa zakreće zajedno s rotacijom Zemlje
  - c) pojavljuje pogreška zbog refleksije radiovalova od ionosfere (pojava prostornog vala)
  - d) pogreške povećavaju i akumuliraju s vremenom**
3. Objasnite prednosti integracije GNSS prijamnika i inercijskog navigacijskog sustava. (2 boda)

**Prednost integracije GNSS prijamnika i inercijskog sustava je je korekcija greške koju INS akumulira. Integracijom ta dva sustava ostvarujemo i dugoročnu i kratkotrajnu stabilnost i dobivamo jedan stabilan i unificiran navigacijski sustav.**
4. Objasnite što su kartografske projekcije i kakve mogu biti deformacije na pojedinim projekcijama. (2 boda)

**Kartografske projekcije omogućuju nam da sfernu Zemlju preslikamo u 2D obliku na ravninu uz čim manje deformacija.**  
**Takve projekcije mogu biti konformne (čuvaju kuteve), ekvivalentne (čuvaju površine), ekvidistantne (čuvaju udaljenosti u određenim smjerovima) i uvjetne. Čim je veća područje koje prikazujemo, to je veća i deformacija.**
5. Objasnite i skicirajte postupak određivanja vlastitog položaja korištenjem radiogoniometra. (3 boda)

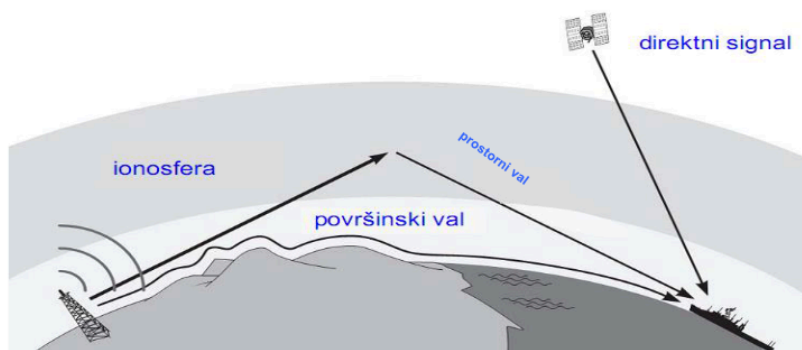
**Lab01 - dodam kasnije.**
6. Koji parametri radijskog signala se mogu koristiti za lociranje izvora signala. (2 boda)

**Amplituda, frekvencija i faza/vrijeme.**
7. Kod impulsnih hiperbolnih navigacijskih sustava prijemnik mjeri:
  - a) vrijeme propagacije impulsa od glavnog i pomoćnog odašiljača
  - b) razlike u vremenima stizanja impulsa glavnog i pomoćnog odašiljača**
  - c) azimut smjera prema odašiljačima u odnosu na smjer sjevera

- d) udaljenosti od pojedinih odašiljača
8. Kod navigacijskih sustava pogreška položaja je najmanja kad se stajnice sijeku pod kutom od \_\_\_\_\_ **90** \_\_\_\_\_ stupnjeva.

Zamisli da si na raskrižju dvije ceste i pokušavaš odrediti svoj položaj koristeći navigacijski sustav. Svaka cesta predstavlja stajnicu. Kad su te dvije ceste međusobno okomite, tj. križaju se pod kutom od 90 stupnjeva, to znači da su pravokutne jedna na drugu. Ako se nalaziš na točnoj točki gdje se stajnice sijeku, a navigacijski sustav točno izmjeri kut između njih od 90 stupnjeva, onda je svaka stajnica jednako korisna u određivanju tvoje točne lokacije. Bilo kakva mala pogreška u mjerenju jedne stajnice neće previše utjecati na točnost tvog položaja jer je druga stajnica smještena pod pravim kutem u odnosu na prvu. To znači da kad su stajnice okomite (pod kutom od 90 stupnjeva), najmanje smo osjetljivi na greške u mjerenjima i time se smanjuje pogreška u određivanju našeg položaja.

