

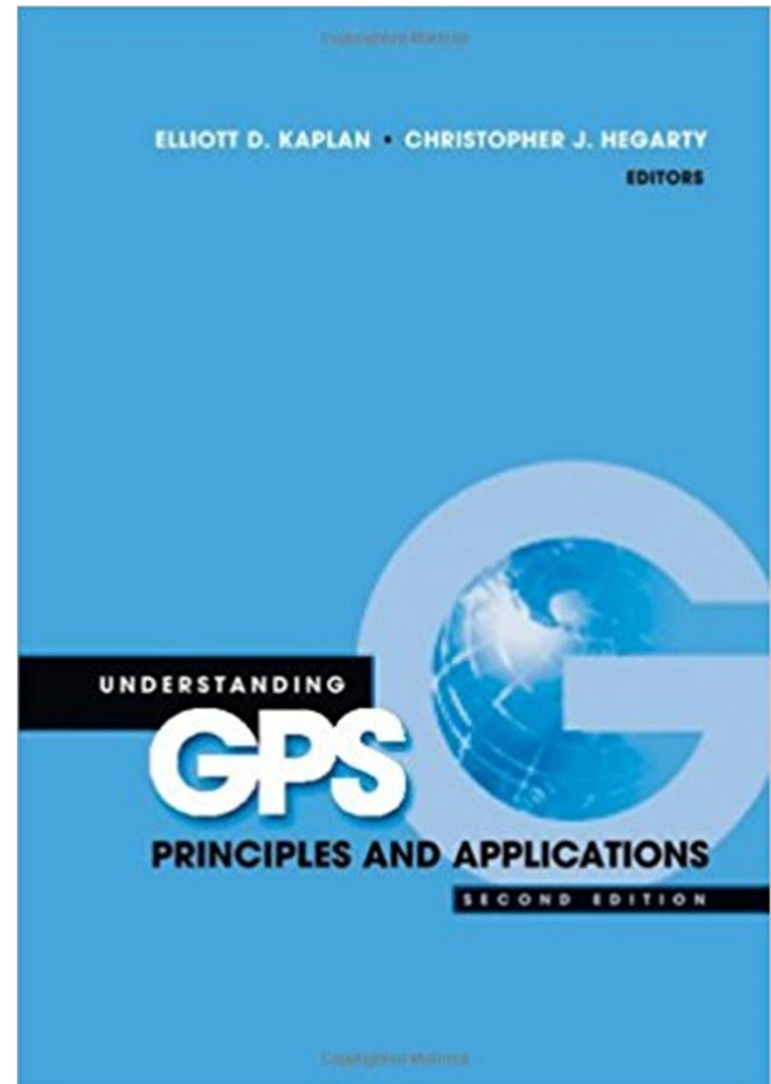
Telekomunikacioni servisi i tehnologije

Profesor dr Miroslav Lutovac

Sadržaj predmeta

1. Uvodno predavanje.
2. Radiofrekvencijska identifikacija (RFID)
- 3. Globalni sistem za pozicioniranje (GPS)**
4. Bežične senzorske mreže
5. Standardne i dodatne usluge fiksne telefonije
6. Pristup Internetu Dial-up, ISDN, ADSL
7. Internet i osnovne usluge (elektronska pošta, telenet, FTP, SSH, WWW) sa aplikacionog nivoa
8. Prenos govora preko internet protokola (VoIP)
9. Multimedijalne usluge bazirane na internet protokolu (IPTV)
10. Sistemi mobilne telefonije prve, druge, treće generacije.
11. Sistemi mobilne telefonije četvrte generacije i WiMAX.
12. Personalne i lokalne računarske mreže. podešavanje wireless router
13. Digitalni radio
14. Digitalna televizija

- Elliott D. Kaplan, Editor
- Understanding GPS, Principles and Applications, Artech House, 2005
- GPS Overview
- GPS Systems Segments
- GPS Satellite Signal Characteristics
- Satellite Signal Acquisitions, Tracking, and Data Demodulation
- Interference, Multipath, and Scintillation
- Integration of GPS with other Sensors and Network Assistance

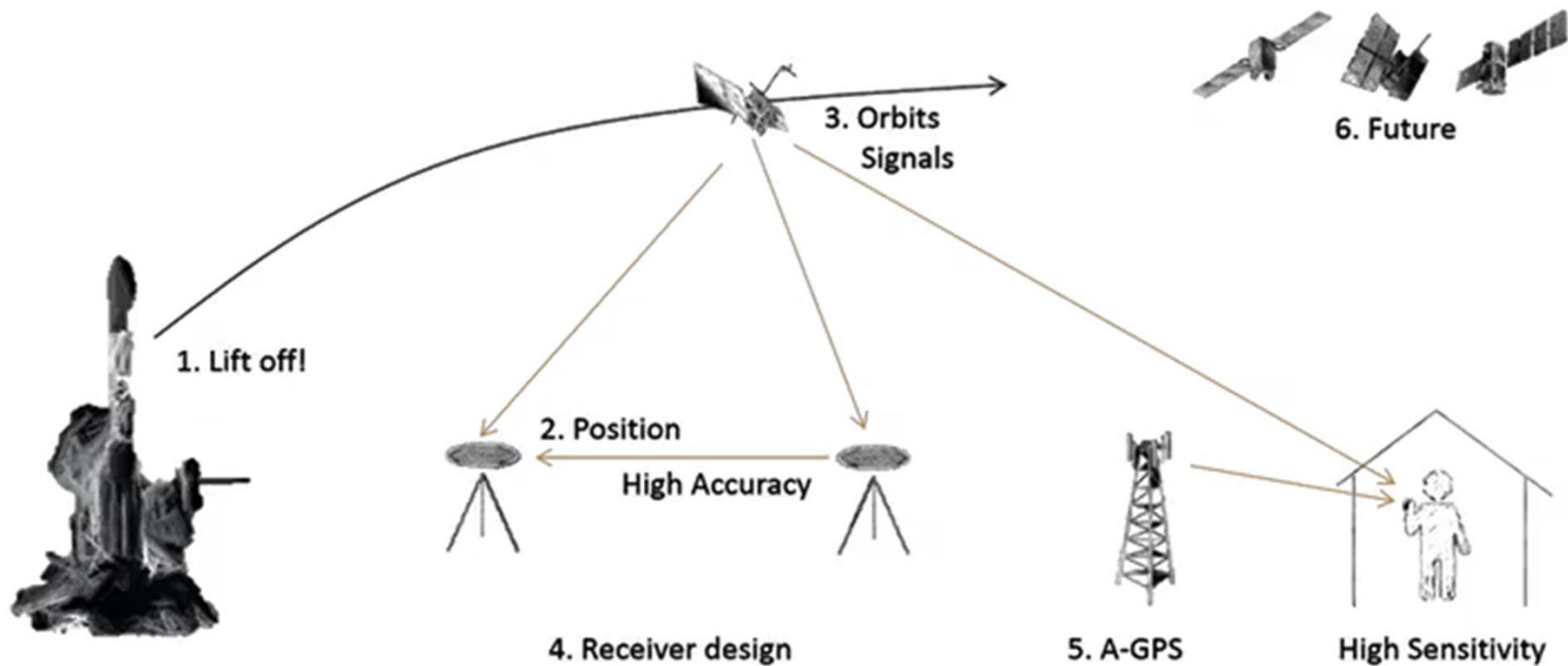


- Globalni navigacioni satelitski sistemi
- (Global Navigation Satellite System, GNSS)
- Uvod, osnove rada i satelitski segment (Lekcija 6. A. Zeković)

Uvod u GPS

- Organizacija GPS (*Global Positioning System*)
globalni sistem za pozicioniranje
- Satelit,
orbita (njegova putanja kretanja),
signali koji se šalju od satelita ka GPS prijemnicima
- Pored GPS poruka koje stižu sa satelita, u sistemu koji se označava kao A-GPS (Assisted GPS) navigacione poruke stižu i iz drugih komunikacionih sistema, kao što su to mobilne mreže ili bežične računarske mreže
- Postiže se brže procesiranje navigacionih signala i poruka i veća osetljivost prijemnika, što je posebno značajno u slučaju prijemnika u zatvorenim prostorijama

