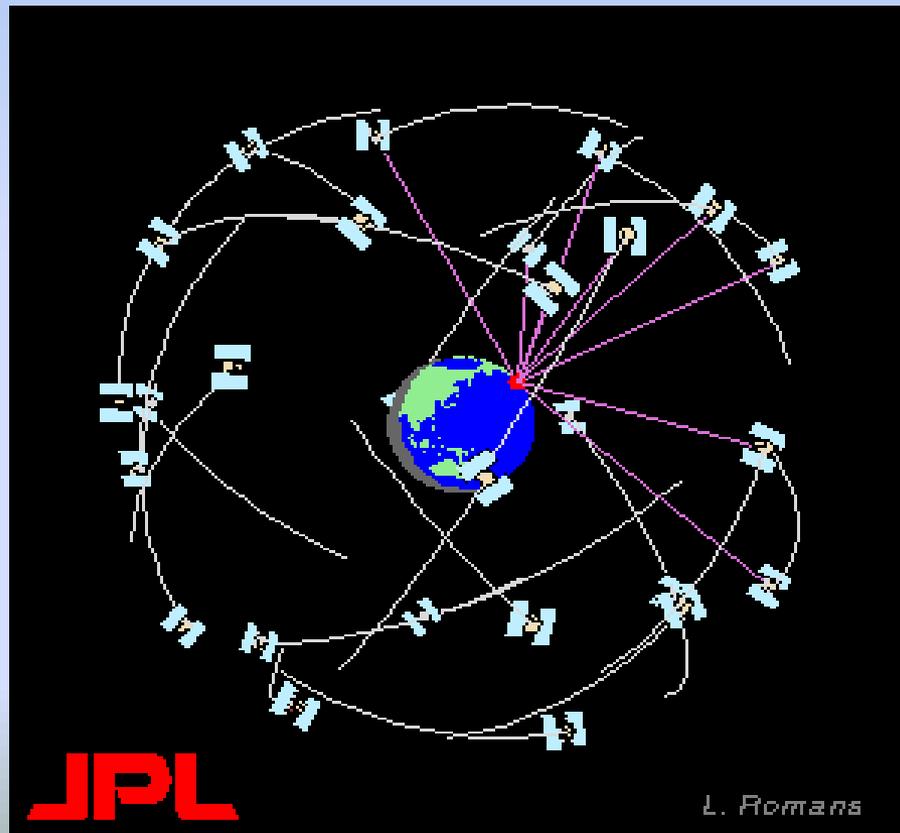


Globalni Navigacijski Satelitski Sustav (Global Navigation Satellite System) **GNSS**





SATELITSKO POZICIONIRANJE

- Napredak tehnologija za istraživanje Zemlje iz satelita omogućio je razvoj satelitskih sustava za pozicioniranje i navigaciju
- Globalni Navigacijski Satelitski Sustav (Global Navigation Satellite System) – GNSS – zajednički naziv za sve takve sustave
- Svrha tih satelitskih sustava – omogućiti pozicioniranje i navigaciju u realnom vremenu bilo gdje i bilo kada na i blizu zemljine površine

Povijesni pregled razvoja

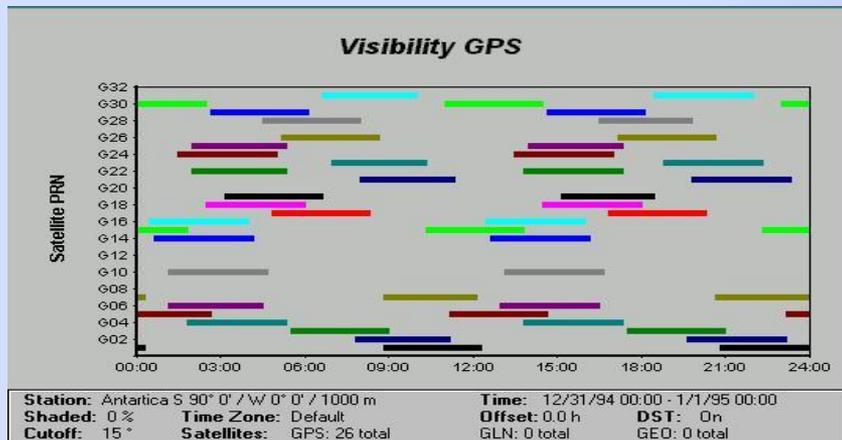
- 1957. lansiran prvi satelit Sputnik (SSSR)
- 1965. prva globalna mreža (SAD)
- 1967. civilna uporaba prvog operabilnog sustava - TRANSIT (SAD) !!!
- 1973. konceptualna faza GPS-a (SAD)
- 1984. početak civilne uporabe GPS-a
- 1987. početak civilne uporabe GLONASS sustava (Rusija)
- 2005. lansiran prvi Galileo satelit
- 2007. lansirani prvi Beidou2 (Kompas) sateliti (Kina)

.



OGRANIČENJA I PREDNOSTI GNSS-A

- Nisu najtočniji mjerni sustav
- Nisu uvijek i svugdje dostupni
- Podložni nekontroliranim smetnjama
- Razina ostvarive točnosti ovisi o njihovom vlasniku
- Globalnog karaktera
- U cijelosti digitalni
- Kompatibilni modernim komunikacijama
- Integrirani s drugim sensorima i sustavima
- Dostupni milionima korisnika
- Autonomnost države
- Kontrola nad vojnom snagom

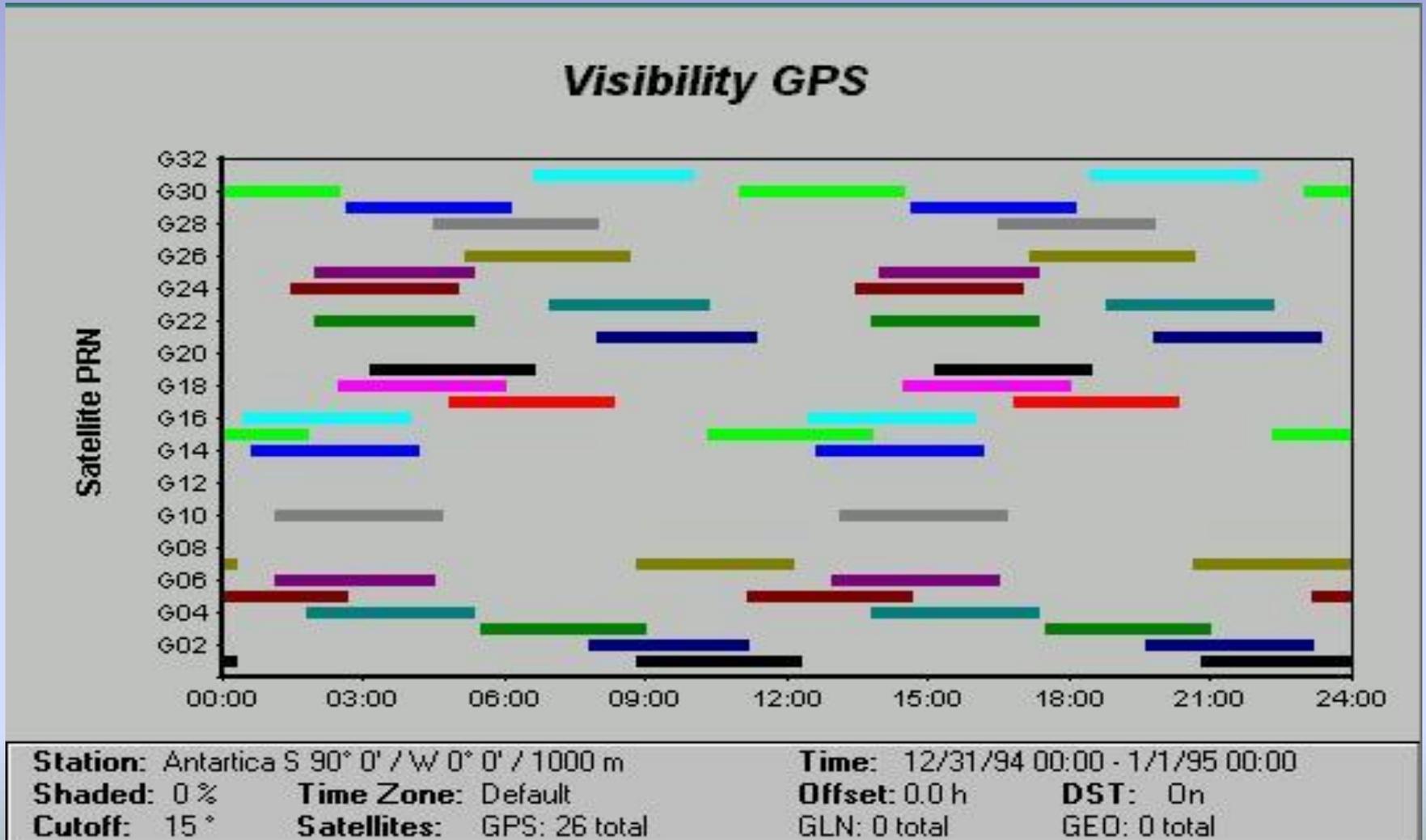


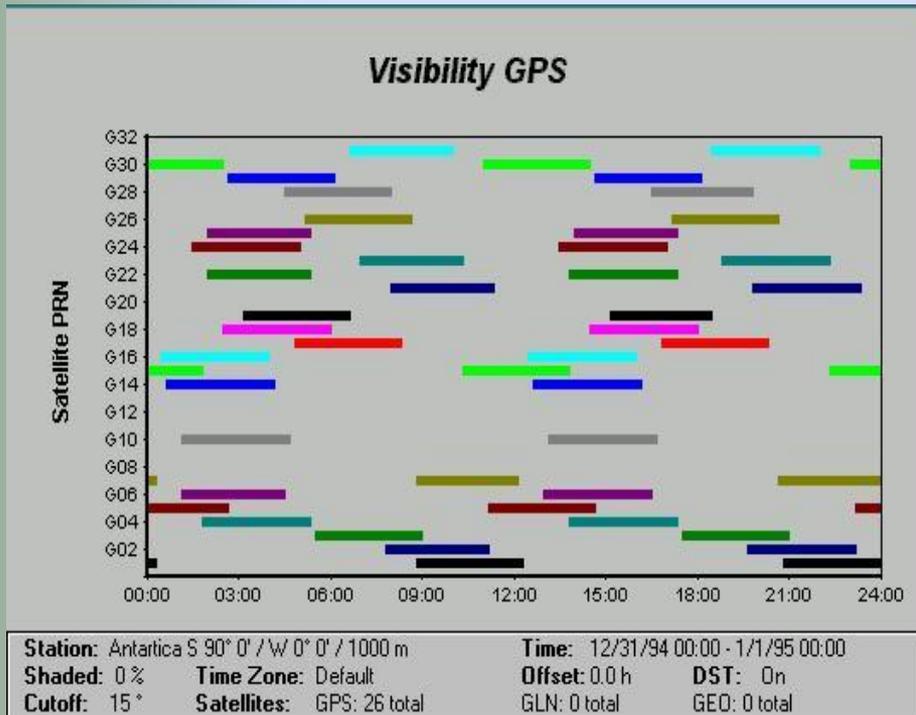
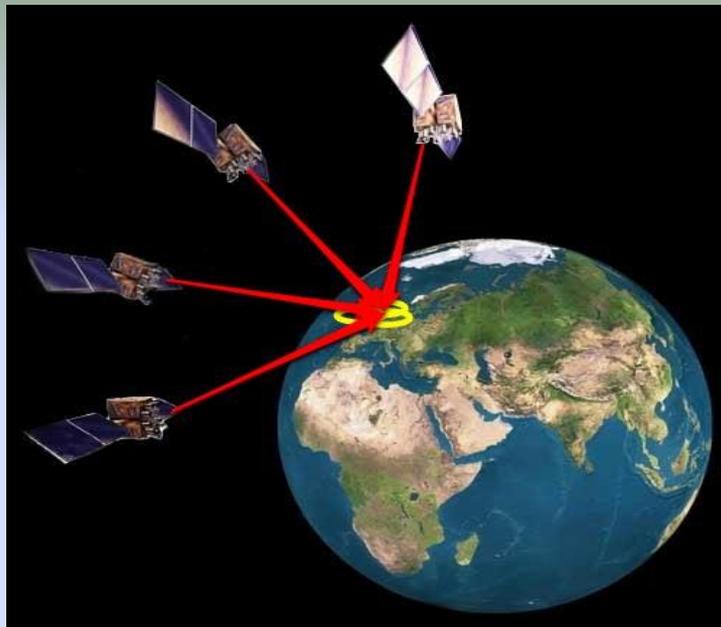
OGRANIČENJA I PREDNOSTI GNSS-A

□ Točnost određivanja položaja korištenjem jednog prijamnika u osnovi ovisi o:

- Točnosti pozicije svakog satelita
- Točnosti mjerenja pseudoudaljenosti
- Geometriji satelita
- “Pseudoudaljenost” = jednaka pravoj udaljenosti plus mala (pozitivna ili negativna) korekcija udaljenosti uzrokovana pogreškom sata prijamnika

DOSTUPNOST SATELITA U ODREĐENOM TRENUTKU NA NEKOJ LOKACIJI





OSNOVNI PRINCIPI SATELTSKE GEODEZIJE

- Primjena prirodnih i umjetnih Zemljinih satelita kod rješavanja različitih zadataka u geodeziji dovela je do razvoja novog dijela geodezije : **Satelitske geodezije**
- Satelitska geodezija obuhvaća snimanje i mjerenje na i sa satelita, pri čemu je snimanje Zemljine površine glavna aktivnost područja “Daljinska istraživanja”, dok su mjerenja pomoću satelita predmet zanimanja satelitske geodezije u užem smislu.
- Na početku se satelitska geodezija bavila, pretežno globalnim pitanjima, kao što su srednji Zemljin elipsoid, globalni geoid, a danas već i rješavanjem lokalnih zadataka, tako da su u međuvremenu razvijeni rutinski postupci i u području praktične geodezije (snimanja terena, iskolčenja, praćenja pomaka...)



METODE SATELITSKE GEODEZIJE

- ❖ Razlikujemo dvije osnovne metode satelitske geodezije.
 - **Primjena satelita kao dalekih "vidljivih" visokih ciljeva za premošćenje prostora u kojima ne postoje geodetske točke** (povezivanje kontinenata, prevladavanje refrakcijskih problema), što odgovara čisto geometrijskom načinu opažanja i vodi do tzv. geometrijske metode satelitske geodezije.

Njen osnovni cilj je uspostavljanje svjetskog, trodimenzionalnog homogenog polja točaka
 - **Primjena satelita kao "senzora" u Zemljinom polju sile teže, pri čemu se promatra putanja i promjene putanje satelita, te uspostavlja veza sa strukturom toga polja.**

Ima za cilj da se iz "dinamičkog" ponašanja satelita izvode zaključci o Zemljinom polju sile teže, što je osnovna zadaća dinamičke metode satelitske geodezije.
 - U početku razdvojene, ove dvije metode se danas sve više kombiniraju u cilju postizanja što točnijih i potpunijih podataka.

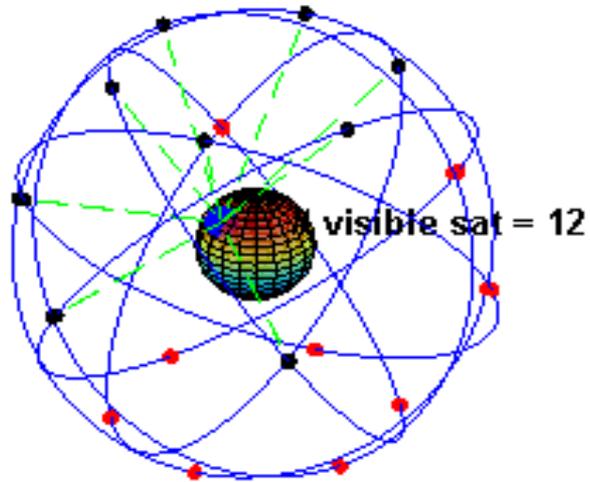
Definicija satelitske geodezije

Sigl (1984):

- *"Satelitska geodezija obuhvaća sva nastojanja koja imaju za cilj, na temelju što točnijeg opažanja umjetnih satelita (i to pretežito bližih satelita), izvesti kako oblik tako i parametre polja sile teže Zemlje."*
- To vrijedi jednako za globalna i za lokalna razmatranja.