9. Objasnite razliku u rasprostriranju između površinskih i prostornih valova. (2 boda)



**Površinski val širi se duž granice neke površine dok se prostorni valovi šire kroz prostor u obliku promjene gustoće zraka (npr longitudinalni valovi) i reflektiraju se od slojeve ionosfere. Površinski val koristi se na VLF zbog velikog dometa, prostorni u HF području.**

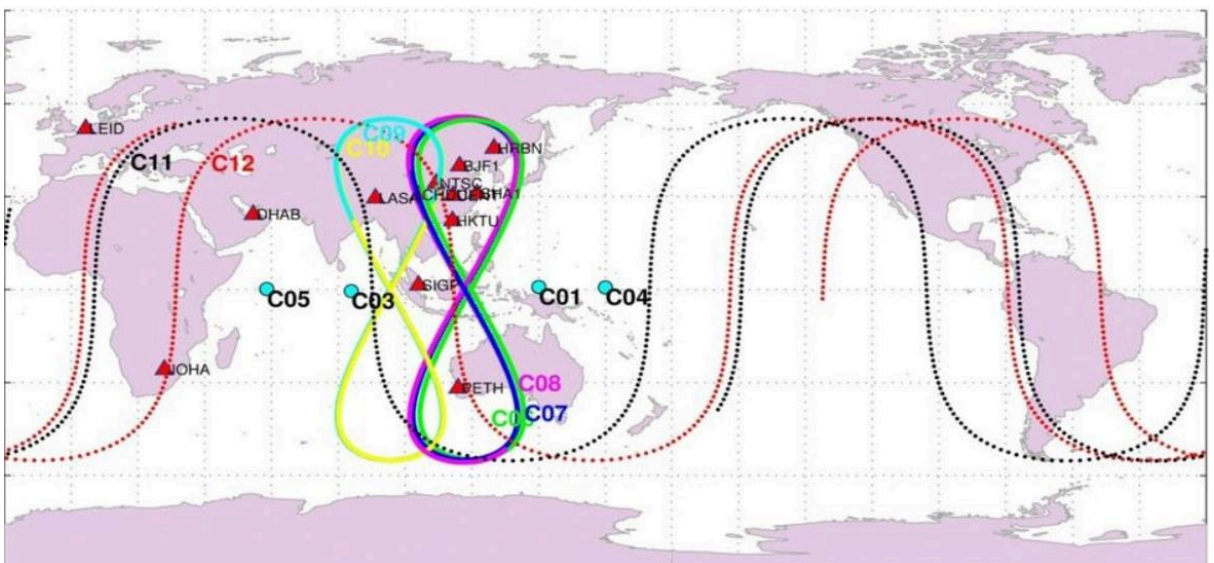
10. Odašiljači sustava Omega emitirali su signale u frekvencijskom području:
- a) 10,2 – 13,6 Hz
  - b) 10,2 – 13,6 kHz**
  - c) 10,2 – 13,6 MHz
  - d) 70 – 130 kHz
17. Navedite ključne argumente za uvođenje Galileo sustava (3 boda)
- Potrebe za uvođenjem isključivo civilnog sustava (1) kojeg će samostalno (2) kontrolirati Europa (3). Detaljnije ispod.**
18. Objasnite kako inklinacija orbitalnih ravnina sustava GNSS utječe na pokrivanje polarnih područja. (2 boda)

**Inklinacija orbitalne ravnine sustava GNSS je kutna udaljenost orbitalne ravnine satelita od ravnine ekvatora. Ako su orbitalne ravnine inklinirane, to znači da sateliti ne lete ravno iznad ekvatora, već putuju na nagibu u odnosu na njega. To utječe na pokrivanje polarnih područja na sljedeći način: Kada su orbitalne ravnine sustava GNSS inklinirane, sateliti će putovati iznad i ispod ekvatora tijekom svakog kruga oko Zemlje. Budući da**

Zemlja rotira, ti sateliti će pokrivati različite dijelove Zemljine površine tijekom vremena. S obzirom na to da sateliti prolaze iznad i ispod ekvatora, sustavi GNSS s inkliniranim orbitama mogu pružiti bolje pokrivanje polarnih područja. To znači da čak iako se nalazimo na visokim geografskim širinama, poput Arktika ili Antarktika, vjerojatno ćemo i dalje imati pristup signalima GNSS-a, omogućavajući nam precizno određivanje naše lokacije.

