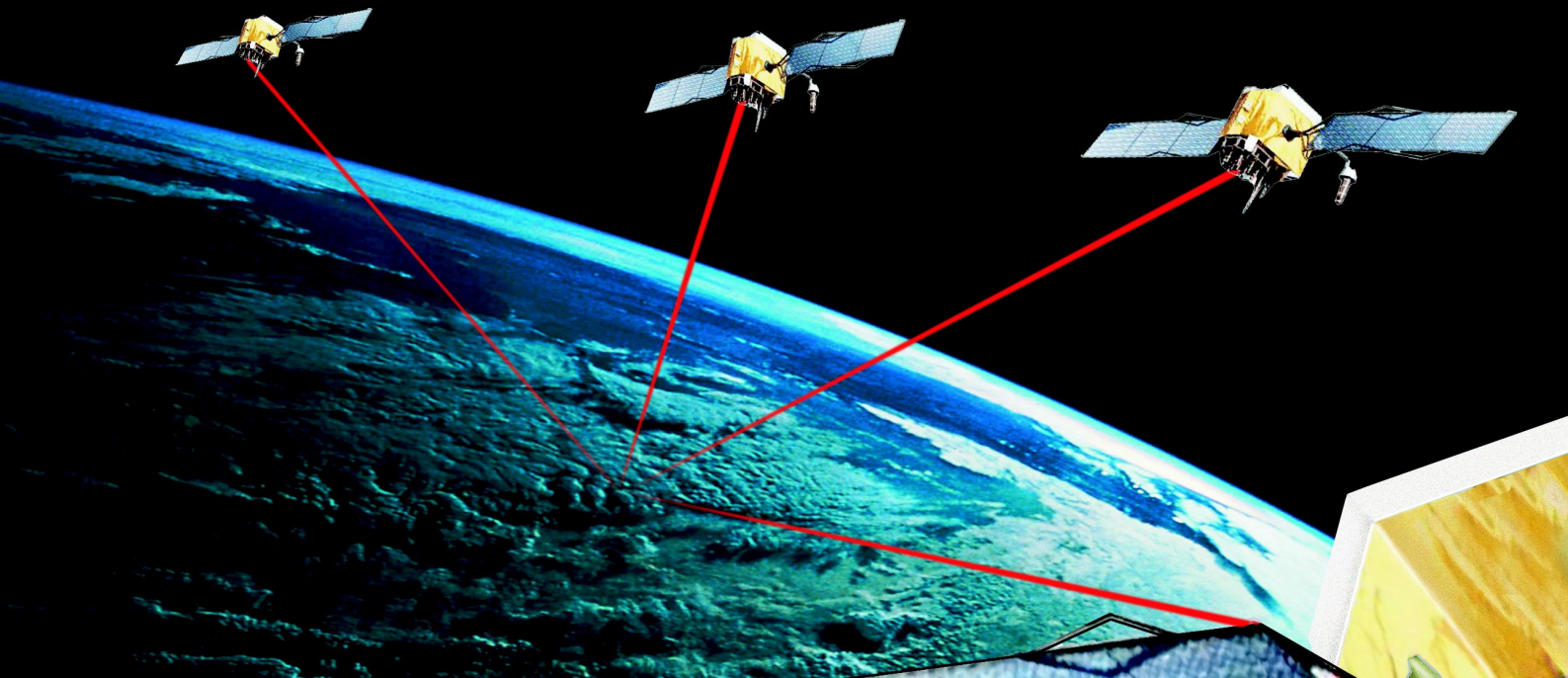


20 30 40 50

GPS Osnove



Uvod u GPS (Globalni Pozicioni Sistem)

Verzija 1.0
Srpski

Leica

MADE TO MEASURE

1. Predgovor	4
1.1. Šta je GPS i šta on radi?.....	5
2. Pregled Sistema	6
2.1. Svemirski Segment.....	6
2.2. Kontrolni Segment.....	8
2.3. Korisnički Segment.....	9
3. Kako GPS radi	10
3.1. Jednostavna Navigacija	11
3.1.1. Satellite ranging.....	11
3.1.2. Računanje udaljenosti do satelita.....	13
3.1.3. Izvori Grešaka.....	14
3.1.4. Zašto su vojni prijemnici tačniji.....	18
3.2. Diferencijalno korigovane pozicije (DGPS).....	19
3.2.1. Referentni Prijemnik	20
3.2.2. Rover prijemnik	20
3.2.3. Dalji detalji.....	20
3.3. Diferencijalni Fazni GPS	22
3.3.1. Noseće Faze, C/A i P-kodovi	22
3.3.2. Zašto koristiti Faze Nosećih Talasa?	23
3.3.3. Dvostruko Diferenciranje- Double Differencing.....	23
3.3.4. Fazne Neodređenosti i njihovo rešavanje	24
4. Geodetski Aspekti	26
4.1. Uvod.....	27
4.2. GPS koordinatni sistem.....	28
4.3. Lokalni koordinatni sistemi	29
4.4. Problemi sa visinom.....	30
4.5. Transformacije.....	31
4.6. Kartografske Projekcije i Ravanske Koordinate... ..	34
4.6.1. Transverzalna Merkatorova Projekcija.....	35
4.6.2. Lambertova Projekcija	37
5. Merenje sa GPS.....	38
5.1. GPS Merne Tehnike	39
5.1.1. Statička Merenja.....	40
5.1.2. Brza Statička Merenja.....	42
5.1.3. Kinematička Merenja	44
5.1.4. RTK Merenja	45
5.2. Pripreme za merenje.....	46
5.3. Saveti tokom rada.....	46

Sadržaj.....	2
1. Predgovor	4
2. Pregled Sistema	6
3. Kako GPS radi	10
4. Geodetski Aspekti.....	26
5. Merenje sa GPS.....	38

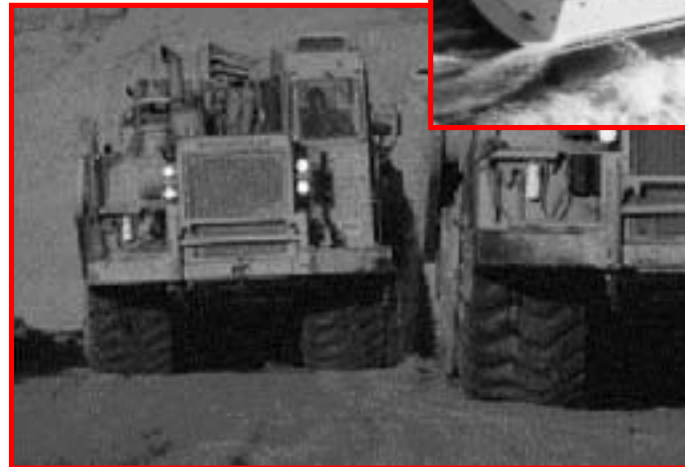
1. Predgovor

Zašto smo uopšte napisali ovu knjigu i ko bi je trebao pročitati?

Leica proizvodi, između ostalog, GPS hardver i softver. Taj hardver i softver koriste mnogi profesionalci u mnogim primenama. Jedna od stvari zajednička za sve naše korisnike je da oni nisu GPS naučnici ili eksperti za Geodeziju. Oni koriste GPS kao alat za kompletiranje poslova. Zato je korisno da imaju neke osnovne informacije o tome šta je GPS i kako on funkcioniše.

Ova knjiga je namenjena da početnicima ili potencijalnim GPS korisnicima pruži osnove u pogledu GPS i Geodezije. Ona nije definitivni tehnički GPS ili Geodetski manual. Postoje mnogi tekstovi ove vrste, od kojih su neku navedeni u literaturi na zadnjim stranama ove knjige.

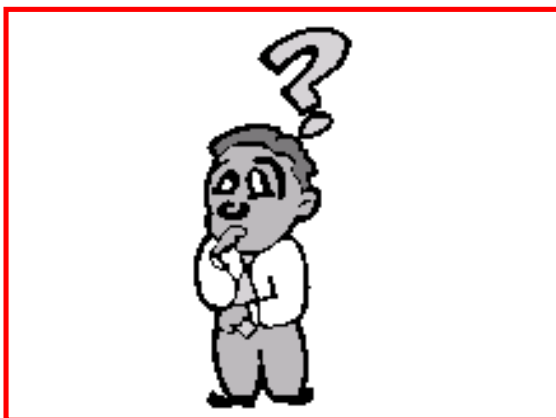
Ova knjiga je podeljena na dve glavne sekcije. Prva objašnjava GPS i kako on funkcioniše. Druga objašnjava fundamente geodezije.



1.1. Šta je GPS i šta on radi?

GPS je skraćenica od NAVSTAR GPS. To je akronim od **NAVigation System with Time And Ranging Global Positioning System**.

GPS je rešenje za jedan od čovekovih najdužih i najvećih problema. On obezbeđuje odgovor na pitanje "Gde sam ja na Zemlji?".



Neko može misliti da je na to pitanje lako odgovoriti. Vi možete veoma lako sebe locirati gledajući objekte koji vas okružuju i pozicionirati sebe relativno u odnosu na njih. Ali šta ako nemate objekte oko sebe? Šta ako ste usred pustinje ili nasred okeana? Za mnoge zemlje, taj problem je rešen koristeći sunce i zvezde za navigaciju.

Takođe, na kopnu, geodete i istraživači koriste srodne referentne tačke na koje oslanjaju svoja merenja ili pronalaze svoje putanje.

Ove metode funkcionišu dobro u okviru određenih granica. Sunce i zvezde ne mogu biti viđeni kada je vreme oblačno. Takođe, čak i sa najpreciznijim merenjima pozicija ne može biti određena veoma precizno.

Nakon II Svetskog rata, postalo je očigledno, za U.S. Department of Defense, da mora biti pronađeno rešenje za problem tačnog, apsolutnog pozicioniranja. Više projekata i eksperimenata sprovedeno je tokom narednih 25 godina, uključujući Transit, Timation, Loran, Decca etc. Svaki od ovih projekata je omogućavao je da pozicije budu određivane ali je bio ograničen u tačnosti i funkcionalnosti.

Na početku 1970-ih, predložen je bio novi projekat - GPS. Ovaj koncept je obećavao ispunjavanje svih zahteva US vlade, naime da treba biti u mogućnosti da određuje poziciju tačno, na bilo kojoj tački na površini zemlje, u bilo kom trenutku, i u bilo kojim vremenskim uslovima.

GPS je satekitski baziran sistem koji koristi konstelaciju od 24 satelita da korisniku pruži tačnu poziciju. Važno je u ovom trenutku definisati 'tačno'. Autostoperu ili vojniku u pustinji, tačno znači oko 15m. Brodu u priobalnim vodama, tačno znači 5m. Geodeti, tačno znači 1cm ili manje. GPS može biti korišten za postizanje svih navedenih tačnosti u svim od navedenih aplikacija, razlika je samo u tipu GPS prijemnika koji se koristi i primenjenoj tehnici.

GPS je originalno projektovan za vojne potrebe u bilo kom trenutku, bilo gde na površini Zemlje. Ubrzo nakon ostvarivanja originalnih namena, postalo je jasno da civili mogu takođe koristiti GPS, a ne samo za lično pozicioniranje (kao što je slučaj sa vojskom). Prve dve velike civilne primene koje su izvršene su bila marinska navigacija i premer. Današnje primene se kreću od navigacije unutar automobila preko upravljanja konvoja kamiona do automatizacije građevinske mašinerije.

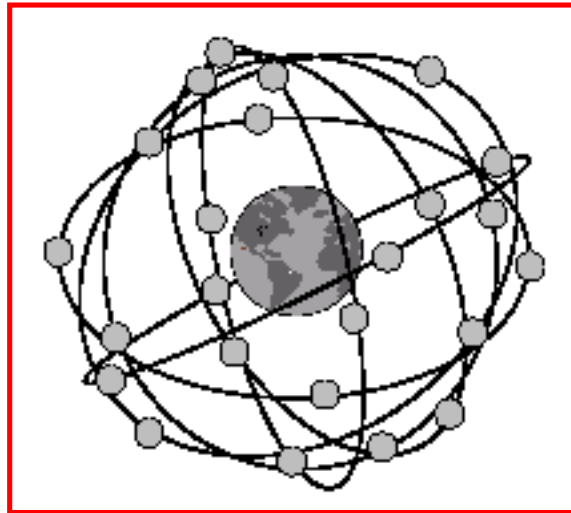
2. Pregled Sistema

2.1. Svemirski Segment

Totalna GPS konfiguracija se sastoji od tri različita segmenta:

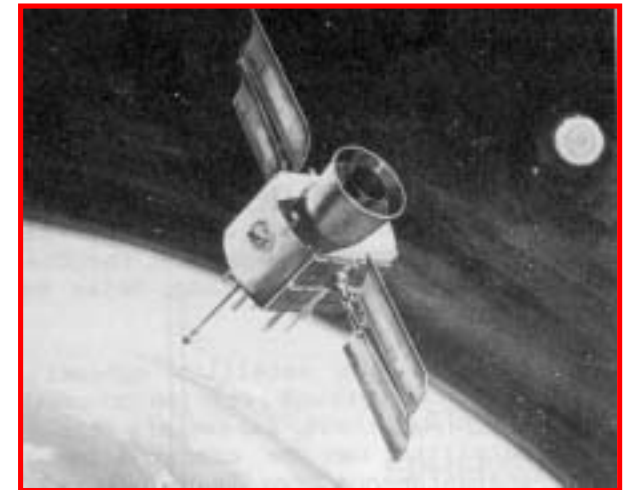
- Svemirski Segment – Sateliti koji kruže oko Zemlje.
- Kontrolni Segment - Stanice pozicionirane na Zemljinom ekvatoru za kontrolu satelita
- Korisnički Segment – Bilo ko ko prima i koristi GPS signal.

Svemirski Segment se sastoji od 24 satelita koji kruže oko Zemlje na rastojanju od približno 20200km svakih 12 časova. U vreme pisanja ove knjige operativno je 26 satelita koji kruže oko Zemlje.



GPS Satelitska Konstelacija

Svemirski segment je projektovan tako da uvek postoji minimum od 4 vidljiva satelita iznad 15° elevacionog ugla (cut-off angle) u bilo kojoj tački na površini zemlje u bilo kom trenutku. Četiri satelita su minimum koji mora biti vidljiv za većinu aplikacija. Iskustva pokazuju da je obično najmanje 5 satelita vidljivo najveći deo vremena i da je veoma često vidljivo 6, 7 ili više satelita.



GPS satelit

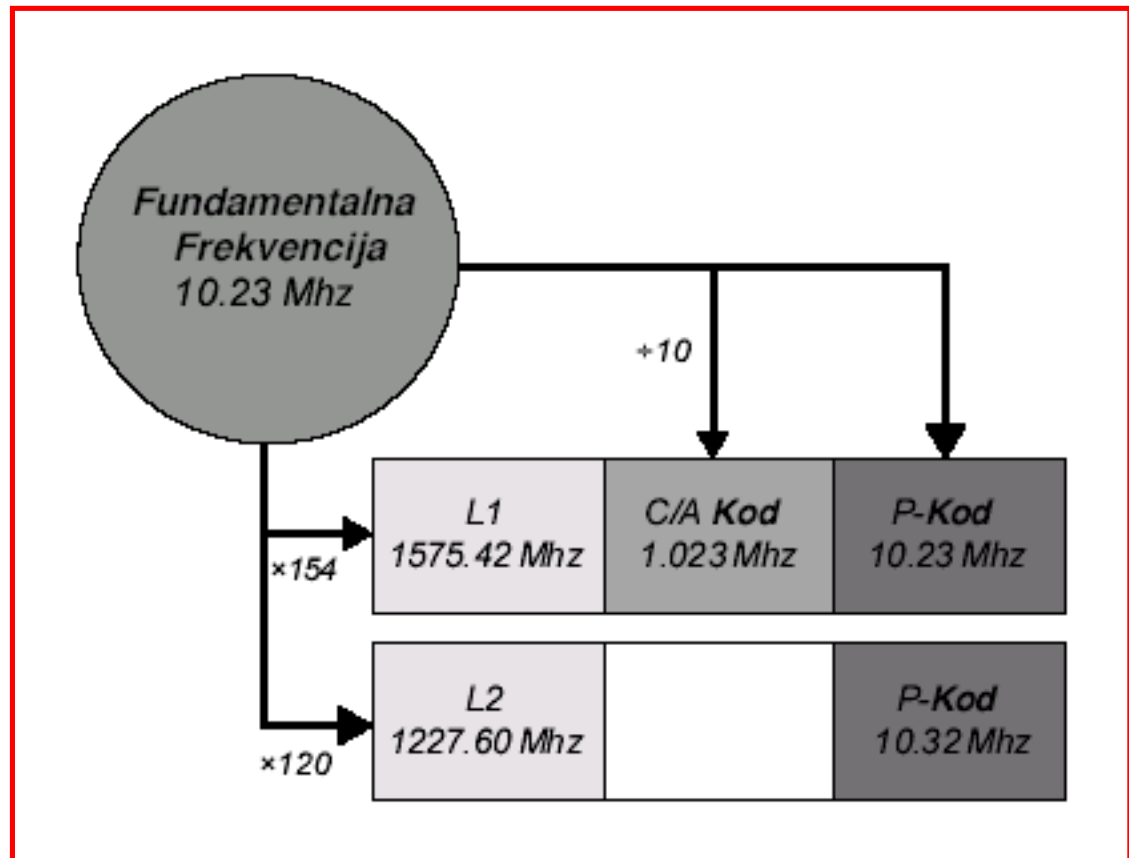
Svaki GPS satelit ima više veoma preciznih atomskih časovnika u sebi. Časovnici rade na fundamentalnoj frekvenciji od 10.23MHz. Oni se koriste za generisanje signala koji se emituju sa satelita.