GPS

GLOBAL POSITIONING SYSTEM





Definicija GPS-a

- Wooden (1985):

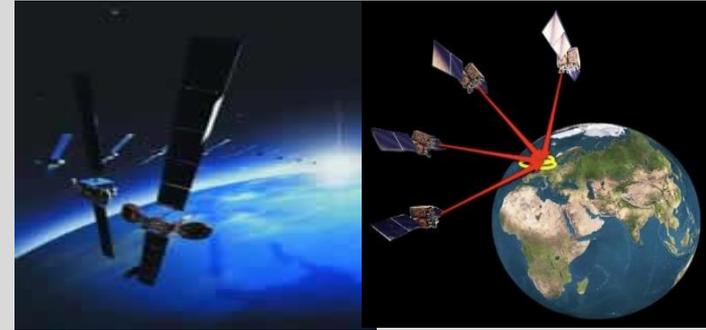
“NAVSTAR GPS je satelitski navigacijski sustav za svako vrijeme, razvijen od Ministarstva obrane SAD (DoD), s osnovnim ciljem da zadovolji potrebama vojnih snaga za točno određenom pozicijom, brzinom i vremenom u nekom zajedničkom koordinatnom sustavu, i to neprekidno, bilo gdje, na ili u blizini Zemlje”

- Primarni cilj GPS-a je primjena u vojne svrhe
- Američki kongres dozvolio i civilnu upotrebu

Koncept GPS-a

- Tri osnovna segmenta:

a) Svemirski – prostorni
(sateliti koji odašilju signale)



b) Kontrolni – (upravljanje cijelim sustavom)

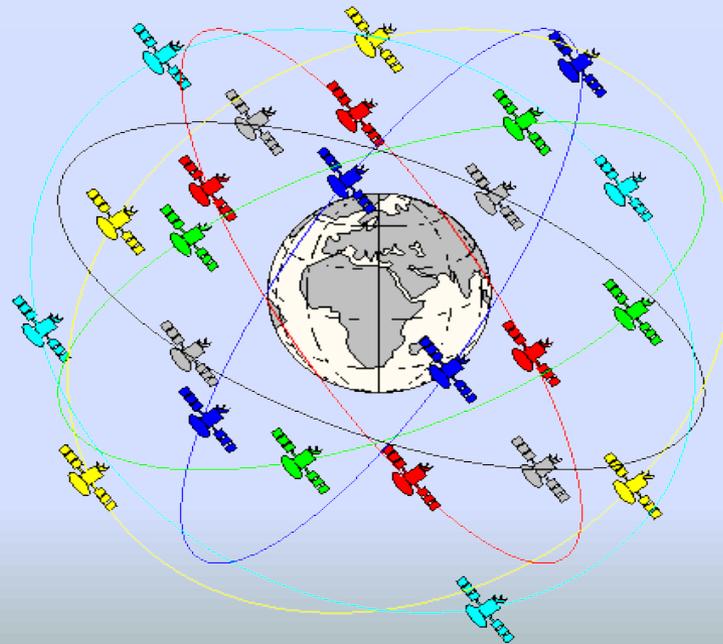


c) Korisnički – (različiti tipovi prijamnika...)



Svemirski segment

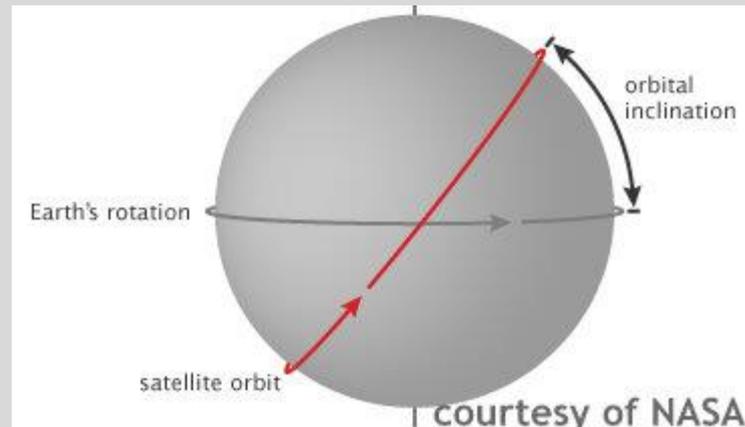
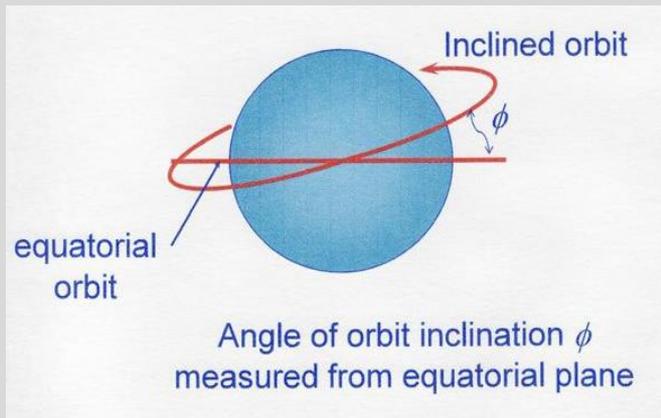
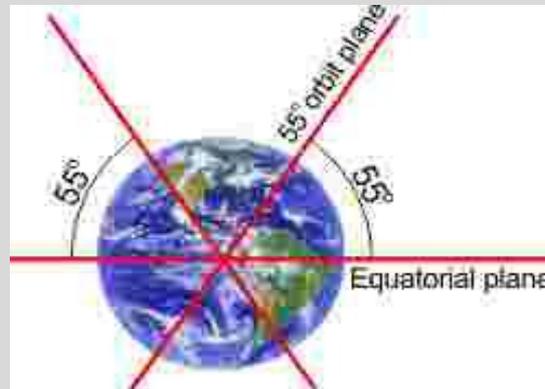
- Sustav se sastoji od minimalno 24 satelita u orbiti
- Sateliti kruže na visini od oko 20200 km iznad Zemlje
- Raspoređeni u 6 orbitalnih ravnina (4 satelita u svakoj ravnini)



Svemirski segment

NAGIB GPS ORBITA (PUTANJA)

- Inklinacija orbita iznosi 55°
- Period rotacije satelita je $\frac{1}{2}$ zvjezdanog dana (12h 4 min)



Svemirski segment_SATELITI

- osnovni zadatak: odašiljanje radio signala pomoću kojih se mjere udaljenosti
- dijelovi satelita: radio odašiljač, atomski satovi, računalo, dva solarna panela, propulzivni motori...
- Kategorije satelita:
 - 1978-85: Blok I
 - 1989-90: Blok II
 - 1990-97: Blok IIA
 - 1997-05: Blok IIR
 - 2005: Blok IIR-M
 - 2008: Blok IIF
 - 2013/14: Blok III





Svemirski segment

- Satelit odašilje noseći val
- Karakteristike odaslanih signala precizno kontrolirane od strane atomskih satova
- Stabilnost satova dostiže 10^{-14} sekundi tijekom jednog dana
- Iz temeljne frekvencije izvedena su dva noseća signala koji imaju dvije različite frekvencije L1 i L2 (izbor frekvencija nije slučajan!!)
- Na noseće valove modulirani su različiti kodovi, tzv. PRN kodovi (C/A, P) sa svrhom mjerenja udaljenosti iz mjerenja vremena puta signala

Kontrolni segment

- Glavna zadaća: praćenje satelita u svrhu određivanja orbita i vremena, sinhronizacija vremena satelita, odašiljanje poruka satelitima
- Obuhvaća:
 - a) Glavna kontrolna stanica
 - b) Opažačke stanice
 - c) Zemaljske kontrolne stanice

Kontrolni segment

- Glavna kontrolna stanica: Colorado Springs Falcon, Colorado (Združeni centar zračnih operacija)
- Sakuplja podatke s opažачkih stanica o praćenju satelita
- Računa putanje (orbite) satelita i parametre satova
- Prosljeđuje podatke zemaljskim stanicama radi slanja prema satelitima
- Kontrola satelita i kompletna operacionalizacija sustava

Kontrolni segment



- Opažačke stanice:

5 stanica u blizini ekvatora:

Ascension, Diego Garcia, Hawai, Kwajalein, Colorado Springs

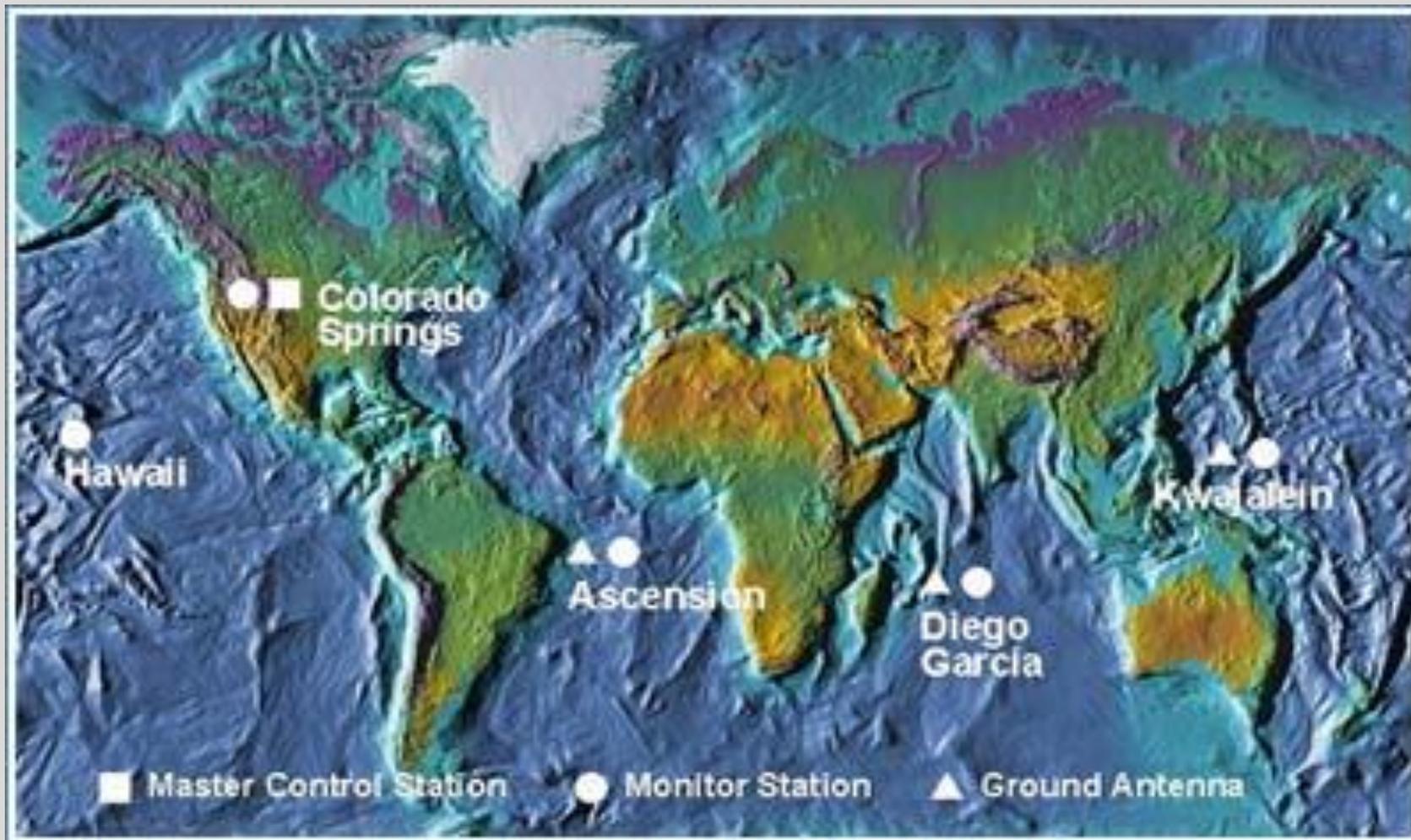
- Opremljene atomskim satovima, neprekidno mjere udaljenosti do svih satelita na horizontu svakih 1,5 sekundi, te filtriraju podatke i šalju ih glavnoj kontrolnoj stanici

Kontrolni segment

- Zemaljske kontrolne stanice:
- 3 stanice: Ascension, Diego Garcia, Kwajalein
- Osnovna zadaća je komunikacija i odašiljanje poruka satelitima,
- popuna satelita informacijama jednom dnevno (informacije o efemeridama i o satovima satelita sračunatim u glavnoj kontrolnoj stanici)
- Opremljene velikim antenama za odašiljanje poruka satelitima



- **Efemeride (Ephemeris)** = Popis točnih pozicija satelita, prikazan kao funkcija vremena



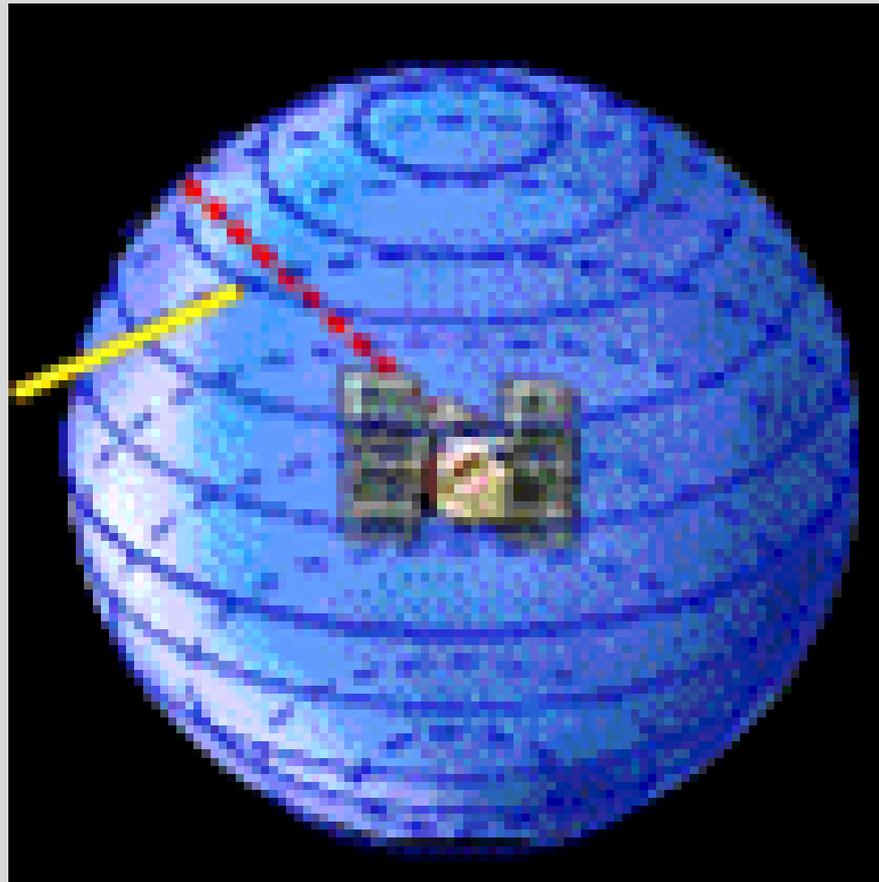
Korisnički segment

- GPS prijamnici, GPS mreže, GPS servisi
- Kategorije korisnika (prijamnika):
 - Vojni korisnici (autorizirani)
 - Civilni korisnici (neautorizirani)
- Vrste prijamnika:
 - Koji registriraju C/A kod
 - Koji registriraju C/A kod i L1 noseći val
 - Koji registriraju P kod i oba noseća vala

