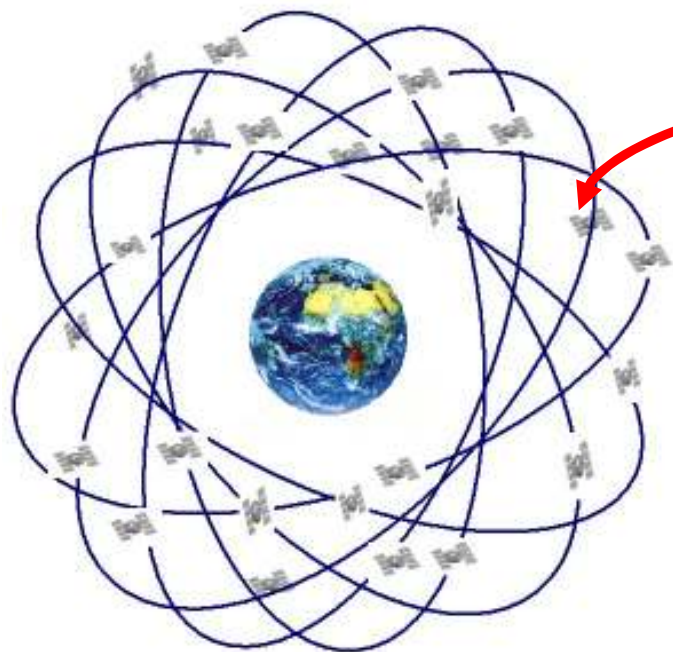


Dnešní téma: GIS a GPS



**Global Navigation
Satellite System (GNSS)**

GPS	-	USA
GLONASS	-	RUSKO
Galileo	-	EU
Beidou	-	CLR



GNSS a vývoj

-  Galileo – a global system being developed by the European Union and other partner countries, planned to be operational by 2014
-  Beidou – People's Republic of China's regional system, covering Asia and the West Pacific^[80]
-  COMPASS – People's Republic of China's global system, planned to be operational by 2020^{[81][82]}
-  GLONASS – Russia's global navigation system
-  IRNSS – India's regional navigation system, planned to be operational by 2012, covering India and Northern Indian Ocean^[83]
-  QZSS – Japanese regional system covering Asia and Oceania

Prečo sa používa GSP

Kde na Zemi som?



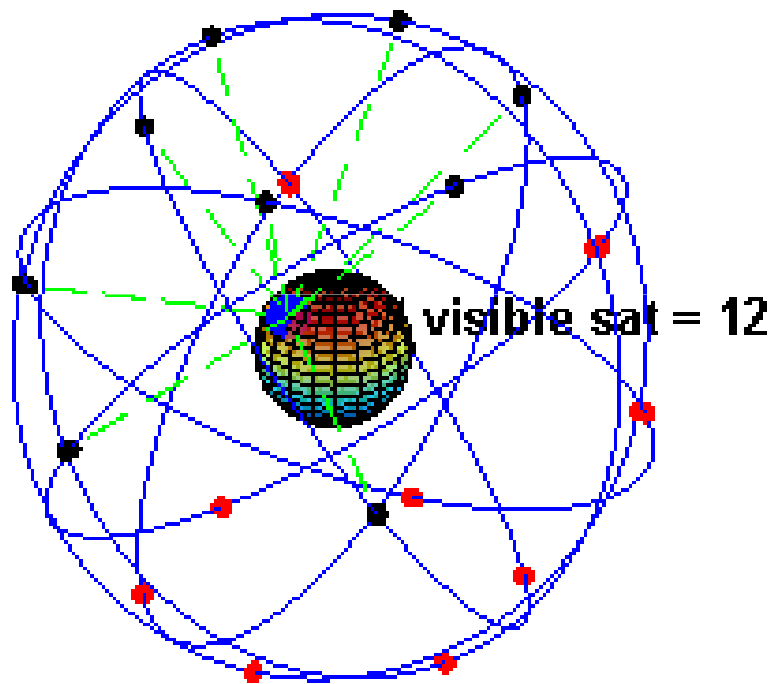
....monitorovať aktuálnu polohu, vykonávať navigáciu, sledovať trasu, vykonávať presné časovanie.

