



GNSS (Globalni Navigacioni Satelitski Sistemi)



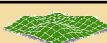
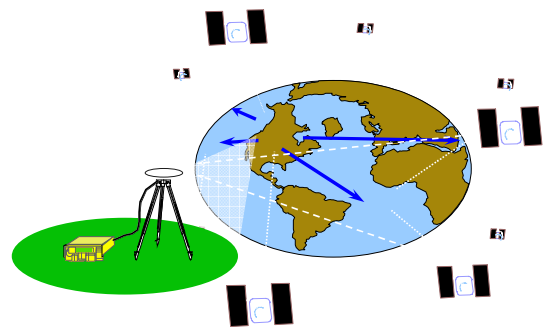

GNSS osnove



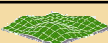
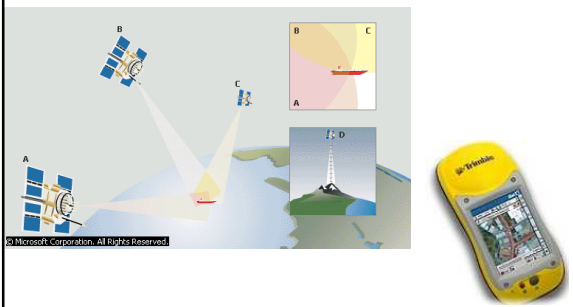
- **GPS = Globalni Pozicioni Sistem**
 - Prvi i najpoznatiji sistem
- **GNSS = Globalni Navigacioni Satelitski Sistemi**
 - Zajedničko ime za sve navigacione sisteme
 - GPS je deo GNSS, kao i GLONASS, Galileo i drugi.



Globalni Navigacioni Satelitski Sistemi

GPS

© Microsoft Corporation. All Rights Reserved.

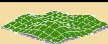
Kratka istorija GPS...





- - LORAN-C (Long Range Aid to Navigation) : brodska navigacija. Korišćene su bove radio predajnicima duž obala. Niska tačnost lokalizacije ~ 200m.



Kratka istorija GPS...

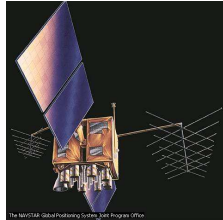


- TRANSIT: razvijen od strane U. S. Navy. Koristio je 6 satelita, sa niskim orbitama. Pokrivao je celu Zemlju i nudi visoku tačnost (ispod metra), ali je zahtevao više sati rada.
- SECOR
- System 621B


Kratka istorija GPS...

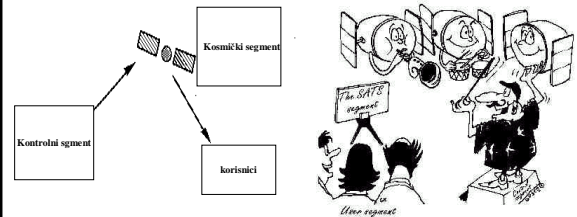
- Ministarstvo odbrane USA je utvrdilo da je tokom 70-tih godina ~120 navigacionih sistema bilo u upotrebi. Tada je predloženo uvođenje jedinstvenog sistema NAVSTAR (**NAV**igation **S**ystem with **T**iming **A**nd **R**anging)



7

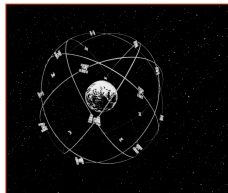
Segmenti GPS-a

- Kosmički
- Kontrolni
- Korisnički
- Terestčki



Kosmički Segment

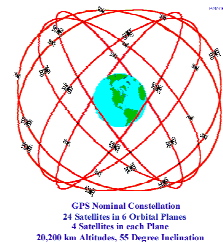
- Čine ga sateliti
- Minimum 24 operativna satelita (7 rezervnih)
- Na udaljenosti oko 20000 km.