Sateliti emituju dva noseća talasa konstantno. Ti noseći talasi se nalaze u okviru L-Opsega (korsnici radia), i putuju ka Zemlji brzinom svetlosti. Noseći talasi su izvedeni iz fundamentalne frekvencije, generisane veoma preciznim atomskim časovnikom:

- L1 noseći talas se emituje na 1575.42 MHz (10.23×154)
- L2 noseći talas se emituje na 1227.60 MHz (10.23×120).

L1 noseći talas zatim ima dva koda modulisana na sebi. **C/A Kod** (ili Coarse/Acquisition Code) je modulisan na 1.023MHz ($10.23/10$) i **P-kod** (ili Precision Code) modulisan na 10.23MHz. L2 noseći talas ima samo jedan kod modulisan na sebi. L2 P-kode je modulisan na 10.23 MHz.

GPS prijemnici koriste različite kodove za razlikovanje različitih satelita. Kodovi mogu takođe biti korišteni kao osnova za merenje pseudo-dužina, a zatim za računanje pozicije.



Struktura GPS Signala

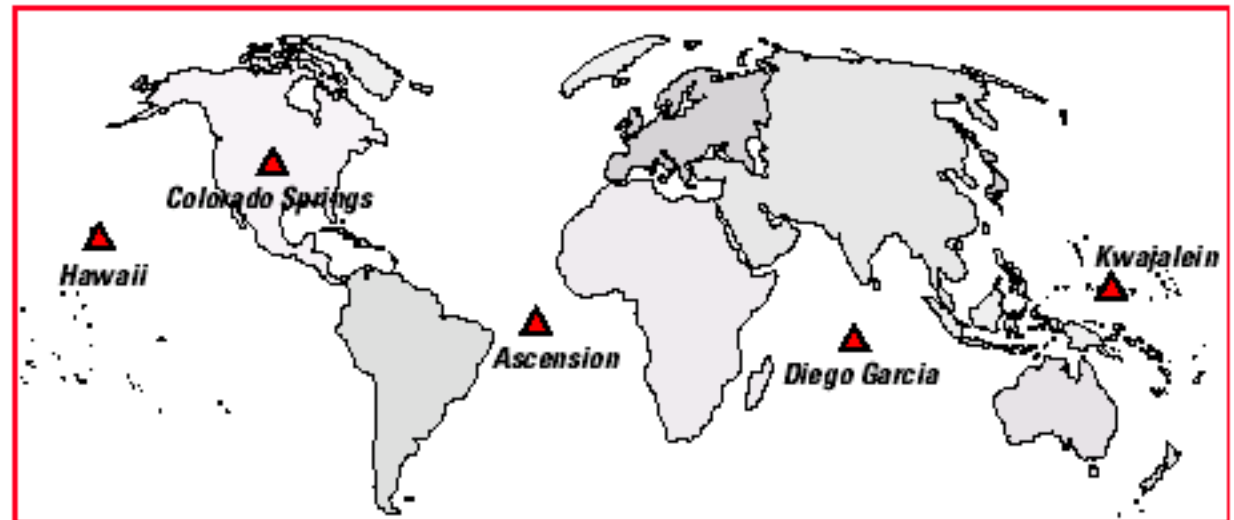
2.2. Kontrolni Segment

Kontrolni Segment čine jedna glavna kontrolna stanica, 5 pratećih stanica i 4 zemaljske antene raspoređene između 5 lokacija blizu zemljinog ekvatora.

Kontrolni Segment prati GPS satelite, ažurira njihove orbitne pozicije i kalibriše i sinhronizuje njihove časovnike.

Sledeća važna funkcija je određivanje orbite svakog satelita i predikcija njegove putanje za narednih 24 časa. Te informacije se prenose do svakog satelita i zatim emituju sa njega. To omogućava GPS prijemniku da zna gde može očekivati da pronađe satelit.

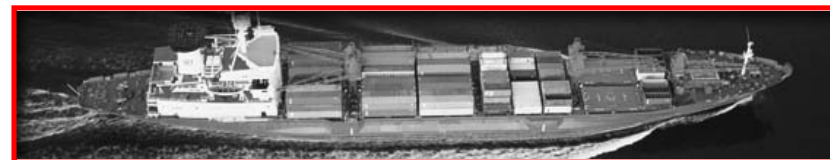
Satelitski signali se primaju u na ostrvima Ascension, Diego Garcia, Hawaii i Kwajalein. Merenja su zatim poslata u Glavnu Kontrolnu Stanicu (Master Control Station) u Colorado Springs gde se obrađuju u cilju određivanja bilo kojih postojećih grešaka na svim satelitima. Informacija se zatim šalje nazad do četiri prateće stanice opremljene zemaljskim antenama i odatle se prosleđuju na satelite.



Lokacije Stanica Kontrolnog Segmenta

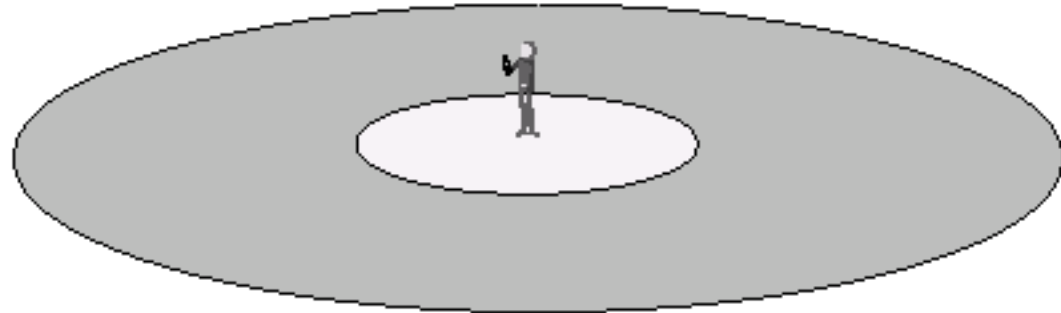
2.3. Korisnički Segment

Korisnički Segment čini svako ko koristi GPS prijemnik za prijem GPS signala i određuje svoju poziciju i/ili vreme. Tipične primene u korisničkom segmentu su kopnena navigacija, lociranje vozila, premer, marinska navigacija, vazдушna navigacija, kontrola mašina itd.

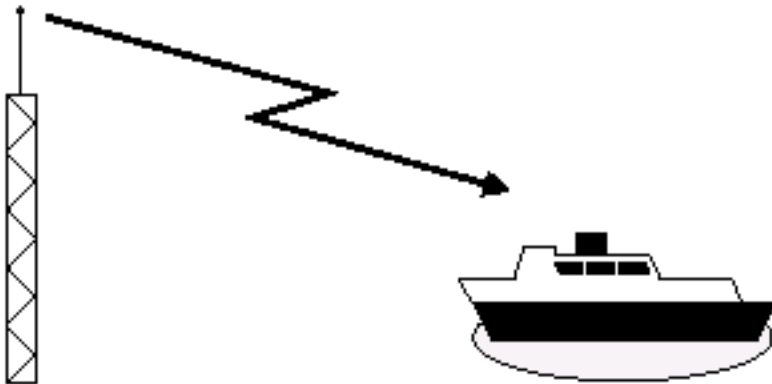


3. Kako GPS radi

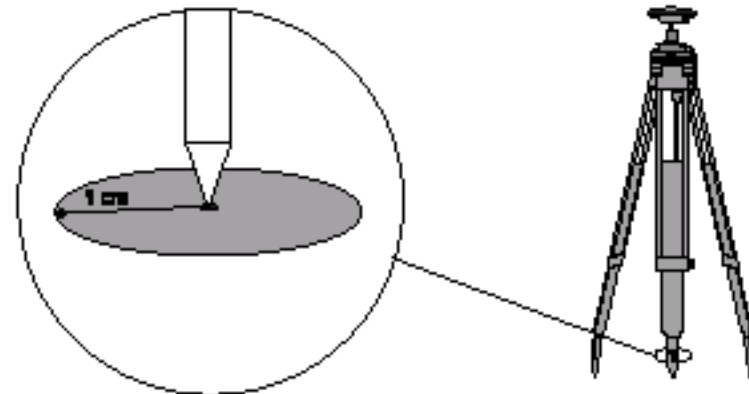
Postoji više različitih metoda za dobijanje pozicije koristeći GPS. Upotrebljeni metod zavisi od zahtevane tačnosti i tipa raspoloživog GPS prijemnika. Grubo rečeno, tehnike mogu biti razbijene na tri osnovne klase:



Autonomna Navigacija koristeći jedan samostalan prijemnik. Korišćena od strane izletnika, brodova na pučini i vojske. Poziciona Tačnost je bolja od 100m za civilne korisnike i oko 20m za vojne korisnike.



Diferencijalno Fazno pozicioniranje. Pruža tačnost od 0.5-20mm. Koristi se za mnoge geodetske poslove, kontrolu mašina itd.



Diferencijalno korigovano pozicioniranje. Poznatije kao DGPS, daje tačnost između 0.5-5m. Koristi se za mornarsku navigaciju, akviziciju GIS podataka itd.

3.1. Jednostavna Navigacija

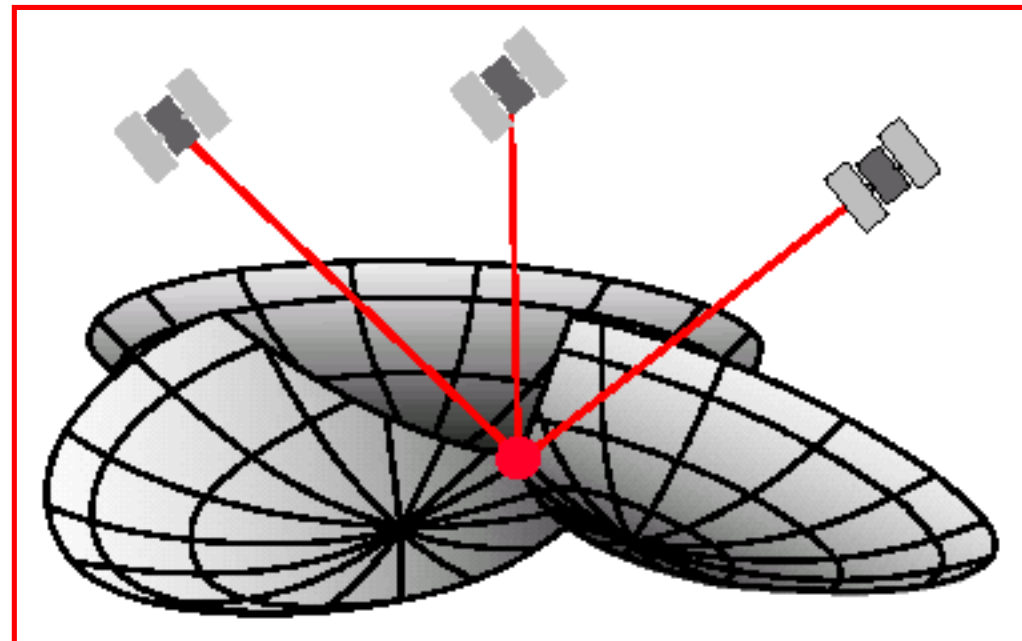
Ovo je najjednostavnija tehnika upotrebe GPS prijemnika za trenutno davanje pozicije i visine i/ili tačnog vremena korisniku. Dobijena tačnost je bolja od 100m (obično oko 30-50m) za civilne korisnike i 5-15m za vojne korisnike. Razlozi za ove razlike između civilnih i vojnih korisnika su dati u daljem tekstu ovog poglavlja. Prijemnici koji se koriste za ovaj tip operacije su obično mali, veoma portabilni ručni uređaji sa malom cenom.



Ručni GPS Prijemnik

3.1.1. Merenje dužina do satelita - Satellite ranging

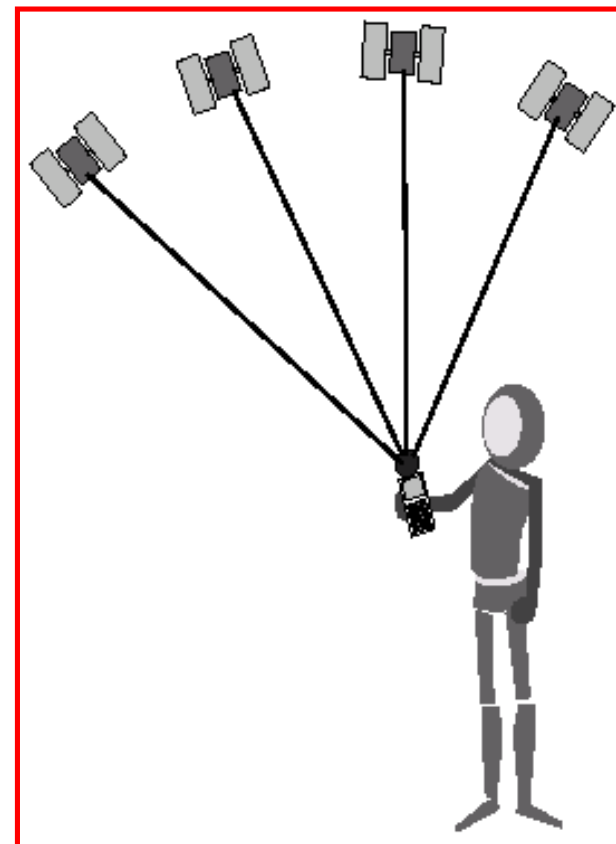
Sve GPS pozicije su bazirane na merenju dužina od satelita do GPS prijemnika na zemlji. Ta dužina do svakog satelita može biti određena pomoću GPS prijemnika. Osnovna ideja je u presecanju, koje mnogi geodeti koriste u svom svakodnevnom radu. Ako znate rastojanje od tri poznate tačke do vaše sopstvene pozicije, vi možete odrediti svoju poziciju relativno u odnosu na te tri tačke. Iz rastojanja do jednog satelita mi znamo da pozicija prijemnika mora biti u nekoj tački na površi imaginarne sfere koja ima svoj centar u satelitu. Presecanjem tri takve imaginarne sfere pozicija prijemnika može biti određena.



Presek tri imaginarne sfere

Problem kod GPS je taj što mogu biti određivane samo pseudo-dužine i vremenski trenutak kada signal stiže u prijemnik.

Tako da tu postoje četiri nepoznate koje treba odrediti; pozicija (X, Y, Z) i vreme putovanja signala. Opažanja do četiri satelita proizvode četiri jednačine koje mogu biti rešene, omogućavajući tako određivanje nepoznatih parametara.



Najmanje četiri satelita su potrebna za dobijanje pozicije i vremena u 3 dimenzije.

3.1.2. Računanje udaljenosti do satelita

U cilju računanja udaljenosti do svakog satelita, koristi se jedan od Njutnovih (Issac Newton) zakona kretanja:

Rastojanje = Brzina x Vreme

Na primer, moguće je izračunati put koji je voz prešao ako znate brzinu kojom je putovao i vreme koje je on putovao tom brzinom.

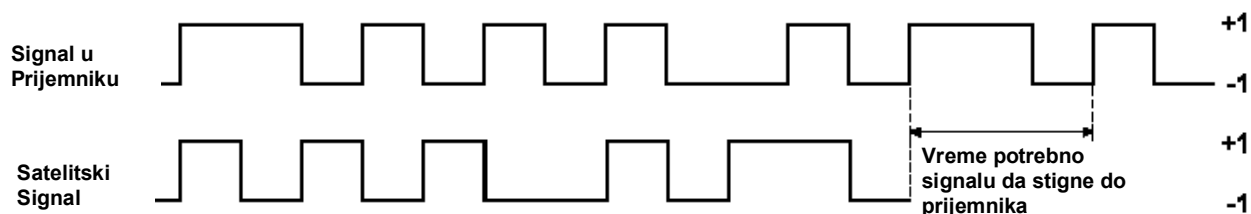
GPS zahteva od prijemnika da izračuna rastojanje od prijemnika do satelita.

Brzina je brzina radio signala. Radio talasi putuju brzinom svetlosti, 290,000 km u sekundi (186,000 milja u sekundi).

Vreme je vreme potrebno radio signalu da stigne od satelita do GPS prijemnika. To je malo teže za računanje, budući da vi treba da znate kada je radio signal napustio satelit i kada je stigao u prijemnik.

Računanje Vremena

Satelitski signal ima dva koda modulirana na njemu, C/A kod i P-kod (vidi poglavlje 2.1). C/A kod je baziran na vremenu datom od strane veoma tačnog atomskog časovnika. Prijemnik takođe sadrži časovnik koji se koristi za generisanje identičnog C/A koda. GPS prijemnik je zatim u mogućnosti da upoređuje ili koreliše dolazeće satelitske kodove sa prijemnički generisanim kodom.



C/A kod je digitalni kod koji je pseudo-slučajan ili se pojavljuje kao slučajan. U stvari on nije slučajan i ponavlja se hiljadu puta svake sekunde.

Na ovaj način, vrši se računanje vremena potrebno radio signalu da doputuje od satelita do GPS prijemnika.