19. Objasnite područje pokrivanja IGSO (*Inclined Geosynchronous Orbit*) satelita BeiDou sustava i skicirajte oblik projekcije njihovih zenitnih položaja na Zemljinoj površini. (2 boda)

IGSO sateliti su “osmice” na slici. Inclined Geosynchronous Orbit (IGSO) je vrsta orbita koja je karakteristična za navigacijske satelite kao što su oni u sustavu BeiDou. BeiDou sustav, slično GPS-u ili Galileo sustavu, koristi mrežu satelita za pružanje globalne navigacijske usluge. IGSO je vrsta geosinkronih orbita, što znači da se sateliti na tim orbitama vrte oko Zemlje brzinom koja je usklađena s rotacijom Zemlje, čime ostaju relativno fiksirani iznad određene točke na Zemljinoj površini. Razlika između klasične geosinkrone orbite (GEO) i IGSO-a je u nagibu orbite u odnosu na ekvator. Dok su sateliti u GEO orbitama potpuno uspravni nad ekvatorom, sateliti u IGSO orbitama imaju nagib u odnosu na ekvator. To znači da se kretanje tih satelita proteže iznad i ispod ekvatora. Područje pokrivanja IGSO satelita BeiDou sustava obično uključuje veći dio površine Zemlje, obično obuhvaćajući regije sa širokim geografskim rasponom, od visokih sjevernih i južnih širina do niskih ekvatorskih širina. Nagib IGSO orbita omogućava bolju pokrivenost polarnih područja, što je važno za globalne navigacijske sustave koji trebaju pokriti sve dijelove svijeta.



20. Objasnite strukturu i funkcije kontrolnog segmenta GNSS sustava. (3 boda)

Kontrolni segment GNSS sustava 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. 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. Zemaljske postaje za uzlaznu vezu sa satelitima šalju korekcijske podatke satelitima, kako bi ih oni uključili u navigacijske poruku

21. Obrazložite na koji su se način pri modernizaciji GPS-a postigle bolje performanse sustava. (3 boda)

Modernizirani sustav koristi dvije ili tri prijenosne frekvencije čime je eliminiran utjecaj ionosferskog kašnjenja. Upotrijebljeni su novi modulacijski postupci odnosno vrlo oštra korelacijska funkcija što je rezultiralo boljom točnošću. Koristi se veća širina spektra signala čime je sustav otporniji na termički šum. Primjenjiva je veća brzina koda (BPSK → BOC) BOC: Binary Offset Carrier, smanjenje pogreške zbog višestrukog puta signala. Novi signali emitiraju se većom snagom emisije što čini signal otporniji na jamming. Zaključno, novi M signali spektralno se ne preklapaju sa civilnim C/A signalima.

22. Da bi bila moguća interoperabilnost između više sustava GNSS, tj. utvrđivanje pozicije prijarnika korištenjem satelita različitih sustava GNSS, potrebno je među sustavima uskladiti dva elementa nužna za određivanje navigacijskog rješenja. To su \_\_\_\_vremenski standard\_\_\_\_ i \_\_\_\_koordinatni sustav\_\_\_\_. (2 boda)

**Razno:**

### **1. Prezenacija:**

Što je navigacija?

- određivanje pozicije i navođenje

Geografska širina - 90 stupnjeva sjeverno i 90 stupnjeva južno od ekvatora

Geografska dužina - 180 stupnjeva istočno ili 180 stupnjeva zapadno od Londona

Računska navigacija

- izumljena na brodovima, kontinuiranim mjerenjem pomaka u karte se ucrtavao pomak i vektorski se zbrajao -> problem je predstavljao prikaz sferne plohe Zemlje na papiru
- razvoj kartografskih projekcija

Podjela prema vrstama deformacije:

- konformne - čuvaju kuteve

- ekvivalentne - čuvaju površine
- ekvidistantne - čuvaju kuteve u određenom smjeru

Podjela prema položaju pola normalne kartografske mreže:

- uspravna - pol mreže podudara se s geografskim polom
- poprečna - pol mreže nalazi se na ekvatoru
- kosa - pol se nalazi na bilo kojoj točki između pola i ekvatora

Podjela prema obliku mreže meridijana i paralela:

- cilindrične
- konusne
- azimutne
- kružne

Nepravilan oblik Zemlje kao svemirskog tijela, tj. aproksimacija pomoću ELIPSOIDA često je uzrok pogrešaka pozicioniranja korištenjem GPSa - najbolje je koristiti elipsoid GRS80 ili WGS

Prijamnici koriste WGS1984

Visina iznad mora nije ista u svim točkama na Zemlji, oblik Zemlje koji pokazuje "nultu" nadmorsku visinu nazive se GEOID.