9

GPS konstalacija satelita

- 6 orbita, svakom satelitu je potrebno 12 sati da obide Zemlju
- 4 satelita u svakoj orbiti
- Orbite satelita su projektovane tako da se najčešće signali sa šest satelita mogu primiti na bilo kojoj tački Zemlje



10

GPS kontrolna mreža

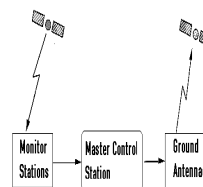
GPS Control Segment Stations



11

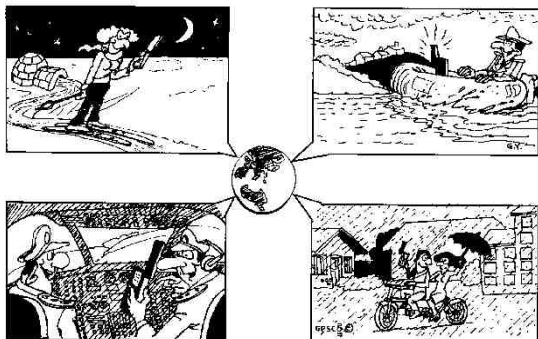
Kontrolni Segment

- Četiri kontrolne stanice locirane na Zemlji;
- 1) Hawai u Pacifiku;
- 2) Diego Garcia u Indijskom Okeanu,
- 3) Ascension Island u Atlanskom Okeanu,
- 4) Colorado Springs u Coloradu



- Glavna kontrolna stanica je u Schriever (Falcon) Air Force Base u Coloradu Springsu, Colorado..

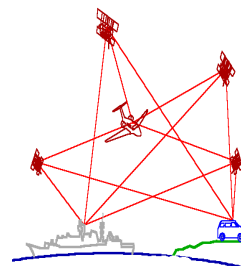
Korisnički segment



GPS Risiveri

GPS risiveri mogu se nositi u ruci ili biti instalirani na prevoznim sredstvima.

MC-GPS



GNSS osnove

Globalni Navigacioni Satelitski Sistemi

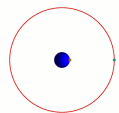
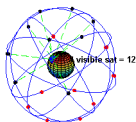
- Sateliti se oko Zemlje kreću po orbitama
- Njihovi signali su dostupni svuda na Zemlji

Regionalni Satelitski Sistemi

- Sateliti se kreću po orbitama
- Pokrivaju samo određene oblasti

Geostacionarni Satelitski Sistemi

- Sateliti se kreću po orbitama brzinom koja je jednaka brzini rotacije Zemlje
- Posmatrano sa Zemlje izgleda kao da stoje u mestu
- Pokrivaju samo određene oblasti



GNSS osnove

Globalni Navigacioni Sistemi

- GPS
- GLONASS
- GALILEO
- COMPASS

Regionalni sistemi

- BEIDOU-1
- QZSS
- IRNSS

Pomoćni sistemi (korekcioni)

- WAAS
- MSAS
- EGNOS
- GAGAN



GNSS osnove

Globalni Navigacioni Sistemi

- GPS
- GLONASS
- GALILEO
- COMPASS



GPS

GPS

- Globalni sistem pozicioniranja
- GPS NAVSTAR
- SAD

Trenutna konstelacija:

- 11x Block IIA
- 12x Block IIR
- 7x Block IIR-M + 1 za testiranje orbita
- sa L2C

Sledeća planirana lansiranja:

- 3 satelita block IIF
- Sa L5 signalom (treća frekvencija)
- **2 satelita trenutno - potrebna 4 !**
- moraju biti podržani od mreže permanentnih stanica



GPS

- Karakteristike GPS satelita Block IIF**
 - Treći civilni signal (L5)
 - Životni vek 12 godina
- Karakteristike GPS satelita Block III**
 - Četvrti civilni signal (L1C)
 - 4x bolji kvalitet signala
 - Bolja sinhronizacija sa ostalim sistemima
- 2014 godine je planirano obnavljanje zemaljskih stanica za kontrolu i praćenje satelita

2010
GPS IIF



2014 - 2025
GPS III



GLONASS

- GLONASS (ГЛОНАСС)**
 - ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система = GLOBALni NAVigacioni Satelitski Sistem
 - Rusija
- Trenutno stanje (14.3.2010):**
 - 23 GLONASS-M satelita u orbiti
 - 18 operativno
 - 3 u prijemnoj fazi
 - 2 u održavanju
 - 2 civilna signala frekvencije L1 i L2
- Sledeća planirana lansiranja:**
 - GLONASS-K sateliti