3.1.3. Izvori Grešaka

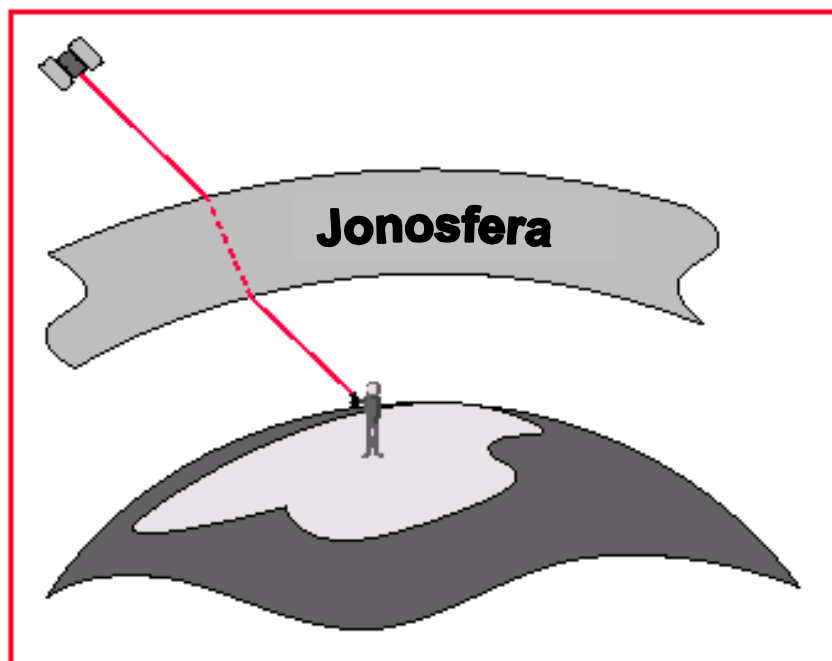
Sve do dosad, bilo je prepostavljano da je pozicija dobijena GPS-om veoma tačna i bez greške, ali postoje izvesni uzroci koji degradiraju GPS poziciju od teoretskih nekoliko metara do nekoliko desetina metara. Ti izvori grešaka su :

1. Jonosferska i atmosferska kašnjenja signala
2. Greške Časovnika Satelita i Prijemnika
3. Višestruka refleksija - Multipath
4. Rasipanje Preciznosti - Dilution of Precision
5. Selektivna Raspoloživost - Selective Availability (S/A)
6. Anti Spoofing (A-S)

1. Jonosferska i Atmosferska kašnjenja signala

Kako satelitski signal prolazi kroz jonosferu, on može biti usporen, efekat je sličan refrakciji svetlosti kroz stakleni blok. Ova atmosferska kašnjenja izazivaju grešku u računanju rastojanja jer utiču na brzinu prostiranja signala. (Svetlost ima konstantnu brzinu samo u vakuumu).

Jonosfera ne izaziva konstantno kašnjenje signala. Postoji više faktora koji utiču na veličinu kašnjenja izazvanu jonosferom.



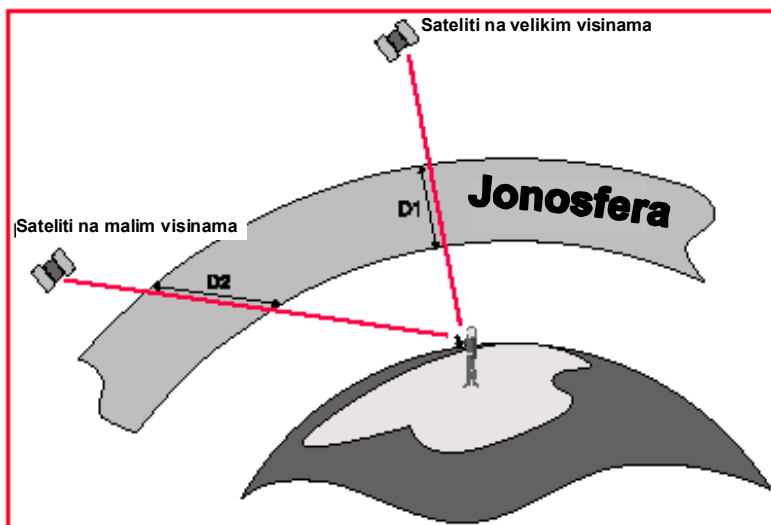
a. Satelitska elevacija. Signali sa niskih satelita će biti više opterećeni od signala sa satelita na višim elevacijama. To je zbog većeg rastojanja koje signal prelazi kroz atmosferu.

b. Gustina jonosfere je pod uticajem sunca. Noću, postoji veoma mali jonosferski uticaj. Po danu, sunce povećava efekat jonosfere i usporava signal.

Stepen za koji se gustina jonosfere povećava varira sa solarnim ciklusom (aktivnost sunčanih pega).

Aktivnost sunčanih pega dostiže ekstremne vrednosti otprilike svakih 11 godina. U vreme pisanja ovog teksta, poslednja ekstremna vrednost (solarni maksimum) je bila oko 2000. godine.

Osim toga, sunčane pege se mogu takođe slučajno pojaviti i uticati na jonosferu.



Jonosferske greške mogu biti umanjene koristeći jedan od dva sledeća metoda:

- Prvi metod uključuje uzimanje srednje vrednosti efekta smanjenje brzine svetlosti izazavane jonosferom. Ovaj korekcionni faktor može zatim biti primenjen na računanje rastojanja. Ali, on se oslanja na osrednjavanje a očigledno je da takvi osrednjeni uslovi nisu prisutni sve vreme. Zbog toga ovaj metod nije optimalno rešenje za ublaživanje Jonosferske Greške.

- Drugi metod uključuje korišćenje dvo-frekventnih GPS prijemnika. Ovi prijemnici mere L1 i L2 frekvencije GPS signala. Poznato je da kada radio signali putuju kroz jonosferu bivaju usporeni obrnuto proporcionalno njihovoj frekvenciji. Zato, ako se upoređuju vremena dolaska dva signala, može biti izvedena tačna ocena. Obratite pažnju da je to moguće samo sa dvo-frekventnim GPS prijemnicima. Većina prijemnika namenjena za navigaciju su jedno-frekventni.

c. Vodena Para takođe utiče na GPS signal. Vodena para sadržana u jonosferi može takođe uticati na GPS signal. Taj efekat, koji rezultuje u degradaciji pozicije može biti umanjen koristeći atmosferske modele.

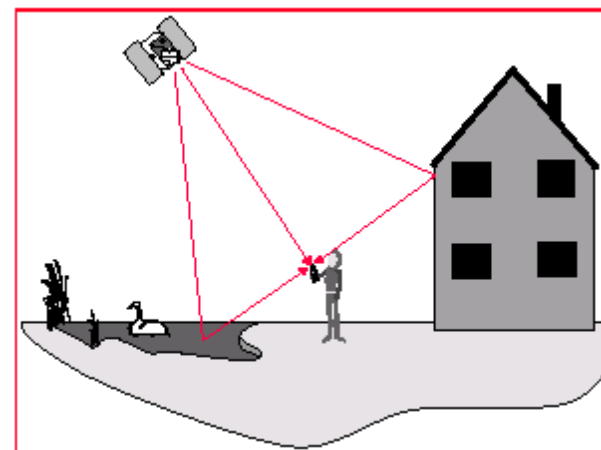
2. Greške Satelitskih i Prijemničkih časovnika

Iako su časovnici u satelitima veoma tačni (do oko 3 nanosekunde), oni ponekad neznatno kasne i izazivaju male greške, utičući na tačnost pozicije. US Department of Defense prati satelitske časovnike koristeći Kontrolni Segment (vidi poglavlje 2.2) i može korigovati bilo koje otkriveno kašnjenje.

3. Greške usled višestruke refleksije- Multipath Errors

Višestruka refleksija se javlja kada je antena prijemnika pozicionirana blizu neke velike reflektivne površine kao što je jezero ili zgrada. Sateliski signal ne dolazi direktno u antenu već udara u obližnji objekat i reflektuje se u antenu kreirajući tako pogrešno merenje.

Višestruka refleksija može biti redukovana korišćenjem specijalnih GPS antena koje sadrže "ground plane" (kružni, metalni disk oko 50cm (2 feet) u prečniku) koji sprečava signale sa niskih elevacija da dospeju do antene.



Za najvišu tačnost, najbolje rešenje je upotreba "choke ring" antena. "Choke ring" antena ima 4 ili 5 koncentričnih prstenova oko antene koji apsorbuju bilo koje indirektno signale. Višestruka refleksija utiče samo na visoko tačna, tj. geodetski tip, merenja. Jednostavni ručni navigacioni prijemnici ne koriste takve tehnike.

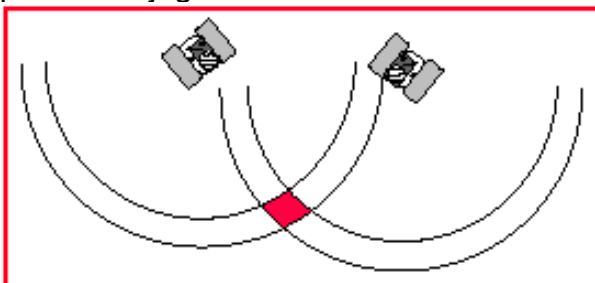


Choke-Ring Antena

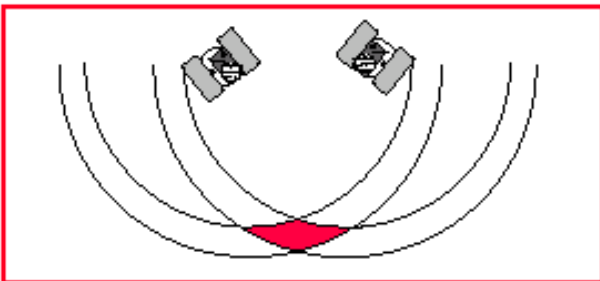
4. Rasipanje preciznosti – Dilution of Precision

Rasipanje tačnost - Dilution of Precision (DOP) je mera kvaliteta satelitske geometrije i odnosi se na raspored i poziciju satelita na nebu. DOP može uvećati efekat grešaka određivanja rastojanja do satelita.

Princip može najbolje biti ilustrovan pomoću dijagrama:



Dobro raspoređeni sateliti – niska neodređenost pozicije



Loše raspoređeni sateliti – visoka neodređenost pozicije

Rastojanje do satelita je podložno prethodno opisanim greškama određivanja dužina. Kada su sateliti dobro raspoređeni, pozicija može biti određena kao što je prikazano osenčenim područjem na dijagramu i moguća margina greške je mala. Kada su sateliti međusobno blizu, osenčeno područje se povećava, povećavajući tako i nesigurnost pozicije.

Različiti tipovi rasipanja tačnosti ili DOP-faktora mogu biti sračunati u zavisnosti od dimenzije.

VDOP - Vertical Dilution of Precision. Daje degradaciju tačnosti u vertikalnom pravcu.

HDOP - Horizontal Dilution of Precision. Daje degradaciju tačnosti u horizontalnom pravcu.

PDOP - Positional Dilution of Precision. Daje degradaciju tačnosti u 3D poziciji.

GDOP - Geometric Dilution of Precision. Daje degradaciju tačnosti u 3D poziciji i vremenu.

Najkorisniji DOP –faktor je GDOP zato što je on kombinacija svih faktora. Neki prijemnici pored toga računaju PDOP ili HDOP koji ne uključuju vremensku komponentu.

Najbolji način za minimiziranje efekta GDOP je opažanje što je moguće više satelita. Zapamtite u svakom slučaju, da su signali sa niskih elevacija generalno opterećeni velikim stepenom gotovo svim izvorima grešaka.

Kao generalni vodič, prilikom mrenja sa GPS najbolje je opažati satelite koji su 15° iznad horizonta. Najtačnije pozicije će generalno biti sračunate kada je GDOP nizak, (obično 8 ili manje).

5. Selektivna Raspoloživost Selective Availability (S/A)

Selektivna Raspoloživost - Selective Availability je proces primenjen od strane U.S. Department of Defense na GPS signal. On je namenjen da spreči civilne i strane neprijateljske snage da koriste punuu tačnost GPS sistema podvrgavajući satelitske časovnike procesu poznatom kao "dithering" koji neznatno menja njihovo vreme. A osim toga, efemeride (ili putanja koju će satelit pratiti) koje se emituju se neznatno razlikuju od onih u realnosti. Krajnji rezultat je degradacija tačnosti pozicije.

S/A utiče na korisnike koji upotrebljavaju jedan GPS prijemnik da dobiju autonomnu poziciju. Korisnici diferencijalnih sistema nisu bitno opterećeni putem S/A.

Trenutno, u planu je da će S/A biti isključen najkasnije 2006. godine.

6. Anti-Spoofing (A-S)

Anti-Spoofing je sličan S/A u nameri da se spreči pristup civilnih i stranih neprijateljskih snaga P-kodnom delu originalnog GPS signala i tako uslovi korišćenje C/A koda na koji se primenjuje S/A. Anti-Spoofing enkriptuje P-kod u signal nazvan Y-kod. Samo korisnici sa vojnim GPS prijemnicima (US i saveznici) mogu dekriptovati Y-kod.



Vojni Ručni GPS prijemnik

Vojni prijemnici su tačniji zato što oni ne koriste C/A kod za računanje vremena potrebnog signalu da dođe do prijemnika. Oni koriste P-kod.

P-kod je modulisan na nosećem talasu na 10.23 Hz. C/A kod je modulisan na nosećem talasu na 1.023 Hz. Rstojanja mogu biti sračunata daleko tačnije ako se koristi P-kod jer se ovaj kod pojavljuje 10 puta češće od C/A koda u sekundi.

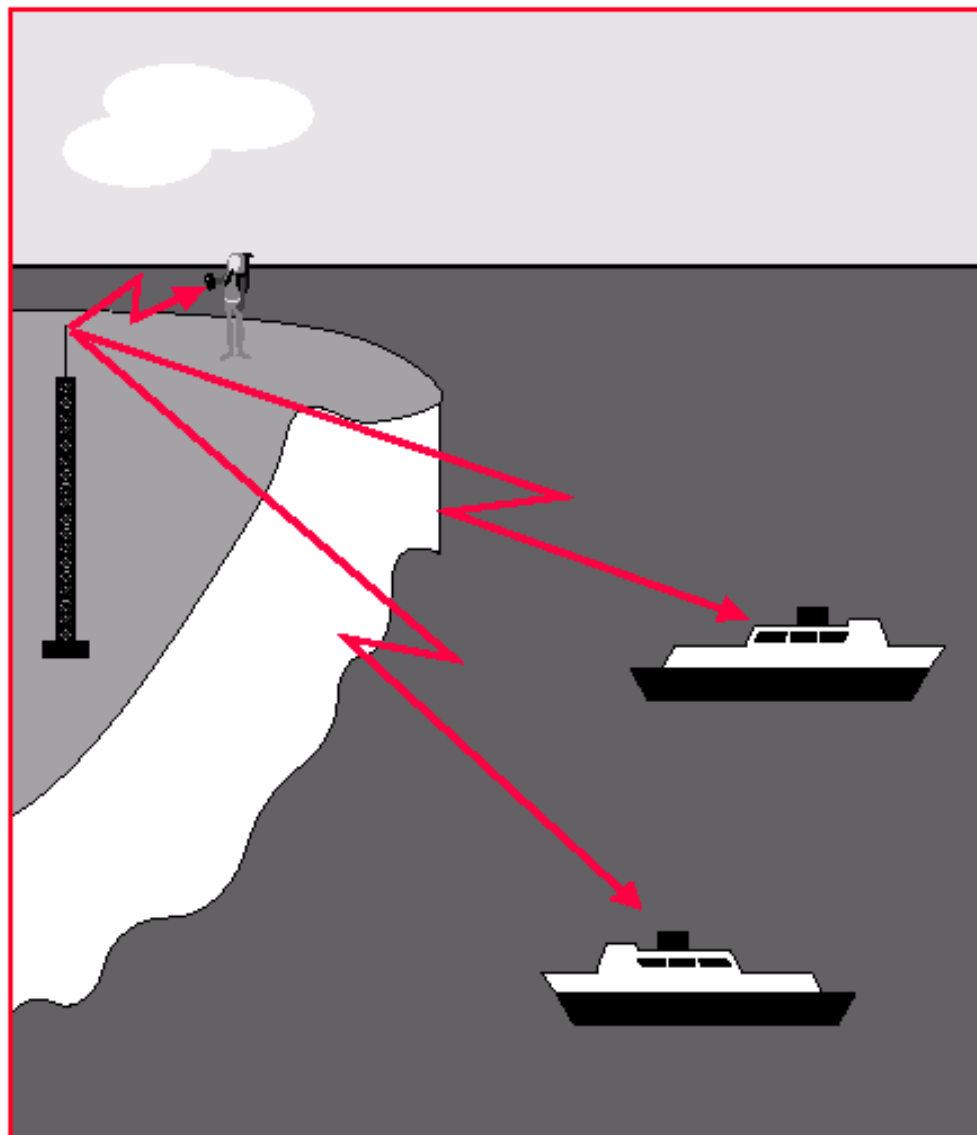
P-kod je često podložan Anti Spoofing (A/S) procesu kao što je objašnjeno u prethodnom poglavlju. To znači da samo vojska, opremljena specijalnim GPS prijemnicima može primati ovaj enkriptovani P-kod (takođe poznat kao Y-kod).

Iz tih razloga, korisnici vojnih GPS prijemnika obično dobijaju poziciju sa tačnošću od nekih 5m dok će, civilni korisnici sličnih GPS prijemnika dobiti pozicionu tačnost između 5-100m.

3.2. Diferencijalno korigovane pozicije (DGPS)

Mnoge od grešaka koje utiču na merenje udaljenosti satelita mogu biti kompletno eliminisane ili bar značajno umanjene koristeći diferencijalne merne tehnike.

DGPS omogućava civilnim korisnicima da povećaju pozicionu tačnost sa 100m na 2-3m ili manje, čineći ga korisnijim za mnoge civilne primene.



DGPS Referentna Stanica emituje korekcije Korisnicima

3.2.1. Referentni Prijemnik

Antena Referentnog prijemnika je montirana na prethodno izmerenu tačku sa poznatim koordinatama. Prijemnik koji je tako postavljen na tu tačku se naziva Referentni Prijemnik ili Bazna Stanica.