U Hrvatskoj se koristi Gauss Krugerova projekcija elipsoida Zemlje - kutevi izmjereni na karti odgovaraju kutevima izmjerenima u prirodi te elipsoid BESSEL 1841. #Badel1862-kakva usporedba lol

Inercijski navigacijski sustav:

- elektronički sustav koji neprekidnim praćenjem PROMJENE BRZINE kretanja izračunava podatke o prijeđenom putu - sastoji se od AKCELEROMETRA i ŽIROSKOPA
- potpuno autonoman
- akumulira grešku na duge periode (Svemirske, žiroskop!)
- integrira se s drugim sustavima za pozicioniranje tipa GPS (u pitanjima objašnjeno zašto)
- 3 akcelerometra u 3 osi za 3 dimenzije
- MEMS: sjeti se, elektronička verzija žiroskopa i akcelerometra, svi mikrokontroleri i IC elektronika

## 2. Prezentacija:

Radiolokacija:

- u VLF području (3kHz do 30kHz) prevladava POVRŠINSKI VAL velikog dometa
- u LF području (30kHz do 300kHz) postoje i PROSTORNI VALovi dobiveni uslijed refleksije od slojeva ionosfere
- u HF (3 do 30 MHz) području EM valovi se šire kao površinski, a refleksije povećavaju domet
- u VHF području EM se širi pravocrtno domet je najviše do horizonta, a valovi prolaze kroz ionosferske slojeve BEZ REFLEKSIJE

- LOS gubitak (Mobilne, ovisi o udaljenosti)

*\*radiolokacija i radiogoniometrija za autiste\**

Metode radiogoniometrije:

- amplitudne metode: koriste usmjerene antene, ostvaruju se okretanjem antene od minimuma do maksimuma VF signala
- fazne metode: za više razmaknutih antena informacija o smjeru sadržana je u fazama, mjere se fazne razlike u signalu
- korelativna interferometrija - antene u kružnom rasporedu i računa se relativna fazna razlika u odnosu na referentni element

Podjela radionavigacijskih sustava prema namjeni:

- za vođenje aviona prilikom prekooceanskih plovidbi
- za navigaciju pri približavanju aerodromu
- za slijetanje (Sve vrijedi i za avione i za brodove)

Podjela radionavigacijskih sustava prema obliku linija pozicije:

- u obliku pravca - dobivene određivanjem smjera prema odašiljaču - ANGLE OF ARRIVAL
- u obliku kružnica - dobivene mjerenjem udaljenosti od odašiljača - TIME OF ARRIVAL i RSS (Received Signal Strength) ili TIME OF ARRIVAL i TRILATERACIJA
- u obliku hiperbola - dobiveni mjerenjem razlike udaljenosti od dva odašiljača - TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL

Frekvencije radionavigacijskih sustava:

Omega	10 - 13 <b>kHz</b>
Loran C	100 <b>kHz</b>
Loran A	1800 - 1900 <b>kHz</b>
VOR	110 <b>MHz</b>
Transit	150, 400 <b>MHz</b>
GPS	1500 MHz, 1200 <b>MHz</b>
DME	900 - 1200 <b>MHz</b>

### 3. Prezentacija

Sigurnosni zahtjevi za navigacijske sustave:

- točnost - predvidljiva, ponovljiva i relativna
- cjelovitost - mala pogreška i mogućnost detekcije pogreške

- raspoloživost - postotak vremena unutar kojeg je sustav raspoloživ je unutar granica očekivanih performansi
- kontinuitet - mogućnost da sustav osigura funkcionalnost bez prekida u radu

Hiperbolni navigacijski sustavi:

- za zračnu i pomorsku navigaciju, nakon 2. svjetskog rata
- hiperbola je krivulja kod koje su razlike udaljenosti od fokusa konstante
- odašiljači su u fokusima hiperbola, a sve točka s jednakim razlikama udaljenosti nalaze se na hiperboli, spojene BAZNIM LINIJAMA

IMPULSNI SUSTAVI:

- hiperbolna navigacija
- korisnik mjeri razlike u vremenima stizanja impulsa, a ne stvarno vrijeme rasprostiranja signala - NIJE POTREBNO SINKRONIZIRATI SATOVE U ODAŠILJAČU I PRIJAMNIKU