<http://www.glonass-iac.ru>

Galileo

- Galileo**
 - Od 1999 je u razvoju
 - EU
- Trenutno stanje:**
 - 2 test satelita
 - Giove-A (2005)
 - Giove-B (2008)
- Sledeća planirana lansiranja:**
 - 4 satelita u 2010. godini
 - Puna operativnost sistema ~ 2014 ?
 - Ukupan broj satelita: 28




COMPASS

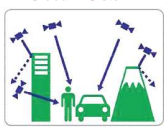
- Compass**
 - Poznat i kao Beidou-2, BD2
 - Compass nije proširenje postojećeg Beidou-1 sistema, BD1
 - Kina
- Trenutna konstelacija:**
 - 3 satelita
 - M1 (2007)
 - G2 (2009)
 - G1 (2010)
- Sledeća planirana lansiranja:**
 - 6 satelita u 2010. godini
 - Puna operativnost sistema ~ 2020
 - Ukupan broj satelita: 35



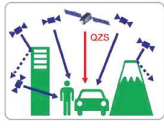
GNSS osnove

- Regionalni satelitski sistemi**
 - BEIDOU-1
 - QZSS
 - IRNSS
- Glavne prednosti**
 - Nezavisnost
 - Preciznost i lokalna dostupnost zbog velike elevacije (70° umesto standardnih 45°)
- Glavne slabosti**
 - Prijem samo u lokalnu
 - Odnos Cena / Dostupnost

Globalni Sistemi



Regionalni Sistemi



BEIDOU-1

- BEIDOU-1**
 - Na kineskom: 北斗卫星导航定位系统
 - Regionalni Sistem Kine
- Trenutna konstelacija:**
 - 4 geostacionarna satelita



QZSS

• QZSS

- Quasi-Zenith Satellite System
- Regionalni Sistem Japana

• Trenutna konstelacija:

- 0 satelita

• Sledeća planirana lansiranja:

- 3 satelita u 2010. godini
- Puna operativnost ~ 2012
- Ukupan broj satelita: 3



IRNSS

• IRNSS

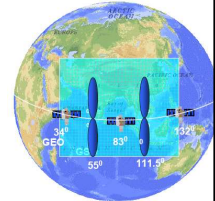
- Regionalni Sistem Indije

• Trenutna konstelacija:

- 3 geostacionarna satelita

• Sledeća planirana lansiranja:

- 4 geosinhronizovana satelita
- Puna operativnost ~ 2012
- Ukupan broj satelita: 7

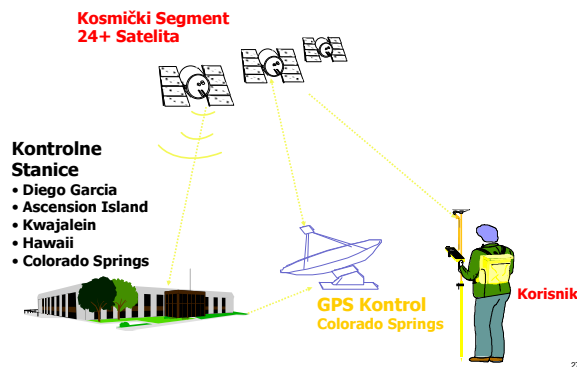


Kako sistem funkcioniše

Kosmički Segment 24+ Satelita

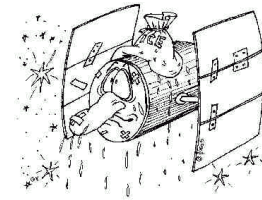
Kontrolne Stanice

- Diego Garcia
- Ascension Island
- Kwajalein
- Hawaii
- Colorado Springs



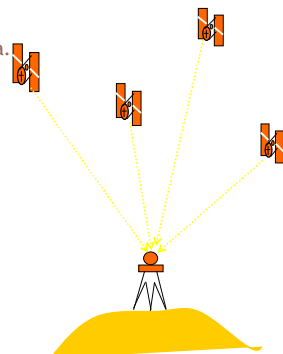
Karakteristike GPS

- Funkcioniše u svim vremenskim uslovima,
- Visoka tačnost 3D pozicioniranja,
- 24 sata dnevno operativan,
- Velika primena u inženjerstvu i geo-naukama,
- GPS oprema je izuzetno skupa.