Prijemnik je zatim uključen i počinje da prati satelite. On može sračunati autonomnu poziciju koristeći tehnike pomenute u poglavlju 3.1.

Zbog toga što se nalazi na poznatoj tački, referentni prijemnik može oceniti veoma precizno kolika rastojanja do različitih satelita trebaju biti.

Referentni prijemnik može na osnovu toga izvesti razlike između sračunatih i izmerenih vrednosti rastojanja do satelita. Ove razlike su poznate pod nazivom korekcije.

Referentni prijemnik je obično priključen na radio link koji se koristi za emitovanje ovih korekcija.

3.2.2. Rover prijemnik

Rover prijemnik je na drugom kraju pomenutih korekcija. Rover prijemnik ima takođe priključen radio link koji mu omogućava da prima korekcije rastojanja emitovane od strane Referentnog Prijemnika.

Rover Prijemnik takođe računa rastojanja do satelita na način opisan u poglavlju 3.1. On zatim primenjuje korekcije rastojanja primljene od Referentnog prijemnika. Ovaj postupak mu omogućava sračunavanja daleko tačnije pozicije nego što bi to bilo moguće korišćenjem nekorigovanih merenja rastojanja.

Koristeći ovu tehniku, svi izvori grešaka nabrojani u poglavlju 3.1.3 su minimizirani, a samim tim pozicija je daleko tačnija.

Takođe je korisno napomenuti da više Rover Prijemnika može primati korekcije sa samo jednog Referentnog Prijemnika.

3.2.3. Dalji detalji

DGPS je u prethodnom poglavlju bio objašnjen na veom jednostavan način. U realnom životu, to je malo više komplikovano.

Jedan od velikih problema je radio link. Postoji mnogo tipova radio linkova koji će emitovati podatke na različitim rastojanjima i različitim frekvencijama. Performanse radio linka zavise od više faktora uključujući:

- Frekvenciju radija
- Snagu radija
- Tip i pojačanje radio antene
- Položaja antene

Mreže GPS prijemnika i moćni radio transmiteri su uspostavljeni u svetu, vršeći svoje emitovanje samo na marinskim bezbednim frkvencijama. Ovi sistemi su poznati pod nazivom "Beacon Transmitters". Korisnici ovog servisa (uglavno marinska navigacija u priobalnim vodama) samo trebaju da nabave Rover prijemnik koji prima "beacon" signal. Ovakvi sistemi su postavljani oko obala u mnogim zemljama.

Ostali uređaji kao što su mobilni telefoni mogu takođe biti korišteni za transmisiju podataka.

Osim Beacon Sistema, takođe postoje i drugi sistemi koji pružaju pokrivanje velikih kopnenih područja kojima upravljaju komercijalne, privatne kompanije. Postoje takođe i predlozi za sisteme u vlasništvu državnih institucija kao što su **Federal Aviation Authority** satelitski bazirani **Wide Area Augmentation System** (WAAS) u SAD (United States), European Space Agency (ESA) sistem i predloženi sistemi od strane Japanske vlade.

Postoje takođe i zajednički korišteni standardi za format emitovanih GPS podataka. On se naziva RTCM format. To je skraćenica za Radio Technical Commission Maritime Services, industrijski sponzorisanu neprofitnu organizaciju. Ovaj format je korišten svuda u svetu.

3.3. Diferencijalni Fazni GPS

I rešenje faznih neodređenosti-Ambiguity Resolution

Diferencijalni Fazni GPS se uglavnom koristi za premer i srodnim industrijama za postizanje relativne pozicione tačnosti tipično 5-50mm (0.25-2.5 in). Korištene tehnike se razlikuju od prethodno opisanih tehnika i uključuju dosta statističke analize.

Ovo je diferencijalna tehnika što znači da su minimalno dva GPS prijemnika uvek korištena istovremeno. To je jedna od sličnosti sa metodom Diferencijalnih Kodnih Korekcija - Differential Code Correction objašnjenim u poglavlju 3.2.

Referentni Prijemnik je uvek pozicioniran na tački sa fiksnim ili poznatim koordinatama. Ostali prijemnik (ci) su slobodni da se kreću naokolo. Tako da su oni poznati pod nazivom Rover (lutajući, poktretni) Prijemnici. Bazna linija (vektor) između Referentnog i Rover prijemnika su sračunate.

Osnovna tehnika je i dalje ista kao i kod prethodno pomenutih tehnika - merenje dužina do satelita i računanje pozicije iz tih dužina. Najveća razlika je u načina kako su te dužine sračunate.

3.3.1. Faze Nosećih talasa, C/A i P-kodovi

U ovom trenutku, korisno je definisati različite komponente GPS signala.

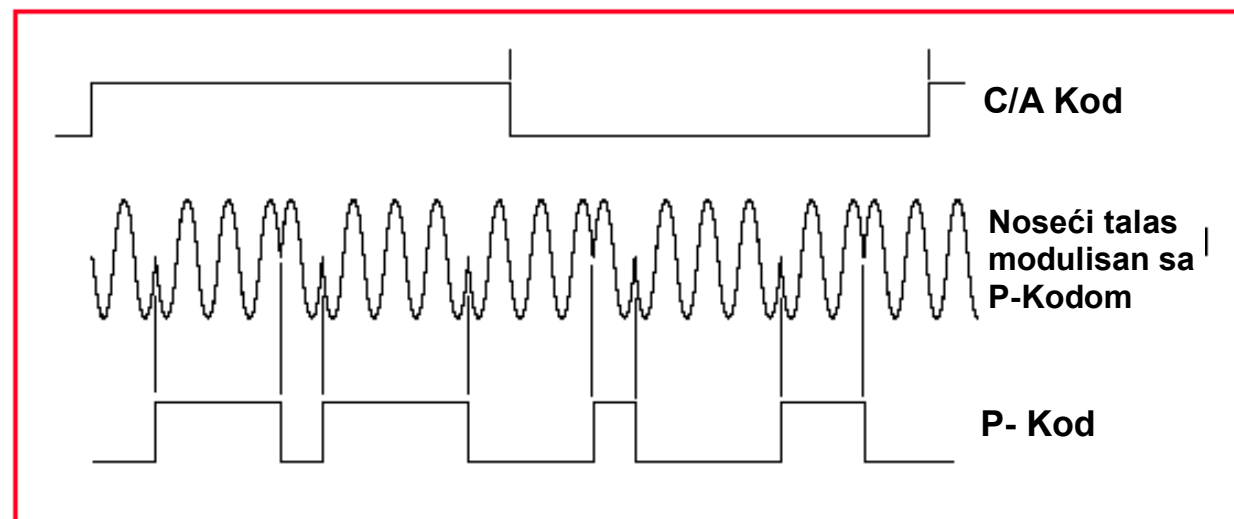
Noseće Faze -Carrier Phase. Sinusni talas L1 ili L2 signala koji je kreiran u satelitu. L1 talas je generisan na 1575.42MHz, a L2 talas na 1227.6 MHz.

C/A kod. "Coarse Acquisition" kod. Modulisan ba L1 talasu na 1.023MHz.

P-kod. Precizni kodd. Modulisan na L1 i L2 talasu na 10.23 MHz. Pogledajte takođe dijagram u poglavlju 2.1.

Šta modulacija znači ?

Noseći talasi su dizajnirani da nose binarne C/A i P-kodove u procesu poznatom kao modulacija. Modulacija znači da su kodovi utisnuti u noseći talas. Kodovi su binarni kodovi. To znači da oni imaju samo vrednosti 1 ili -1. Svaki put kada se ova vrednost primeni, vrši se promena u fazi nosećih talasa.



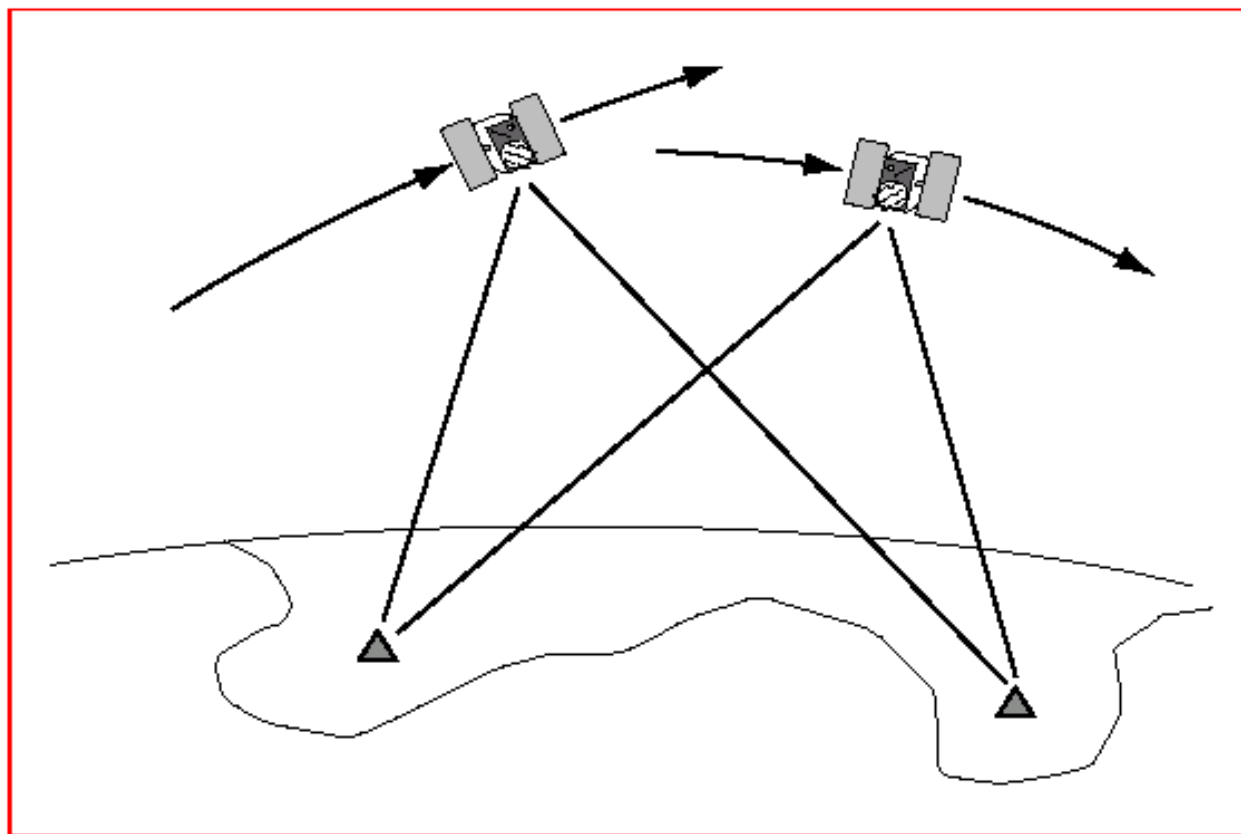
3.3.2. Zašto koristiti Faze Nosećih Talasa?

Faze nosećih talasa se koriste zato što obezbeđuju daleko tačnija merenja do satelita nego korišćenjem P-kod ili C/A koda. L1 noseći talas ima talasnu dužinu od 19.4 cm. Ako možete da izmerite broj talasnih dužina (broj celih i frakcionalni deo) između satelita i prijemnika, vi imate veoma tačno rastojanje do satelita.

3.3.3. Dvostruko Diferenciranje - Double Differencing

Većina grešaka prisutnih pri autonomnom pozicioniranju dolazi od nesavršenosti u prijemničkim i satelitskim časovnicima. Jedan način za prevazilaženje ovih grešaka je korišćenje tehnike poznate pod nazivom Dvostruko Diferenciranje - **Double Differencing**.

Ako dva GPS prijemnika vrše merenja do dva različita satelita, greške časovnika u prijemnicima i satelitima se poništavaju, uklanjajući bilo koji izvor grešaka koji može učestvovati u jednačinama.

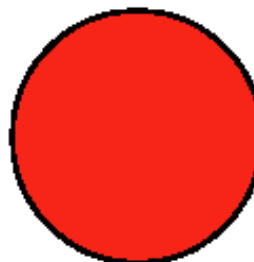


3.3.4. Fazne Neodređenosti i njihovo rešavanje

Nakon uklanjanja grešaka časovnika dvostrukim diferenciranjem, celobrojni i frakcionalni deo broja talasnih dužina između satelita i prijemničke antene može biti određen. Problem je u tome što postoje mnogi setovi mogućih celih talasnih dužina do svakog opažanog satelita. Tako da je rešenje neodređeno. Statističkom obradom je moguće rešiti ove neodređenosti i odrediti najverovatnije rešenje.

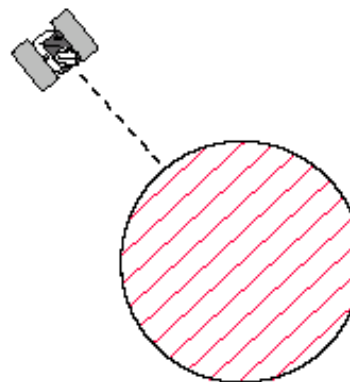
Sledeće objašnjenje je samo princip kao proces rešavanja faznih neodređenosti funkcioniše. Mnogi komplikujući faktori nisu pokriveni ovim objašnjenjem ali ono pruža jednu korisnu ilustraciju.

1.



Diferencijalni kodovi mogu biti upotrbejni za dobijanje približne pozicije. Precizan odgovor mora ležati negde unutar ovog kruga.

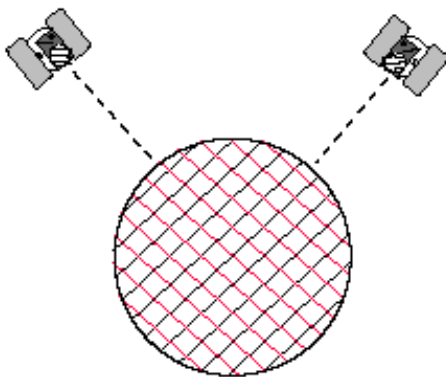
2.



Talasnii frontovi sa jednog satelita se nalaze i unutar i van kruga. Precizna tačka mora ležati negde na jednoj od linija formiranih ovim talasnim frontovima unutar kruga.

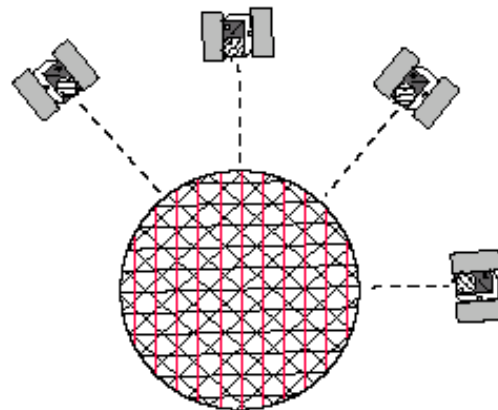
Nastaviće se...

3.



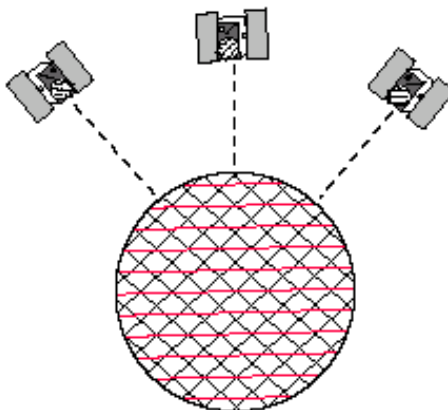
Kada je drugi satelit opažan, drugi set talasnih frontova ili faznih linija je kreiran. Tačka mora ležati na jednom od preseka ova dva seta faznih linija

5.



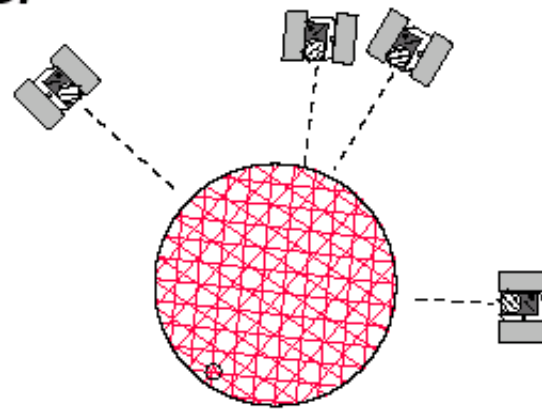
Dodajući četvrti satelit dalje smanjujemo broj mogućnosti

4.



Dodajući treći satelit dalje smanjujemo broj mogućnosti. Tačka mora biti na nekom preseku sva tri seta faznih linija.

6.