Merat' presnú polohu (zemepisná šírka a dĺžka a nadmorská výška súradnice), s presnosťou od 20 m do cca. 1mm

Merat' Presný čas (Universal Time Coordinated, UTC) s presnosťou od cca 60ms do 5ms

ČO JE GPS?

Konštelácia minimálne 24 satelitov + **SEGMENTY**



Segmenty:

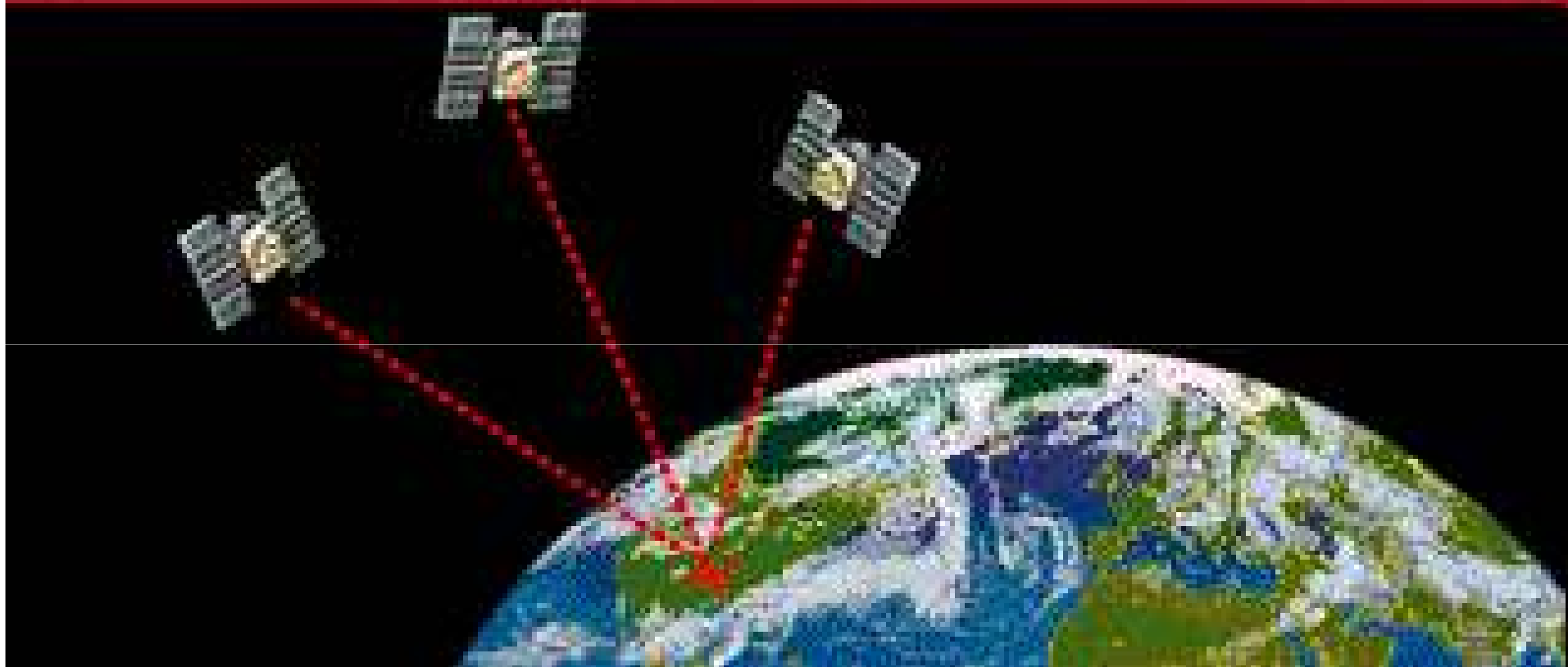
Priestorový: 24-32 satelitov,

Riadiaci: systém monitorovacích staníc na kontrolu a riadenie PS

Užívateľský: GPS prijímače s výstupom polohových údajov – prot. NMEA

AKO GPS PRACUJE

Satelity sú referenčné body pre polohovú lokalizáciu bodov na Zemi



Úplný názov systému : **NAVSTAR-GPS**

NAVigation **S**ystem with **T**iming **A**nd **R**anging **G**lobal **P**ositioning **S**ystem,