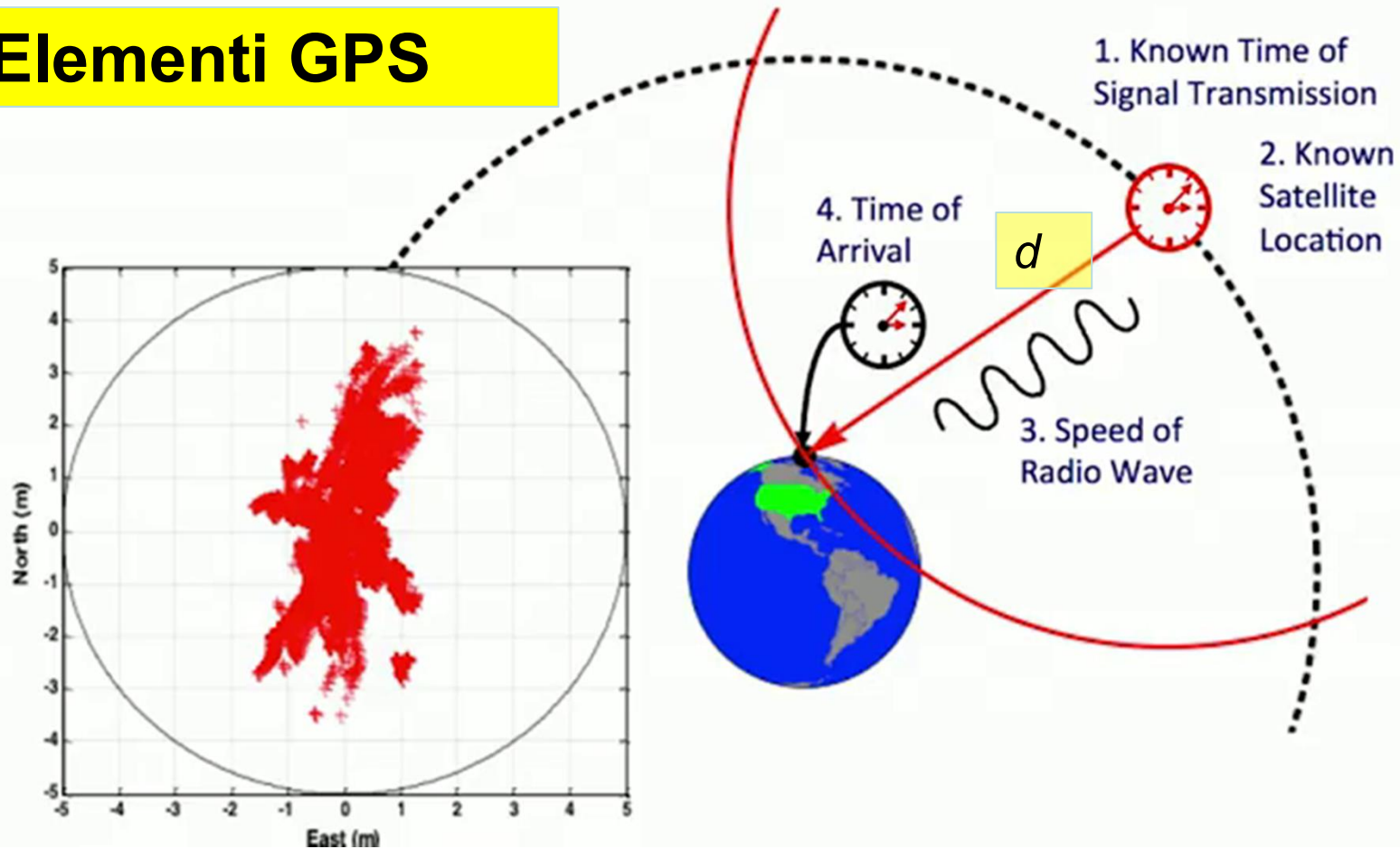
Organizacija GPS sistema



PPS, Precise Positioning Service, military GPS

Elementi i segnali GPS sistema

Elementi GPS



SPS, Standard Positioning Service

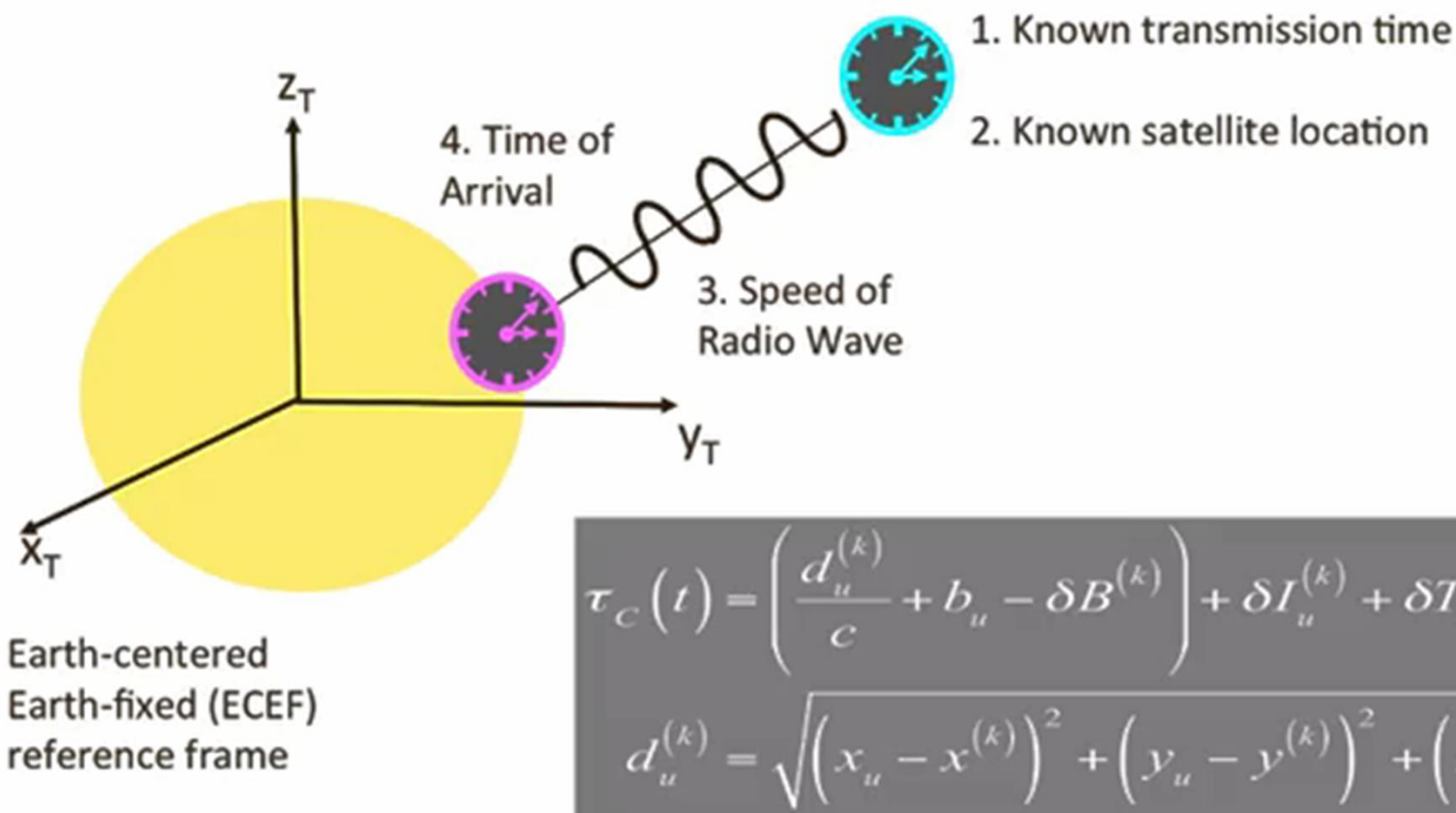
Osnove rada GPS sistema

- Radi jednostavnosti principi je ilustrovan pomoću jednog satelita, koji je označen sa crvenim časovnikom, dok je prijemnik označen sa crnim časovnikom
- U glavne podatke spadaju: poznato vreme emitovanja i poznata lokacija satelita na strani satelita, brzina radio talasa kojom se signal emituje koja je jednaka brzini svetlosti i na prijemnoj strani vreme prijema signala
- Za neko rastojanje d od satelita prijemnik se može nalaziti bilo gde na sferi poluprečnika d u odnosu na satelit, što je ilustrovano crvenom kružnicom
- Da bi se odredila pozicija potrebno je dakle više od jednog satelita, pa bi se pozicija prijemnika odredila na osnovu preseka ovih sfera

Osnove rada GPS sistema

- Primer scatter plot dijagrama GPS greške u odnosu na strane sveta
- Centralna tačka grafika sa koordinatama (0; 0) predstavlja tačnu poziciju prijemnika, dok su ostale tačke izmerena odstupanja u odnosu na strane sveta
- Sa ovog grafika vidi se da je GPS greška na otvorenom, reda 1-2 m u smerovima zapad-istok, odnosno oko 3-4 m u smerovima sever-jug
- Generalno, kaže se da je greška GPS do 5 m na otvorenom

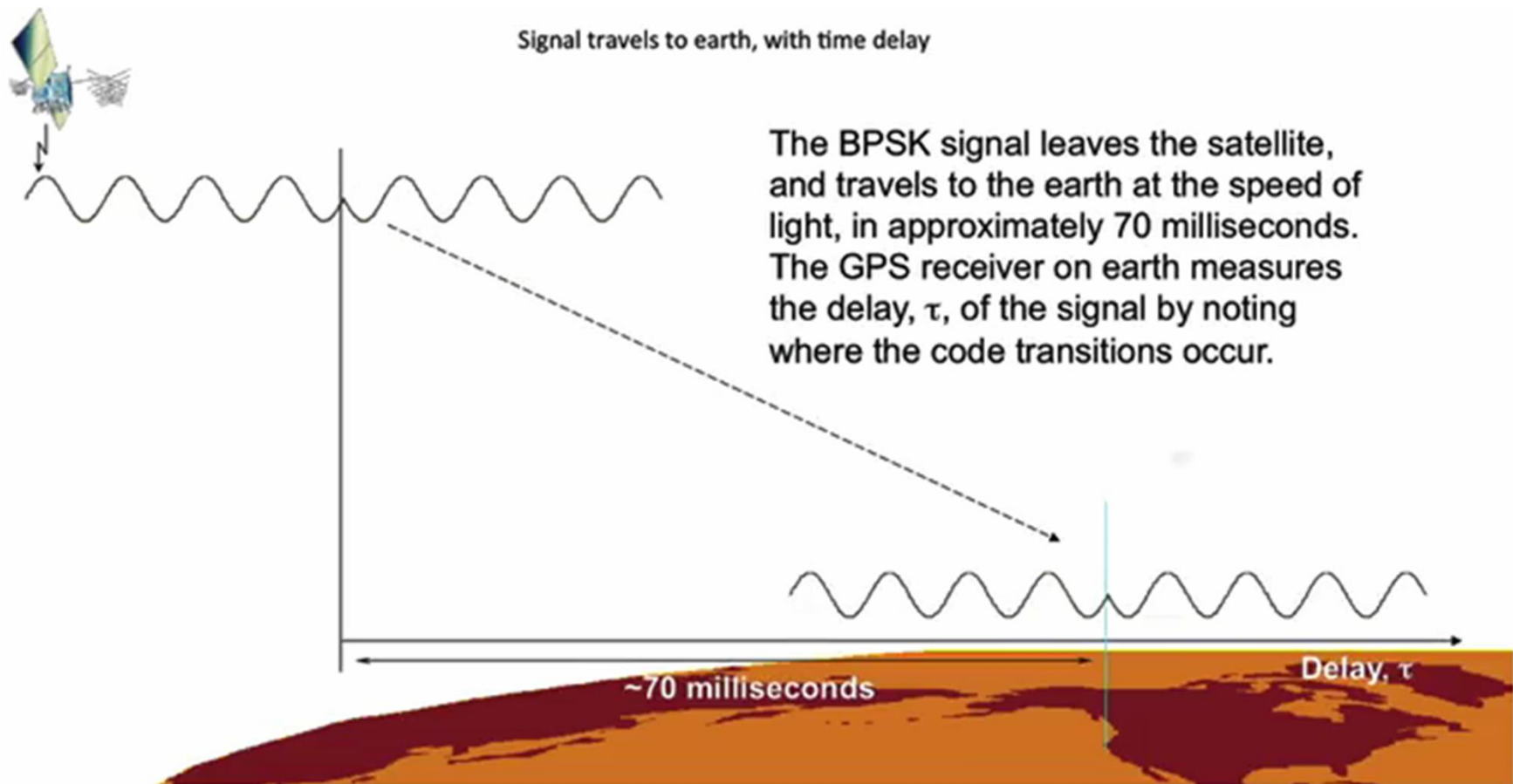
Princip rada GPS sistema



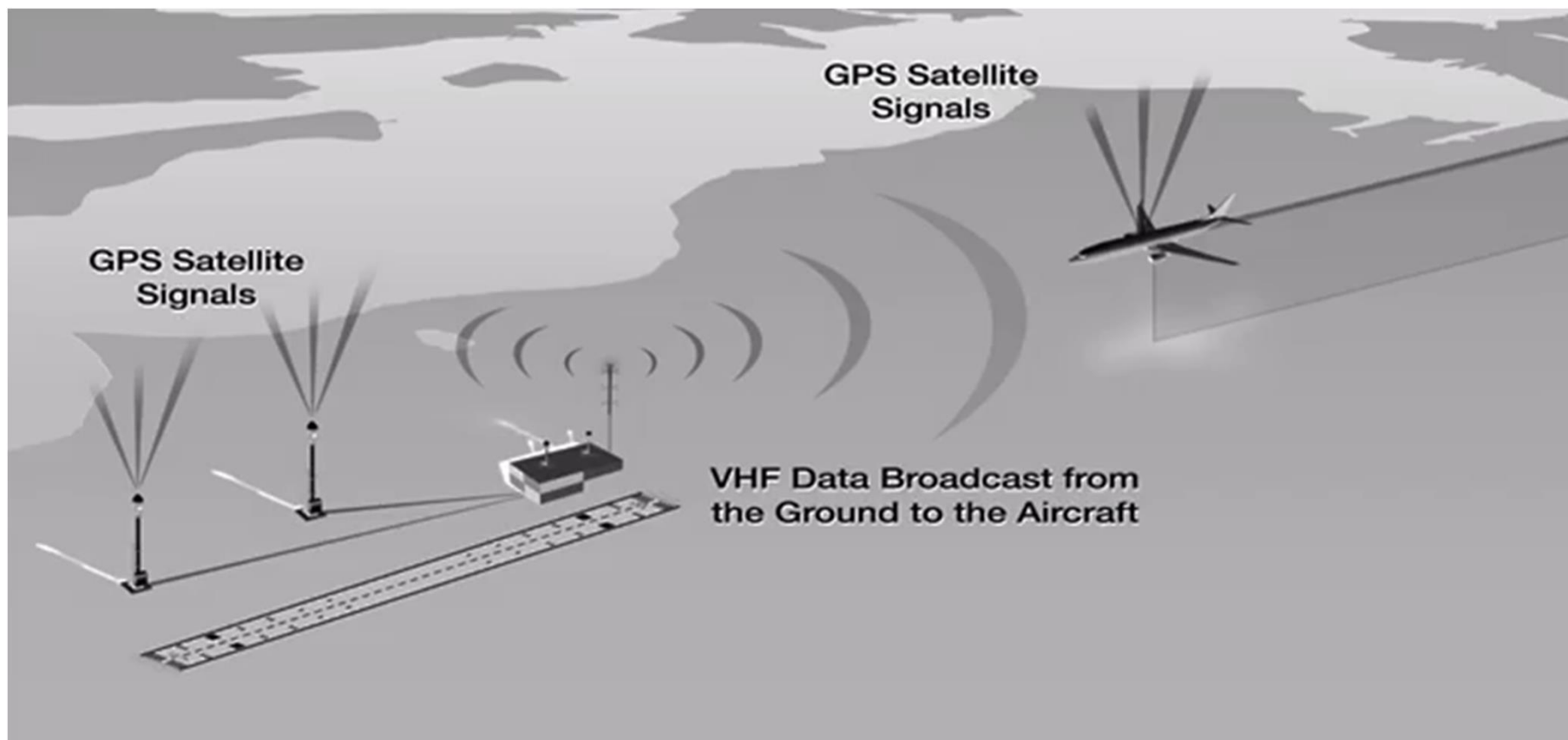
Osnove rada GPS sistema

- Na slici je označen referentni sistem u kome se posmatraju lokacije satelita i prijemnika i to je referentni sistem sa Zemljom u centru i fiksiranom Zemljom (Earth Centered Earth Fixed, ECEF)
- Pored referentnog sistema, date su i navigacione jednačine, koje podrazumevaju određivanje pseudorange parametra na strani prijemnika
- Princip rada GPS sistema ilustrovan pomoću BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) - binarni digitalni fazno modulisani signal se šalje sa satelita i za oko 70ms stiže na Zemlju (sateliti se nalaze na oko 20000 km od Zemlje)
- GPS prijemnik meri kašnjenje signala τ koristeći fazne promene koje postoje u signalu