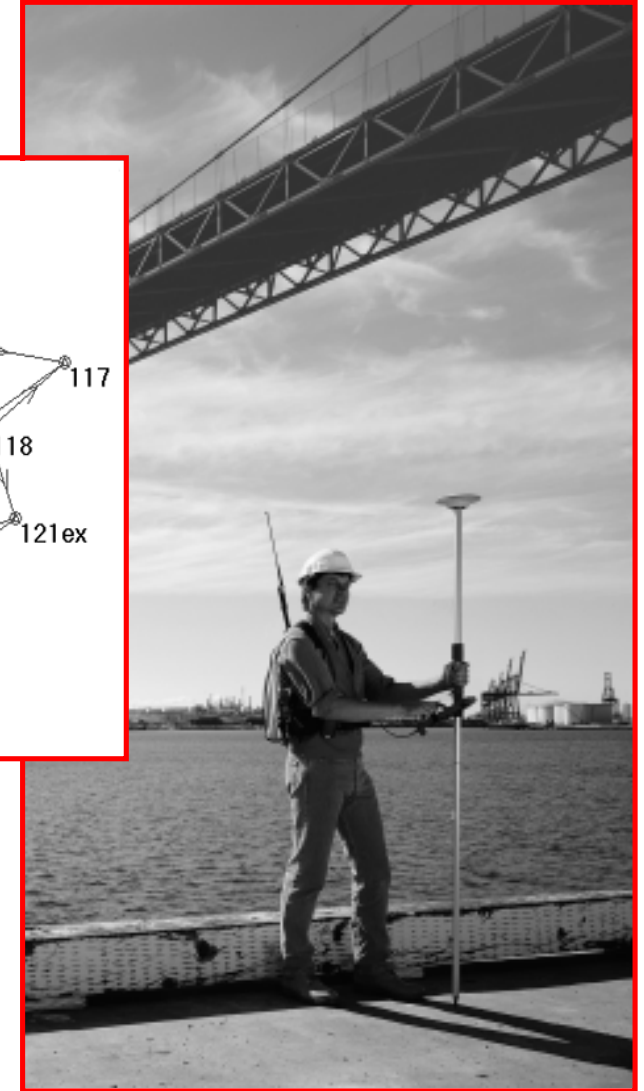
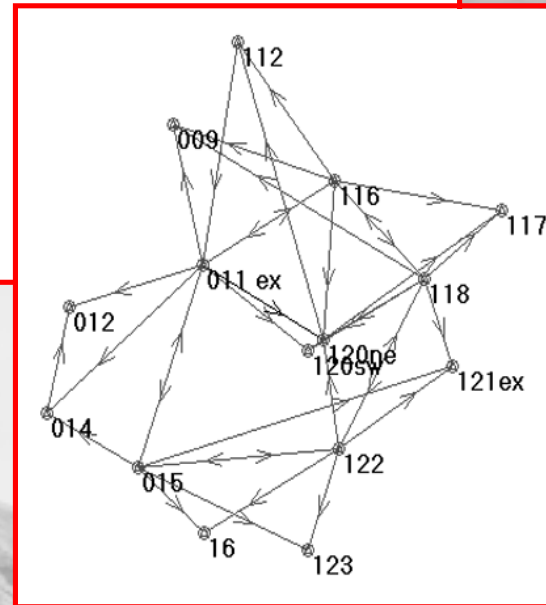


Kako se satelitska konstalacija menja uočiće se trend rotacije oko jedne tačke, ukazujući tako na najverovatnije rešenje.

4. Geodetski Aspekti

Budući da je GPS postao veom popularan kao Geodetski i Navigacioni instrument, geodete i navigatori zahtevaju osnovno razumevanje o tome kako se GPS pozicije odnose prema standardnim kartografskim sistemima.

Najčešći razlog grešaka u GPS premeru je rezultat nekorektnog razumevanja ovih odnosa.



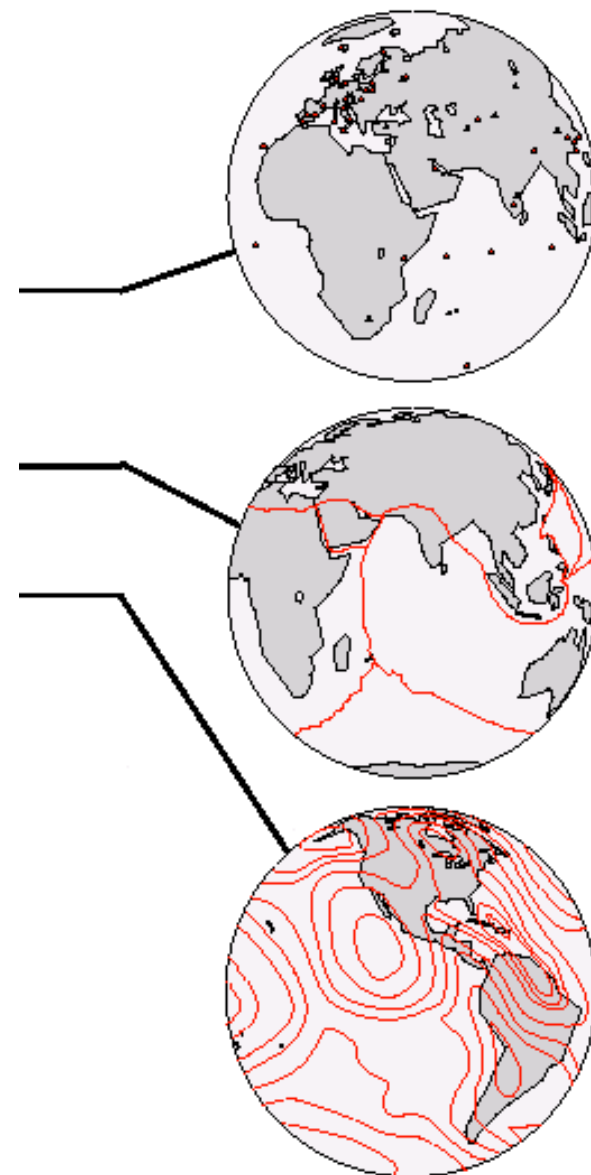
4.1. Uvod

Određivanje pozicije pomoću GPS rešava fundamentalni cilj Geodezije – određivanje apsolutne pozicije sa uniformnom tačnošću u svim tačkama na površini zemlje. Koristeći klasične geodetske i tehnike za premer, određivanje pozicije se uvek odnosi na neku početnu tačku premera, sa tim da je postignuta tačnost zavisila od rastojanja od te početne tačke. GPS nasuprot tome, nudi značajane prednosti nad konvencionalnim tehnikama.

Geodetska nauka je osnova za GPS, i, obrnuto, GPS je postao glavni alat u Geodeziji. To je evidentno ako pogledamo ciljeve Geodezije:

1. Uspostavljanje i održavanje nacionalnih i globalnih tro-dimenzionalnih geodetskih kontrolnih mreža na kopnu, prepoznajući vremenski varijabilnu prirodu tih mreža usled pomeranja tektonskih ploča.
2. Merenje i reprezentacija geodinamičkih fenomena (pomeranje polova, plime, i pomeranja zemlje).
3. Determinisanje gravitacionog polja Zemlje uključujući vremenske varijacije.

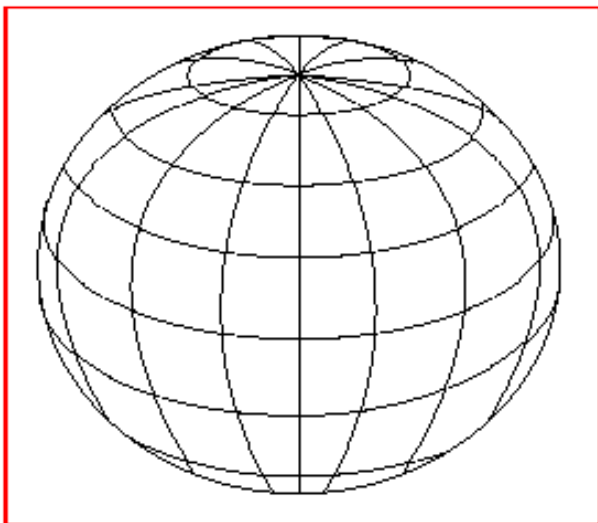
Iako većina korisnika neće nikada raditi ove navedene poslove, esencijalno je da korisnici GPS opreme imaju neka opšte pojmove o Geodeziji.



4.2. GPS koordinatni sistem

Iako se možda čini da je Zemlja pravilna sfera gledano iz svemira, njena površina je daleko od pravilne. Usled činjenice da GPS treba da pruži koordinate bilo koje tačke na površini Zemlje, on koristi geodetski koordinatni sistem baziran na elipsoidu. Elipsoid (takođe poznat i kao sferoid) je sfera koja je spljoštena ili istegnuta.

Elipsoid je izabran zato što najtačnije aproksimira oblik Zemlje. Taj elipsoid nema fizičku površ već je on matematički definisana površ.

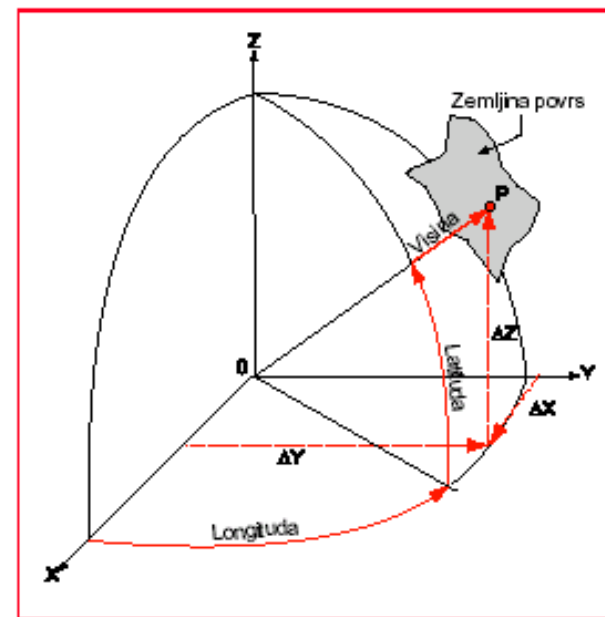


Elipsoid

Postoje naravno mnogi različiti elipsoidi ili matematičke definicije zemljine površine, što će bit razmotreno kasnije. Elipsoid koji koristi GPS je poznat pod nazivom WGS84 ili **World Geodetic System 1984**.

Tačka na površini zemlje (to nije površ elipsoida), može biti definisana koristeći Latitudu-Geod.Širinu, Longitude-Geod.Dužina i elipsoidnu visinu.

Kao alternativni metod definisanja pozicije tačke koristi se Kartezijanski (Cartesian) Koordinatni sistem, koji koristi rastojanja po X, Y, i Z osama od centar sferoida. Ovo je metod koji GPS primarno koristi za definisanje lokacije tačke u prostoru.



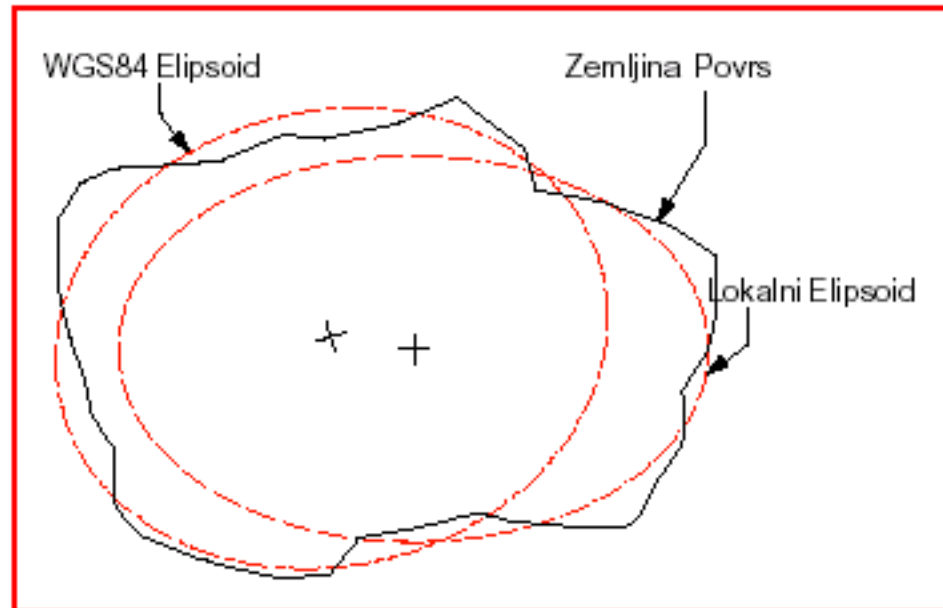
Definisanje koordinata tačke P pomoću Geodetskih i Cartesian koordinata

4.3. Lokalni koordinatni sistemi

Kao i kod GPS koordinata, lokalne koordinate ili koordinate korištene u posebnim držanim kartama su zasnovane na lokalnom elipsoidu, dizajniranim da se poklapa sa geoidom (vidi poglavlje 4.4) na tom području. Obično su te koordinate projektovane u ravan u cilju dobijanja kordinata u projekciji – **grid** koordinata (vidi poglavlje 4.5).

Elipsoidi korišteni u većini lokalnih koordinatnih sistema širom sveta su definisani pre mnogo godina, pre razvoja svemirskih tehnika. Ovi elipsoidi se dobro uklapaju u područja od interesa ali ne mogu biti upotrebljeni na drugim područjima na zemlji. Zato, svaka država definiše kartografski sistem/ referentni okvir baziran na lokalnom elipsoidu.

Pri upotrebi GPS, koordinate tačaka se odnose na WGS84 elipsoid. Postojeće koordinate su obično u lokalnom koordinatnom sistemu i zbog toga GPS koordinate moraju biti transformisane u te lokalni sisteme.



Odnos između elipsoid i površi zemlje

4.4. Problemi sa visinom

Priroda GPS takođe utiče na merenje visina.

Sve visine merene sa GPS su date u donosu na površ WGS84 elipsoida. Te visine su poznate kao Elipsoidne Visine.

Postojeće visine su obično ortometrijske visine merene u odnosu na srednji nivo mora.

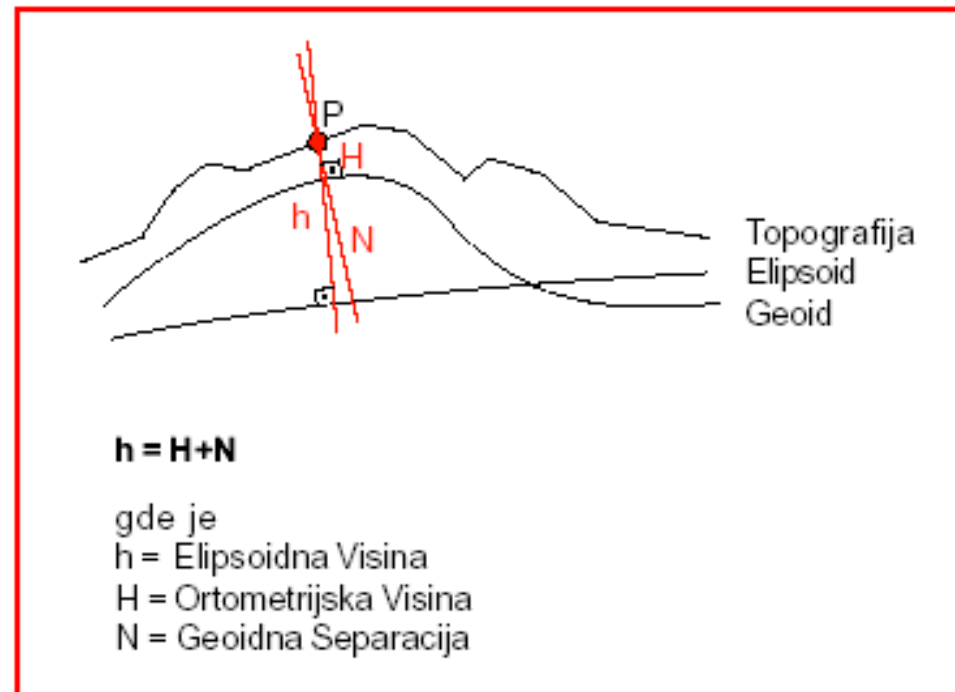
Srednji nivo mora odgovara površi poznatoj kao geoid. Geoid može biti definisan kao ekvipotencijalna površ, n.pr. sila gravitacije je konstantna u bilo kojoj tački na geoidu.

Geoid ima nepravilan oblik i ne odgovara ni jednom elipsoidu. Gustina zemlje ima takođe uticaja na geoid, izazivajući izdizanja u gušćim regionima i ulegnuća u manje gustim regionima.

Odnos između geoida, elipsoida i površine zemlje je prikazan na crtežu.

Kako većina postojećih karata prikazuje ortometrijske visine (u odnosu na geoid), većina korisnika GPS takođe zahteva da njihove visine budu ortometrijske.

Ovaj problem je rešen koristeći geoidne modele za konvertovanje elipsoidnih visina u ortometrijske visine. U relativno ravnim područjima geoid se može smatrati da je konstantan. U tim područjima, upotrebom određenih transformacionih tehnika može se kreirati visinski model i geoidne visine mogu biti interpolovane na osnovu postojećih podataka.



4.5. Transformacije

Svrha transformacije je da transformiše koordinate iz jednog sistema u drugi.

Postoji nekoliko različitih Transformacionih pristupa. Onaj koji ćete upotrebiti zavisi od rezultata koje zahtevate.

Osnovna terenska procedura za određivanje transformacionih parametara je ista bez obzira na izabrani pristup.

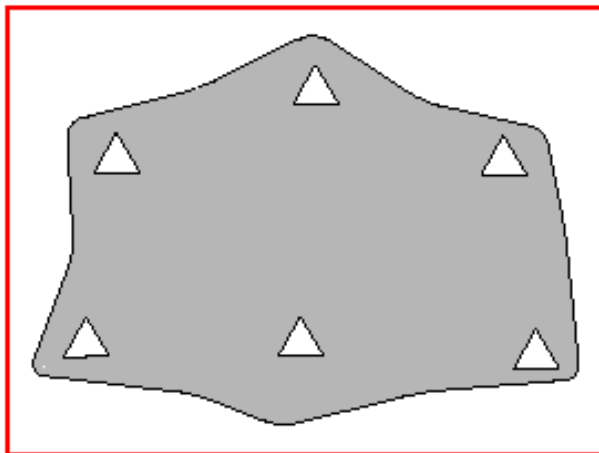
Prvo, koordinate moraju biti raspoložive u oba koordinatna sistema (n.pr. u WGS84 i u lokalnom sistemu) za barem tri (a poželjno je četiri) zajedničke tačke. Što više zajedničkih tačaka uključite u transformaciju, imaćete više mogućnosti za redundantnost i proveru grešaka.