Postup ako GPS funguje v piatich logických krokoch

1. Základom GPS je "triangulácia" zo satelitov. . Traingulácia je metóda určovania relatívnej polohy objektov pomocou geometrie trojuholníkov.
2. Ak chcete "triangulovať", prijímač GPS meria vzdialenosť pomocou „cestovnej doby“ rádiových signálov.
3. Pre meranie cestovnej doby signálov, GPS potrebuje veľmi presné časovanie, ktoré sa dosahuje pomocou niektorých trikov.
4. Spolu so vzdialenosťou musíte presne vedieť, kde sa satelity vo vesmíre nachádzajú. Výška obežnej dráhy a detailné monitorovanie dráhy satelitov **sú tajné**.
5. Nakoniec musíme opraviť akékoľvek oneskorenie signálu. K tomu sa využíva obvyklá cestovná doba signálu cez atmosféru

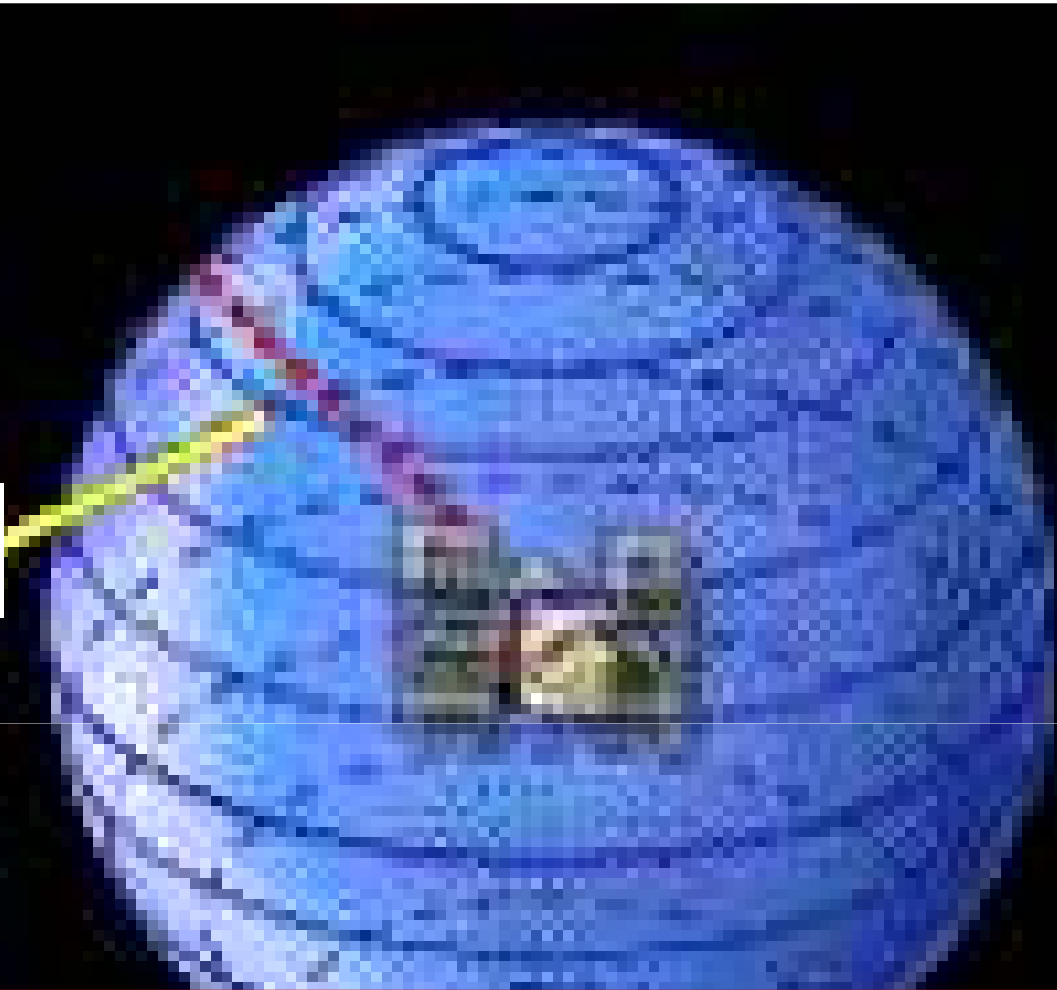
Ďalej si vysvetlíme každý z týchto krokov.