Princip rada GPS sistema



Diferencijalni GPS sistem

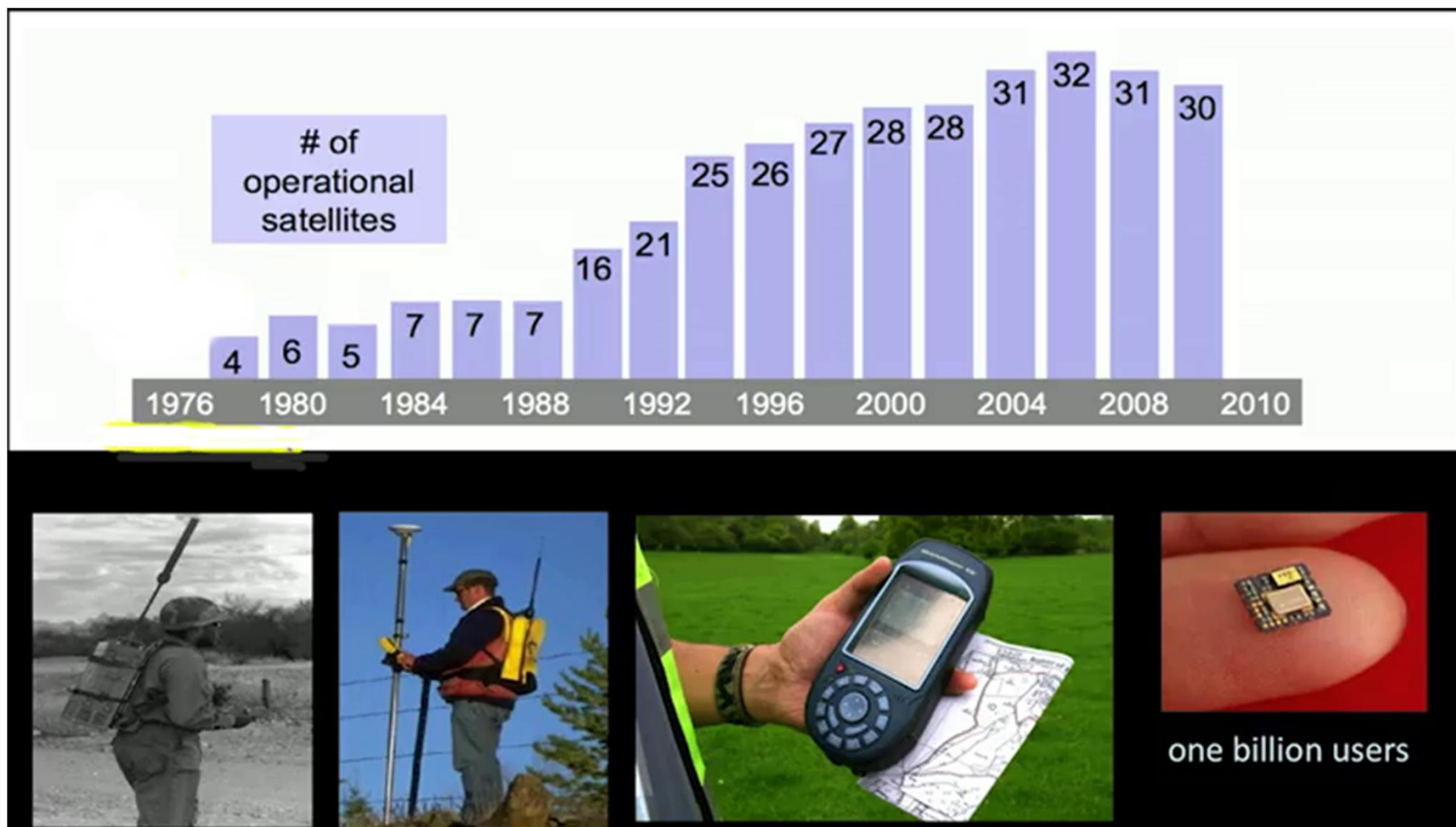


Evolucija i primene GPS sistema

- Evolucija GPS prijemnika od prvih vojnih primena, preko prvih GPS prijemnika u automobilima i smart telefonima, do ekstremno malog GPS prijemnika pristunih u današnjim uređajima, sa vremenskim oznakama nastajanja



Evolucija prijemnika i rast broja satelita u GPS sistemu



Primeri primene GPS

Aircraft

Gasteneau Approach to Juneau Alaska



Navigation in our lives:

Exxon Valdez



GPS in Sports



GPS Apps



Courtesy: Walid Kachou, Kai Kawak, Google

GPS Everywhere

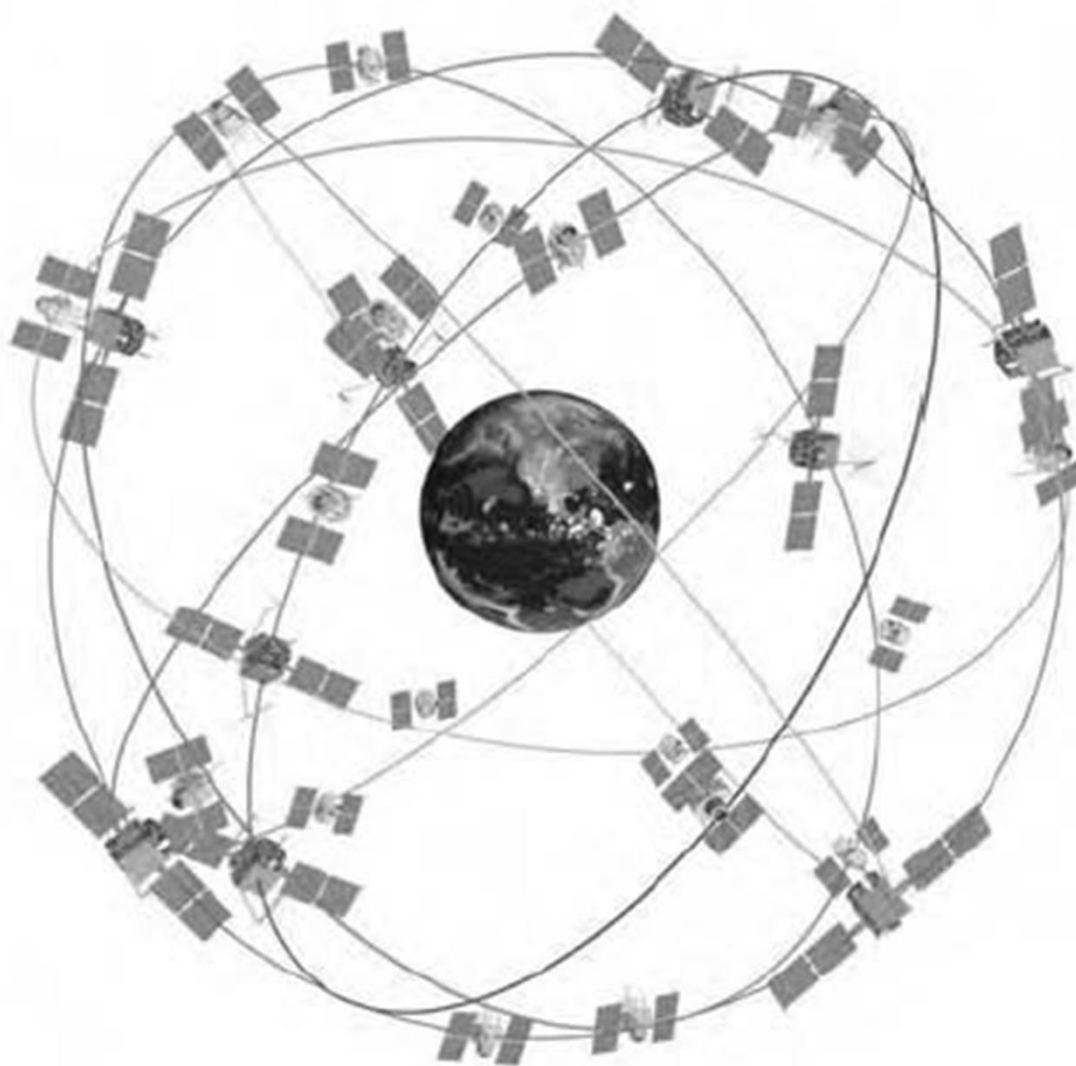
GNSS

- GNSS je Global Navigation Satellite System
- Standardni generički pojam za satelitske navigacione sisteme koji obezbeđuju autonomno prostorno geografsko pozicioniranje
- GNSS uključuje GPS, GLONASS, Galileo, Beidou i druge regionalne sisteme
- GNSS je opšteprihvaćeni termin u celom svetu
- Prednosti mogućnostima pristupa višestrukim satelitima su u tačnosti, redundantnosti, i raspoloživosti u bilo koje vreme
- Iako se retko dešava da satelitski sistemi ne funkcionišu, ako neki od satelita ne radi, GNSS prijemnik može da pokupi signal sa nekog drugog sistema
- Ako je linija vidljivosti prekinuta, pristup većem broju satelita može biti od koristi

Mreža orbita GNSS sistema

- Mreža GNSS sistema se ponekad označava kao bird cage
- Ukupan broj satelita za navigaciju je oko 80 i obuhvata satelite iz 6 sistema:
 - GPS (Amerika) sa oko 30 satelita
 - GLONASS (Rusija) sa oko 24 satelita
 - BeiDou (Kina) sa oko 16 satelita
 - GALILEO (Evropska unija) sa oko 4 satelita
 - QZSS (Quasi-Zenith Satellite System, Japan) sa nekoliko satelita
 - IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System, Indija) sa nekoliko satelita

Mreža orbita GNSS sistema



Mreža orbita GNSS sistema

- Sateliti šalju informaciju o svojoj lokaciji (*ephemeris*) i vremenu
- Prilikom slanja informacije o lokaciji definišu podatke u odnosu na svoju orbitu, kao i karakteristike orbite
- Dva glavna parametra orbite su a velika poluosa i ekcentričnost e koji određuje koliko je odstupanje elipse orbite u odnosu na krug
- Ako je $e=0$ u pitanju je kružna orbita

Mreža orbita GNSS sistema

- Sateliti za navigaciju su tzv. MEO (*Medium Earth Orbiting*) sateliti i njihova preglednost je reda $1/3$ Zemlje koju vide u jednom trenutku
- Sateliti sa manjim osama orbita označavaju se kao LEO (*Low Earth Orbiting*) i zbog male vidljivosti Zemlje ne koriste se za GNSS već za fotografisanje Zemlje
- Za GNSS sisteme koriste se i dodatno geostacionarni sateliti koji rotiraju zajedno sa Zemljom i uvek imaju vidljivost na isti deo Zemlje