Zajedničke tačke su dobijene merenjem tačaka sa GPS, dok su njihove lokalne koordinate i ortometrijske visine poznate u lokalnom sistemu, (n.pr. postojeće geodetske tačke).

Transformacioni parametri mogu zatim biti sračunati koristeći jedan od transformacionih pristupa.

Važno je napomenuti da transformacija treba biti primenjena samo na tačke u okviru područja pokrivenog zajedničkim tačkama. Tačke van tog područja ne bi trebale biti transformisane koristeći sračunate parametre već bi trebalo formirati novo transformaciono područje.

Transformacija se primenjuje na području obuhvaćenom zajedničkim tačkama.



Helmertova Transformacija

Helmertova 7 parametarska transformacija nudi matematički korektnu transformaciju. To znači zadržavanje tačnosti GPS merenja i lokalnih koordinata.

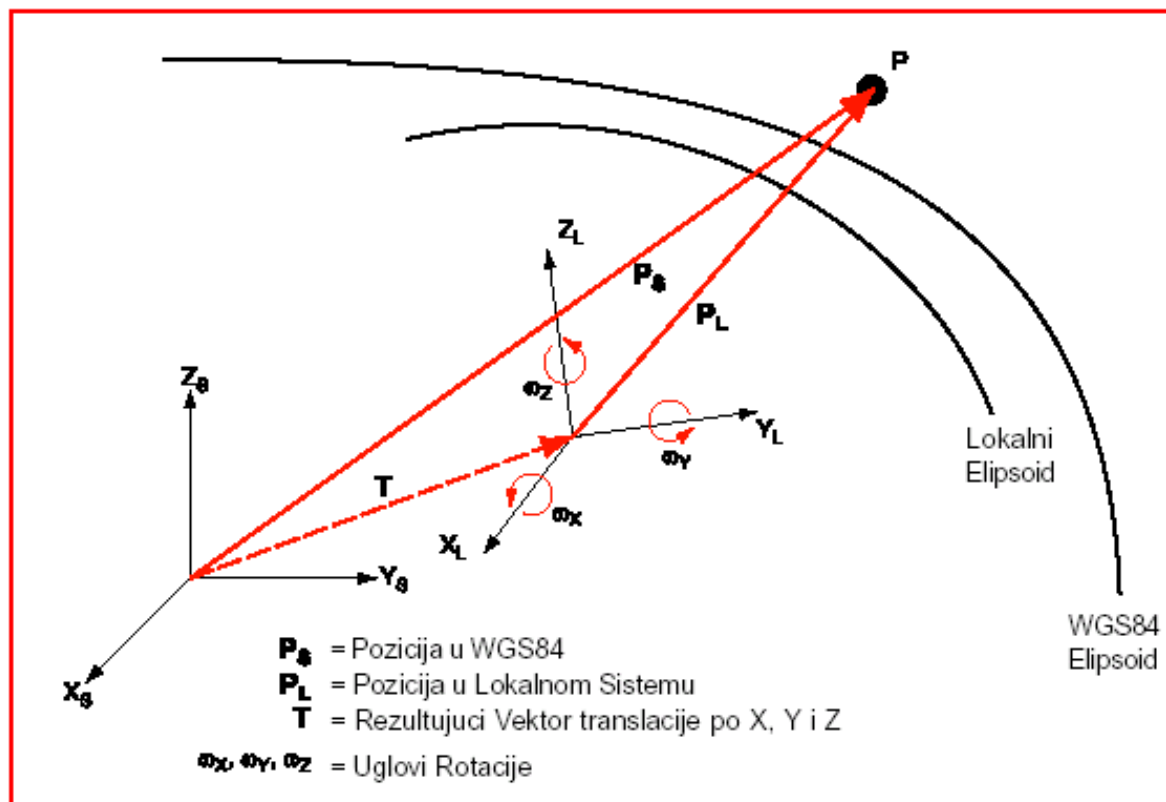
Iskustva su pokazala da je zajedničko za GPS merenja da su izvedena sa mnogo višom tačnosti nego starija merenja sa tradicionalnim optičkim instrumentima.

U najvećem broju slučajeva, prethodno merene tačke neće biti tačne kao nove tačke merene sa GPS. To može kreirati nehomogenosti u mreži.

Pri transformaciji tačaka između koordinatnih sistema, najbolje je razmišljati o koordinatnom početku iz koga su koordinate izvedene kao onom koji se menja, a ne površ na kojoj koordinate leže.

U cilju transformacije koordinata iz jednog sistema u drugi, mora biti poznat međusobni relativni odnos između koordinatnih početaka i osa elipsoida. Iz ovih informacija, translacija u prostoru po X, Y i Z iz jednog početka u drugi.

Rotacije oko X, Y i Z osa i promena u razmeri između dva elipsoida mogu biti određeni.



7 Parametarska Helmertova Transformacija

Drugi transformacioni pristupi

Dok je Helmertov transformacioni pristup matematički ispravan, on ne može uključiti određene neregularnosti u lokalnom koordinatnom sistemu, a za tačne visine moraju biti poznate geoidne sepracije.

Zbog toga, Leica vam takođe nudi određeni broj drugačijih transformacionih pristupa raspoloživih u okviru opreme i softveru.

Takozvani **Interpolacioni pristup** se ne oslanja na poznavanje lokalnog elipsoida i projekcije.

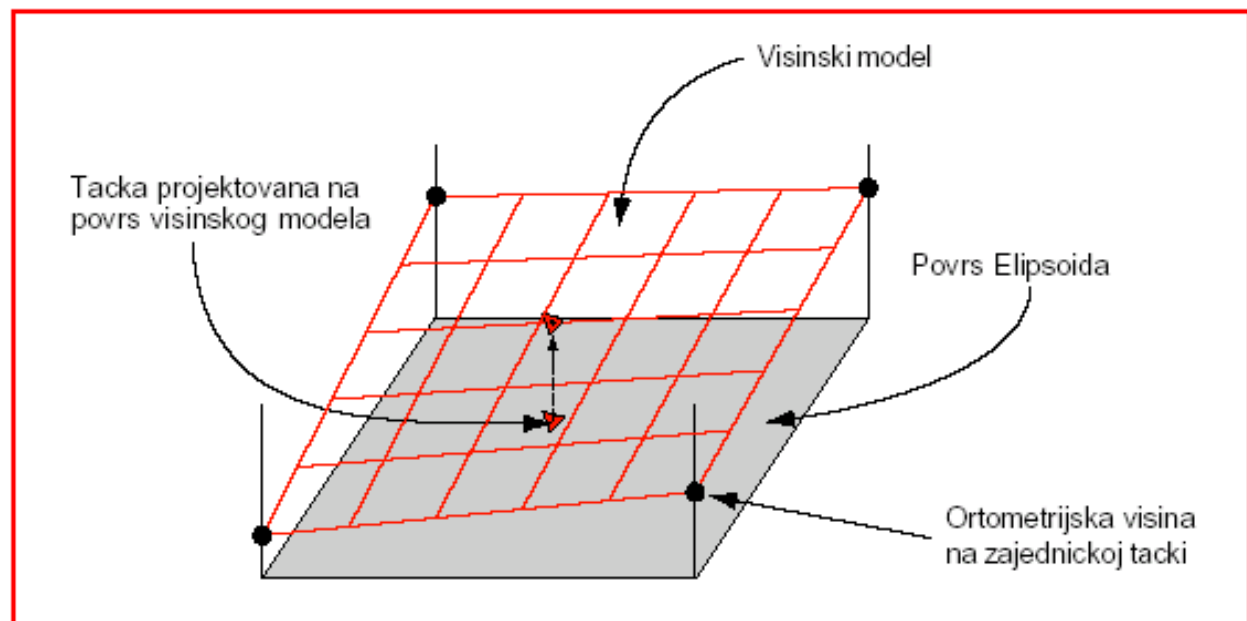
Nekonzistentnosti u lokalnim koordinatama se rešavaju istežanjem ili deformisanjem bilo koje od GPS koordinata radi homogenog uklapanja u lokalni sistema. Pored toga može biti konstruisan i visinski model. On kompenzuje nedostatak geoidnih separacija, ukoliko je obezbeđeno dovoljno kontrolnih tačaka.

Kao alternativa Interpolacionom pristupu može biti korišten **One Step pristup**. Ovaj transformacioni pristup takođe tretira visinsku i pozicionu transformaciju odvojeno. Za pozicionu transformaciju, WGS84

Koordinate su projektovane u privremenu Transverzalnu Merkatorovu projekciju a zatim translirane, rotirane i korigovane za faktor razmere iz privremene projekcije u "realnu" projekciju. Visinska transformacija je jedno-dimenzionalna visinska aproksimacija.

Ova transformacija može biti korištena u područjima gde su lokalni elipsoid i projekcija nepoznati i gde je geoid konstantan.

Oba ova pristupa, Interpolacija i One Step, bi trebalo biti ograničena na područja veličine od oko 15 x 15km, (10 x 10 milja). Kombinacija Helmertovog i Interpolacionog pristupa može biti pronađena u **Stepwise pristupu**. Ovaj pristup koristi 2D Helmertovu transformaciju za dobijanje pozicije i visinsku interpolaciju za dobijanje visina. Ovaj pristup zahteva poznavanje lokalnog elipsoida i projekcije.



Visinski model generisan iz 4 zajedničke tačke

4.6. Kartografske Projekcije i Ravanske Koordinate

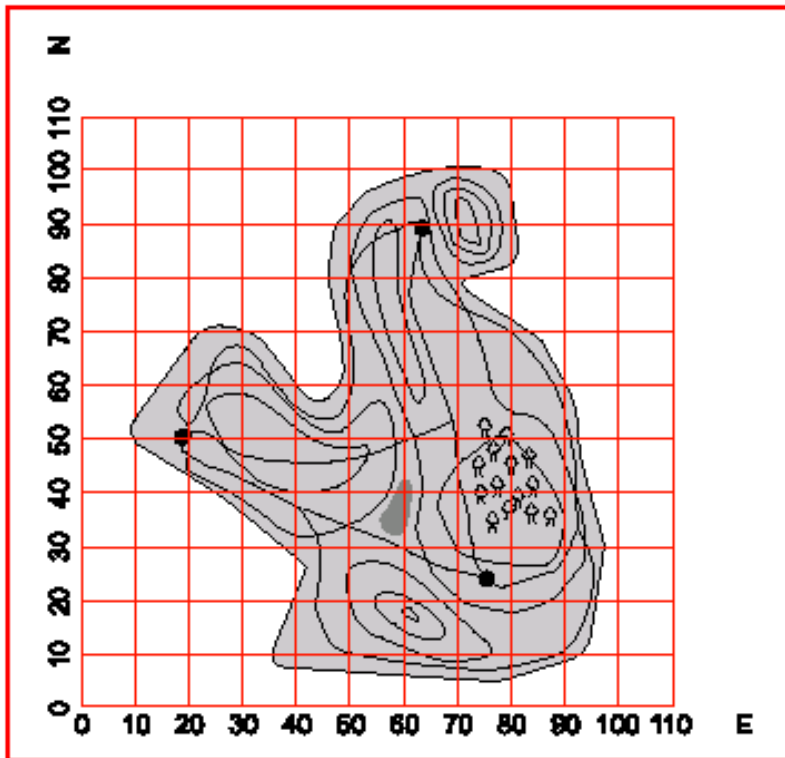
Većina Geodeta meri i snima koordinate u jednom ortogonalnom – grid sistemu. To znači da su tačke definisane putem X (Northings), Y (Eastings) i ortometrijske visine (visina iznad nivoa mora). Kartografske Projekcije omogućavaju geodetima da reprezentuju 3 dimenzionalnu zakrivljenu površ na ravnom komadu papira.

Takve kartografske projekcije se pojavljuju kao ravni ali u stvari definišu matematičke korake za specificiranje pozicija na elipsoidu u smislu ravni.

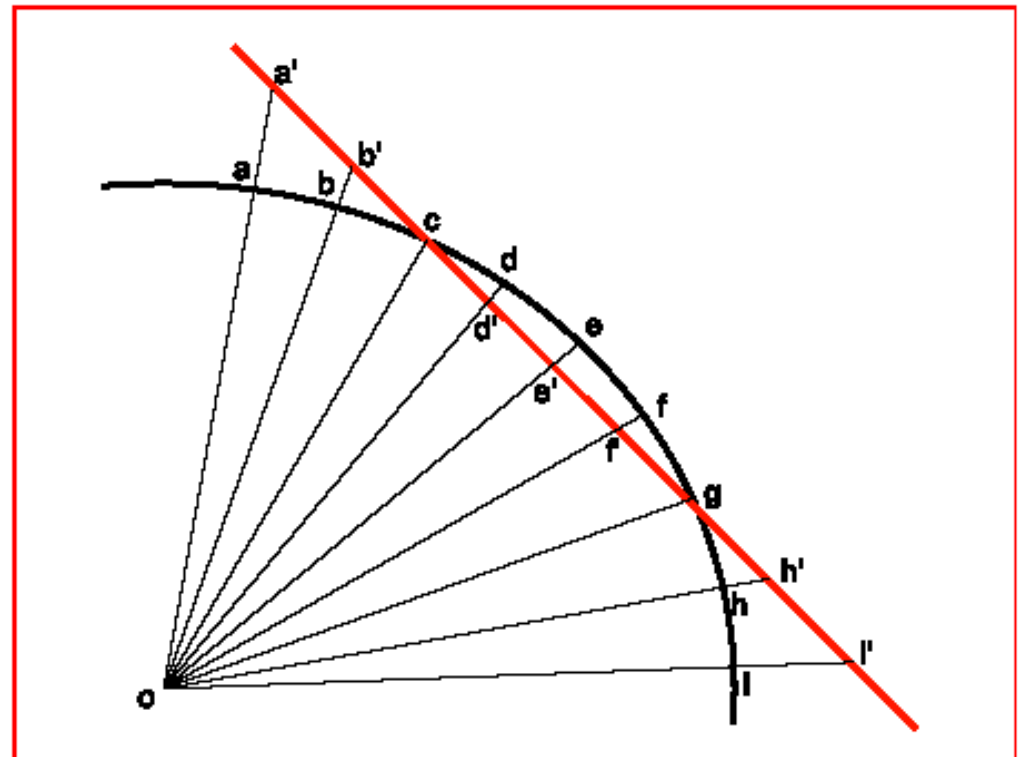
Način na koji kartografska projekcija funkcioniše prikazan je na dijagramu.

Tačke na površi Sferoida su projektovane na površ ravni iz centra sferoida.

Dijagram takođe prikazuje problem da nije moguće reprezentovati prave dužine ili oblike u ravni. Prave dužine su reprezentovane tamo gde ravan seče sferoid (tačke c i g).



Pravougla ravanska (grid) karta



Ideja u osnovi kartografskih projekcija

4.6.1. Transverzalna Merkatorova Projekcija

Transverzalna Merkatorova projekcija je konformna projekcija. To znači da su uglovna merenja napravljena u ravni projekcije prava.

Projekcija je bazirana na cilindru koji je neznatno manji od sferoida i zatim razvijen u ravan. Ovaj metod se koristi u mnogim zemljama i posebno je pogodan za velike zemlje oko ekvatora.

Transverzalna Merkatorova Projekcija je definisana pomoću:

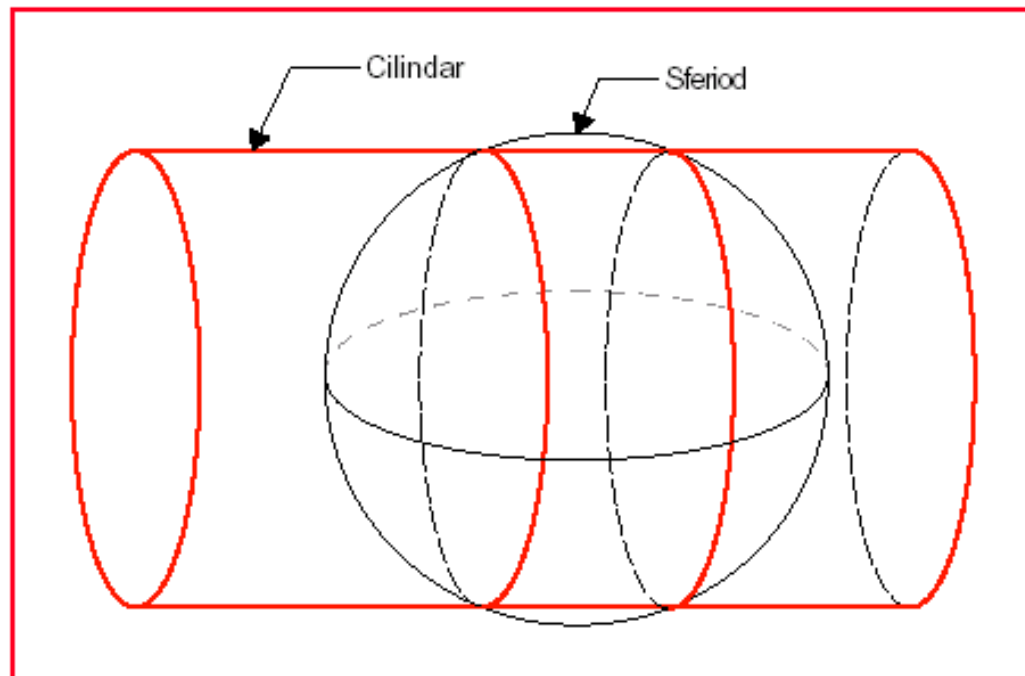
Koordinatama koordinatnog početka -
False Easting and False Northing.