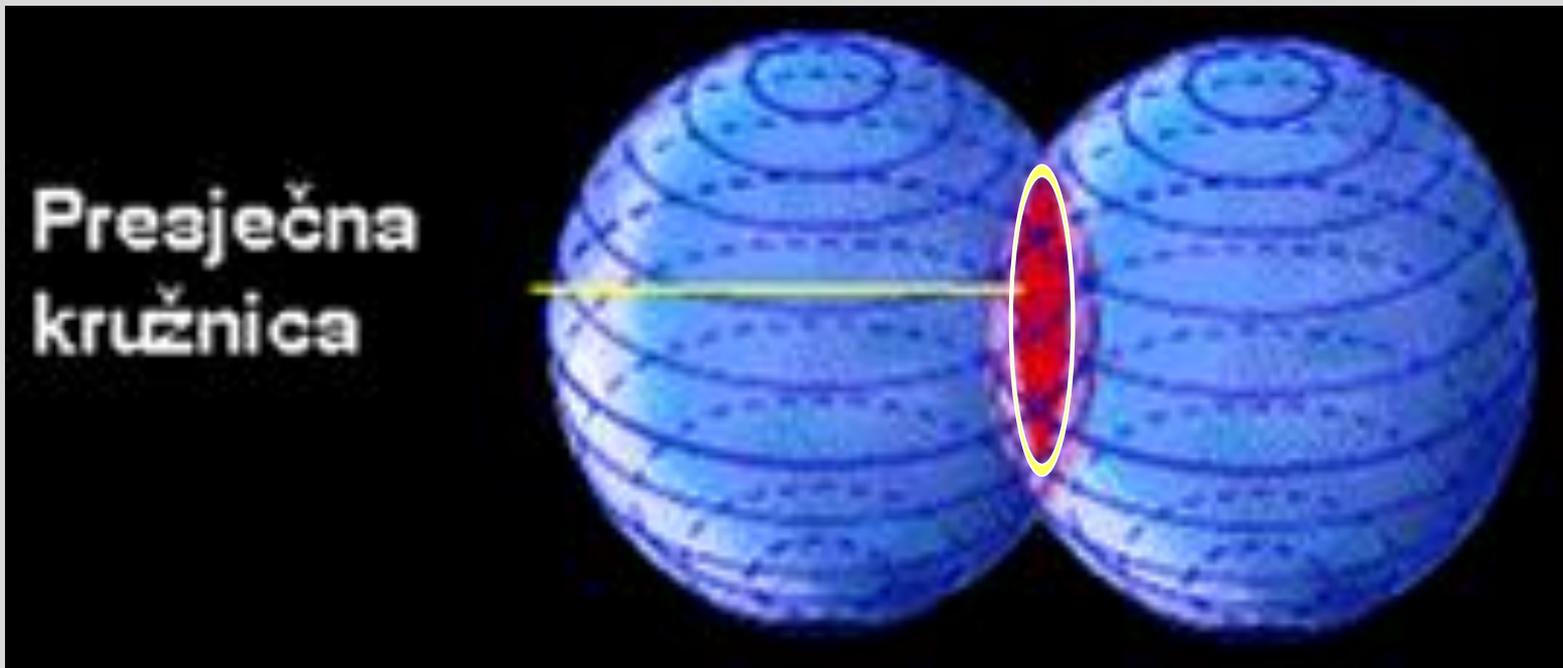
Osnovni princip rada

- GPS mjerenja zasnovana su na „konceptu jednostrukog puta signala” uz primjenu dva sata, jednog na satelitu i drugog u prijamniku
- Mjerena udaljenost dobije se iz mjerenja vremena ili faznih razlika na temelju usporedbe između primljenog signala i u prijamniku generiranog signala.
- Vremenski interval potreban da signal odaslan sa satelita stigne do prijamnika određuje se iz razlike očitavanja sata na satelitu i u prijamniku.
- Pomnožimo taj vremenski interval s brzinom svjetlosti dobijemo traženu udaljenost.

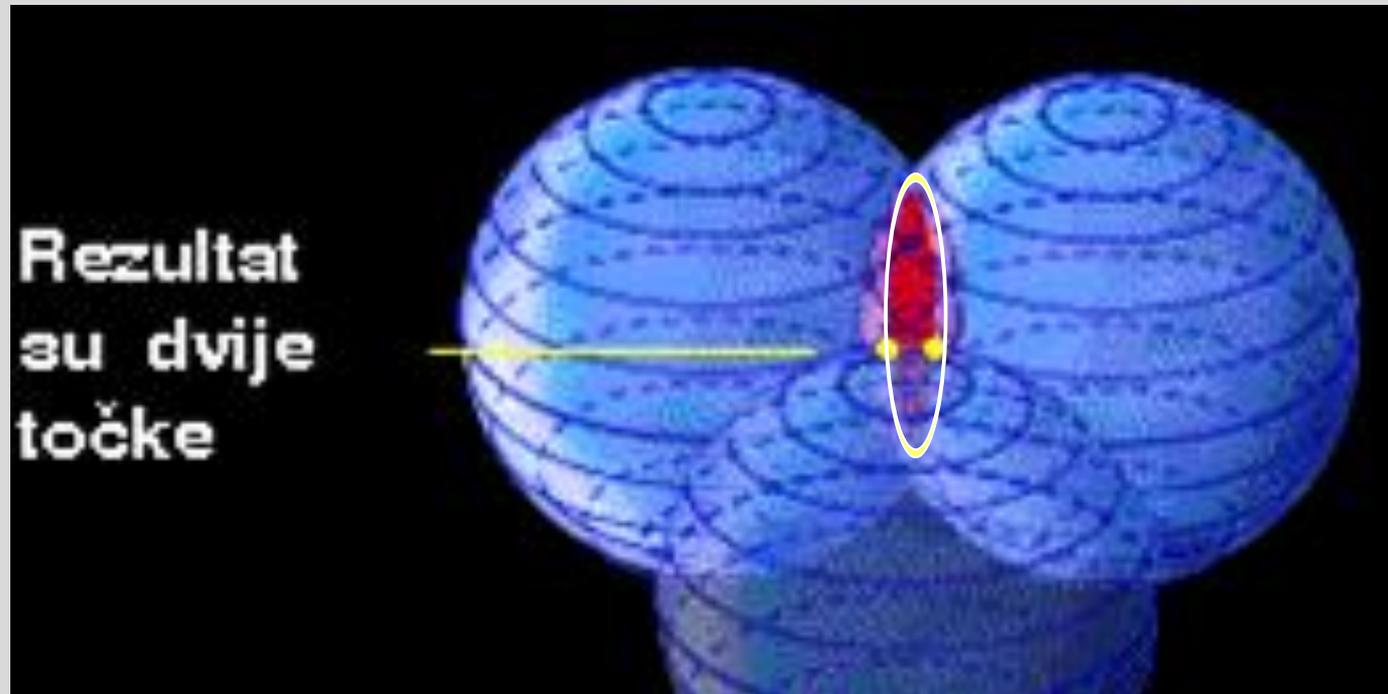
- Ako znamo udaljenost od jednog satelita (npr. 21000 km), naš položaj je negdje na obodu ove zamišljene sfere radijusa $r=21000$ km



- Ako znamo i da udaljenost do drugog satelita (npr. 22000 km), postoji samo jedna kružnica u svemiru udaljena 21000 km od jednog i 22000 km od drugog satelita
- Naš položaj je negdje na ovoj presječnoj kružnici



- Ako u isto vrijeme znamo i udaljenost do trećeg satelita, naš položaj može biti na samo dva mjesta u svemiru.
- Jedno od ta dva mjesta nije na Zemlji.



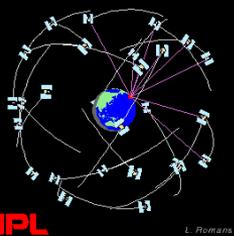
- Teoretski, tri su mjerenja dovoljna za određivanje položaja točaka na Zemlji.
- Kako mi određujemo 3 nepoznanice (X,Y,Z), potrebno je istovremeno pratiti najmanje 3 satelita čiju poziciju znamo u svakom trenutku.



- Svjetlost putuje brzinom 299792,458 km/s.
- Ako su satelit i prijamnik neusklađeni za 0,01 sekundu, može se pogriješiti u određivanju položaja za oko 3000 km.
- Pogrešku sata uređaja uključujemo kao četvrtu nepoznanicu koju moramo odrediti.
- Mjerenjem duljine (opažanje) do najmanje **4 satelita istovremeno** možemo odrediti položaj.
- Dakle, četvrto mjerenje ispravlja netočnost sata (možemo koristiti manje točne satove u uređajima).



2. Korak: Mjerenje udaljenosti do satelita



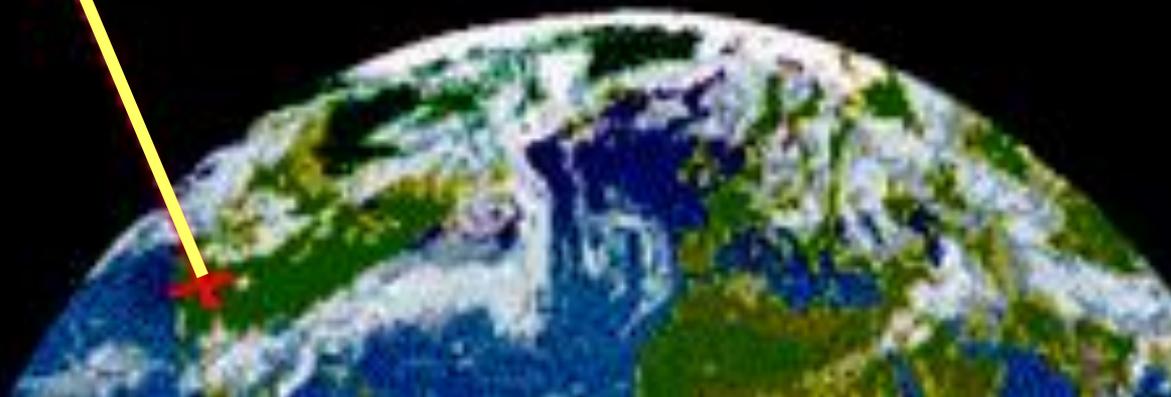
- Satelit odašilje radio signal prema prijammniku.

$$\underline{s = v t}$$

s – prijeđeni put

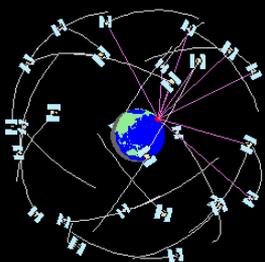
v – brzina

t – vrijeme



- Mjerenjem vremena dobije se udaljenost.

Kako izmjeriti vrijeme?



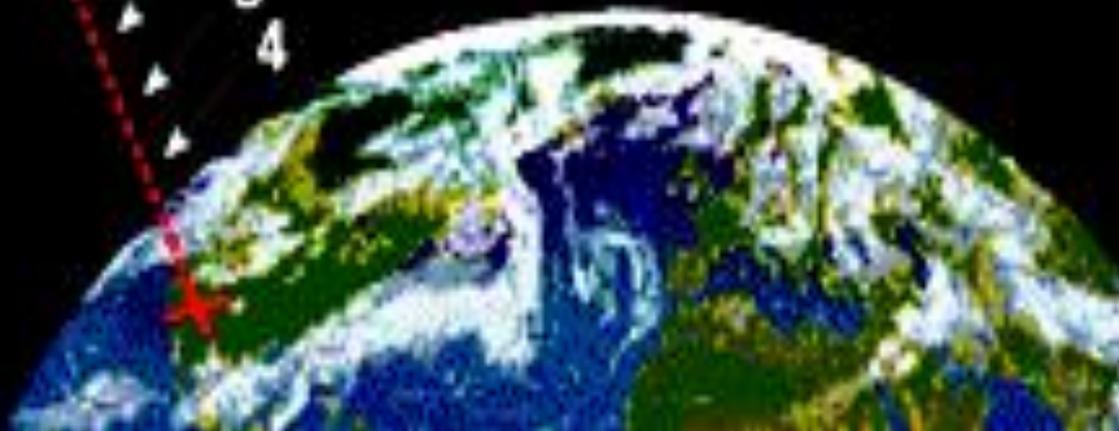
JPL

L. Romans

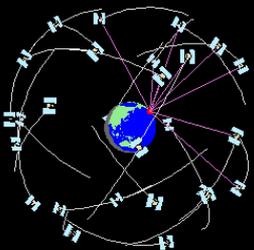
- Svjetlost putuje brzinom 299792,458km/sek.
- Najkraće vrijeme putovanja signala je 0,06 sekundi.
- Ako su satelit i prijamnik neusklađeni za 0,01 sekundu, može se pogriješiti u određivanju položaja za oko 3000 km.
- Za mjerenje vremena koriste se precizni kronometri.



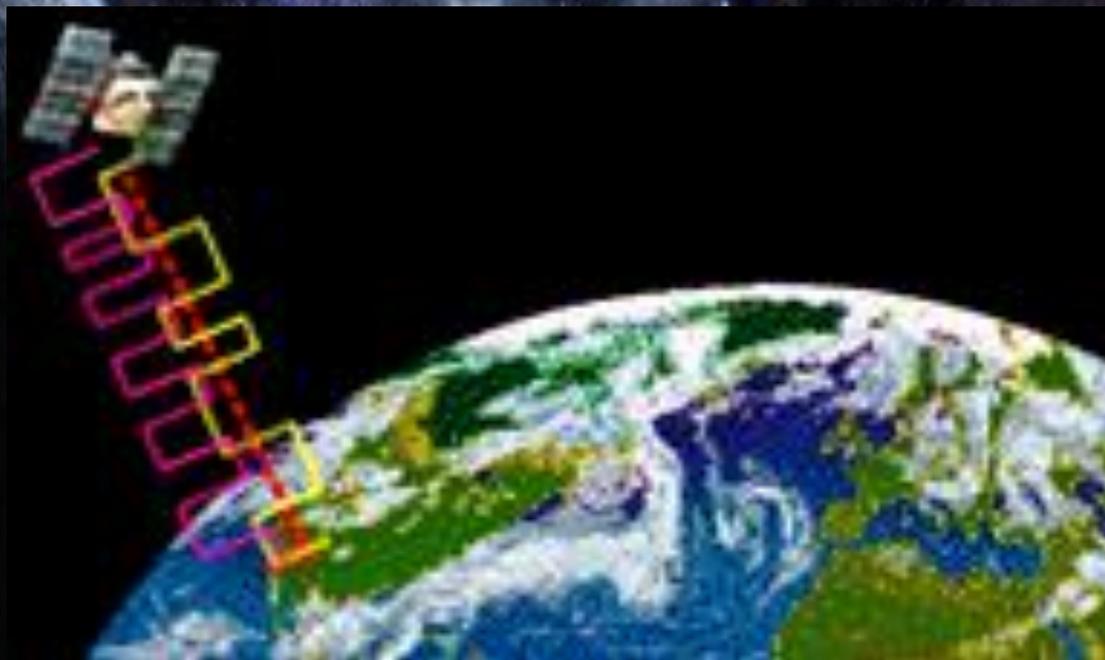
1
2
3
4

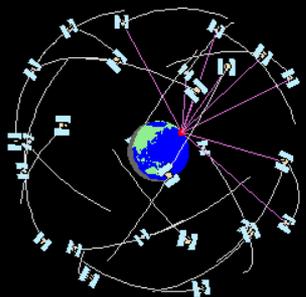


Trik u mjerenju vremena: Odrediti točno vrijeme kada je signal odaslan sa satelita