Krok 1: Triangulácia

Sme hocikde na tomto povrchu



Global Navigation Satellite System (GNSS)



Výška prvého satelitu
je 11 míľ

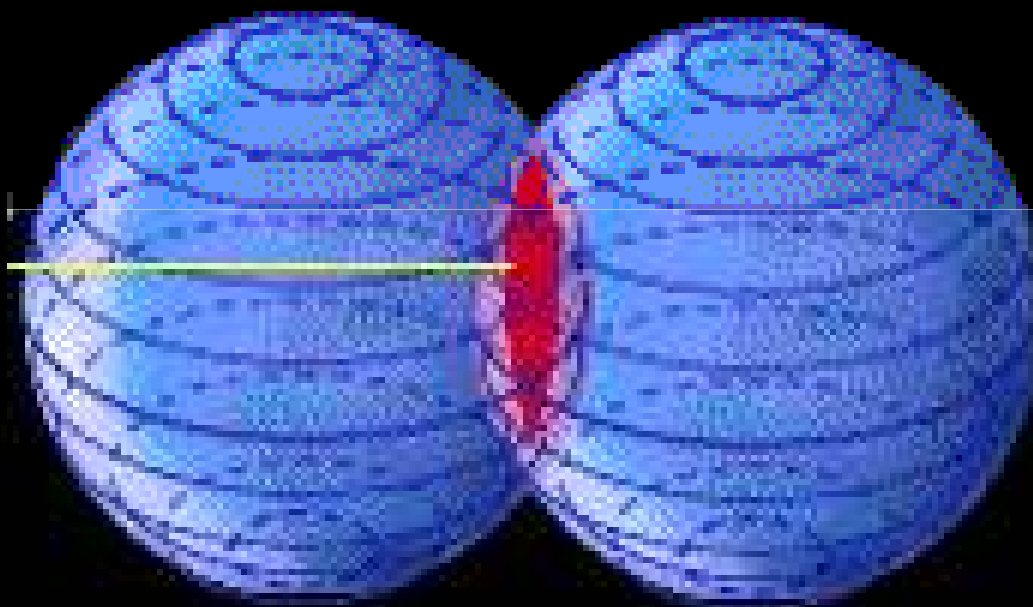
Triangulácia : Krok prvý:

Predpokladajme, že meriame našu vzdialenosť od satelitu a zistíme, že je 11.000 mil. Ak vieme, že sme 11.000 míľ od určitého satelitu, zužujú sa možnosti všetkých miest, kde by sme mohli byť v celom vesmíre na povrch gule, ktorá je zameraná na tomto satelite a má polomer 11.000 mil

Krok 1: Triangulácia

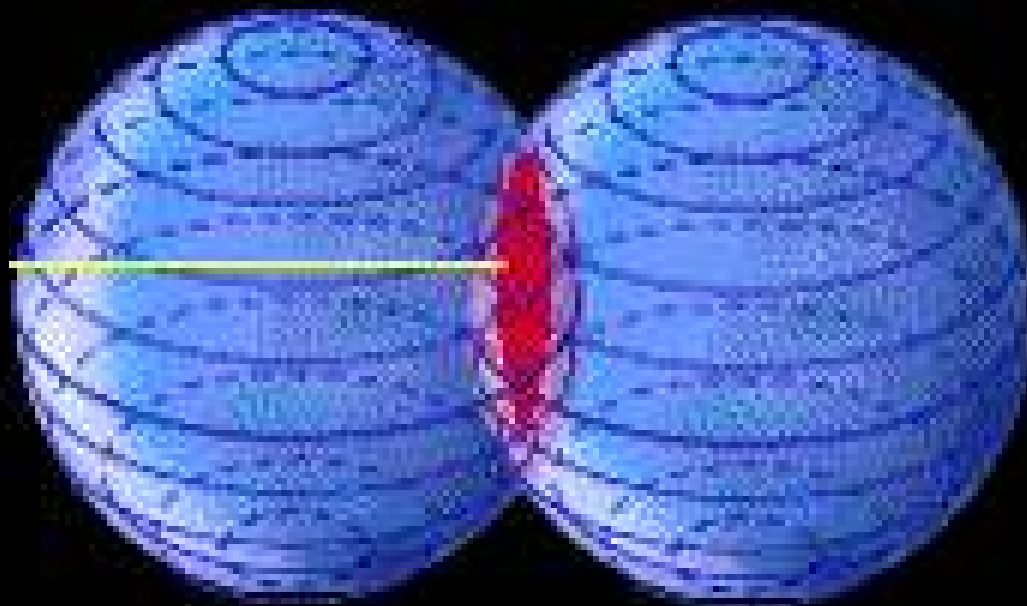
Druhý satelit obmedzuje možnosti určenia našej polohy

Dve merania nás
umiestnia niekde
na tejto kružnici



LEBO: Dve guľové plochy sa pretínajú v kružnici

Dve merania
nás umiestnia
niekde na tejto kružnici



Triangulácia: Druhý krok

Ďalej meriame našu vzdialenosť od druhého satelitu a zistíte, že je to 12.000 míľ .