Latitudom Koordinatnog početka -
Latitude of Origin

Centralnim Meridijanom (Longituda) –
Central Meridian

Razmerom na Centralnom meridijanu -
Scale on Central meridian

Širinom Zone –
Zone Width



Transverzalna Merkatorova Projekcija

False Easting i **False Northing** su definisani u cilju da koordinatni početak projekcije može biti u donjem levom uglu. Na ovaj način isključuje se potreba za negativnim koordinatama.

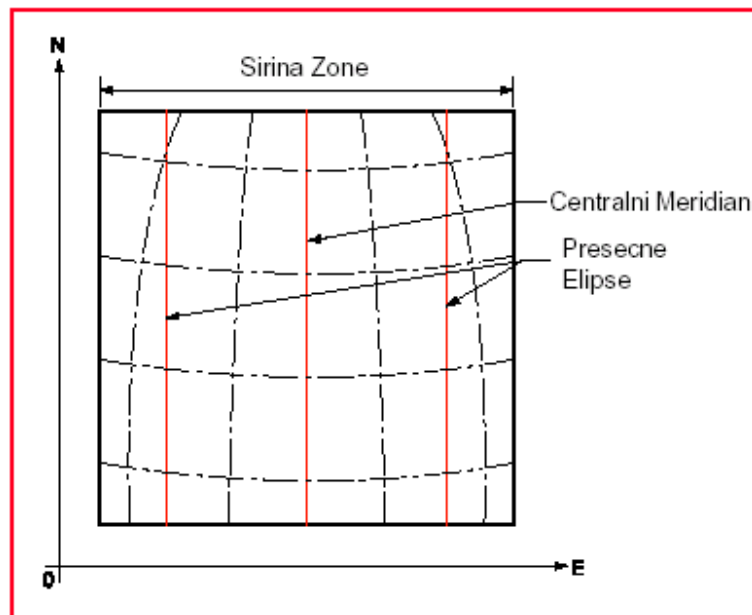
Latitude of Origin definiše Širinu – Latitudu ose cilindra. To je normalno ekvator (na severnoj hemisferi).

Central Meridian definiše pravac x-ose (grid north) i longitudu centra projekcije.

Razmera varira u pravcu istok-zapad. Kako je cilindar obično manji od sferoida, faktor razmere na centralnom meridijanu - **Scale on Central Meridian** manji od 1, isti je tj. 1 na presečnim elipsama, a veći je od 1 na ivicama projekcije.

Razmera u pravcu sever-jug se ne menja. Iz tog razloga, Transverzalna Merkatorova projekcija je najpogodnija za kartiranje područja koja se prostiru u pravcu sever-jug.

Zone Width definiše deo sferoida u pravcu istok-zapad na koji se projekcija primenjuje.



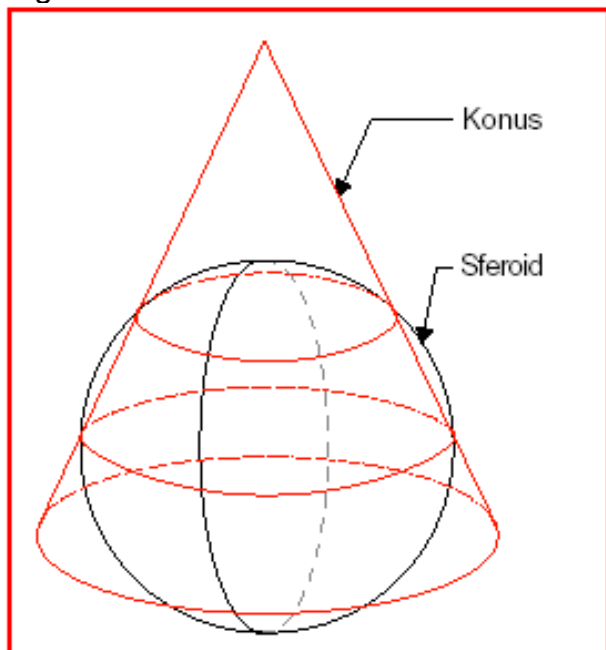
Parametri Transverzalne Merkatorove projekcije

Universal Transverse Mercator (UTM)

UTM projekcija pokriva zemlju između 80°N i 80°S širine. Ona je poseban tip Transverzalne Merkatorove projekcije, pri čemu su određeni parametri zadržani fiksni. UTM je podeljena u zone od 6° po longitudi sa preklapanjem susednih zona od 30'. Jedini parametar koji treba definisati je Centralni Meridijan - **Central Meridian** ili Broj Zone - **Zone Number**. (Kada je jedan definisan, drugi je impliciran).

4.6.2. Lambertova Projekcija

Lambertova Projekcija je takođe konformna projekcija bazirana na konusu koji preseca sferoid. Ona je idealna za male, okrugle zemlje, ostrva i polarne regione.



Lambertova Projekcija

Lambertova projekcija je definisana preko:

- False Easting and Northing
- Latitude of origin
- Central Meridian

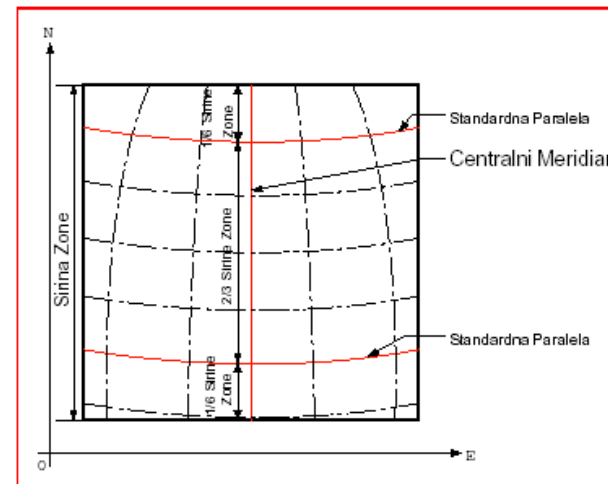
- Latitude of 1st Standard Parallel
- Latitude of 2nd Standard Parallel

False Easting and False Northing su definisani u cilju da koordinatni početak projekcije može biti u donjem uglu kako to konvencije nalažu. Na ovaj način izbegava se upotreba negativnih koordinata.

Latitude of Origin definiše latitudu koordinatnog početka projekcije.

Central Meridian definiše pravac severa i longitudu centra projekcije.

Latitude of 1st Standard Parallel definiše latitudu na kojoj konus prvo seče sferoid. Ona takođe definiše područje na kome je uticaj razmere u pravcu sever-jug jednak nuli.



Parametri Lambertove projekcije

Latitude of 2nd Standard Parallel definiše drugu latitudu na kojoj konus seče sferoid. Uticaj razmere je u ovoj tački takođe 0. Faktor razmere je u području između ovih standardnih paralela suviše mali dok je u području van njih suviše veliki, dok je na samim Standardnim Paralelama jednak 0. Razmera u pravcu istok-zapad ne varira.

5. Merenje sa GPS

Verovatno daleko važnije za geometre i inženjere od same teorije koja stoji iza GPS, su praktične primene efektivnog korišćenja GPS.

Kao i bilo koji drugi alat, GPS je dobar samo onoliko koliko je dobar njegov operator. Pravilno planiranje i priprema su esencijalni za uspešno merenje, kao i upućenost u mogućnosti i ograničenja.

Zašto koristiti GPS?

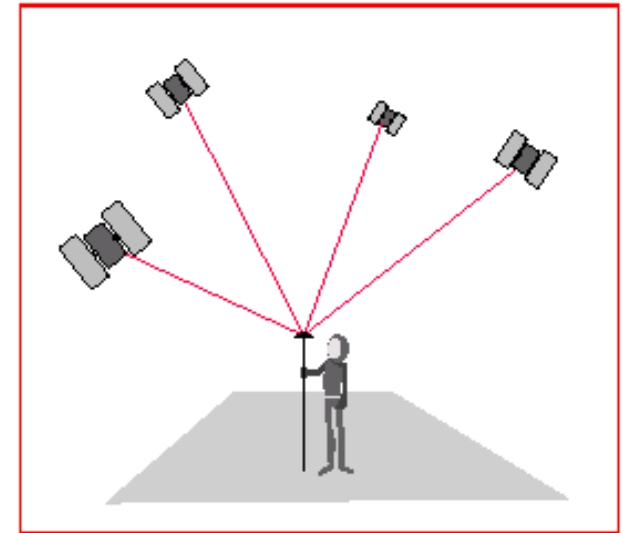
GPS ima brojne prednosti nad tradicionalnim geodetskim metomama:

1. Međusobno dogledanje između tačaka nije potrebno.
2. Može biti korišten u bilo koje vreme dana ili noći i u bilo kojim vremenskim uslovima.
3. Pruža rezultate sa veoma visoke geodetske tačnosti.
4. Više posla može biti urađeno za manje vremena i sa manje ljudi.

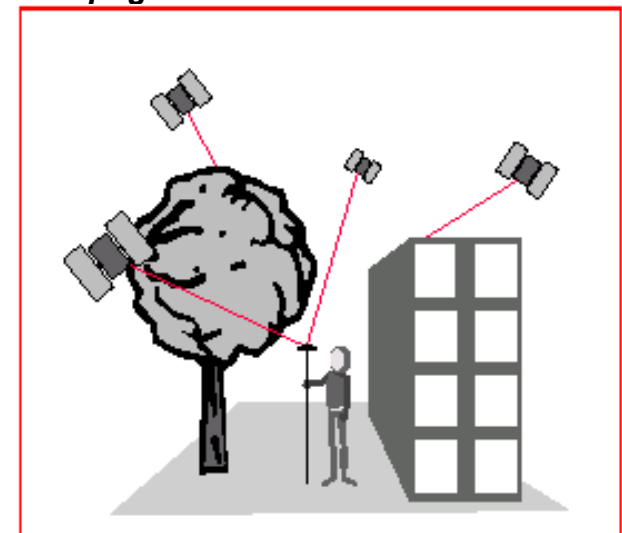
Ograničenja

U cilju rada sa GPS važno je da GPS Antena ima čist prijem sa najmanje 4 satelita. Ponekad satelitski signali mogu biti blokirani visokim zgradama, drvećem itd.. Zato, GPS ne može biti korišten unutar prostorija. Tako da je teška upotreba GPS u gradskim centrima ili šumama.

Zbog ovih ograničenja, može se pokazati da je za određene geodetske poslove bolje koristiti optičke totalne stanice ili kombinovati upotrebu takvih instrumenata sa GPS.



Čist pogled do četiri satelita



Veliki objekti mogu blokirati GPS signal

5.1. GPS Merne Tehnike

Postoji nekoliko mernih tehnika koje se mogu koristiti sa većinom GPS Geodetskih Prijemnika (– **GPS Survey Receivers**). Sami geodeti bi trebali izabrati odgovarajuću aplikaciju.

Statička (Static) – Koristi se za duge linije, geodetske mreže, studije tektonskih ploča itd.. Nudi visoku tačnost na velikim rastojanjima ali je veoma spora.

Brza Statička (Rapid Static) – Koristi se za uspostavljanje lokalnih kontrolnih mreža, proglašavanje mreža itd.. Nudi visoku tačnost baznih linija na rastojanjima do 20km i mnogo je brža od Statičke tehnike.

Kinematička (Kinematic) – Koristi se za detaljno snimanje i merenje većeg broja tačaka za kratko vreme. Veoma efikasan način za merenje velikog broja tačaka koje su međusobno blizu.

U svakom slučaju, ukoliko postoje prepreke ka nebu kao što su mostovi, visoke zgrade itd., i prati se manje od 4 satelita, oprema mora biti reinicijalizovana što može trajati 5-10 minuta.

Tehnika obrade poznata pod nazivom On-the-Fly (OTF) je dobar način da se minimizira ovo ograničenje.

RTK - Real Time Kinematic koristi radio link za transmisiju satelitskih podataka iz Referentnog prijemnika u Rover. To omogućava da koordinate budu sračunate i prikazane u realnom vremenu, tokom samog mrenja na terenu. Koristi se za slične aplikacije kao i Kinematika. Veoma efikasan način za snimanje detalja budući da su rezultati prezentovani tokom samog rada. Ove tehnike su u priličnoj meri zavisne od radio veze, koja je podložna interferenciji sa drugim radio izvorima kao i blokiranju međusobnog dogledanja.

5.1.1. Statička Merenja

Ovo je bila prva metoda razvijena za GPS merenja. Ona može biti korištena za merenja dugačkih baznih linija (obično 20km i više).

Jedan prijemnik se postavlja na tačku čije su koordinate poznate u WGS84. Taj prijemnik se naziva Referentni Prijemnik. Drugi prijemnik se postavlja na drugi kraj bazne linije i on se naziva Rover.

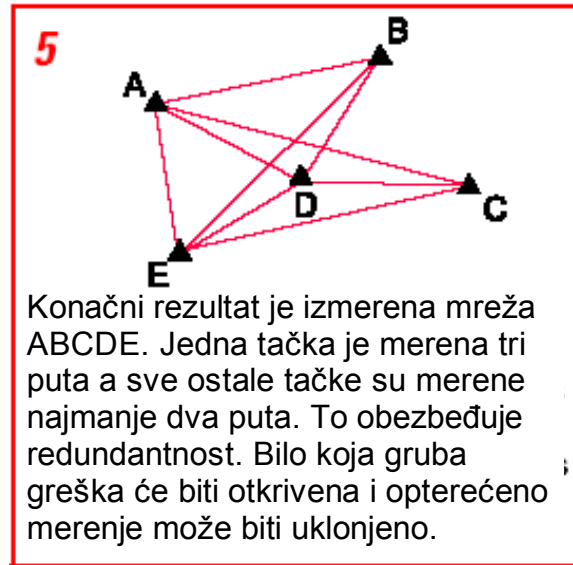
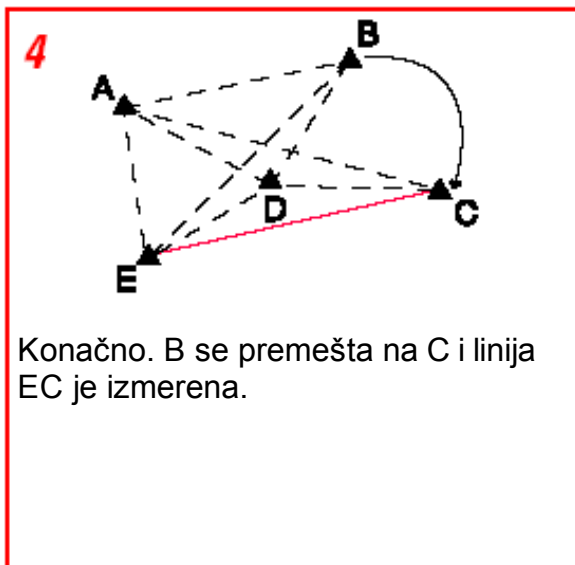
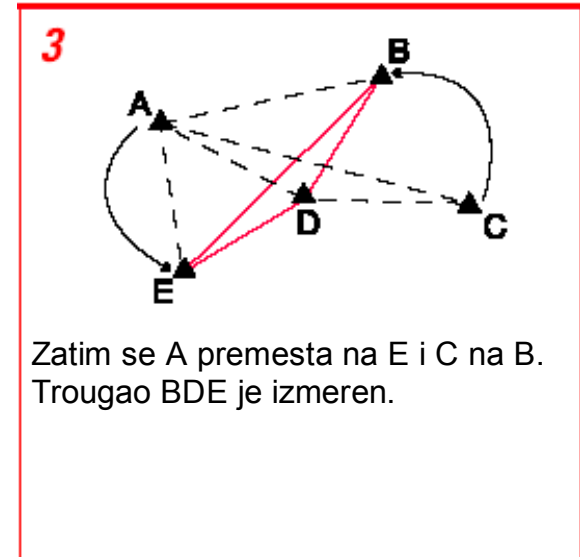
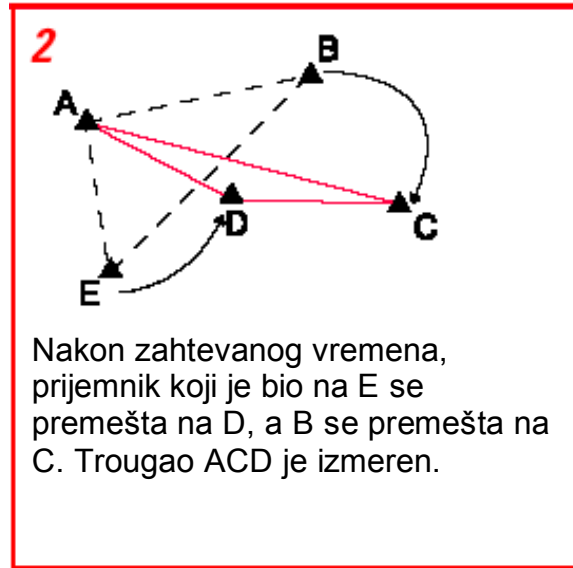
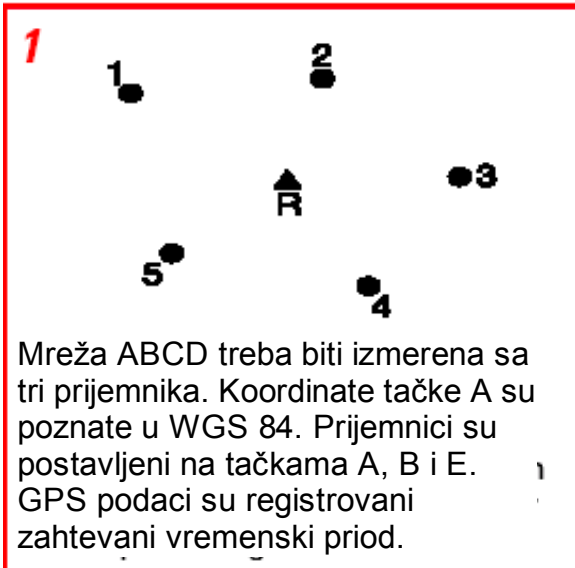
Podaci se registruju na obe stanice istovremeno. Važno je da su podaci registrovani u istim vremenskim intervalima na svakoj stanici. Interval registracije podataka može obično biti postavljen na 15, 30 ili 60 sekundi.