Pozicioniranje GPS-om

- Potrebno najmanje 4 satelita.
- 4 satelita → 4 rastojanja.
- računanje XYZ koordinata GPS vremena.
- XYZ- u odnosu na centar Zemlje.
- Transformacija u geografske koordinate.



Kako funkcioniše GPS? (u 5 koraka)

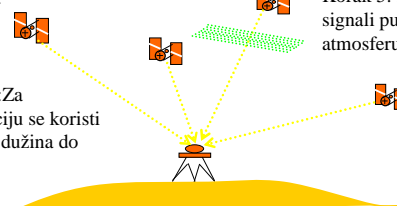
Korak 3: Za merenje vremena koje putovanja signala potrebni su tačni časovnici.

Korak 4: Uz određivanje rastojanja do satelita potrebno je znati i njegove koordinate u prostoru.

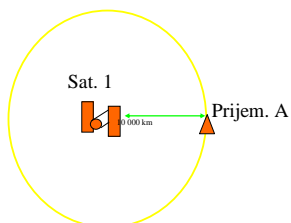
Korak 5: Kako GPS signali putuju kroz atmosferu oni i kasne.

Korak 2: Za trilateraciju se koristi merenje dužina do satelita.

Korak 1: Osnovu čini trilateracija GPS satelita.



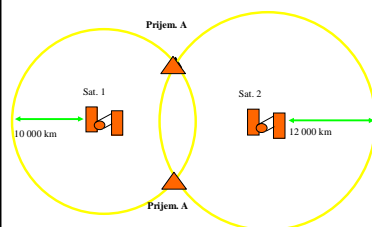
Pozicioniranje sa jednim satelitom



Prijemnik se nalazi negde na obodu kruga poluprečnika 10 000km

31

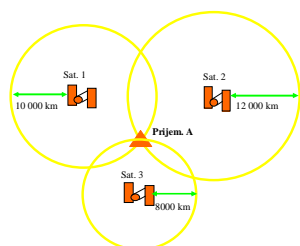
Pozicioniranje sa dva satelita



Prijemnik se može nalaziti na jednoj od ove dve pozicije

32

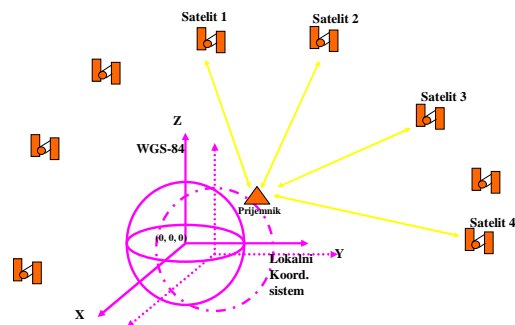
Pozicioniranje sa tri satelita



Prijemnik je jednoznačno pozicioniran

33

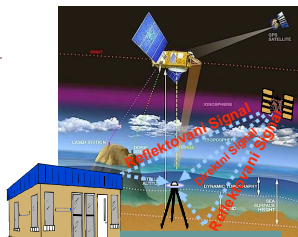
Pozicioniranje na osnovu četiri satelita



34

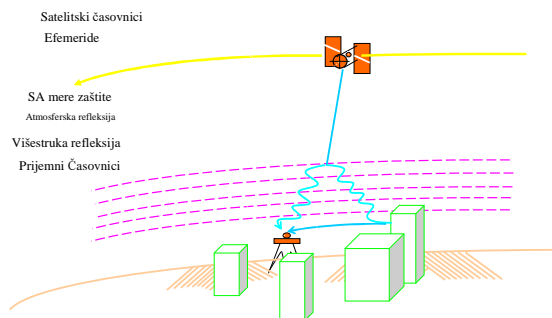
Izvori grešaka GPS

- Greška časovnika
 - Razlike između časovnika u satelitu i prijemniku
- Jonosfersko kašnjenje
 - Kašnjenje GPS signala prilikom prolaska kroz jonosferski omotač.
- Višestruka refleksija
 - Izazvana refleksijom od susednih objekata