- Satelit i prijamnik usklađeni su tako da, **u isto vrijeme,** odašilju vrlo komplicirani set **istih** digitalnih kodova tzv. **pseudoslučajni kod**

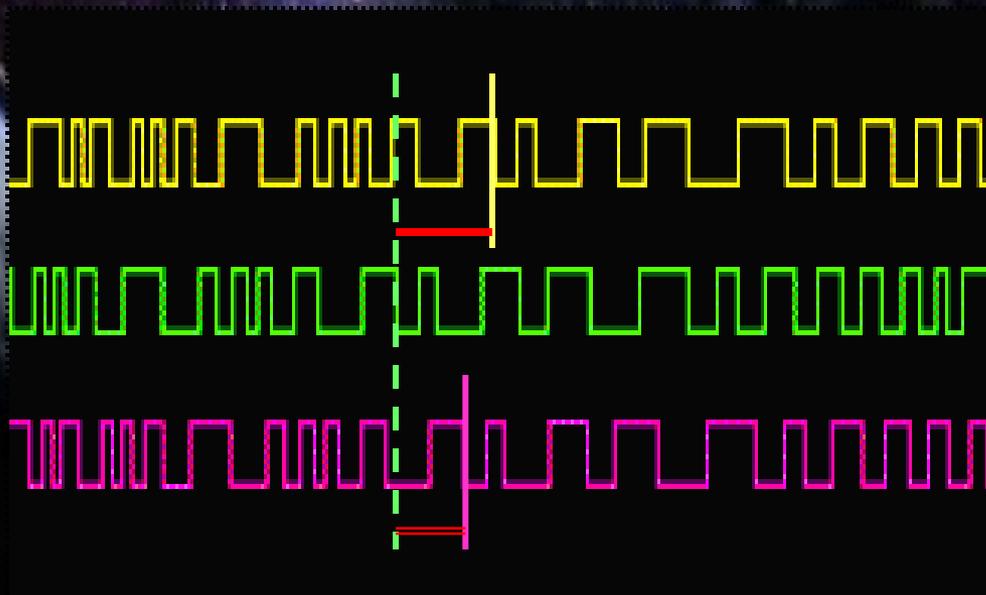


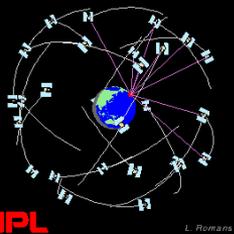


JPL

L. Romans

- **Pseudoslučajni kodovi se međusobno uspoređuju, a njihova razlika predstavlja vrijeme putovanja signala.**



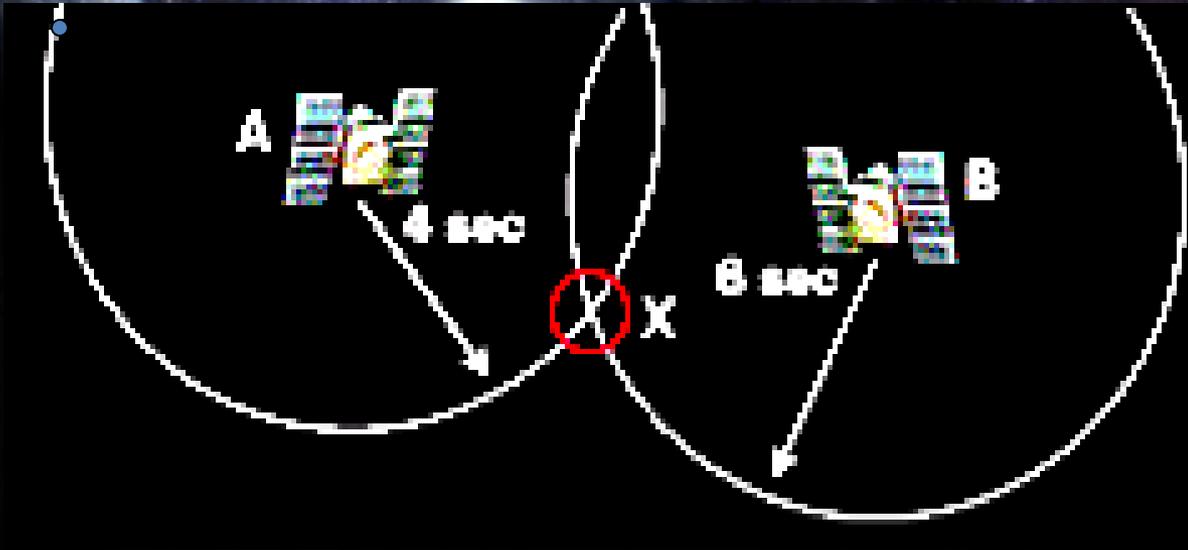


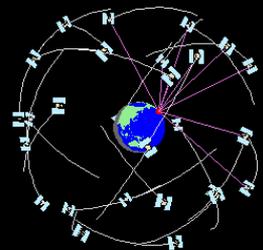
3. Korak: Određivanje točnog vremena

- **Geometrija kao spas:**

Primjer je plošni jer za bolji prikaz 'smanjujemo' jednu dimenziju.

- Ako smo **vremenski** udaljeni 4 sekunde od satelita **A** i 6 sekundi od satelita **B**, nalazimo se na mjestu označenom **X** (kada satovi rade **perfektno**)



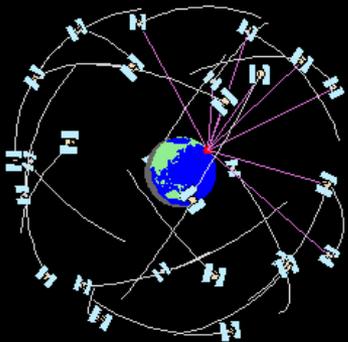


JPL

L. Romans

- Sat u prijemniku žuri za jednu sekundu, pa za rezultat dobijemo mjesto označeno **XX**, što je netočno.
- Geometrija opet pomaže: dodajmo još jedno mjerenje

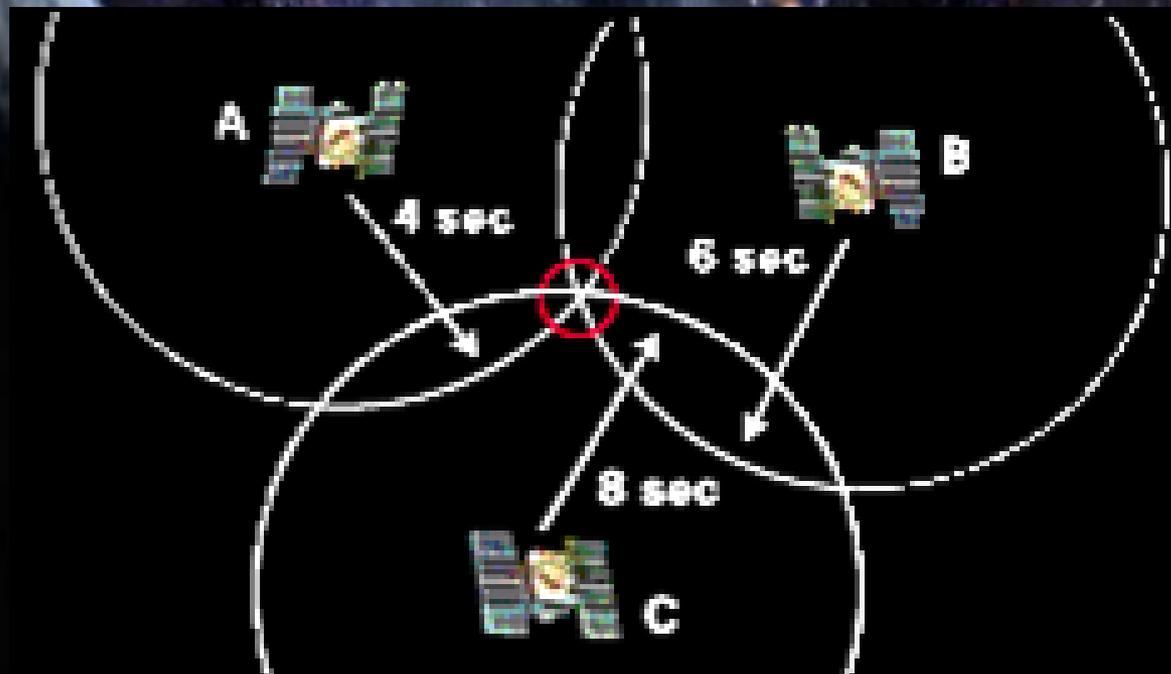


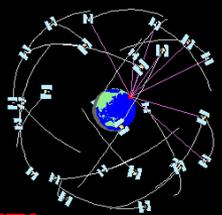


JPL

L. Romans

- Ako je i satelit C udaljen 8 sekundi od naše prave pozicije, nalazimo se na presjeku ovih kružnica kada su satovi savršeno točni.

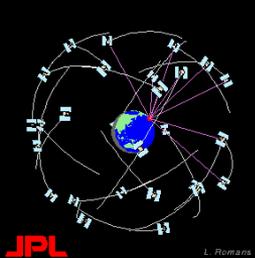




L. Romans

- Dodamo li jednu sekundu pogreške našeg prijamnika, **nema rješenja.**
- Ne postoji mjesto u svemiru koje je 5 sekundi udaljeno od satelita A, 7sekundi od B i 9 sekundi od satelita C.
- Računalo određuje vremenski pomak

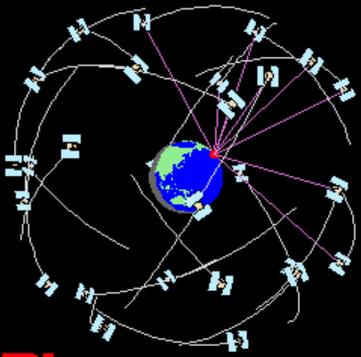




Četvrto mjerenje eliminira pogrešku sata

- Gledajući prostorno, potrebna su 4 satelita za određivanje položaja.
- Dodatno mjerenje ispravlja netočnost sata u prijatelju.





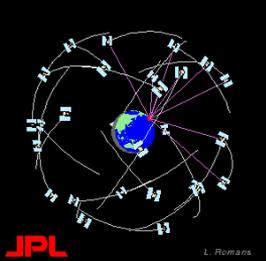
L. Romans

4. Korak Gdje se satelit nalazi?

JPL

- Sateliti kruže po točno određenom programu u vrlo preciznim orbitama, tzv. **efemeridama**.

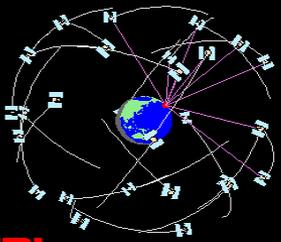




Satelite se neprekidno promatra

- Orbite satelita su vrlo precizne jer su iznad zemljine atmosfere.
- Promatračke stanice neprekidno prate GPS satelite i ispravljaju eventualna skretanja.

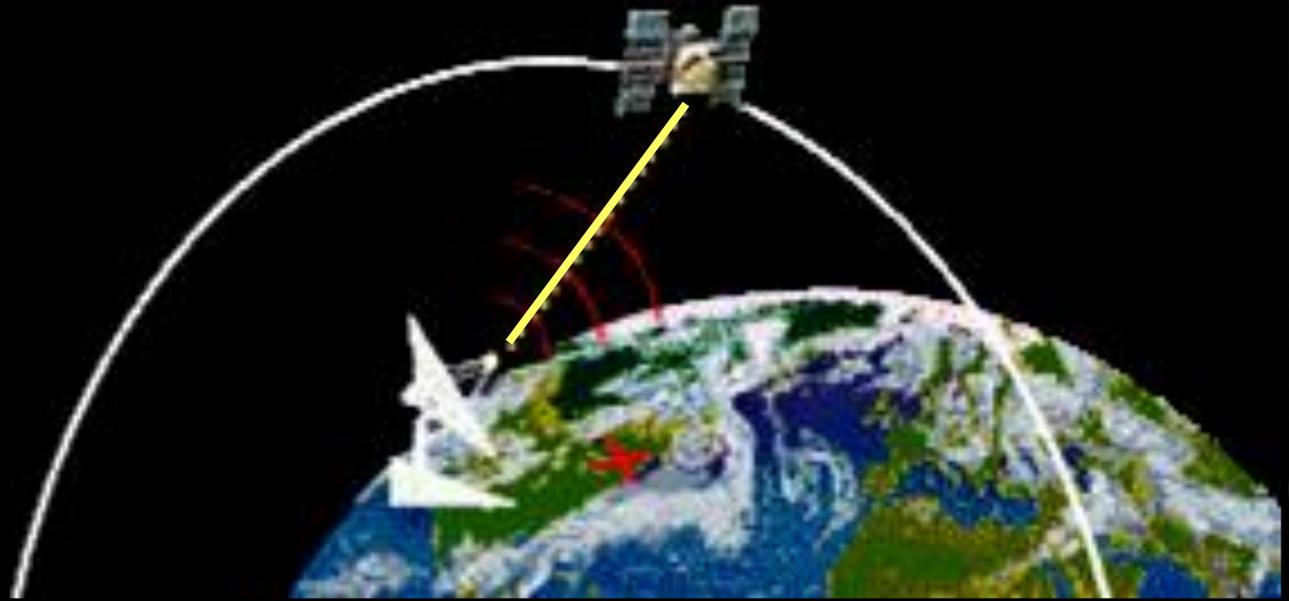


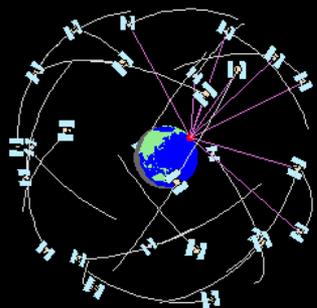


JPL

L. Romans

- Male pogreške putanje zovu se **efemerne pogreške**.
- Ove pogreške šalju se natrag u satelit, gdje se vrše pozicione i vremenske korekcije putanje.

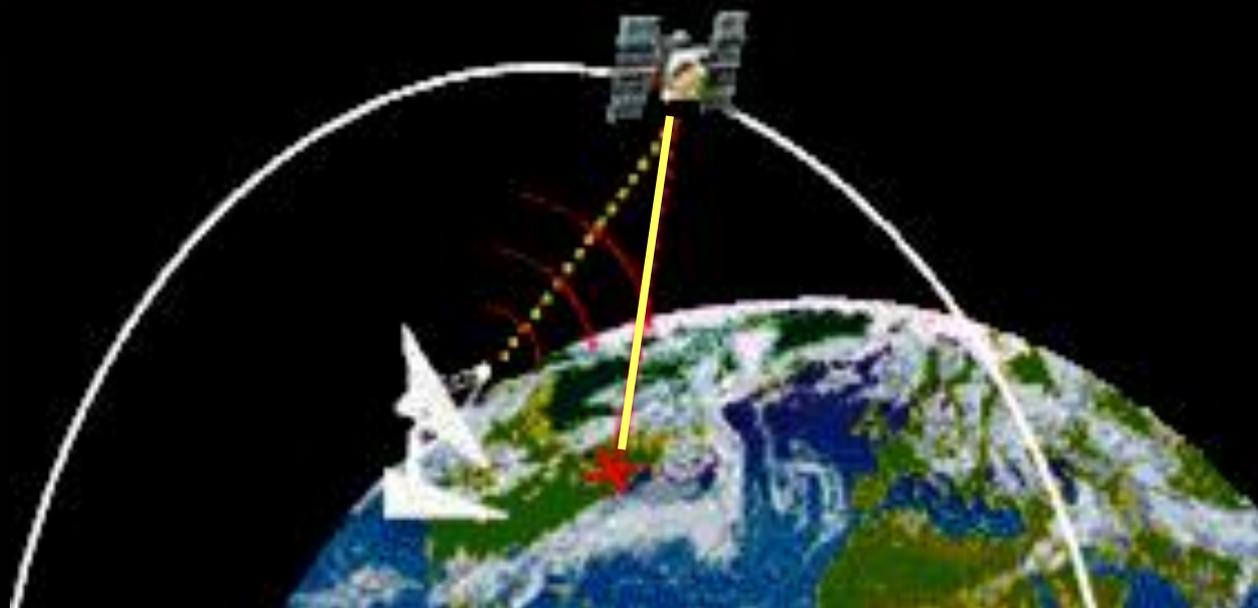


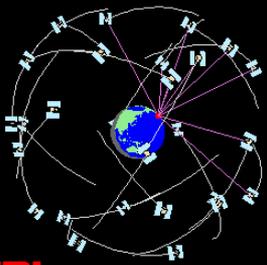


JPL

L. Romans

- Korekcije svoje putanje GPS sateliti šalju do prijamnika zajedno s vremenskim kodom.