Mreža orbita GNSS sistema

- Za određivanje vremena sateliti koriste atomske časovnike, čija je tačnost reda 1 ns
- Velika tačnost za vreme je neophodna jer se signal kreće brzinom svetlosti, pa bi greška u vremenu dovela i do velike greške u rastojanju i položaju
 - za 1 ns svetlost pređe 30 cm ($d = c t$)
- Prilikom pripreme atomskog časovnika za satelit moraju se unapred, dok je časovnik na Zemlji uzeti u obzir i uticaji smanjenja gravitacione sile kada satelit ode sa Zemlje (generalna relativnost) i velika brzina satelita (reda 3 km/s) (specijalna relativnost)

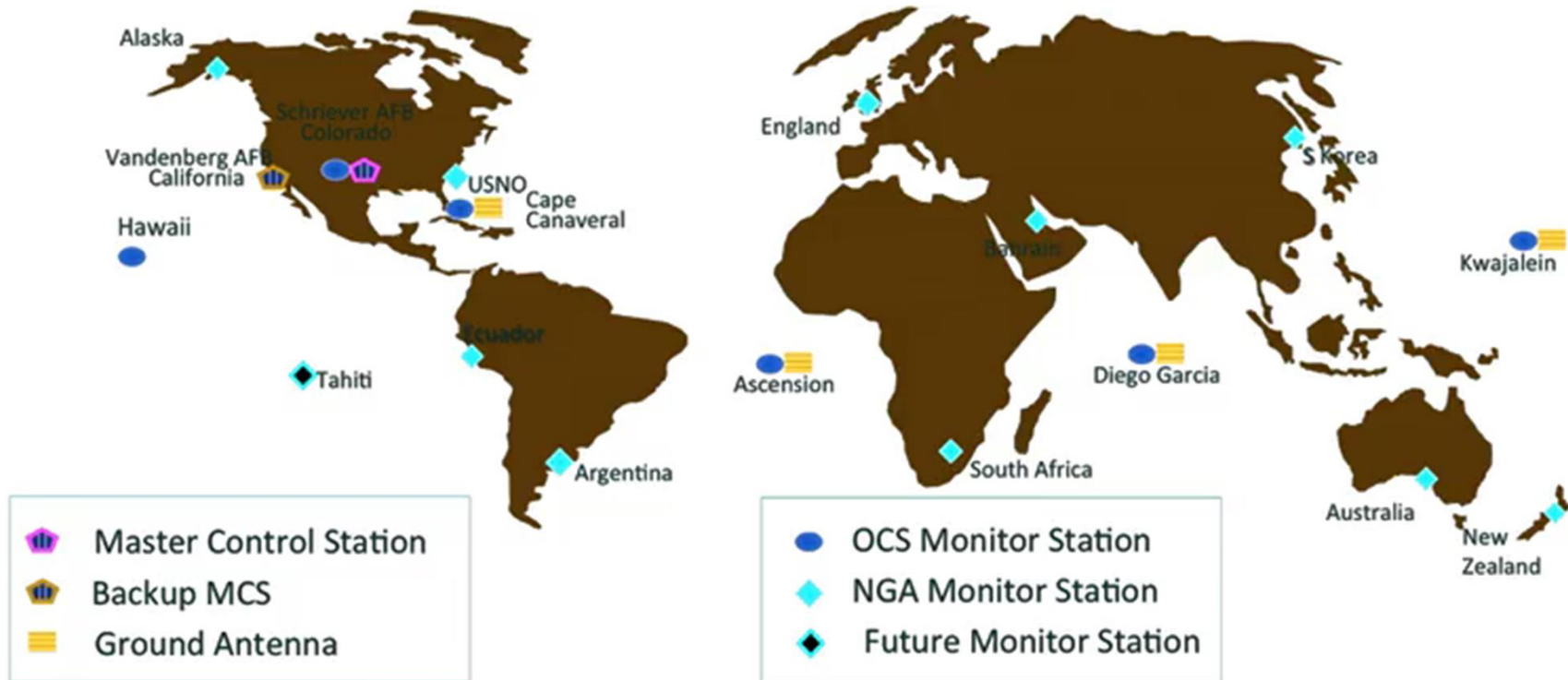
Mreža orbita GNSS sistema

- Generalna relativnost unosi ubrzanje vremena od $45\mu\text{s}$, dok velika brzina kretanja unosi smanjenje brzine vremena od $7\mu\text{s}$
- To znači da se časovnici na Zemlji moraju projektovati tako da idu sporije $38\mu\text{s}$, da bi bili tačni prilikom rada
- Za grešku od $1\mu\text{s}$ u programiranju časovnika, zbog brzine svetlosti greška u rastojanju bi bila 300 m
- Pored satelitskog segmenta (Space Segment) u GNSS sistemima postoje i korisnički segment (User Segment) i kontrolni segment (Ground Operational Control Segment), Signali sa satelita se šalju pomoću širenja spektra kao broadcast (šalju se svima)

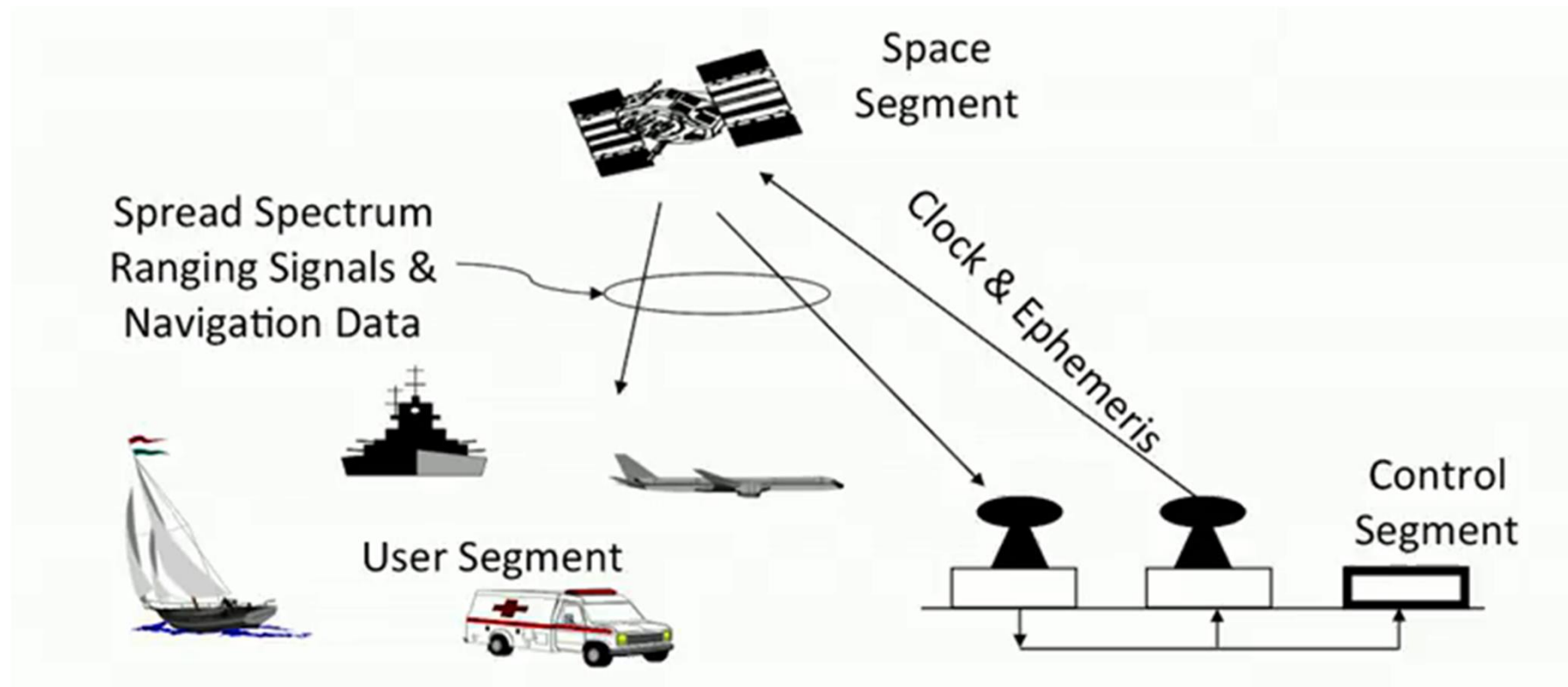
Lokacije zamaljskih kontrolnih stanica GPS sistema

GPS Operational Control Segment

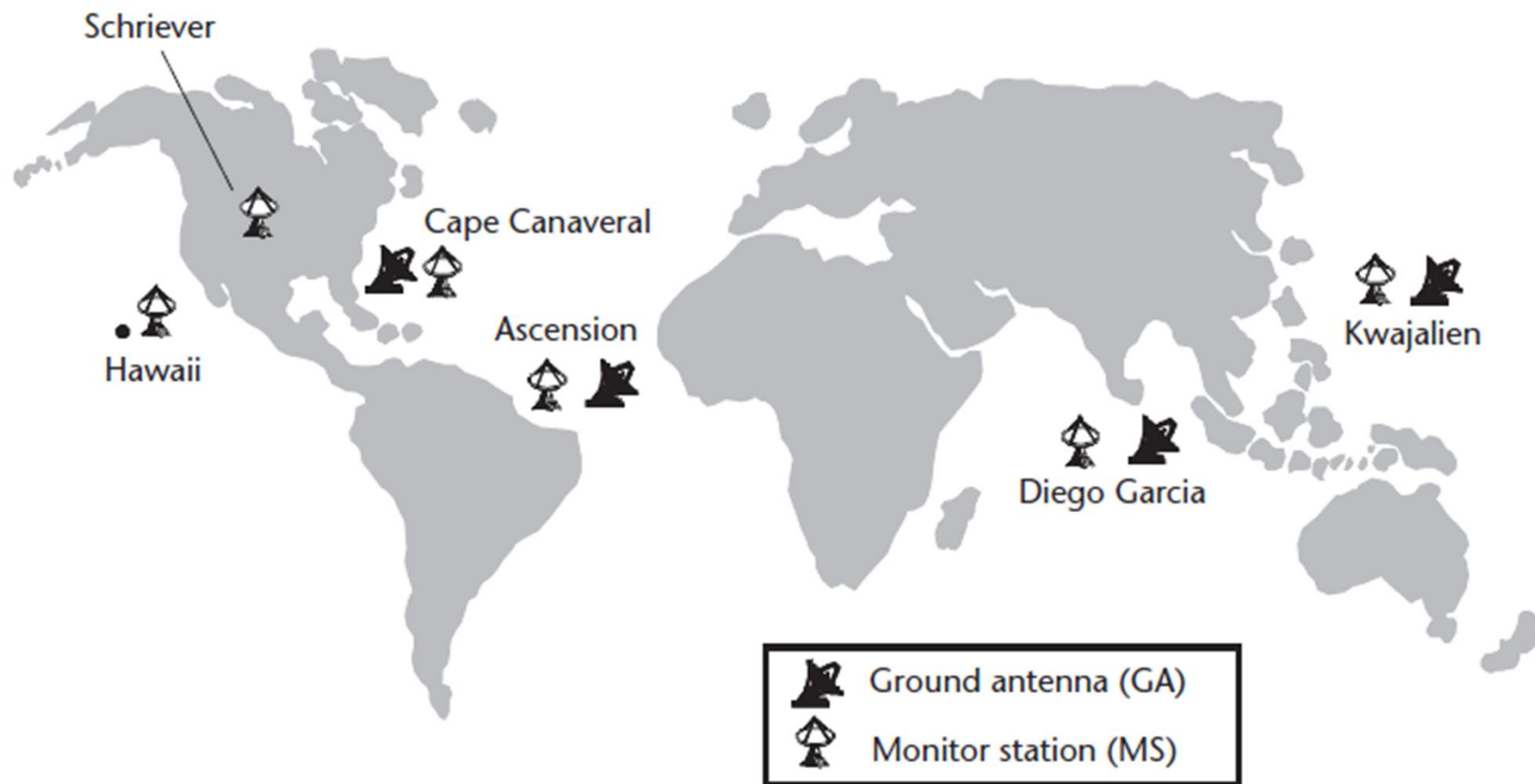
(from Anthony Russo CGSIC, 2008)