**LORAN** - (Long Range Navigation) - prvi hiperbolni nav. sustav:

- **A:** zrakoplovi i brodovi, glavni odašiljač i još 2 razmaknuta, impulsni način rada PRI (Pulse Repetition Interval) fino ugođen, potrebna 2 mjerenja, iskustvima je trebalo cca 5 minuta za određivanje lokacije 1200km danju, 2400km noću (ionosfera, logično)
- **C:** domet dignut na 2500km i 5000km, samodetekcija kvarova i visoka 99% raspoloživost, 90ak odašiljača world-wide
- **eLORAN:** povećana točnost na 10 m, prije 100-500m, vojska i vojni sustavi

**ЧАЙКА** - **Чайка** - (sve jasno iz naziva) - ruska verzija LORAN-a

**DECCA** - prvi put korišten za Dan D kod famoznog iskrcavanja, **fazni način rada**, domet 1800km danju, 400km noću (očito interferencija)

**DECTRA** - modificiran DECCA, poglavito za brodove preko Atlanskog oceana

**OMEGA** - Američki sustav koji ima globalnu pokrivenost s 8 odašiljača - vrlo niska prijenosna frekvencija (velika pokrivenost ;), onu tablicu s tim možeš pamtit jer frekvencija/udaljenost), radi i s podmornicama, VRLO LOŠA PRECIZNOST skoro 2km!

## Usporedba karakteristika hiperbolnih navigacijskih sustava

Sustav	Duljina bazne linije	Domet	Točnost očitavanja	Točnost pozicije
LORAN – A (TDoA)	do 1000 km	1200 km površinski do 2400 km prostorni val	1 $\mu$ s 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 $\mu$ s 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

## 4. Prezentacija

Pozicioniranje korištenjem Dopplerovog pomaka:

- **Transit** - satelitski navigacijski sustav koji je funkcionirao na principu Dopplera (pomak frekvencije)
- sateliti (6) postavljeni u LEO orbite - 150 i 400 MHz (at this point jel uopće bitno)
- svake 2 minute slale su se informacije sa satelita, hiperboloid, a pozicija se dobivala kao presjecište takva dva hiperboloida
- obrada signala trajale je 10ak minuta, dostupnost je bila mala, a pozicija 2D
- točnost 100 tinjak metara
- **Cikada - Цикада** - same shit, samo ruski, korišten do 2008 jer Rusi

Pozicioniranje TRILATERIJACIJOM:

- TRILATERACIJA - trilateracija (lat.), metoda u kojoj se oslone točke → geodetske osnove dobivaju mjerenjem dužina triju strana trokuta (→ triangulacija). T. se razvija kao lanac ili neprekidna mreža trokutâ; kutovi se računaju po → kosinusovu poučku.
- ovako funkcioniraju GNSS sustavi
- sateliti se gibaju po točno poznatim putanjama, svaki satelit emitira kod za mjerenje vremena rasprostiranja signala i navigacijsku poruku
- sateliti imaju atomske satove

GPS:

- razvijen za potrebe američke vojske, 1983. odobren za civile, ljude, narod

GLONASS

- razvijen kao nastavak **Cikade**, ruski GPS

GALILEO

- potreba za civilnim sustavom kojeg će kontrolirati Europa
- europski GPS

**Razlozi:** neovisnost od SADa, povećanje točnosti, osiguranje civilnog nadzora, uvođenje Search and Rescuea, povećanje globalne dostupnosti, povećanje sigurnosti



## 5. Prezentacija

GNSS sustav:

- **svemirski segment GPS** - sateliti koji odašilju signale, 30 satelita koji se gibaju oko Zemlje na visini od otprilike 20 000km  
unutar 6 orbitalnih ravnina iznad horizonta se u svakom trenutku se nalazi barem 5 satelita, odašilju signale na L1 i L2 frekvencijama
- **svemirski segment GLONASS** - 3 orbitalne ravnine po 8 satelita, minimalno 18 za ispravan rad, sateliti imaju ugrađenu opremu za mjerenje radijacije i atomski sat (kao svi)
- **svemirski segment BeiDou** - 27 MEO, 5 GEO i 3 IGSO satelita
  
- **kontrolni segment - svi** - Kontrolni segment GNSS sustava obavlja nadzor i upravlja cijelim sustavom. Sastoji se od kontrolnih stanica raspoređenih po čitavoj Zemaljskoj kugli koje kontinuirano prate sve GPS satelite i proslijeđuju primljene satelitske signale u glavnu kontrolnu postaju na obradu. U glavnoj postaji se izračunavaju odstupanja pozicija svakog satelita od preciznih orbitalnih modela i odstupanja njihovih atomskih satova od GPS vremena i proslijeđuju u zemaljske postaje za uzlaznu vezu sa satelitima. Zemaljske postaje za uzlaznu vezu sa satelitima šalju korekcijske podatke satelitima, kako bi ih oni uključili u navigacijske poruku
  