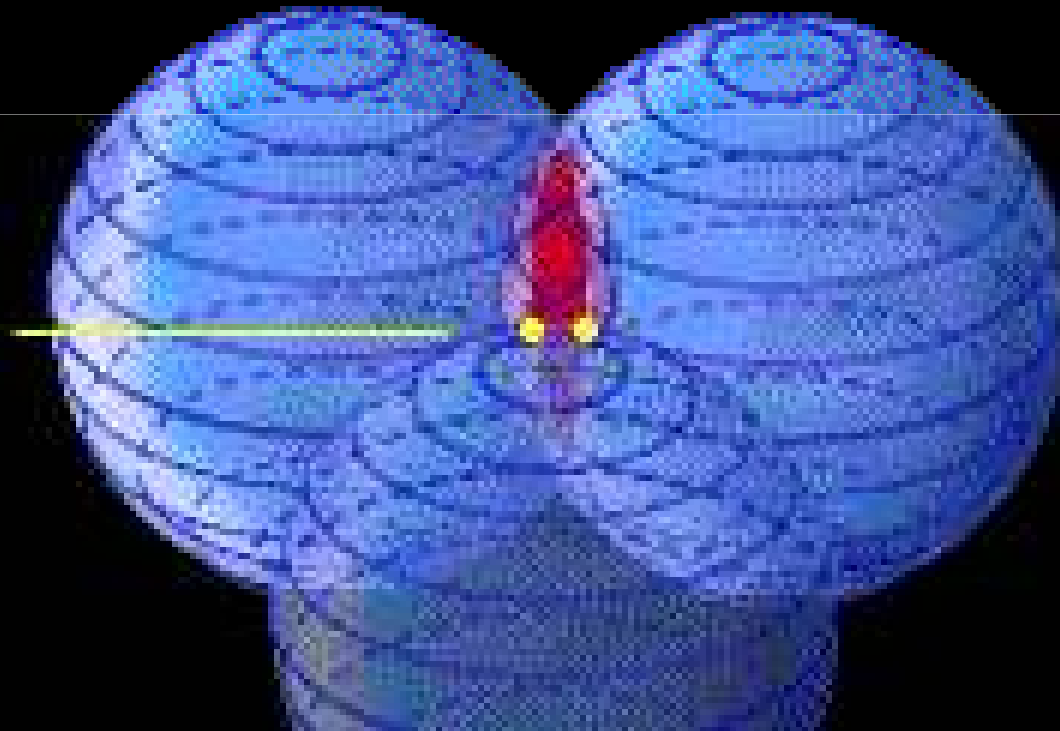
To znamená, že nie sme iba na prvej guli, ale sme aj na povrchu gule, ktorá je od nás vzdialená 12.000 míľ.

Alebo inými slovami, sme niekde v oblasti, kde sa tieto dve sféry pretínajú – na kružnici

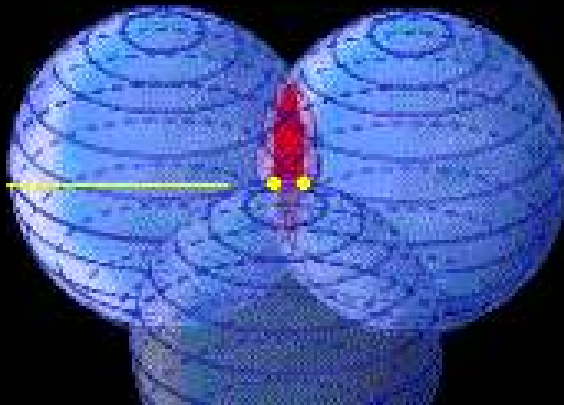
Krok 1: Triangulácia

Tretí satelit nás umiestni do dvoch možných bodov

Jeden z týchto
dvoch bodov
je naša presná poloha



Jeden z týchto dvoch bodov je naša presná poloha



LEBO:

Dve kružnice sa pretínajú v dvoch bodoch

Triangulácia: Tretí krok

Ak ďalej meranie našu pozíciu vzhľadom k tretiemu satelitu, ktorý je vo výške 13.000 míľ, zužuje sa naša pozícia na dve miesta, kde 13.000 míľová guľa pretína kruh, ktorý je priesečníkom dvoch prvých gúl.