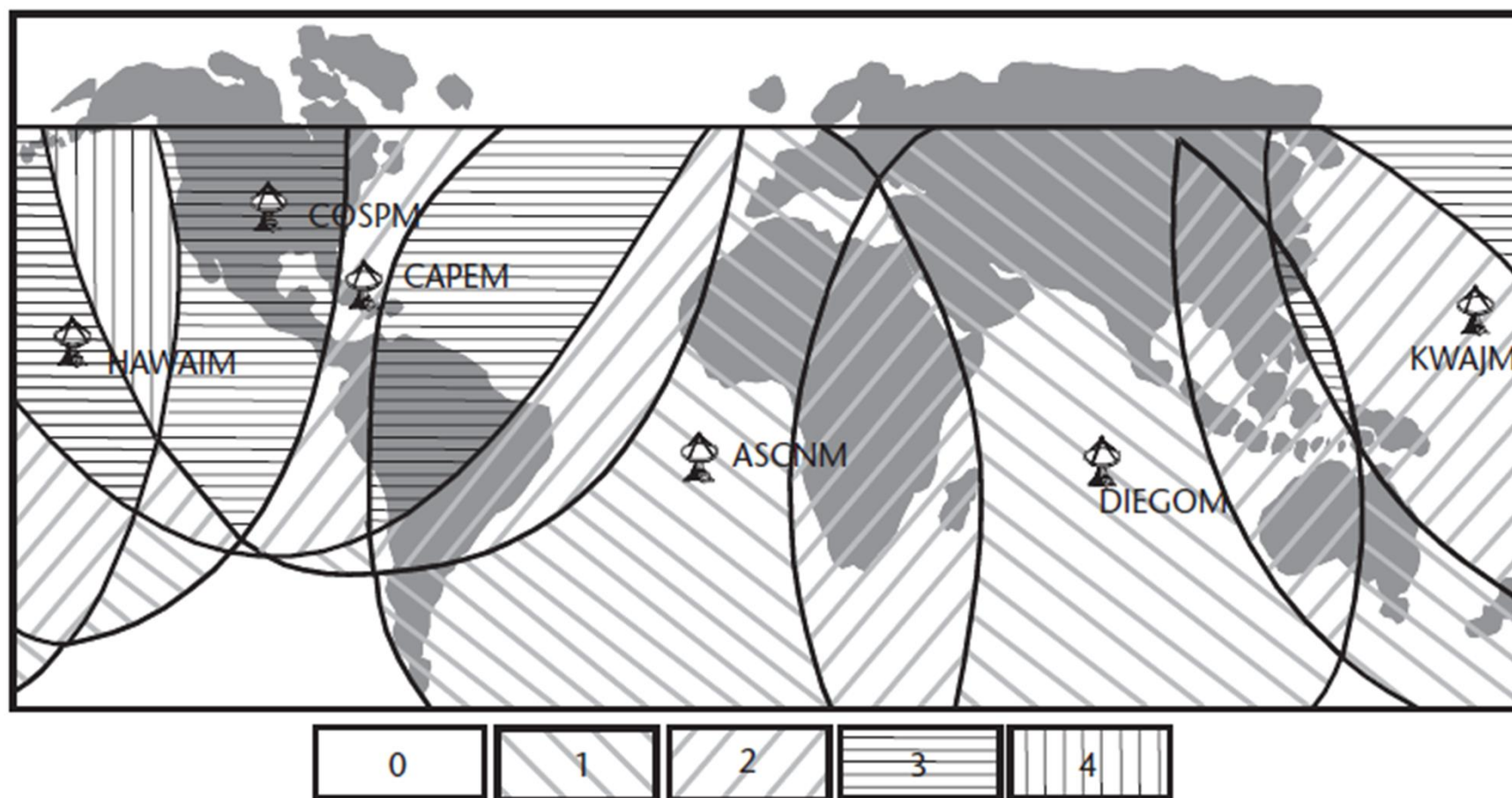
Segmenti GPS sistema



Pozicije kontrolnih sistema



Pokrivenost kontrolnih sistema



Mreža orbita GNSS sistema

- Zemaljske operacione kontrolne stanice su locirane na unapred poznatim lokacijama
- Pored toga što signali na ove stanice stižu do kontrolnog segmenta, takode i kontrolni segment šalje informacije o vremenu i lokaciji satelita nazad na satelit
- Funkcije zemaljskog centra su:
 - prati lokacije i vreme GPS satelita
 - procenjuje orbite, šalje podatke satelitima
- Kontrolni centar može dodatno i da naredi premeštanje satelita (manuvar) radi održanja orbite, komanduje male promene u vremenu časovnika satelita, komanduju veće promene i pregrupisavanje u slučaju kvara na nekom od satelita
- U slučaju većih promena, sateliti se ne koriste od strane korisnika

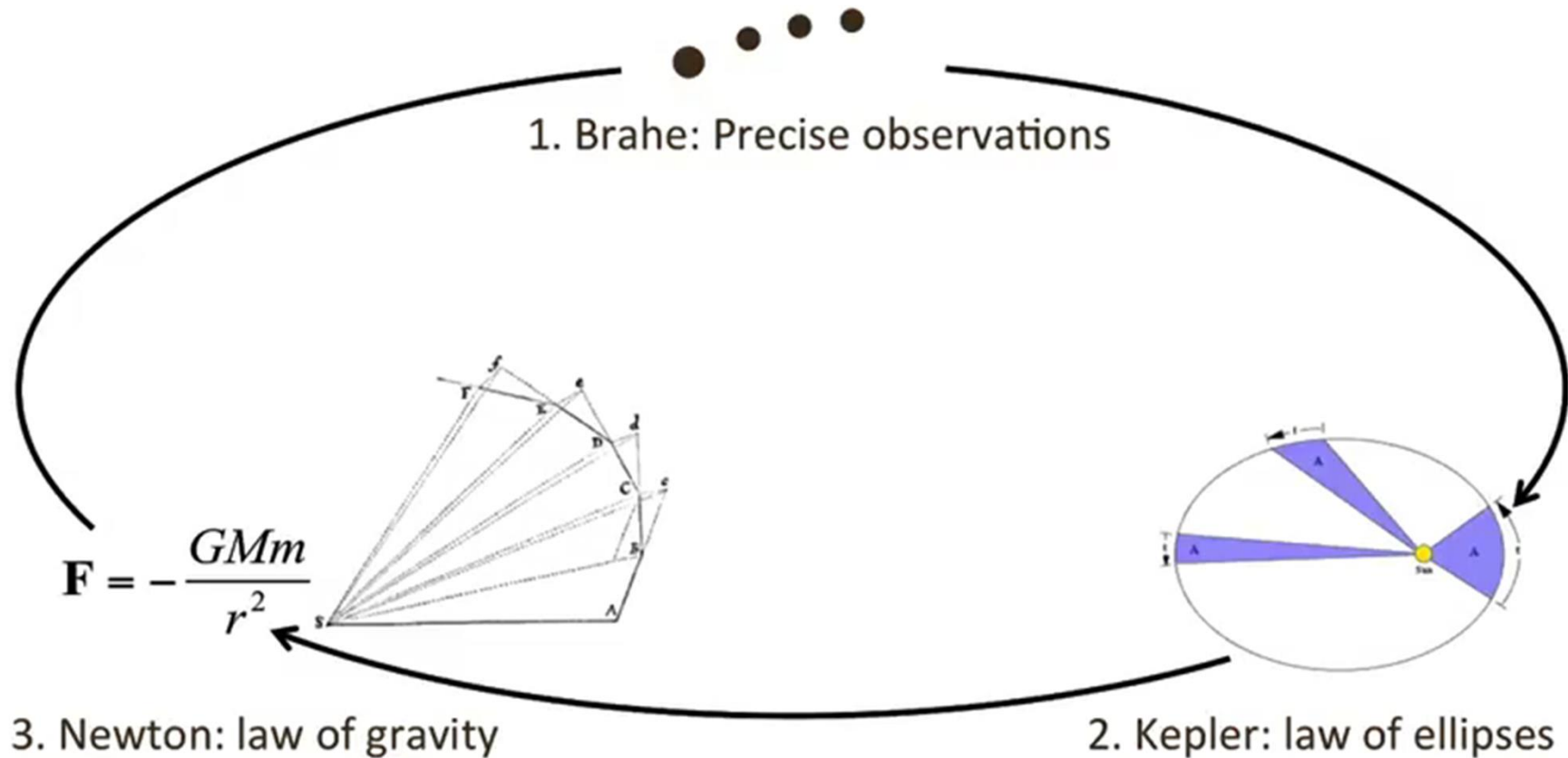
Osnove rada GPS sistema

- Primene GPS sistema, kao i drugih GNSS sistema uključuju navigaciju, bilo za prevozna sredstva na kopnu, ili za posebne namene kao što su brodovi i avioni koji su osetljiviji na vremenske promene, i imaju veću potrebu za preciznim sistemom za navigaciju
- GPS se koristi, za televizijske prenose sportskih događaja, kao što su vožnja automobila ili vožnja jedrilica, za precizno označvanje lokacija i vremena učesnika
- Postoji veliki broj aplikacija na pametnim telefonima koji omogućavaju navigaciju, praćenje stanja u saobraćaju, precizne mape sveta, uz prikaze slika na određenim lokacijama i za beleženje lokacije napravljenih fotografija (Photo Geotag)

Satelitski segment

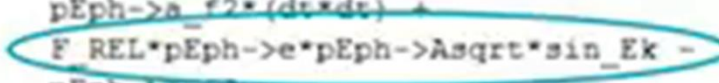
- Sateliti u GNSS se kreću po orbitama u obliku elipse
- Zakoni kretanja satelita definisali su na osnovu
 - Brahe koji se bavio preciznim posmatranjem kretanja nebeskih tela,
 - Kepler koji je definisao zakone kretanja po elipsi (kao što je prebrisavanje jednake površine za jednako vreme)
 - Njutn koji je dao zakon privlačenja dva tela zavisno od njihove mase i udaljenosti
- Ovo su zakoni su koji su u velikoj meri doprineli i definisali kretanje satelita u GNSS sistemima
- Ovi zakoni su direkto primenjeni i u kodu GPS prijemnika

Zakoni kretanja satelita u GNSS sistemima



Kod u GPS prijemniku na osnovu Keplerovih zakona

```
828 Kepler(Mk, pEph->e, Ek): // Solve Kepler's equation for eccentric anomaly
829
830 // Calculate satellite clock bias (See ICD-GPS-200 20.3.3.3.3.1)
831 sin_Ek = SIN_D(Ek);
832 cos_Ek = COS_D(Ek);
833
834 //-----
835 // ... CLOCK CORRECTION OUTPUT
836 //-----
837 pSatPvt.dbl_dt = pEph->a_f0 +
838     pEph->a_f1*dt +
839     pEph->a_f2*(dt*dt) +
840     F_REL*pEph->e*pEph->Asqrt*sin_Ek -
841     pEph->i_GD;
```