Prijemnik treba prikupljati podatke tokom određenog vremenskog intervala. To vreme zavisi od dužine linije, broja opažanih satelita i satelitske geometrije (DOP-faktor). Kao neko opšte pravilo, dužina opažanja je minimum 1 čas za liniju od 20km sa 5 satelita i GDOP manji od 8. Duže linije zahtevaju duže vreme opažanja.

Kada je prikupljeno dovoljno podataka, prijemnik se može isključiti. Rover se zatim može premestiti na sledeću baznu liniju u merenje se može započeti ponovo.

Veoma je važno obezbediti redundantnost u mreži koja se meri. To podrazumeva merenje tačaka barem po dva puta i vršenje određenih kontrola u cilju otkrivanja problema i grešaka.

Veliko povećanje produktivnosti može biti realizovano uz pomoć dodatnih Rover prijemnika. U tom slučaju se zahteva dobra koordinacija između terenskih ekipa u cilju maksimalnog iskorišćenja većeg broja prijemnika. Jedan takav primer je dat na sledećoj stani.



5.1.2. Brza Statička Merenja

Kod Brzih Statičkih merenja, bira se Referentna tačka i jedan ili više Rovera koji vrše merenja u odnosu na nju.

Obično se ova tehnika koristi za progušćavanje postojećih mreža, uspostavljanje novih kontrolnih mreže itd.

Na početku rada u područja gde ne postoji je već izvršen GPS premer, prvi zadatak je opažanje određenog broja tačaka, čije su koordinate tačno poznate u lokalnom sistemu. To će omogućiti računanje transformacije a zatim, da tačke merene GPS u tom području budu transformisane u lokalni sistem. Kao što je rečeno u poglavlju 4.5, najmanje 4 poznate tačke po obodu merenog područja treba da budu opažane. Sračunata transformacija će važiti za celo područje obuhvaćeno ovim tačkama.

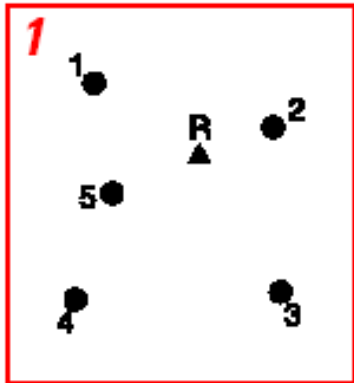
Referentni Prijemnik se obično postavlja na poznatu tačku i može biti uključen u računanja transformacionih parametara. Ako nema raspoloživih tačaka, on može biti postavljen bilo gde unutar mreže.

Rover prijemnik(ci) zatim obilazi svaku od poznatih tačaka. Dužina opažanja Rovera zavisi od udaljenosti do Referentnog prijemnika i GDOP faktora. Podaci se registruju i naknadno obrađuju u kancelariji.

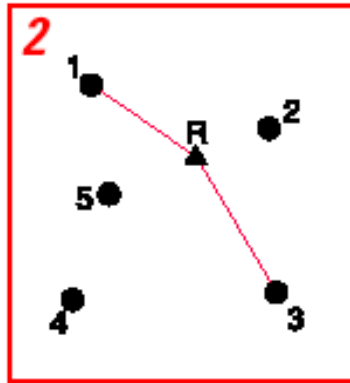
Tokom merenja treba sprovesti određene provere u cilju otkrivanja grubih grešaka u merenjima. To može biti urađeno ponovnim merenjem već opažanih tačaka u drugo doba dana.

Kada se radi sa dva ili više Rover prijemnika, može se obezbediti da svi roveri rade istovremeno na svim okupiranim tačkama. To omogućava da podaci sa svake stanice budu korišteni i kao Referentni i kao Rover tokom obrade što je najefikasniji način rada, ali je zato i najteži za sinhronizaciju terenskih ekipa.

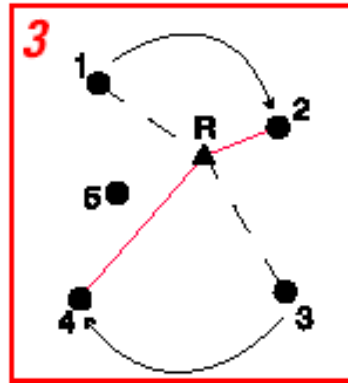
Još jedan način za obezbeđivanje redundantnosti je postavljanje dve referentne stanice, i korišćenje jednog rovera za okupiranje tačaka, što je prikazano u donjem primeru, na sledećoj strani.



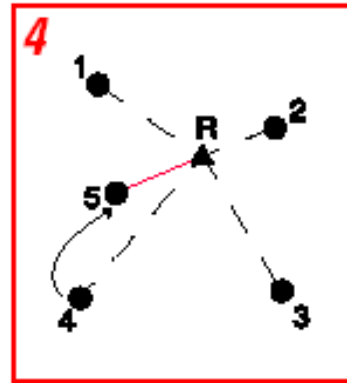
1 Mreža 1,2,3,4,5 treba biti izmerena sa Referentne stanice R sa tri GPS prijemnika.



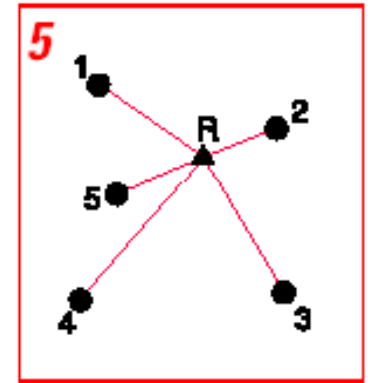
2 Referentna stanica je postavljena. Jedan rover okupira tačku 1, dok drugi okupira tačku 3.



3 Nakon zahtevanog vremena opažanja, jedan rover se premešta na tačku 2, dok se drugi premešta na tačku 4.

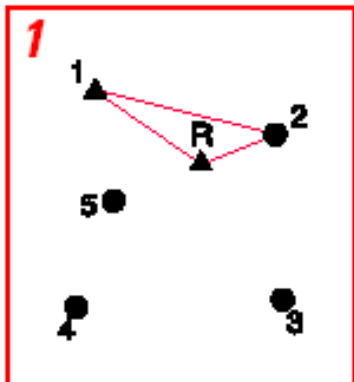


4 Zatim, se jedan rover može vratiti u kancelariju, dok drugi meri tačku 5.

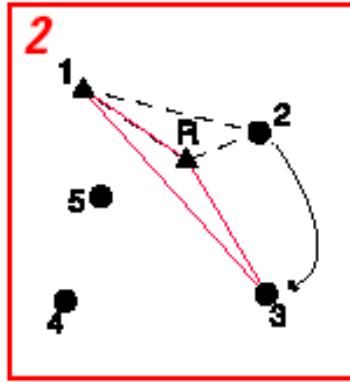


5 Krajnji rezultat se vidi na slici. Nekog sledećeg dana, operacija će biti ponovljena u cilju provere grubih grešaka.

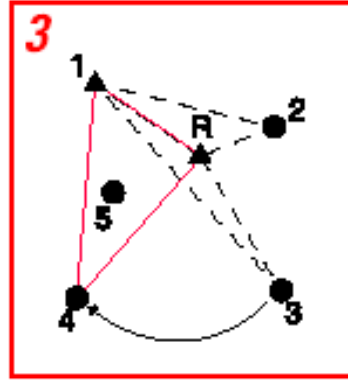
Alternativno...



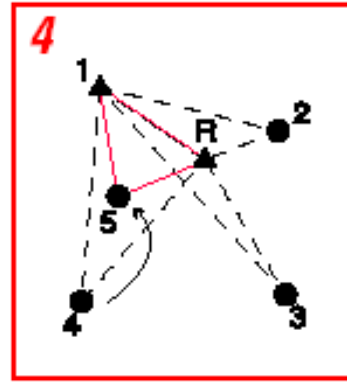
1 Referentne stanice se postavljaju na tačku R i tačku 1. Rover zaposeda tačku 2.



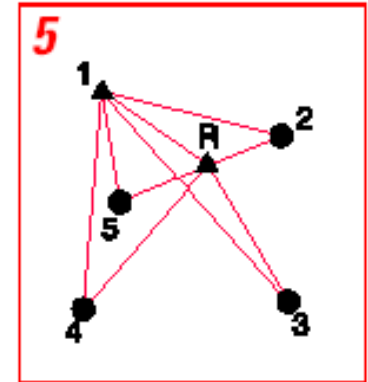
2 Nakon zahtevanog vremena opažanja, Rover se premešta na tačku 3.



3 Slično, Rover zatim nastavlja sa tačkom 4...



... pa sa tačkom 5.



5 Krajnji rezultat je izmerena mreža sa potrebnom redundantnosti.

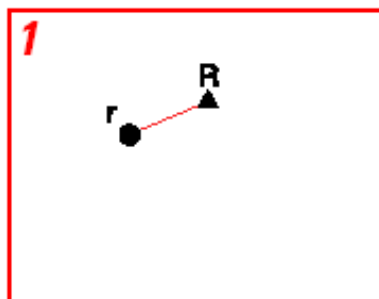
5.1.3. Kinematička Merenja

Kinematička tehnika se obično koristi za detaljno snimanje, registrovanje trajektorije itd., mada se sa pojavom RTK njena popularnost smanjuje.

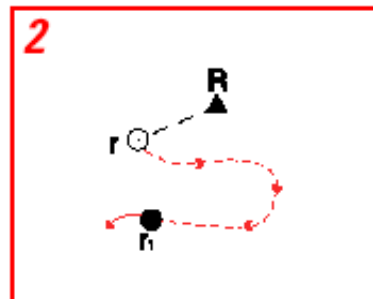
Ova tehnika koristi pokretni Rover prijemnik čija pozicija može biti sračunata relativno u odnosu na Referentni prijemnik.

Prvo, Rover mora izvršiti takozvanu inicijalizaciju. To je u suštini isto merenje kao i merenje tačke Brzom Statičkom metodom koje omogućava softveru za naknadnu obradu da reši fazne neodređenosti. Referentni i Rover prijemnici su uključeni i moraju biti apsolutno stabilni nekih 5-20 minuta, prikupljajući podatke. (Aktuelno vreme zavisi od dužine bazne linije do Baze i broja opažanih satelita).

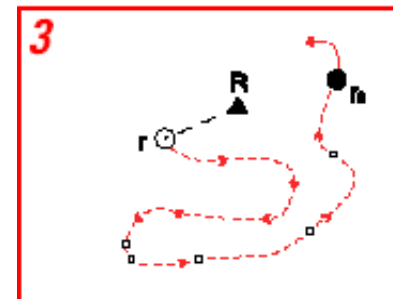
Nakon tog perioda, Rover se može slobodno kretati. Korisnik može registrovati pozicije u predefinisanim intervalima, može registrovati diskretne tačke, ili registrovati kombinaciju ova dva. Taj deo merenja se obično naziva kinematički lanac (**kinematic chain**).



Izvršena je inicijalizacija od Referentne do Rovera.



Rover se zatim može pokrenuti. Pozicije mogu biti registrovane u unapred definisanom intervalu...



... a takođe i diskretne tačke ako se to zahteva.

Glavna stvar na koju treba obratiti pažnju tokom kinematičkih merenja je izbegavati približavanje objektima koji mogu blokirati satelitski signal na. Ako je u bilo kom trenutku, praćeno manje od četiri satelita na Roveru, vi morate stati, pomeriti se na poziciju gde se može pratiti 4 ili više satelita i ponovo izvršiti inicijalizaciju pre nastavka merenja.

Kinematic on the Fly

Ovo je varijacija Kinematičke tehnike i prevazilazi potrebu za inicijalizacijom i naknadnim re-inicijalizacijama kada broj praćenih satelita padne ispod četiri.

Kinematic on the Fly je metod obrade koji se primenjuje na merenja tokom naknadne obrade (post-processing). Na početku merenja, operator može odmah početi da se kreće sa Roverom i da registruje podatke. Ako on prođe ispod drveća i izgubi satelite, nakon ponovnog dobijanja satelitskih signala, sistem će se automatski reinicijalizovati.

5.1.4. RTK Merenja

RTK je skraćenica od Real Time Kinematic. To je ustvari Kinematic on the Fly tehnika izvedena u realnom vremenu.

Referentna Stanica ima priključen radio link i re-emituje podatke koje primi sa satelita.

Rover takođe ima radio link i prima signale emitovane sa Referentne Stanice. Rover takođe prima satelitske podatke direktno sa satelita koristeći svoju sopstvenu GPS Antenu. Ova dva seta podataka mogu biti obrađivana zajedeno na Roveru u cilju rešavanja faznih neodređenosti i dobijanja veoma tačne pozicije relativno u odnosu na Referentni prijemnik.

Kada je Referentni Prijemnik postavljen i počeo da emituje podatke preko radio linka, Rover Prijemnik može biti aktiviran.

Kada Rover prati satelite i prima podatke sa Referentnog, on može početi proces inicijalizacije. To je slično inicijalizaciji koja se vrši u naknadnoj obradi kinematic on the fly merenja, osnovna razlika je u tome što se sada izvodi u realnom vremenu.

Nakon izvršene inicijalizacije, fazne neodređenosti su rešene i rover može registrovati tačke i koordinate. U tom trenutku, tačnost bazne linije će biti između 1 - 5cm.

Veoma je važno održavati kontakt sa Referentnim Prijemnikom, inače Rover može izgubiti fazne neodređenosti. Tada su rezultati imaju daleko manju pozicionu tačnost.

Osim toga, problemi se mogu pojaviti kada se približite preprekama kao što su visoke zgrade, drveće itd. Gde satelitski signali mogu biti blokirani. RTK je brzo postao najkorišćeniji metod za izvođenje visoko preciznih, visokotačnih GPS merenja na manjim područjima i može biti korišten za manje aplikacije kao konvencionalna totalna stanica. To uključuje detaljno snimanje, iskolčavanje, COGO aplikacije itd..

The Radio Link

Većina RTK GPS sistema koristi male UHF radio modeme. Radio komunikacija je deo RTK sistema sa kojim je većina korisnika imala poteškoće. U cilju optimizacije performansi radio trebalo bi razmotriti sledeće:

1. Snaga transmitera. Generalno govoreći, veća snaga - bolje performanse. Ipak, većina zemalja zakonsko ograničava izlaznu snagu na 0.5 - 2W.
2. Visina antene transmitera. Radio komunikacija može biti uslovljena dogledanjem. Što je veća visina antene, manje izgleda za ove probleme. To će takođe povećati i domet radio komunikacije. Isto ovo se odnosi i na prijemnu antenu.

Ostali faktori koji utiču na performanse uključuju dužinu kabla radio antene (duži kablovi znače veće gubitke) i tip korištene radio antene.

5.2. Pripreme za merenje

Pre odlaska na teren, geodeta se mora pripremiti za merenje. Treba razmotriti sledeće:

1. Radio Licence
2. Napajanje – napunjene baterije
3. Rezervni kablovi
4. Komunikacija na terenu
5. Koordinate Referentne Stanice
6. Memorijske kartice – Da li imate dovoljno memorije?
7. Plan opažanja. Osnovni cilj ovog plana treba biti dobijanje dovoljno informacija za određivanje Transformacionih Parametara, a zatim redundantnost opažanja.

5.3. Saveti tokom rada

Za Statička i Brza Statička merenja, uvek popunite zapisnik za svaku merenu tačku. Jedan takav primer je dat na sledećoj strani.

Kod Statičkih i Brzih Statičkih merenja, izuzetno je važno da je visina antene izmerena korektno. To je jedna od najčešćih grešaka tokom GPS merenja. Merite visinu antene na početku i na kraju merenja. Kod Kinematičkih i RTK merenja, antena je obično postavljena na štapu koji ima konstantnu visinu.

Tokom Statičkih i Brzih Statičkih merenja, GPS antena mora biti potpuno nepokretna. To se takođe odnosi i na Brzu Statičku inicijalizaciju kod Kinematičkih merenja (ali ne i na Kinematic on the Fly ili RTK merenja). Bilo koji pokret ili vibracija antene može loše uticati na rezultate.

Terenski Zapisnik

Tačka _____ Datum _____ Napomene _____
Senzor Ser. Br. _____ Operator _____
Metoda _____
Tip Antene _____
Visina Antene _____
Početak Merenja _____
Završetak Merenja _____
Br. Epoha _____
Br. Satelita _____
GDOP _____

Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland, has been certified as being equipped with a quality system which meets the International Standards of Quality Management and Quality Systems (ISO standard 9001) and Environmental Management Systems (ISO standard 14001).



***Total Quality Management-
Naš doprinos potpunom zadovoljstvu
korisnika***

Za više informacija o TQM programu raspitajte se kod vašeg Leica Geosystems zastupnika



11000 Beograd, Generala Horvatovi}a 62a

Tel/fax: +381 11/ 340 82 72; 340 82 82

e-mail: vekomdoo@EUnet.yu

www.vekom.co.yu

712678-1.1.0en

Printed in Switzerland - Copyright Leica
Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland 2000
Translation of original text (712677-1.1.0de)

The Leica logo is written in a red, cursive script font.

Leica Geosystems AG

CH-9435 Heerbrugg

(Switzerland)

Phone +41 71 727 31 31

Fax +41 71 727 46 73

www.leica-geosystems.com