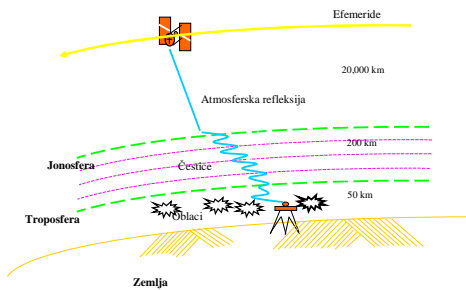
35

Izvori grešaka GPS



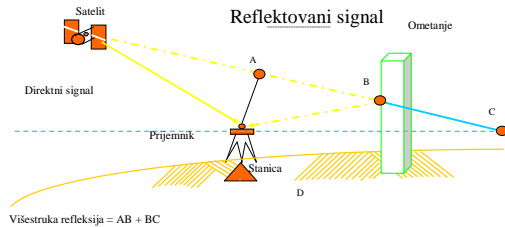
36

Atmosferski uticaji



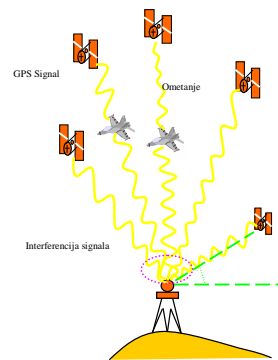
37

Višestruka refleksija



38

Greška faznog skoka



39

SA mere zaštite

- Redukuje horizontalno pozicioniranje za civilne potrebe $\pm 100\text{m}$.
- Vojni prijemnici ostvaruju tačnost od $\pm 10\text{m}$.
- Uveden od strane US DoD da bi se onemogućilo navođene projektila na Belu Kuću u Vašingtonu.
- 1.maja 2000. god SA mere zaštite su ukinute

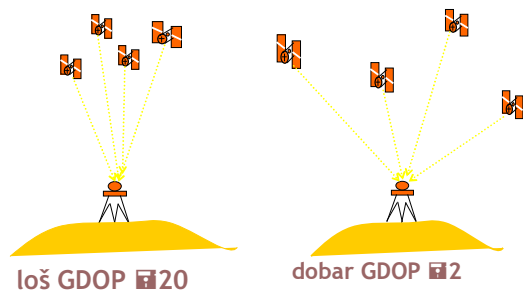
40

SA mere zaštite

- Implementirane:
 - - Greške koordinata satelita
 - - Greške časovnika satelita.
- Njihovim ukidanjem najjeftini civilni prijemnici ostvarju tačnost od approx. $\pm 10\text{-}20\text{m}$.

41

Pokazatelj kvaliteta satelitske geometrije GDOP



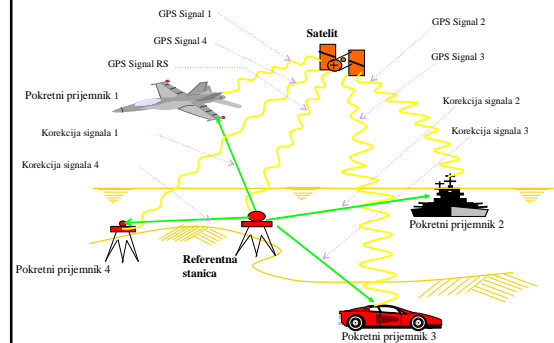
42

Diferencijalni GPS (DGPS)

- DGPS omogućuje veću tačnost pozicioniranja.
- DGPS koristi koordinate poznatih tačaka, kako bi se izvršila korekcija tačnosti na merenim tačkama.
- DGPS korekcije mogu se primeniti na GPS podatke u realnom vremenu korišćenjem radio modema. Ili kasnije u post obradi podataka.