- **korisnički segment:**
  - autorizirani korisnici: američka vojska i državne službe
  - neautorizirani korisnici: svi ostali korisnici širom svijeta - navigacija, geodezija

### 6a Prezentacija:

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

nositelj L1 + C/A ili P kod + navigacijska poruka  
nositelj L2 + P kod + navigacijska poruka

Prijenosni signali modulirani su BPSK pomoću tri sinkronizirana koda:

- 1) C/A kod - gruba točnost L1
- 2) P kod - precizni kod, važan za precise positioning service L1 i L2
- 3) D kod - navigacijska poruka, 50bit/s

Kako radi GPS prijamnik:

- antena prima signale svih vidljivih satelita iznad horizonta
- u memoriji GPS prijamnika pohranjuju se alamanah podaci, a u prijamniku su spremljeni i setovi PRN kodova svih satelita
- tehnikom korelacije PRN kodovi se izdvajaju od svakog satelita
- PRN kod: Pseudo Random Noise kod koji omogućava CDMA (dig kom.), pa kodovi satelita ne koreliraju međusobno, tehnika dalje je ista kao CDMA prijam, moguće

zbog odličnog takta od 10MHz iz atomskog sata, svodi se na posmačne registre i vremenski pomak

2 vrste usluge pozicioniranja:

- viša razina točnosti: samo za autorizirane korisnike i dvofrekventne prijamnike
- normalna točnost: namijenjeno svima, GPS prijemnici primaju C/A kodove na samo jednoj frekvenciji

Modernizacija: već odgovoreno gore u pitanjima, novi L2C kod od 2 PRN koda i L5 civilni signal

**\*\*GLONASS u nastavku više manje sve slično kao i kod GPS-a samo su brojevi drugačiji, bravo svima koji još neki broj pamte.\*\***

Razlike: GLONASS je bio FDMA, uvodi se CDMA zbog interoperabilnosti s GPS, SP i HP (standard i high precision) signal.

## Prezentacija 6b:

Galileo i BeiDou

Galileo usluge:

- otvorena usluga - za sve, besplatna
- usluga visoke točnosti - može se šifrirati, nadopunjuje OS dodatnim signalom
- usluga traganja i spašavanja - sve jasno
- javna regularna usluga - šifrirana, nadopunjuje OS i uslugu visoke točnosti robusnošću, osigurava bolji kontinuitet

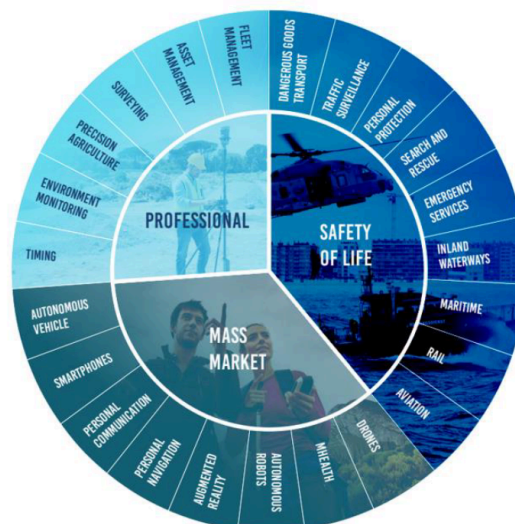
Primjena: princip što napišeš dobro si napisao:

## 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:**

RDSS faza 1: Ne računa 3D za razliku od drugih, već pomoću 2 satelita računa 2D, 2D lokaciju traži u bazi i iz baze izvlači 3. dimenziju

RNSS faza 2: GPS/Glonass/Galileo alike, opet drugačiji brojevi, opet jedna autorizirana usluga, jedna otvorena za Božu

**Interoperabilnost:**

Svi su jako slični do na nekoliko centimetara (razlikuju se u koordinatnim sustavima i Kinez po vremenu koje onda sinkroniziraju s UTC do na stotinku), a kad nisu sumjerljivo su u krivu pa se lako kompenziraju razlike.

Princip poboljšanja je više satelita = bolje