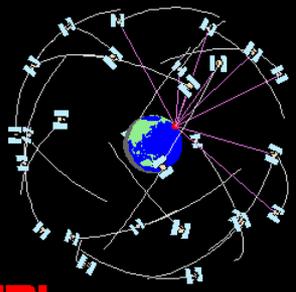
JPL

L. Romans

5. Korak Izvori pogrešaka

- Prolazom kroz pojas električno nabijenih čestica (ionosfera), brzina radio signala se neznatno uspori.
- To ometa mjerenje dužine.
- Nešto manju pogrešku čini prolaz radiosignala kroz troposferu.





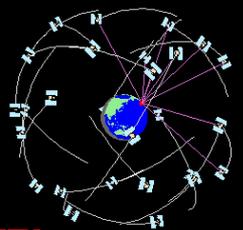
JPL

L. Romans

Višestruke refleksije (Multipath)

- Ovo je znatna pogreška nastala višestrukim odbijanjem signala prije nego što dođe do prijamnika (kao kada se vidi dupla slika na TV-u).

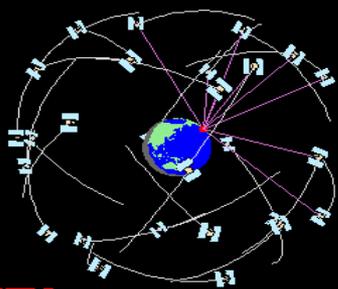




Pogreške znače netočnost

- GPS prijamnici uzimaju u obzir najpovoljniji geometrijski presjek satelita i korisnika, tzv. **GDOP**.
- Dvostruke kružnice predstavljaju nesigurnost rezultata i zato njihov presjek nije točka nego četverokut.



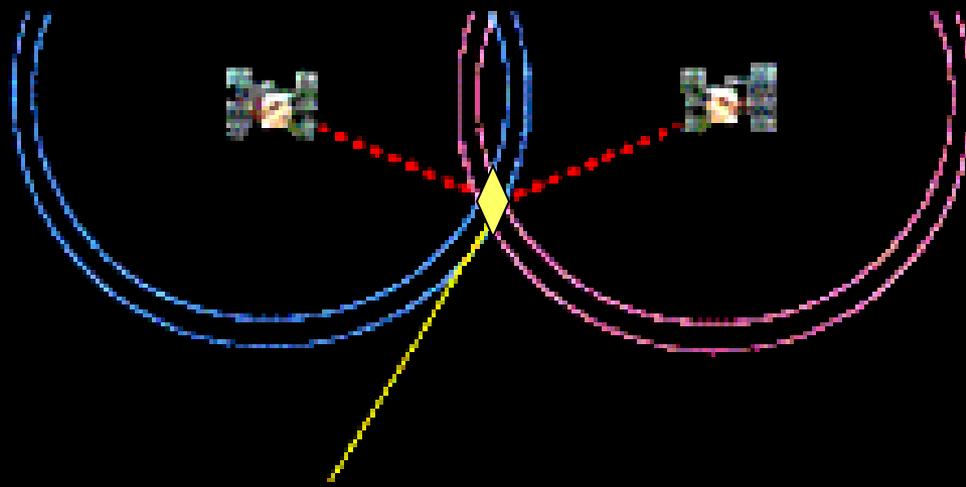


JPL

L. Romans

- Što je četverokut manji, veća je sigurnost rezultata.
- Što je veći kut između satelita, veća je i točnost mjerenja.

Neki kutovi su bolji od drugih



Nalazimo se negdje u ovom prostoru

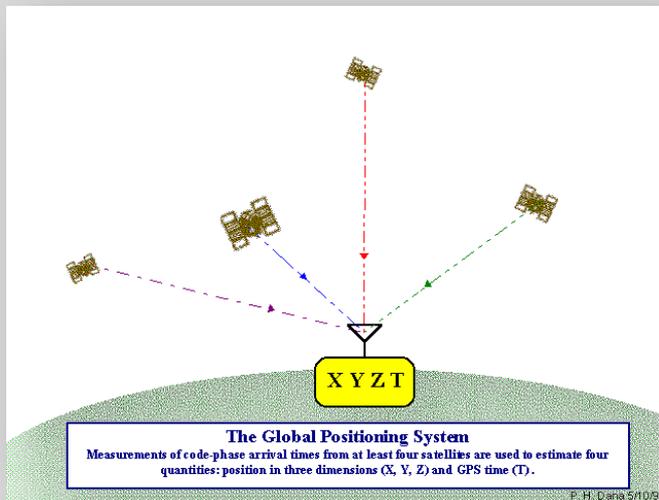
TEHNIKE OPAŽANJA GPS-om

- Apsolutno pozicioniranje
- Diferencijalni GPS
- Relativno pozicioniranje

TEHNIKE OPAŽANJA GPS-om

❖ Apsolutno pozicioniranje

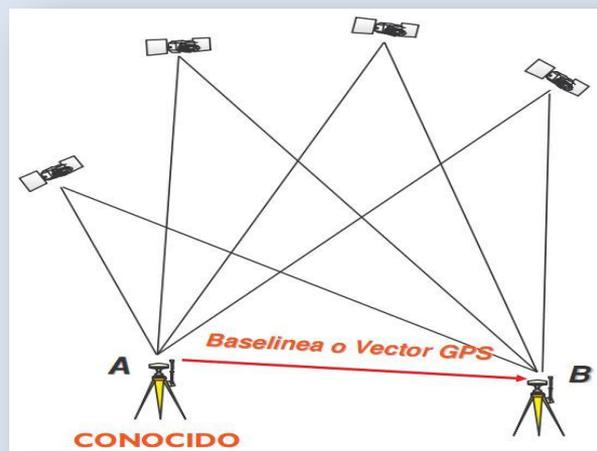
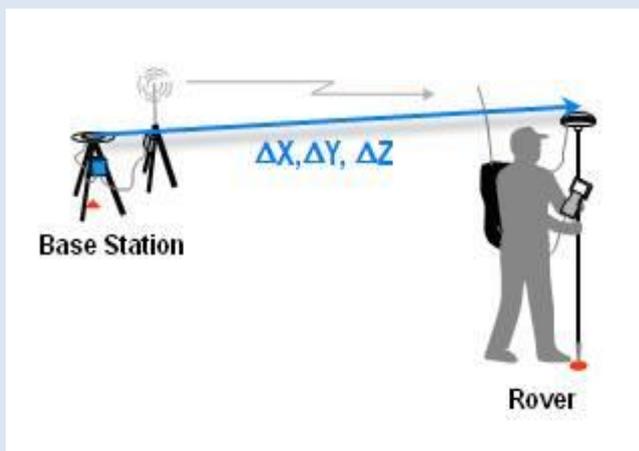
- Koristimo jedan prijemnik
- GPS pruža dvije razine usluga: Standard positioning service (SPS) dostupan civilnim korisnicima, te Precise Positioning Service (PPS) za autorizirane
- Uz korištenje PPS (Precise Positioning Service) horizontalna točnost pozicioniranja unutar 16m, a vertikalna unutar 23m



TEHNIKE OPAŽANJA GPS-om

❖ Diferencijalni GPS

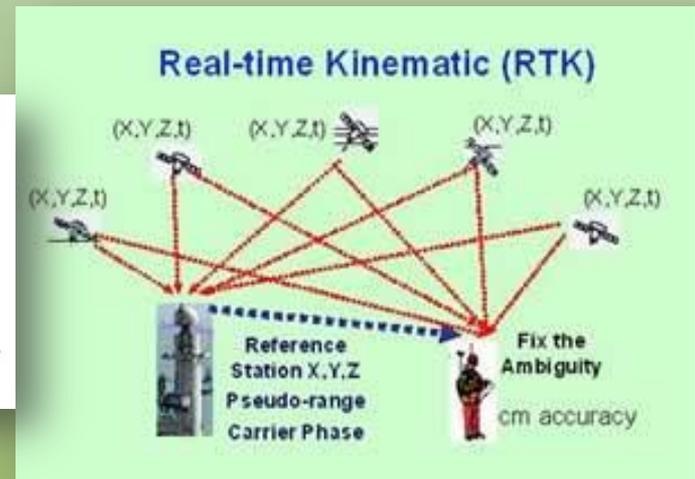
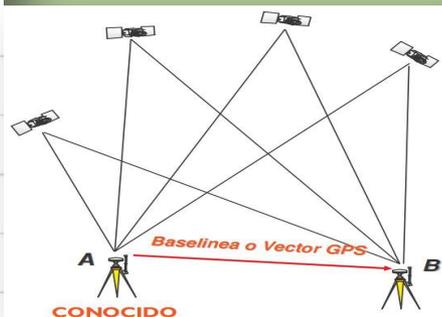
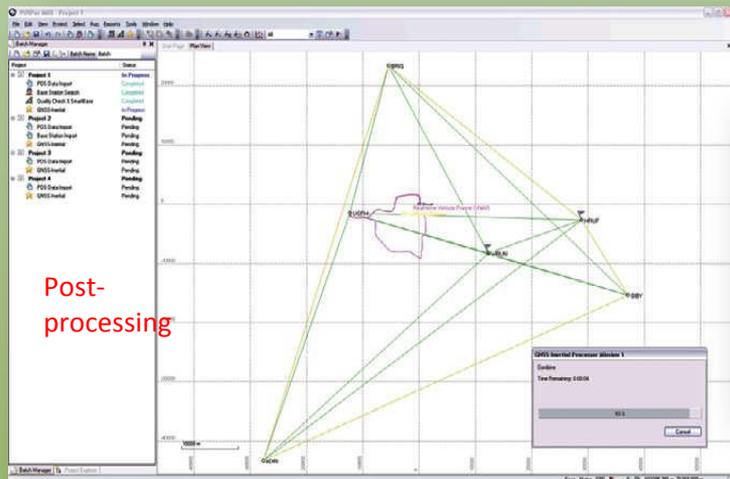
- Korištenje minimalno dva prijemnika
- Jedan je stacioniran (bazni) na poznatoj točki, a drugi najčešće u pokretu
- Opažanje istovremeno minimalno 4 ista satelita
- Bazna stanica šalje korekcije roveru nakon izračuna svoje pozicije mjerenjem pseudoudaljenosti i izračunom korekcija

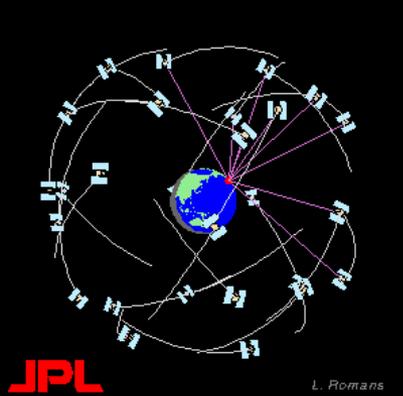


TEHNIKE OPAŽANJA GPS-om

❖ Relativno pozicioniranje

- Koristimo jedno ili dvofrekvencijske podatke faze čime se postižu najviše točnosti (cm i mm)
- Prostorni vektor (bazna linija) između dva prijemnika može se izračunati iz simultanih opažanja najmanje 4 satelita na oba prijemnika
- Obrada mjerenja izvodi se naknadno (post-processing) ili u realnom vremenu (kinematika u stvarnom vremenu –RTK)





Metode mjerenja pomoću GPS-a

- STATIKA
- BRZA STATIKA
- KINEMATIKA



(podatci mjerenja se pohranjuju u memoriji , a računalo naknadno postprocesing software-om računa koordinate)

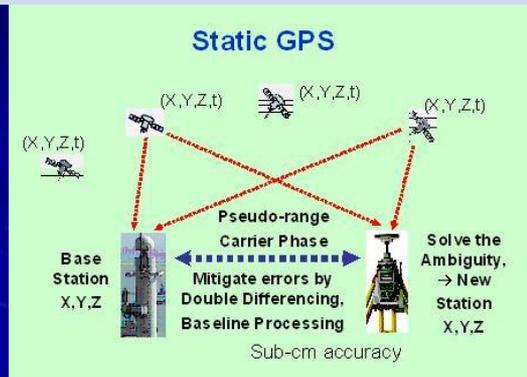
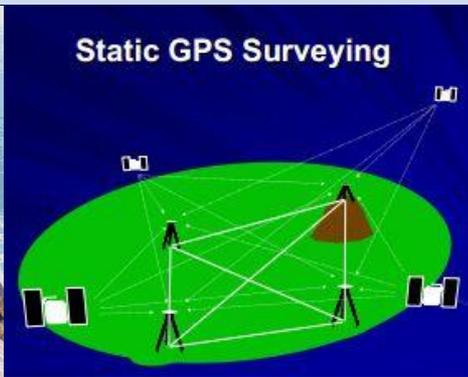
- (RTK) KINEMATIKA U REALNOM VREMENU
(koordinate se dobiju odmah na terenu)



Statička relativna metoda mjerenja



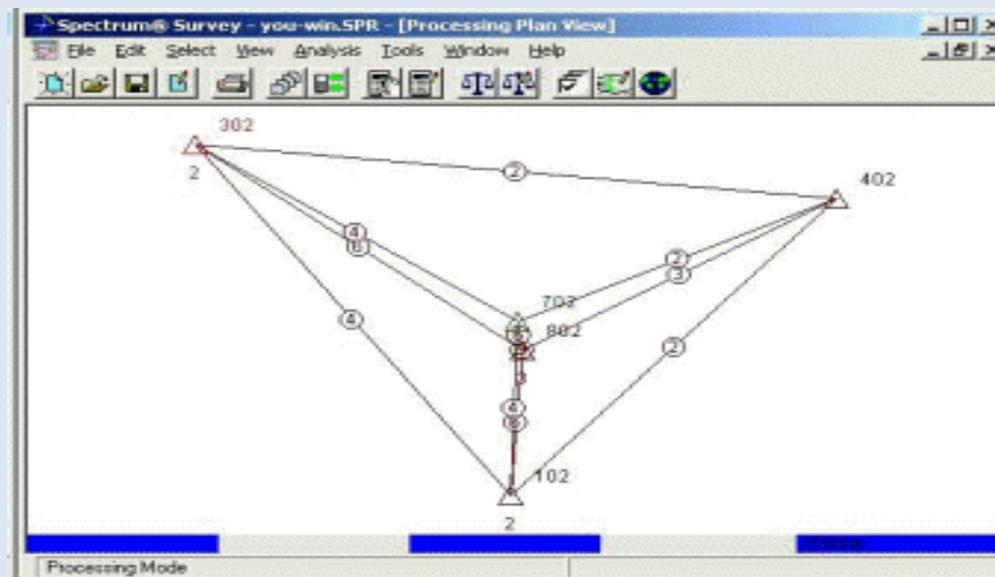
- Najpreciznija metoda mjerenja (0-20 km) $\pm 5\text{mm} + 0.5\text{ ppm}$
- Antena je fiksna na poznatoj točki. Koristeći najmanje dva uređaja, jednog na poznatoj točki i drugog na nepoznatoj točki, opažanje se provodi istovremeno, skupljajući podatke s najmanje 4 zajednička satelita.
- Zahtijeva dulje vrijeme opažanja i varira s obzirom na uvjete mjerenja i duljinu linije baze
- Vrijeme opažanja može varirati od manje od jednog sata do nekoliko sati.