Takže z troch satelitov môžeme zúžiť našu pozíciu iba na **dva body** v priestore.

Rozhodnúť, ktorý z nich je správna pozícia, na to by sme potrebovali štvrté meranie. Ale zvyčajne jeden z dvoch bodov je buď príliš ďaleko od Zeme, alebo sa pohybuje nemožnou rýchlosťou, a tak je tento bod vyradený bez potreby ďalšieho merania.

Ďalej budeme hovoriť ako systém meria vzdialenosti medzi satelitmi

Triangulácia- súhrn

Pozícia je vypočítaná z merania vzdialeností od satelitov.

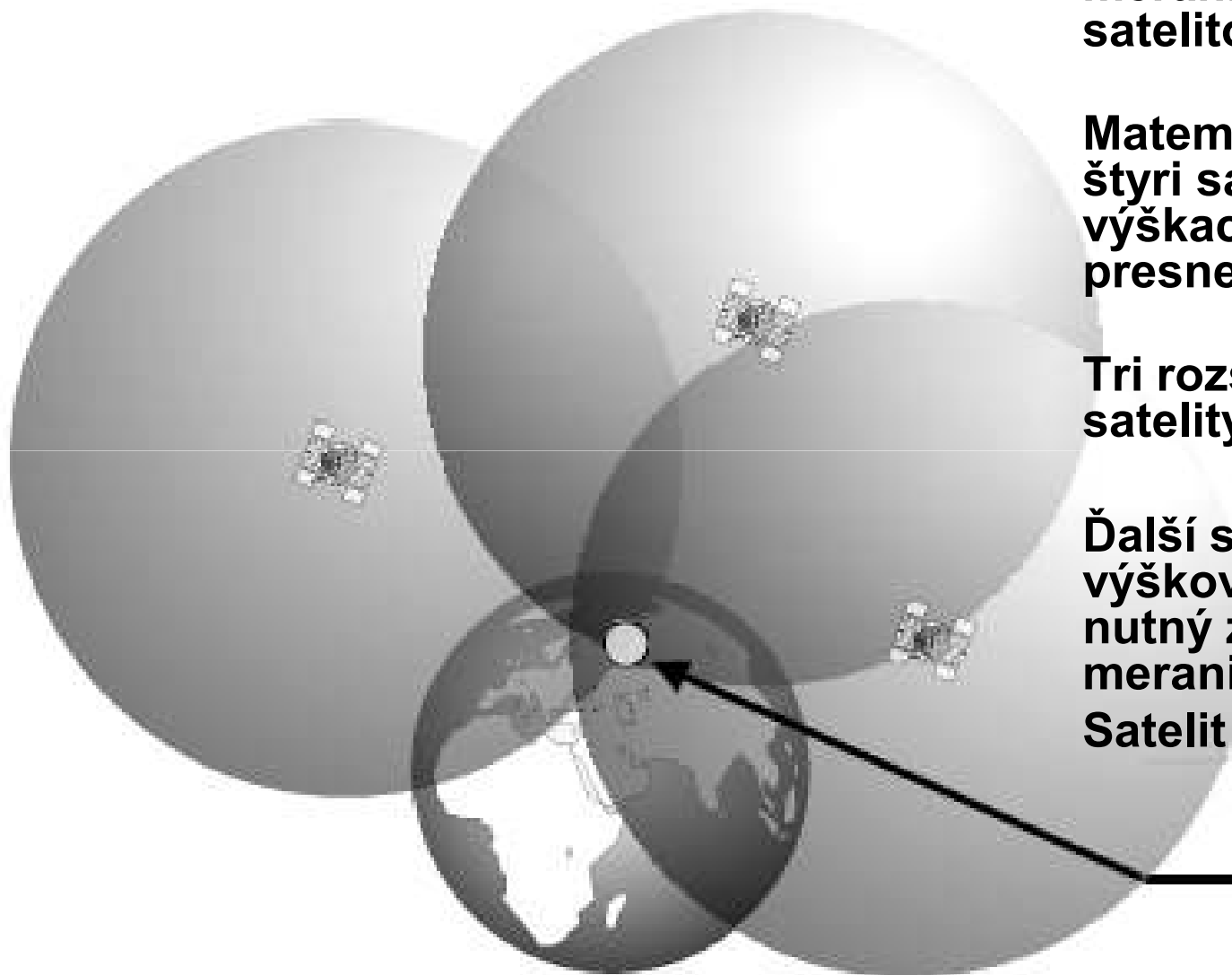
Matematicky potrebujeme štyri satelity v rôznych výškach na určenie presnej polohy.