43

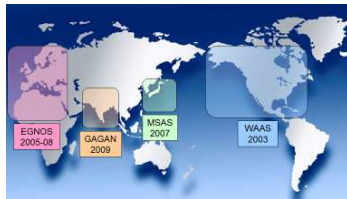
Diferencijalni GPS (DGPS)



44

GNSS osnove

- Pomoćni sistemi (korekcioni)
 - WAAS
 - MSAS
 - EGNOS
 - GAGAN

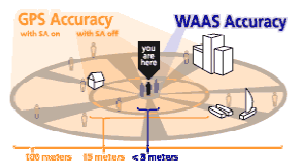


Dodatni sistemi

- Pomoćni sistemi (SBAS)
 - SBAS = Satellite Based Augmentation System
 - Za GNSS diferencijalnu korekciju
 - Velika pokrivenost
 - Preciznost je prosečno oko 7m (ali ide i do 1m)
- Pokrivenost
 - WAAS (USA / Kanada)
 - MSAS (Japan)
 - EGNOS (Evropa, Severna A)
 - GAGAN (Indija)

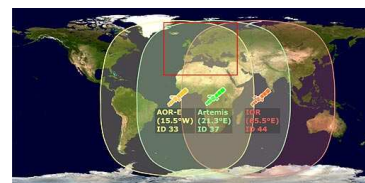


WAAS tačnost



47

EGNOS pokrivenost



48

AGROS

Aktivna geodetska referentna osnova Srbije

- 34 Permanentne stanice
- Rastojanje oko 70km
- 2 kontrolna centra



49

AGROS



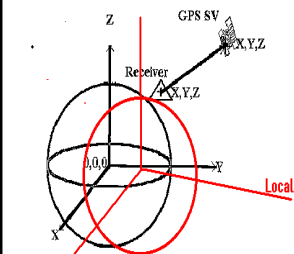
50

WGS84

- Centar elipsoida je u centru Zemlje.
- Površ elipsoida predstavlja referentnu WGS84 visinu.
- Srednja visina (geoid) Zemlje je oko $\pm 120\text{m}$ udaljena od elipsoida.

51

Koordinatni sistemi

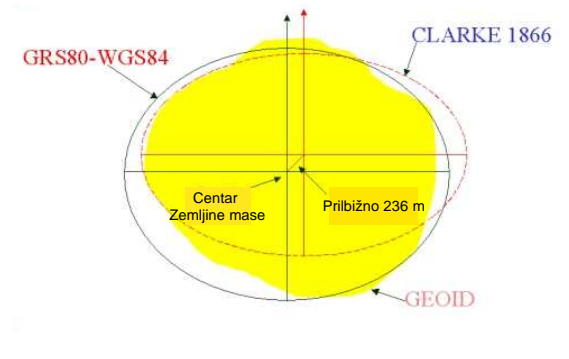


- Satelitski sistem (WGS84).
- Lokalni sistem
- Transformacioni parametri.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{Local}} = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} + R \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{WGS84}}$$