Statička relativna metoda mjerenja

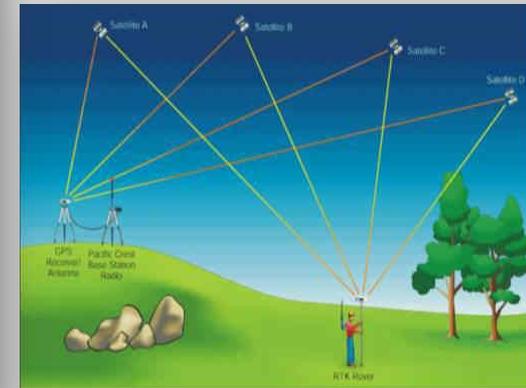
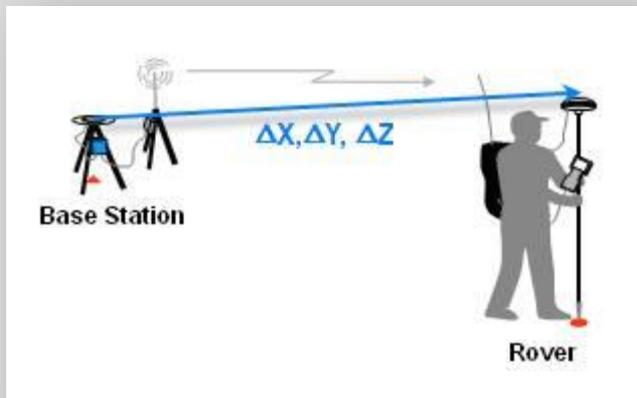
- Može se mjeriti s jedno ili dvofrekvencijskim uređajima.
- ✓ jednofrekvencijskim uređajem ograničeno na 10 km.
- ✓ dvofrekvencijski uređaj omogućuje mjerenje linijske baze preko 10 km i eliminira većinu štetnih utjecaja ionosfere.
- S post-processing softverom mogu se istovremeno analizirati opažani podaci dobiveni korištenjem raznih uređaja, a izvedena su mjerenja na više točaka istovremeno

Post-processing



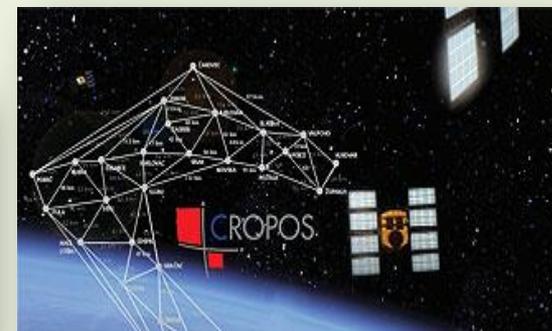
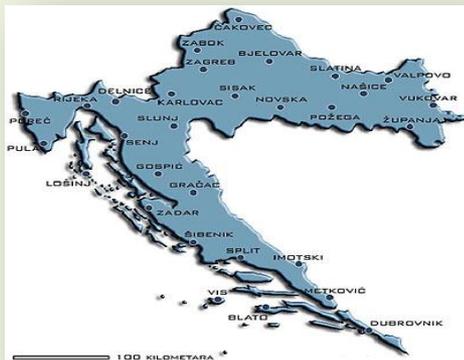
Kinematičko relativno pozicioniranje u stvarnom vremenu - RTK

- Razvijena je tehnologija obrade podataka u stvarnom vremenu
- Podaci mjerenja jednog prijemnika šalju se radio vezom do drugog u kojem software gotovo trenutno računa poziciju nepoznatog prijemnika uz upotrebu dobivenih korekcija sa bazne stanice



Kinematičko relativno pozicioniranje u stvarnom vremenu - RTK

- Glavni ograničavajući faktor masovne primjene RTK bila je činjenica da se prijemnik u pokretu nije mogao udaljiti više od 20 km od referentnog prijemnika
- Ovo ograničenje je prevladano razvojem mreža (CROPOS) permanentnih GPS stanica diljem RH koje šalju korekcije putem Virtualnih referentnih stanica te time mogućnost korištenja RTK i na udaljenostima do 50 km od bazne stanice



Brzo statičko mjerenje

- Brzo statičko mjerenje uglavnom je isto kao i statičko mjerenje, osim što se opažanje može obaviti u kraćem vremenu, ali zahtijeva GPS dvofrekvencijske uređaje.
- Općenito, brzo statičko mjerenje koristi se za vektore duljine 15 km-25 km, vrijeme opažanja između 3 i 10 minuta, a intervali primanja podataka variraju između 1 i 5 sekundi.
- Zahvaljujući kraćem vremenu opažanja, rad je ubrzan.
- S druge strane, količina dobivenih opaženih podataka je manja pa je točnost i pouzdanost podataka nešto manja nego kod statičkog mjerenja.
- Da bi se povećala točnost opaženih podataka, koristi se softver za planiranje vremena opažanja koji će potvrditi broj satelita i dobar vremenski period za opažanje.

Kinematičko mjerenje

- S kinematičkim mjerenjem, referentna stanica (bazni uređaj) provodi statičko mjerenje kao s metodama statičkog mjerenja, međutim rover skuplja podatke mjerenja dok je u pokretu.
- Postoje dva tipa kinematičkog mjerenja: Stop and go i kontinuirano. Kao kod statičkog mjerenja, kinematičko mjerenje zahtijeva primanje signala najmanje dvaju uređaja s četiri ili više satelita. Jedan od uređaja koristi se kao referentna stanica (baza).
- Kao kod statičkog mjerenja, stanica provodi statično opažanje s fiksnom antenom.
- Drugi uređaj je pokretni rover koji provodi opažanje putem antene pričvršćene na štap. Kao i kod drugih metoda mjerenja, opažanja se mogu provoditi istovremeno koristeći više rovera i jednu referentnu stanicu.
- Sa Stop & Go kinematičkim mjerenjem rover uređaj prati vrijeme kretanja od jedne točke mjerenja do druge. Kao rezultat, putanja rovera sastoji se od izmjeničnih statičkih i kinematičkih stajališta. Rover mora neprestano pratiti satelite kako ne bi izgubio vezu sa satelitima kada se mijenja s kinematičkog na statičko opažanje i obratno.
- Sa Stop and Go mjerenjem vrijeme statičkog opažanja obično je odabrano između 10 i 60 sekundi, s tim da je potrebno prikupiti najmanje 12 mjernih epoha na stajališnoj točki. Što je dulje vrijeme statičkog opažanja, veća je preciznost dobivenih podataka.
- Kontinuirano kinematičko mjerenje je metoda neprestanog mjerenja koja se koristi za dobivanje uzastopne precizne putanje tijela koje se kreće. S tom metodom dobivaju se rezultati za svaki snimljeni interval

Mjerenje u stvarnom (realnom) vremenu (RTK)

- Mjerenje u realnom vremenu je metoda koja vraća dobivene pozicijske rezultate u stvarno vrijeme i zahtijeva terenski registrator za učitane i sačuvane rezultate mjerenja. S RTK mjerenjem, kao s post-processing kinematičkim mjerenjem, jedan uređaj služi kao referentna stanica (baza), a rover provodi opažanja koristeći antenu koja je pričvršćena na štap i kreće se prema točki opažanja. Za razliku od post-processing kinematičkog mjerenja, bazna stanica i rover povezani su pomoću radio sustava ili nekog drugog komunikacijskog sustava (npr. GSM). Sakupljanje podataka na registratoru (kontroleru) provodi se tijekom opažanja, dok se korekcije s bazne stanice prenose na rover putem radio ili GSM modema. Rover, na temelju prenesenih podataka, posjeduje opažane podatke i odmah provodi analizu linijske baze unutar uređaja i izlaznog rezultata. Da bi se provelo RTK mjerenje, uređaj mora biti inicijaliziran. Općenito, OTF inicijalizacija zahtijeva najmanje 5 satelita.

TOČNOST ODREĐIVANJA POLOŽAJA GPS-om

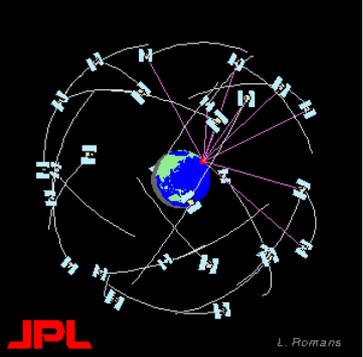
□ *Općenito ovisi o:*

- Točnosti trenutne pozicije svakog satelita sa kojeg se odašilje signal
- Točnosti mjerenja pseudoudaljenosti (prostorna udaljenost satelit – prijemnik)
- Geometriji satelita (međusobnom kutnom položaju satelita i prijemnika)



- Pogreške GPS-a nastaju zbog utjecaja atmosfere ili uređaja kojima se mjeri.
- Očekivana točnost pozicioniranja s dobrim prijamnikom je od 8 do 20 metara.
- Točnost GPS prijamnika može biti namjerno smanjena tzv. **selektivna dostupnost S/A** (Selective Availability).
- Američko Ministarstvo obrane (DoD) ima ekskluzivno pravo na S/A kod, jer je GPS prvenstveno projektiran za američke vojne potrebe. (Uredbom predsjednika Clintona S/A kod je ugašen 2.05.2000.godine)
- S/A kod sastoji se od dvije komponente: C/A (civilni kod) i P/A (vojni kod)
- Pseudoslučajnim kodom DoD kontrolira ulaz u GPS sustav.

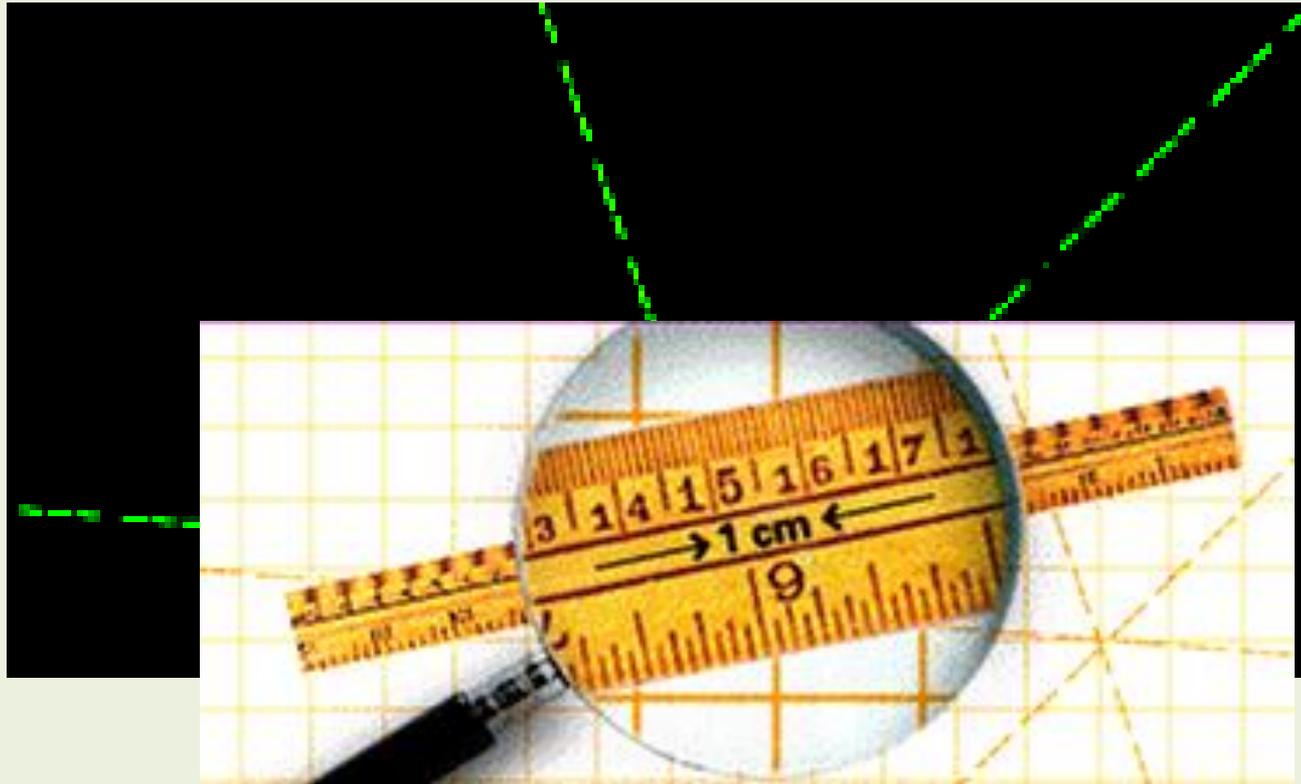


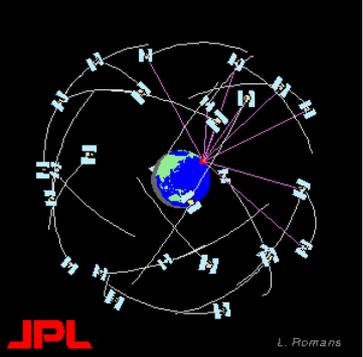


Diferencijalni GPS (DGPS)

- Diferencijalni GPS reducira većinu navedenih pogrešaka.

DGPS postiže nevjerojatnu točnost !