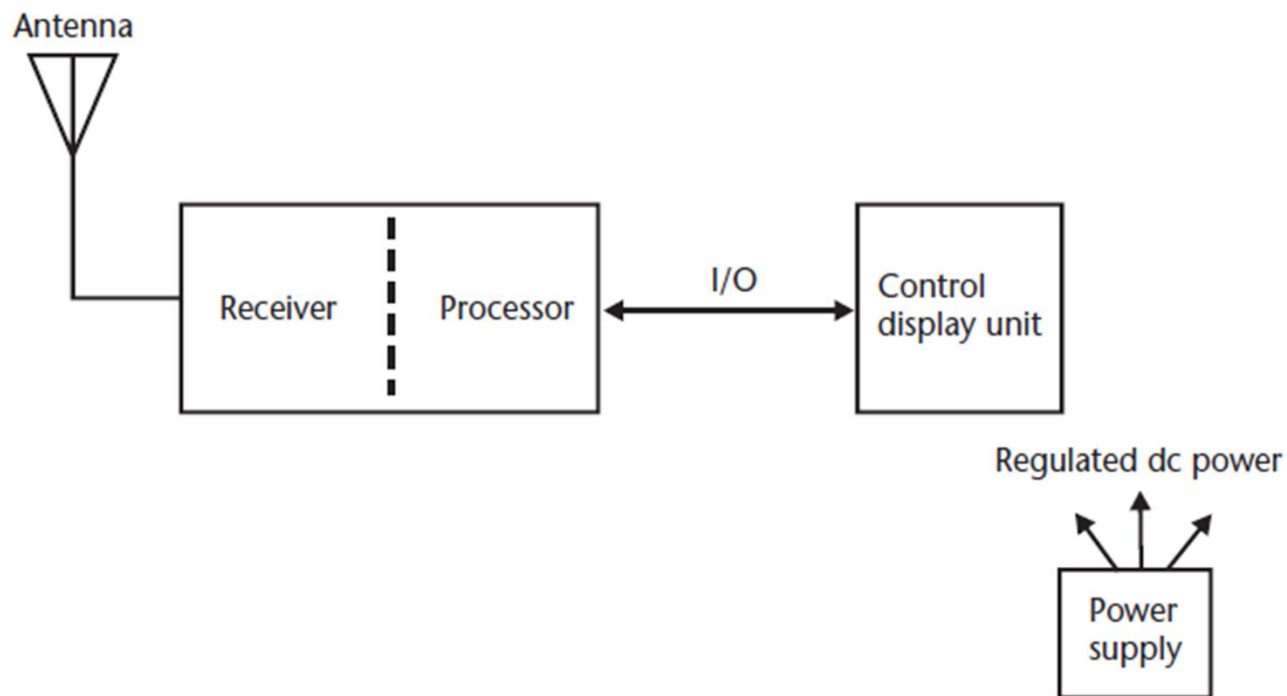
Navigacija i GPS sistem

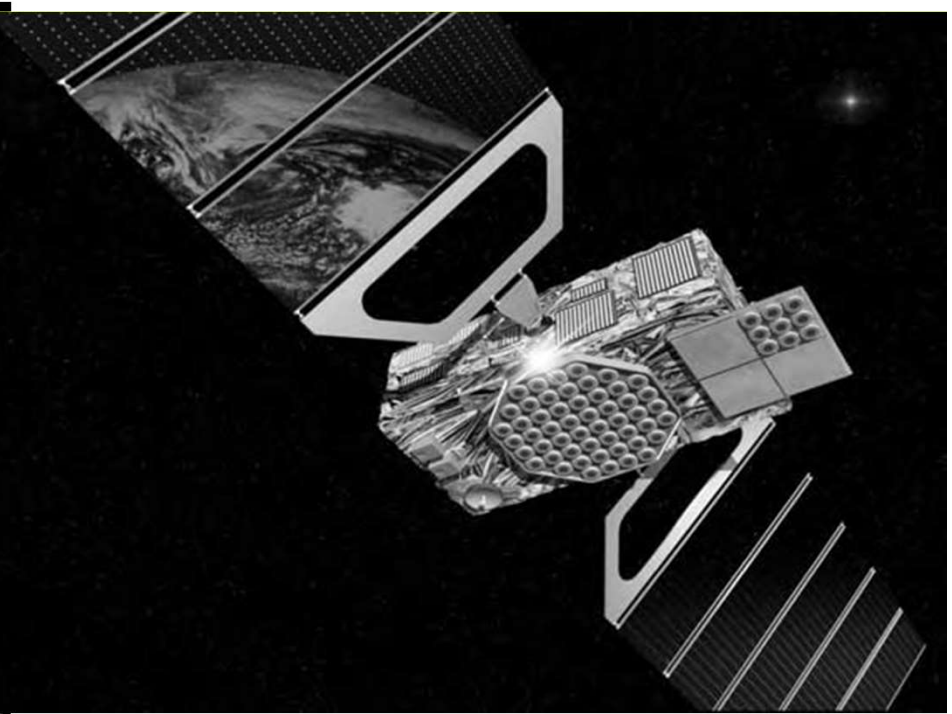
- Navigacija je definisana kao nauka o vođenju pokretnog objekta ili osobe sa jednog mesta na drugo
- *radionavigation aids*, da se odredi položaj gde se nalazimo
- Navigacioni sistemi na zemlji ili u prostoru
- Tačnost zavisi od talasne dužine, učestanosti, signala
- Tačnost zavisi i od brzine kretanja objekta koji koristi navigaciju, potrebno je i vreme obrade
- Trenutno je GPS potpuno operativan i zadovoljava kriterijume za optimalan sistem pozicioniranja
- GPS pruža tačne, kontinuirane, svetske, trodimenzionalne informacije o položaju i brzini korisnicima sa odgovarajućom opremom za prijem
- GPS distribuira oblik koordiniranog univerzalnog vremena (UTC)

Karakteristike GPS

- GPS pružiti usluge neograničenom broju korisnika jer korisnički prijemnici funkcionišu pasivno (samo primaju)
- GPS koristi koncept u jednom pravcu vremena dolaska (TOA, time of arrival)
- GPSr je GPS *receiver*, prijemnik
- Koristi se CDMA, *code division multiple access*, postoje samo dve frekvencije koje koristi sistem, L1 (1575,42 MHz) i L2 (1227,6 MHz)
- Svaki satelit prenosi na ovim frekvencijama, ali sa kodovima u različitim opsezima od onih koje koriste drugi sateliti. Ovi kodovi su izabrani tako da imaju malu međusobnu korelaciju u odnosu na druge satelite