52

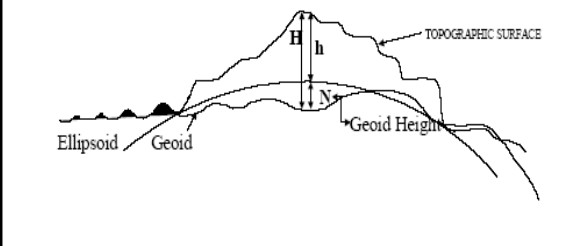
Geoid i elipsoidi



53

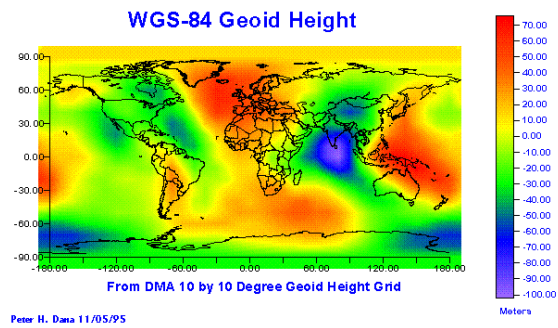
Sistemi visina

H = Orthometric Height
 h = Ellipsoidal Height
 N = Geoid Height

$$H = h - N$$


54

Karta geoidnih visina



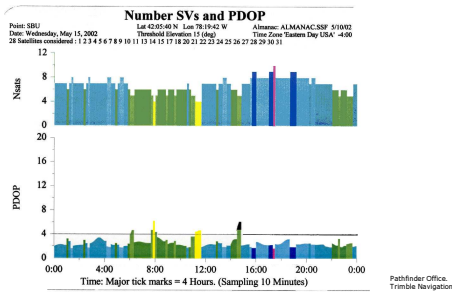
55

Povećanje tačnosti

- Planiranje merenja
- Diferencijalni GPS
- Primena prijemnika visoke tačnosti

56

Softver za planiranje merenja



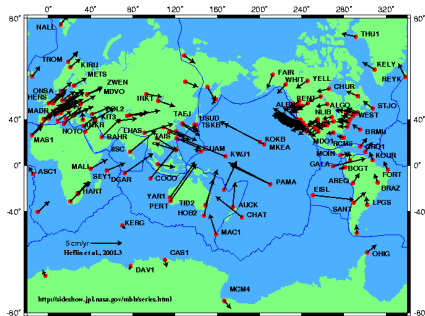
57

Građevinarstvo



58

Pomeranje Zemljine kore



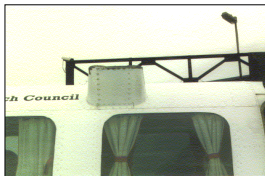
59

Vođenje mašina



60

Navigacija aviona i vozila



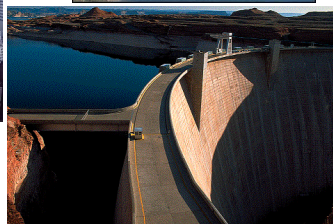
61

Kartiranje



62

Deformaciona opažanja objekata



63

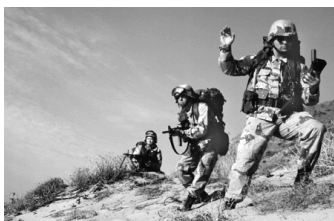
Ispitivanje konstrukcija

Most u Novom Sadu



64

Vojne svrhe



65

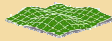
Zašto se GPS koristi u premeru?

- Povećana tačnost premera.
- Povećana brzina skupljanja podataka.
- Povećana fleksibilnost premera.
- Smanjeni troškovi.



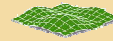
66

GPS u GIS-u



67

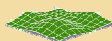
Metode pozicioniranja



- Statička metoda
- Brza statička metoda
- Kinematička metoda sa naknadnom obradom
- Kinematička metoda u realnom vremenu

68

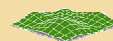
Tačnost



Method	Horizontal Max	Horizontal Min	Vertical Max	Vertical Min	Application
Static	1.5cm	1 cm	6cm	4 cm	Survey Project Control, Survey Measurements
Fast Static	3cm	2 cm	9cm	6 cm	Survey Project Control, Survey Measurements
Post Processed Kinematic	6cm	4 cm	9cm	6 cm	Survey Measurements
Redundant	6cm	4 cm	9cm	6 cm	Survey Measurements
Real Time Kinematic	6cm	4 cm	9cm	6 cm	Survey Measurements
Redundant	6cm	4 cm	9cm	6 cm	Survey Measurements
Post Processed Kinematic	Unknown	4 cm	Unknown	6 cm	Data acquisition for topographic / contour maps
Continuous	Unknown	4 cm	Unknown	6 cm	Data acquisition for topographic / contour maps
Real Time Kinematic	Unknown	4 cm	Unknown	6 cm	Data acquisition for topographic / contour maps
Continuous	Unknown	4 cm	Unknown	6 cm	Data acquisition for topographic / contour maps
Differential GPS	Unknown	See manufacturer Specifications	Unknown	See manufacturer Specifications	Resource grade mapping only
Resource Grade	Unknown	See manufacturer Specifications	Unknown	See manufacturer Specifications	Resource grade mapping only

69

Budućnost GNSS



- SA mera zaštite isključena.
- Smanjen uticaj vojnog servisa
- Integracija sa Ruskim GLONASS-om
- Razvoj Evropskog Galileo programa
- Integracija sa GIS aplikacijama
- Lakše povezivanje lokalnih i međunarodnih geodetskih mreža

70