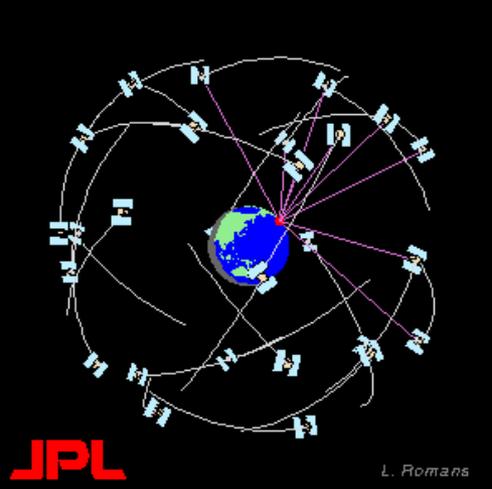


- Dok GPS pomaže
naći aerodrom



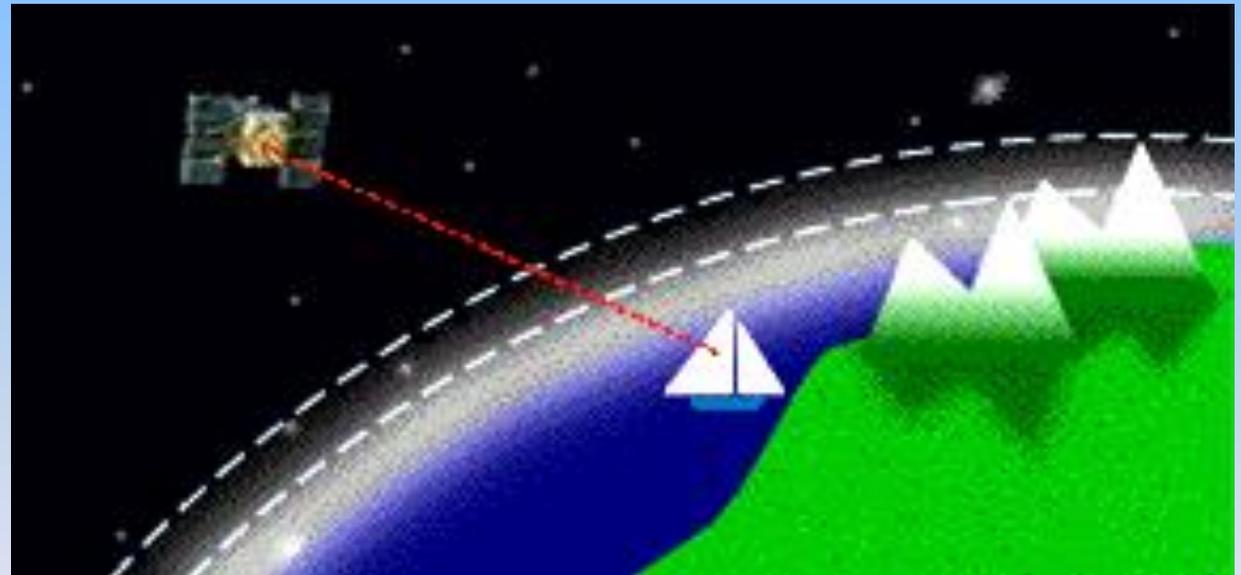
- DGPS
navodi avion
na centar piste

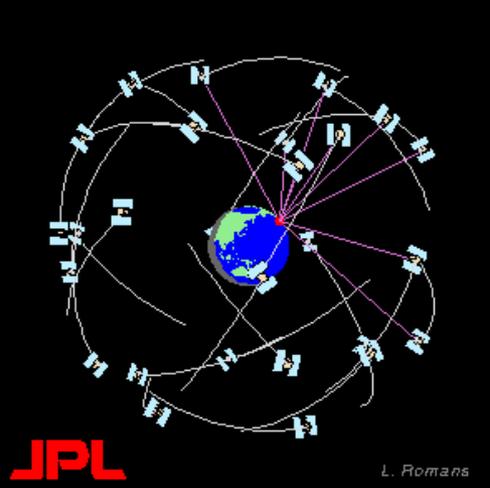




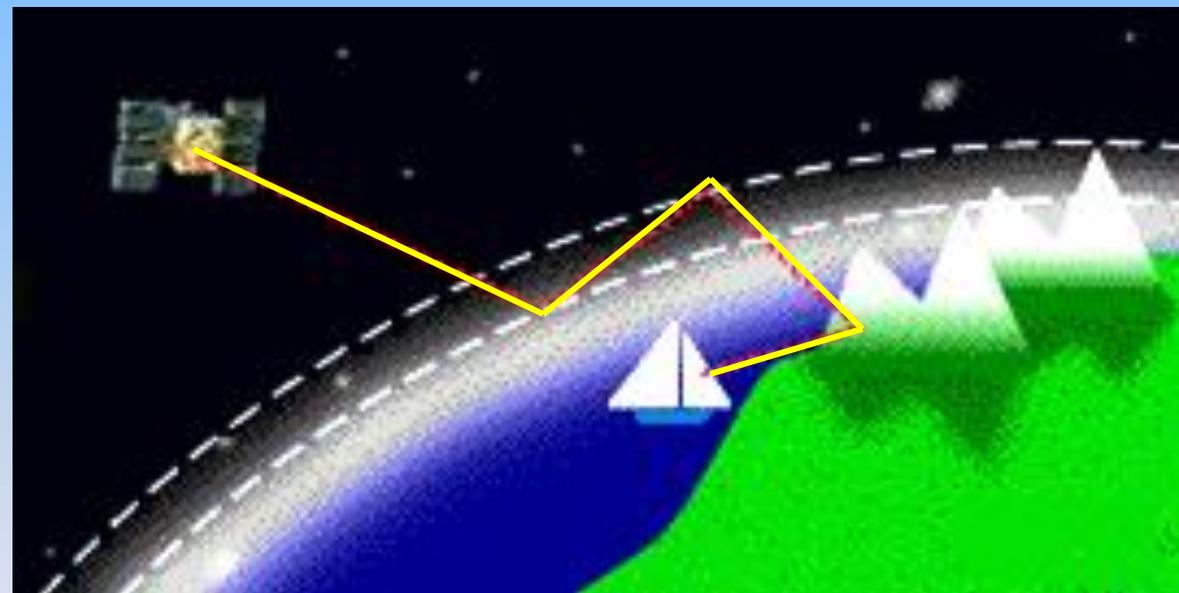
Kako radi DGPS?

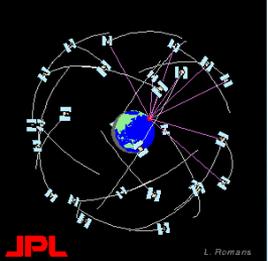
Idealno, GPS izgleda ovako



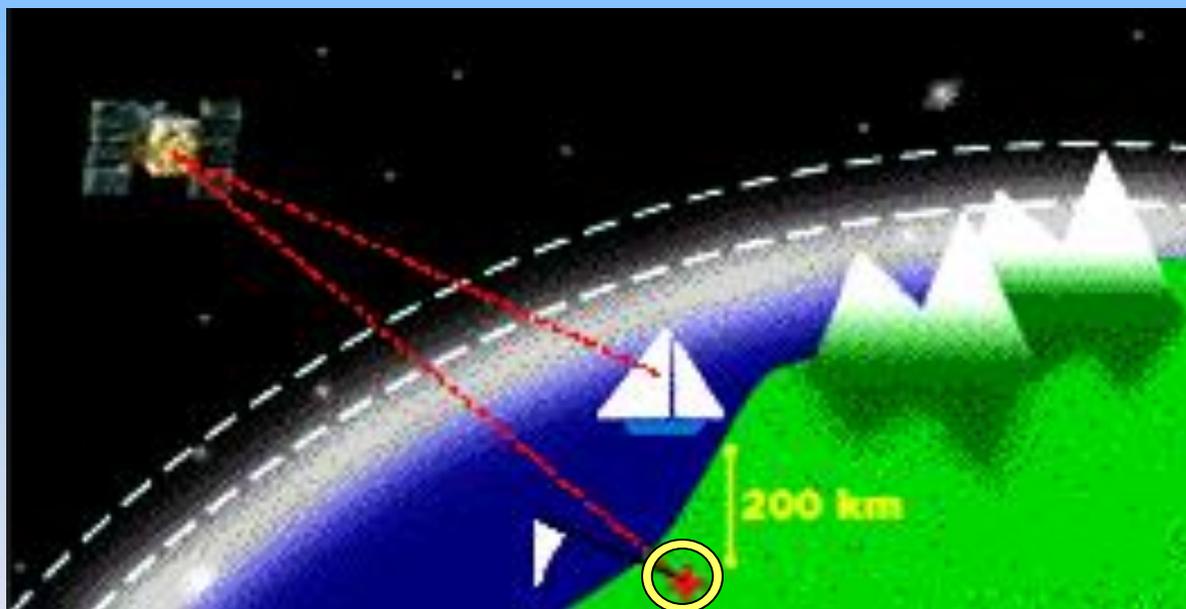


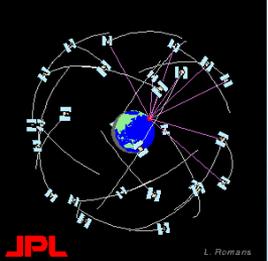
- U stvarnosti, signal putuje ovako zbog utjecaja raznih pogrešaka (mjerjenje vremena, efemerida, atmosfera, ionosfera, sat prijamnika...)





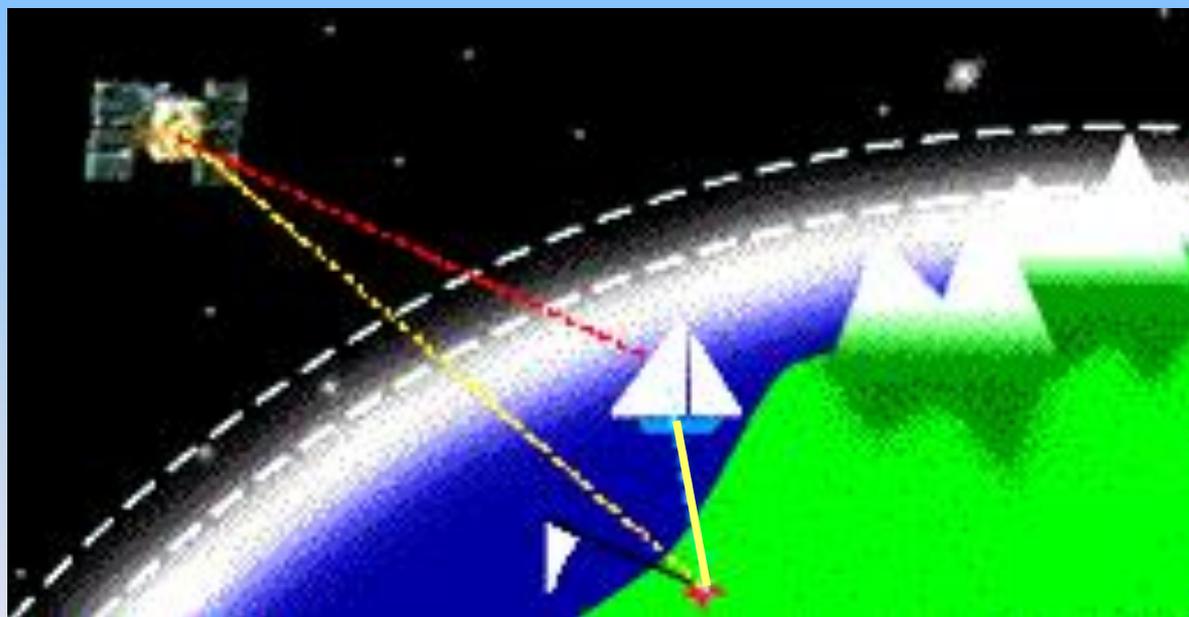
- Kada u isto vrijeme radimo s dva GPS uređaja, pogreške će jednako utjecati na njih.
- Ako je jedan prijamnik na poznatoj točki (tzv. baza), moguće je odrediti koje su sve pogreške sadržane u radiosignalu.
- S poznate (bazne) točke emitira se poruka o korekciji do drugog GPS uređaja (tzv. rovera) kome se određuju koordinate.

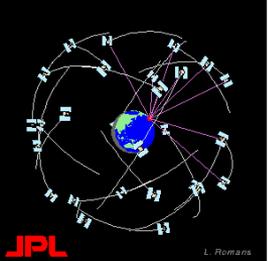




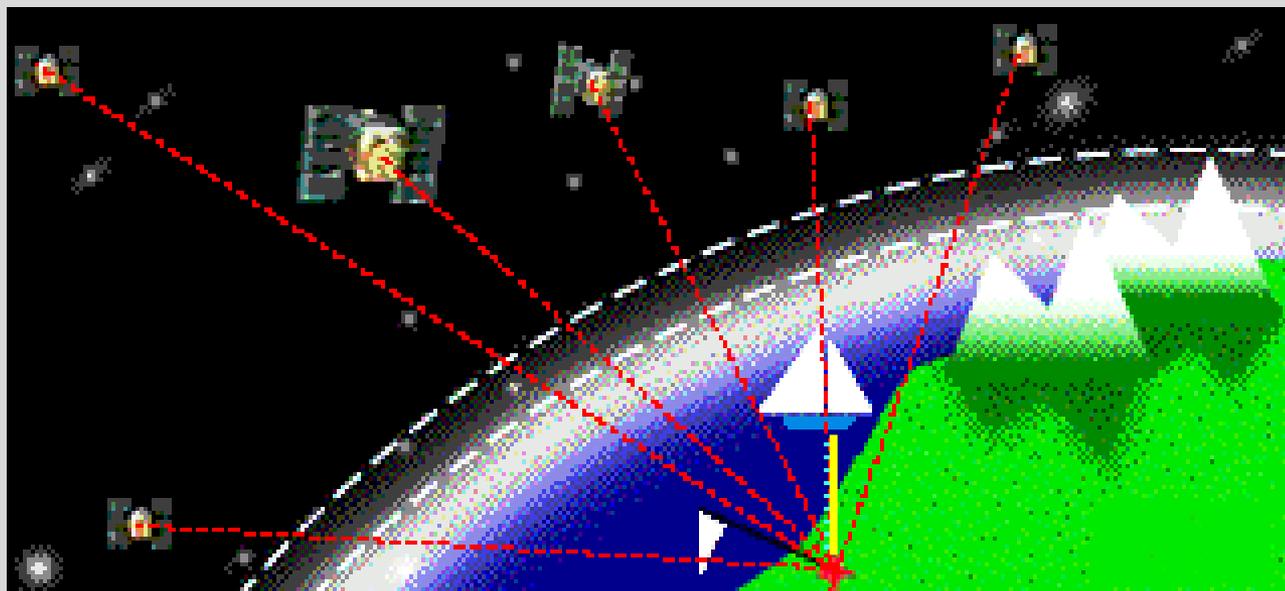
Korekcija se šalje svim prijamnicima u blizini

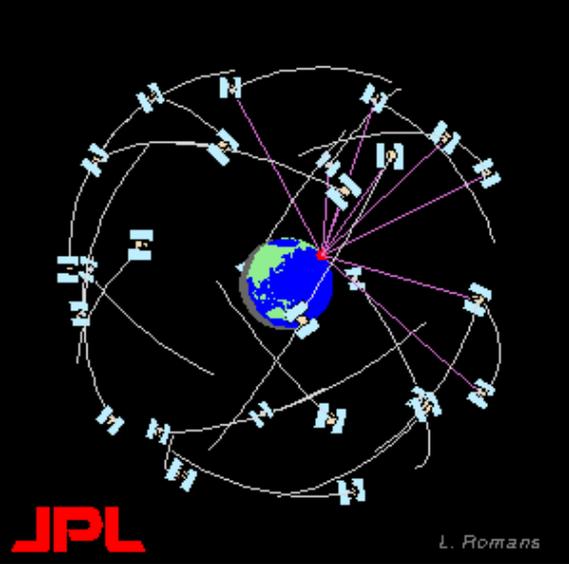
- Bazni uređaj računa dužinu do svakog satelita pomoću svoje poznate pozicije i pozicije satelita.
- Razlika između ovako izračunate i mjerene udaljenosti predstavlja tzv **diferencijalnu korekciju**.
- Svi roveri u blizini koriste ovu poruku za korekciju svojih mjerenja.