Komponente GPS prijemnika

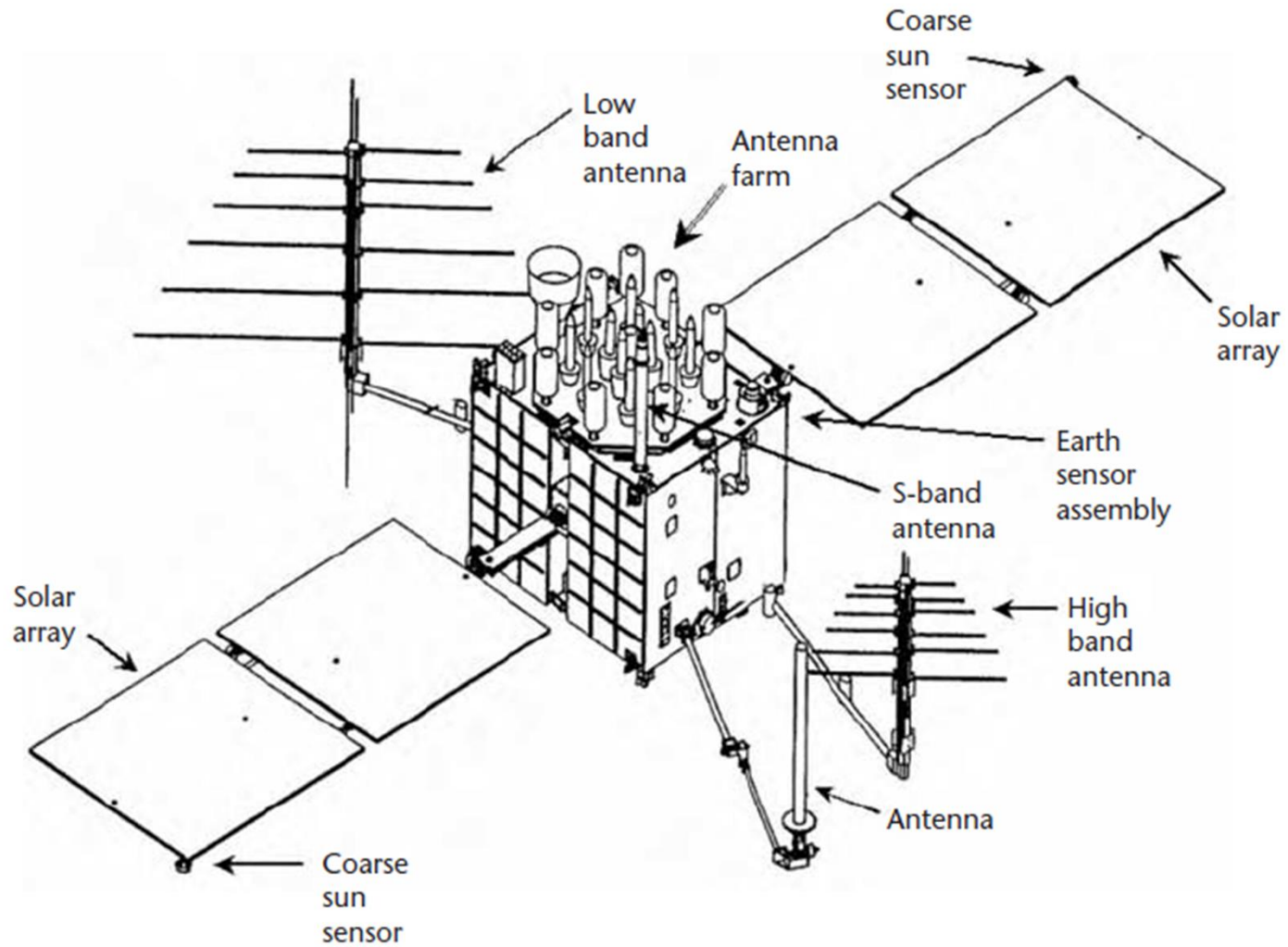


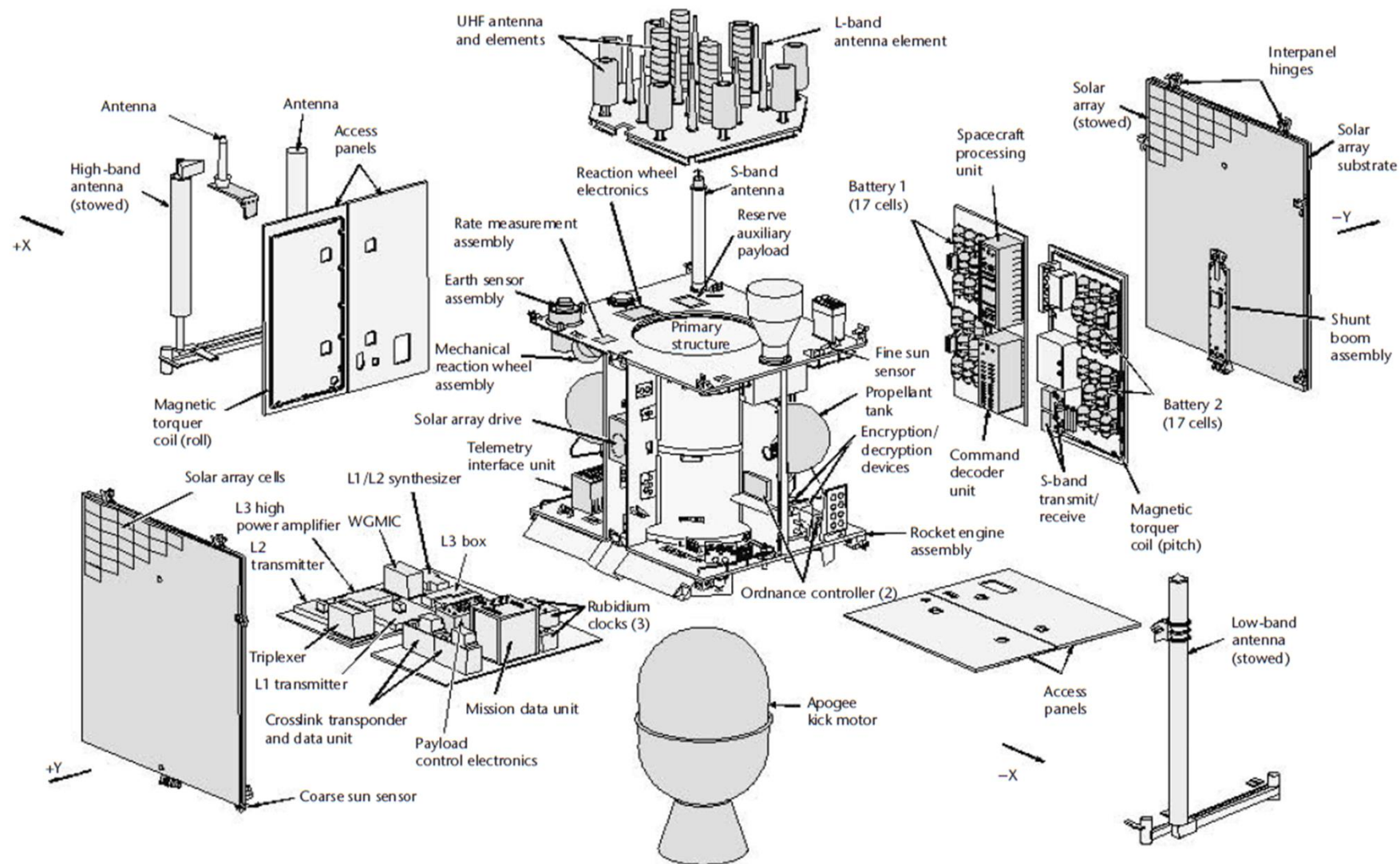


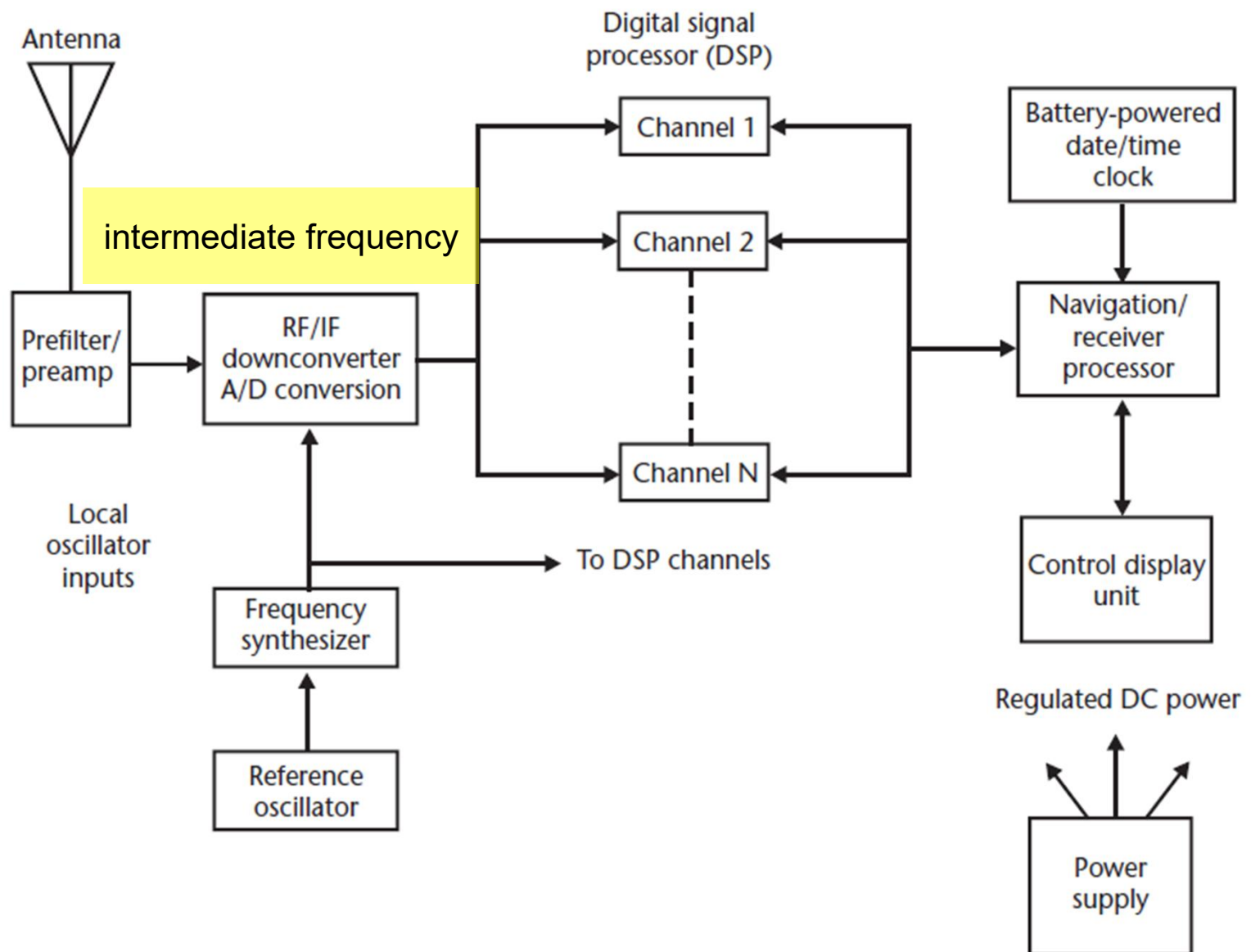
sateliti



Komponente satelita

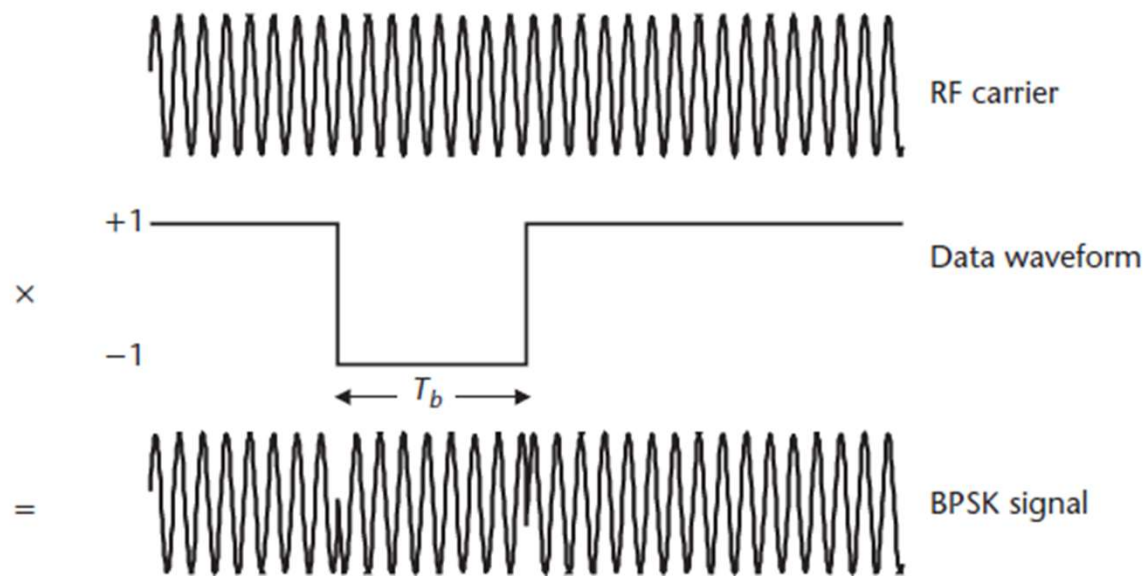




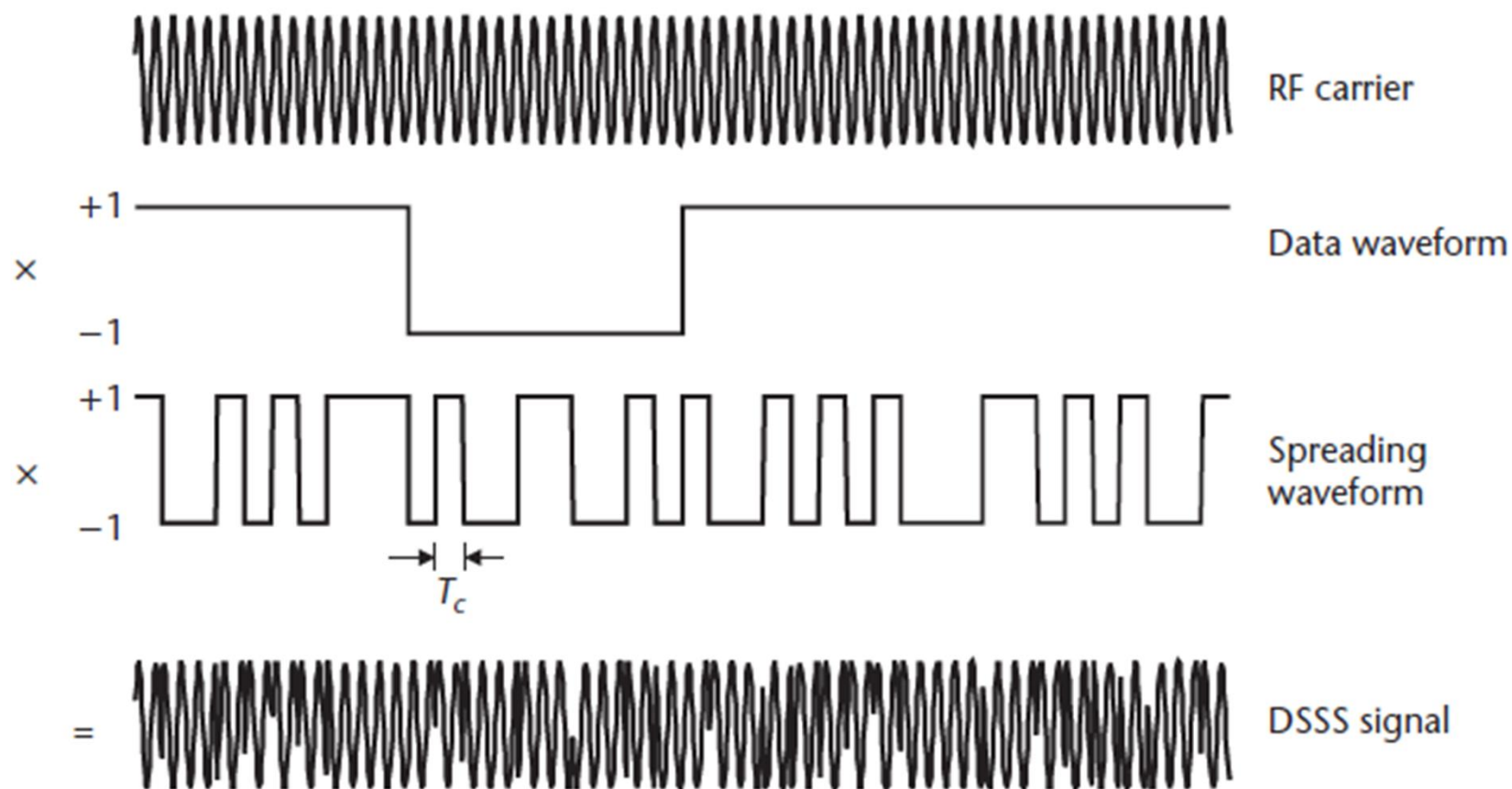


Osnovni SPS prijemnik (Standard Positioning Service)