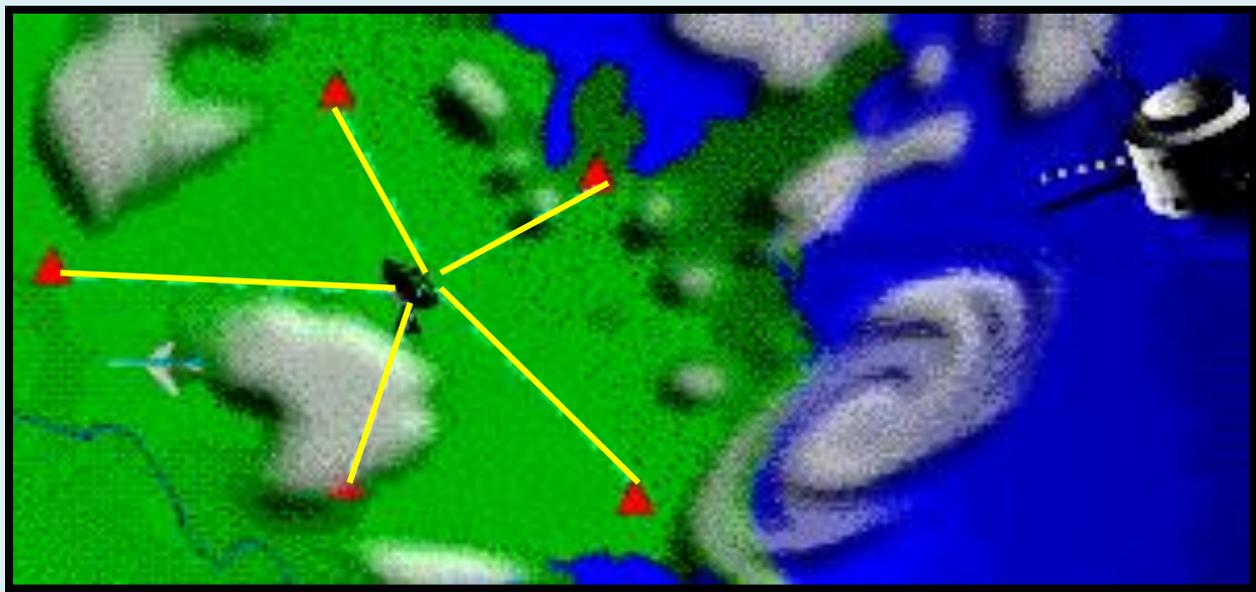


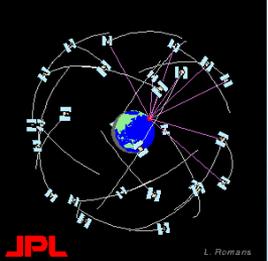
- Prijamnik bazne stanice računa i šalje korekcije GPS-prijamniku **u stvarnom vremenu.**





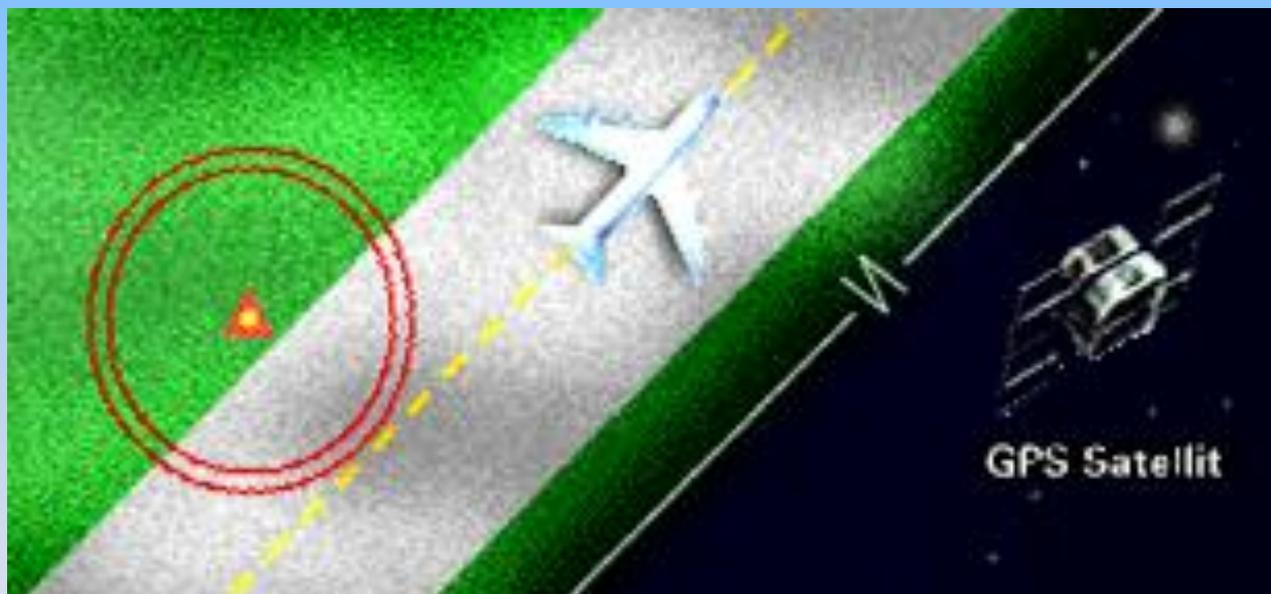
- Diferencijalna korekcija za svaki praćeni satelit se šalje kao poruka GPS prijamnicima preko radio uređaja ili preko satelita.

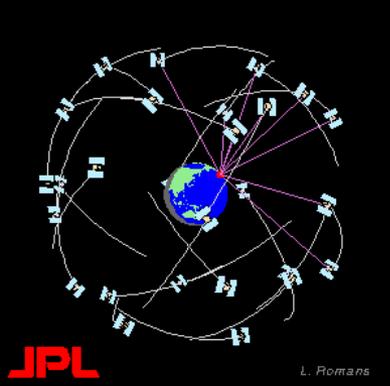




Augmentation sustavi:

- To su sustavi koji preko satelita šalju korekcijske podatke o GPS ili GLONASS sustavu.
- **GLONASS** je ruski satelitski sustav.
- **GALILEO** je europski satelitski sustav (u punoj funkciji tijekom 2008. godine).
- Svrha im je povećati točnost i pouzdanost pozicioniranja (npr. precizno navođenje zrakoplova).



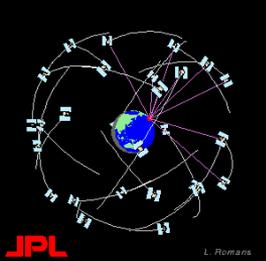


EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service)

To je europski sustav koji treba povećati točnost i za GPS i za GLONASS.

Još je u fazi testiranja i pokazuje točnost određivanja položaja ispod 2 m.

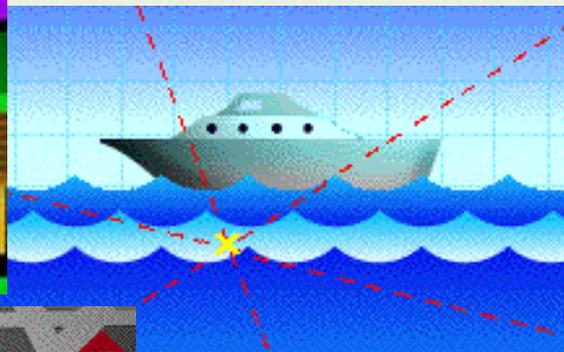
Sastoji se od 34 zemaljske stanice i 3 geostacionarna satelita.



Primjena GPS-a

GPS je moguće upotrijebiti tamo gdje ima signala, znači, osim zgrada, tunela i ispod vode.

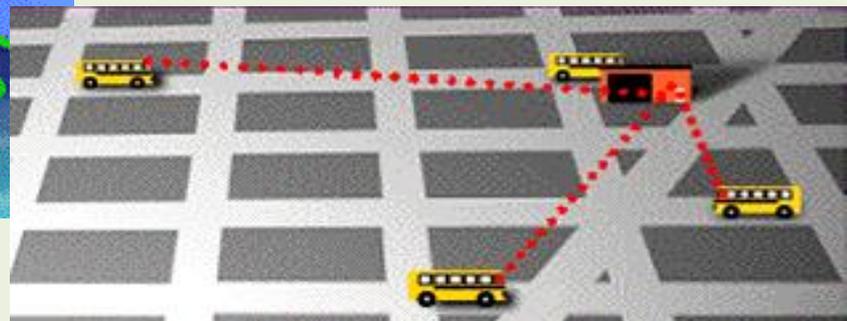
- Navigacija
(zračni, vodeni i kopneni promet)

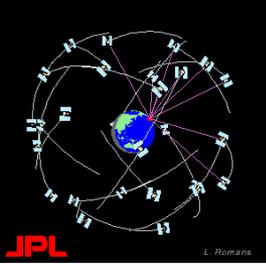


- Servisne službe
(vatrogasci, policija, hitna pomoć, taxi...)

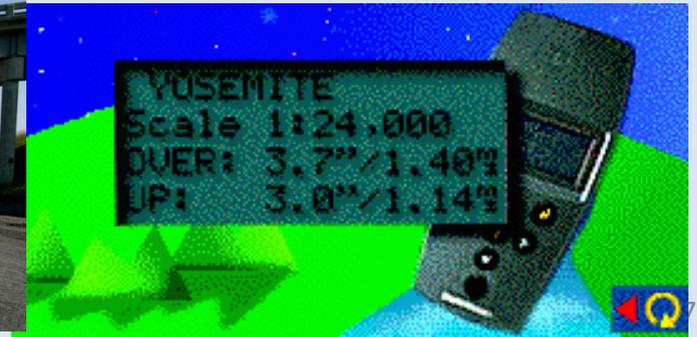
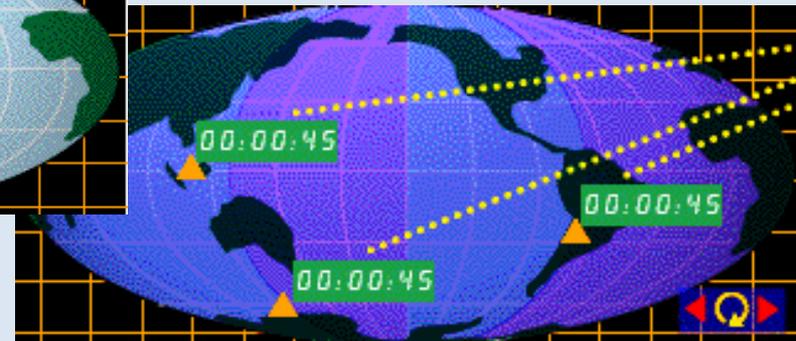
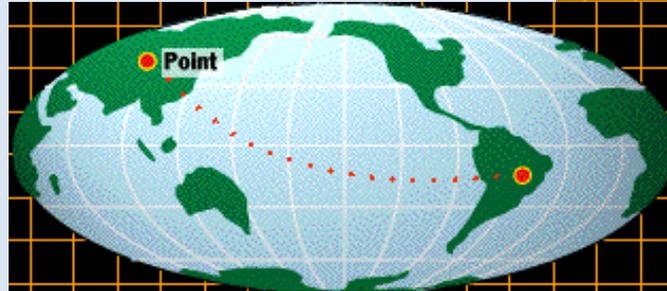
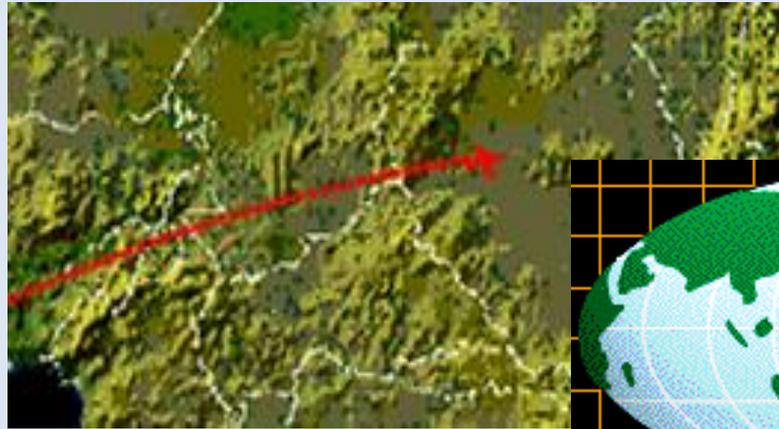


- Geofizika, šumarstvo, poljoprivreda, sport...





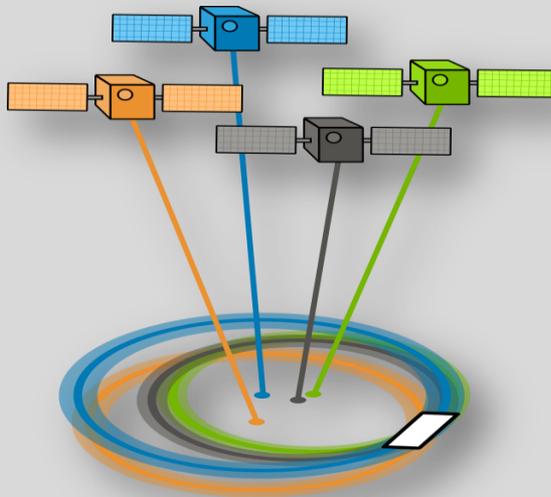
Geodetska mjerenja:
navođenje do
određenog mjesta,
određivanje
koordinata točke,
iscrtavanje rute
putovanja, kontrolna
mjerenja (za
određivanje
referentnog datuma),
inženjerska geodezija,
fotogrametrija...



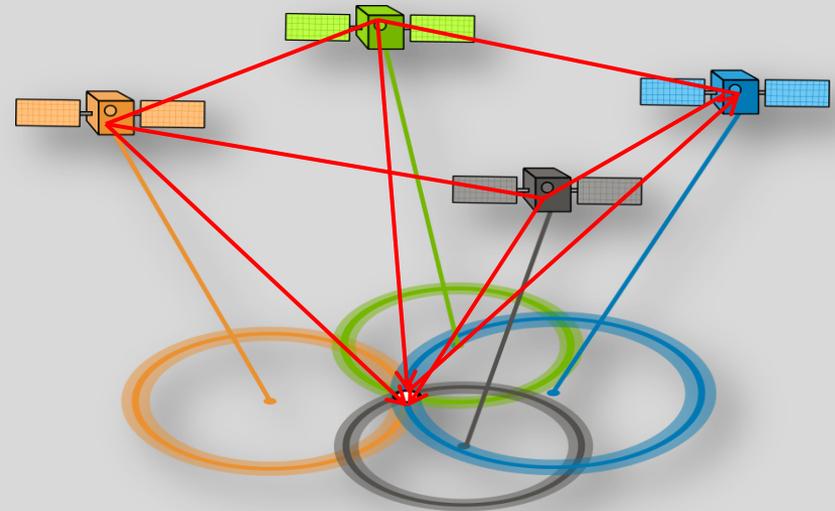
TOČNOST ODREĐIVANJA POLOŽAJA GNSS-om

- Mjera za povoljnu geometriju satelita je bezdimenzionalni faktor GDOP (Geometric Dilution of Precision)
- Standardno prihvaćena povoljna vrijednost za opažanje je **GDOP < 6**
- Što veći volumen tijela kojeg formiraju vektori sa baze prema opažanim satelitima
- Broj vidljivih satelita utječe na GDOP

Loš položaj satelita



Dobar položaj satelita

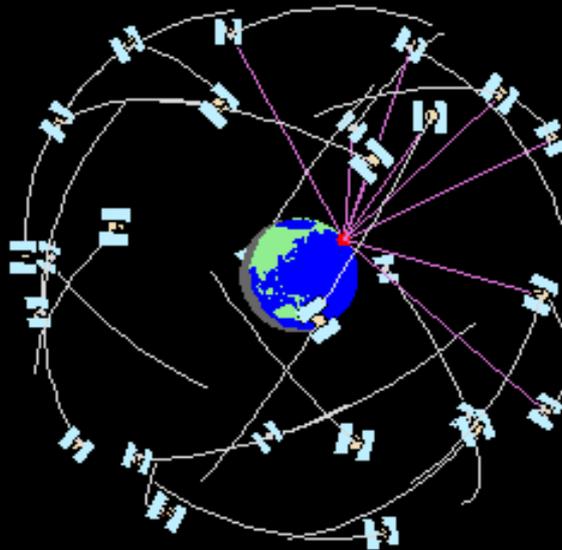


TOČNOST ODREĐIVANJA POLOŽAJA GNSS-om

- GDOP- Geometric Dilution of Precision
standardna devijacija ukupnog rješenja uključujući i pogreške određivanja vremena
- PDOP - Position Dilution of Precision
standardna devijacija todimenzijskog pozicioniranja
- HDOP - Horizontal Dilution of Precision
standardna devijacija u određivanju horizontalnih koordinata
- VDOP - Vertical Dilution of Precision
standardna devijacija u određivanju visina
- TDOP – Time Dilution of Precision
standardna devijacija u određivanju visina

Globalni Navigacijski Satelitski Sustav (Global Navigation Satellite System) GNSS - GPS

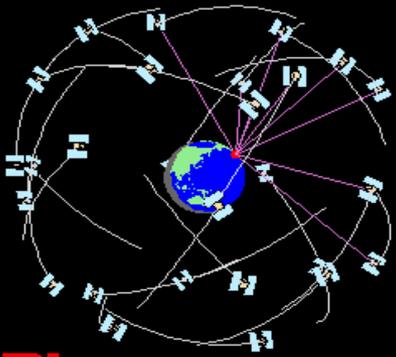
**Primjena GPS sustava u svakodnevnim mjerenjima
veliki je napredak za geodetsku struku!**



JPL

L. Romans

HVALA NA PAŽNJI !



JPL

L. Romans