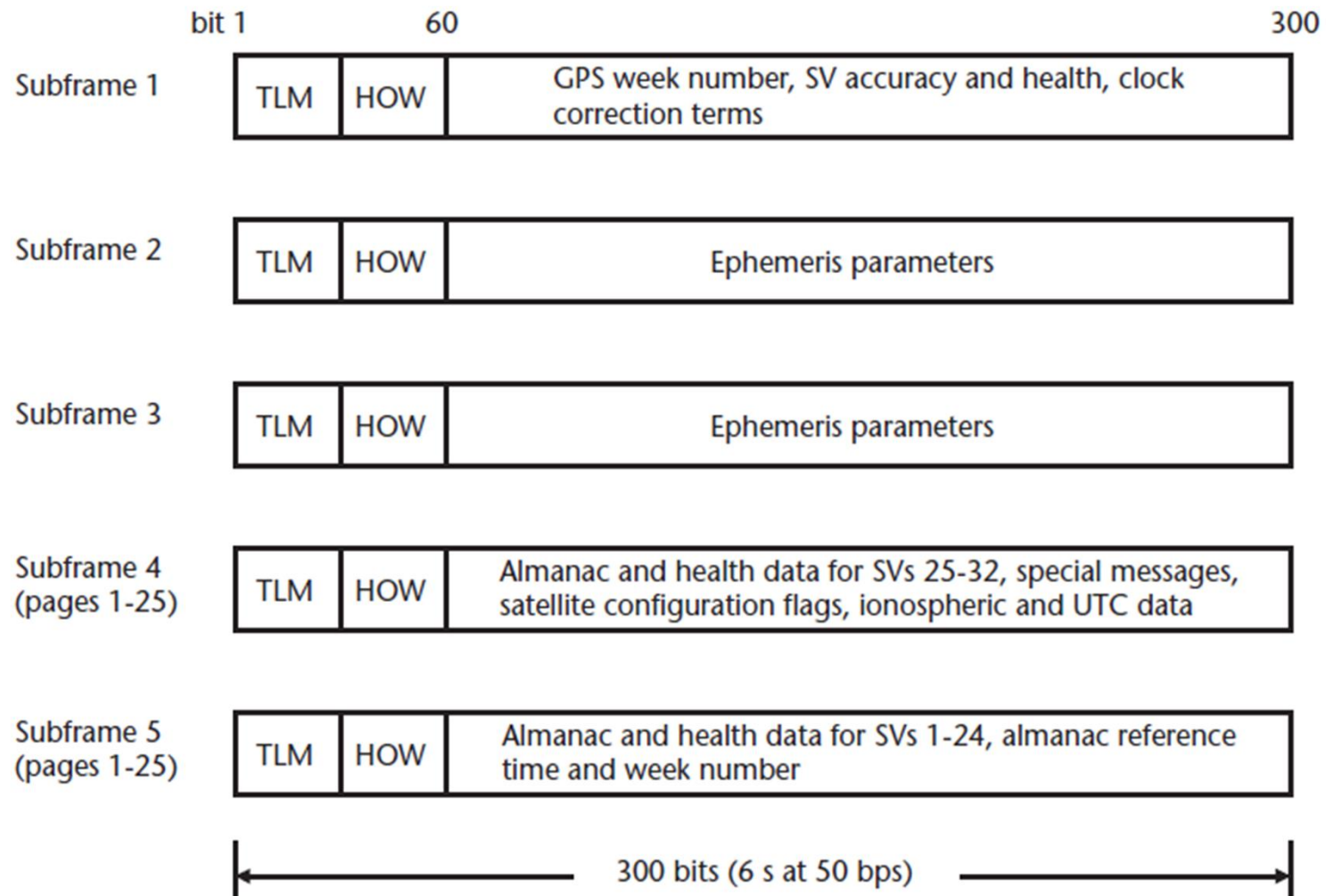
BPSK modulacija



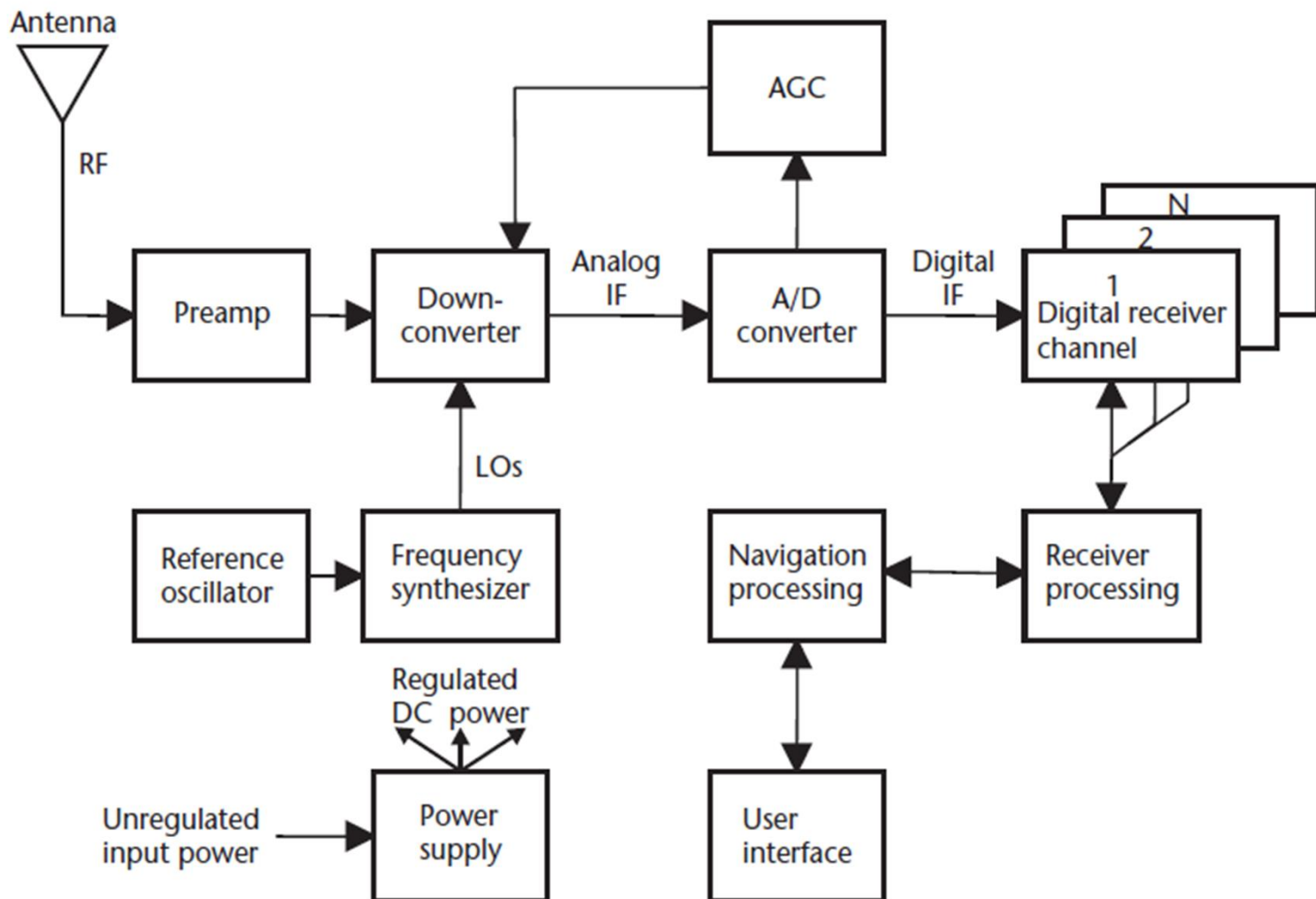
Direct sequence spread spectrum (DSSS) je proširenje BPSK modulacije



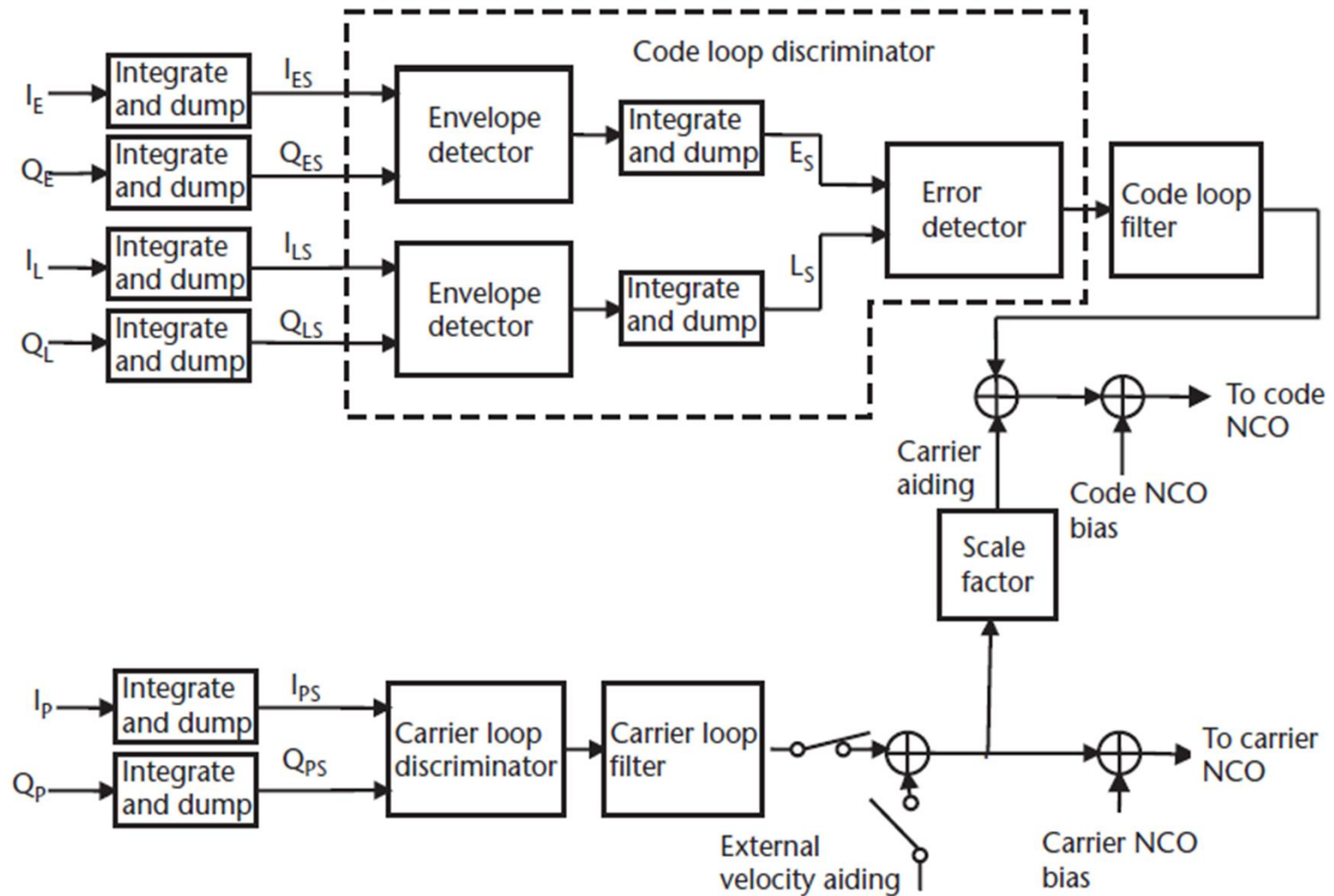
Format navigazione poruke



Digitalni GPS prijemnik



Digitalni GPS prijemnik



Profesor dr Miroslav Lutovac

mlutovac@viser.edu.rs

Ova prezentacija je nekomercijalna.

Slajdovi mogu da sadrže materijale preuzete sa Interneta, stručne i naučne građe, koji su zaštićeni Zakonom o autorskim i srodnim pravima.

Ova prezentacija se može koristiti samo privremeno tokom usmenog izlaganja nastavnika u cilju informisanja i upućivanja studenata na dalji stručni, istraživački i naučni rad i u druge svrhe se ne sme koristiti –

Član 44 - Dozvoljeno je bez dozvole autora i bez plaćanja autorske naknade za nekomercijalne svrhe nastave:

(1) javno izvođenje ili predstavljanje objavljenih dela u obliku neposrednog poučavanja na nastavi;

- ZAKON O AUTORSKOM I SRODNIM PRAVIMA

("Sl. glasnik RS", br. 104/2009 i 99/2011)