Tri rozsahy, teda tri satelity sú dostatočné.

Ďalší satelit vo štvrtom výškovom rozsahu je nutný z dôvodu opravy merania času

Satelit - prijímač

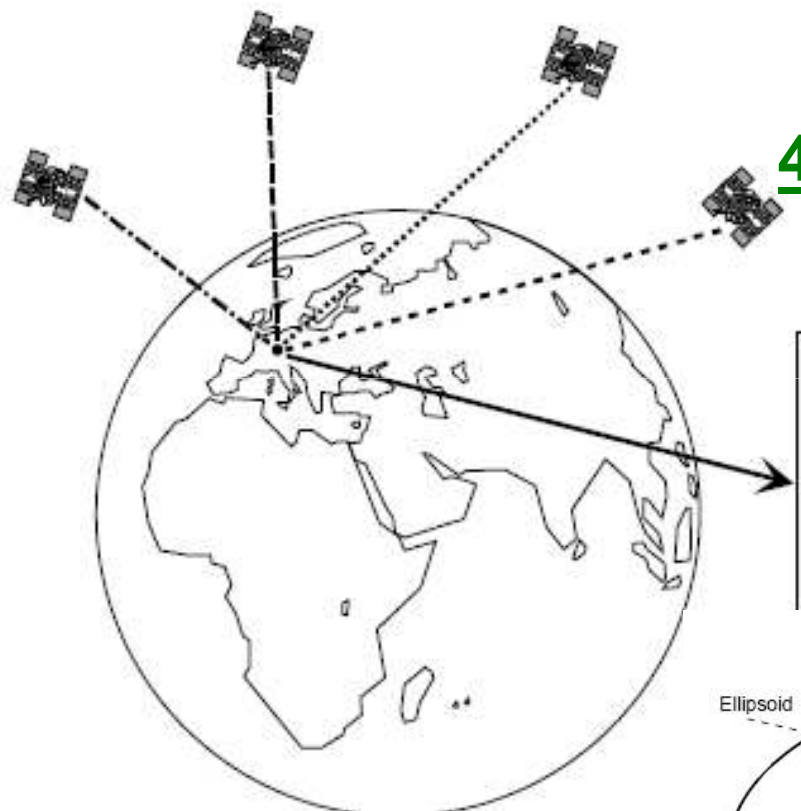
Position



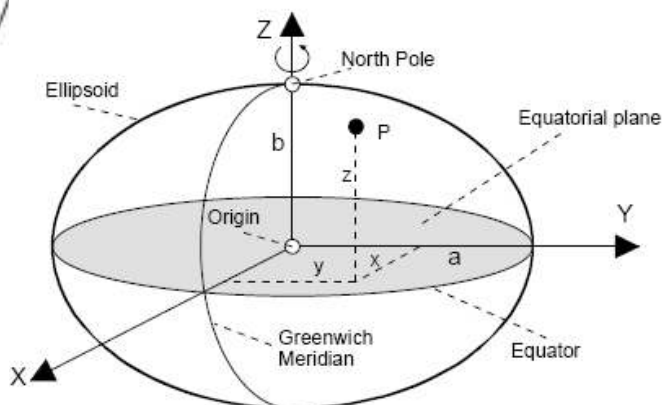
Prečo 4 satelity

longitude (X)
latitude (Y)
height (Z)
time error (Δt)

4 premenné - 4 rovnice – 4 satelity



Longitude: 9°24'23.43"
Latitude: 46°48'37.20"
Altitude: 709.1m
Time: 12h33'07"



WGS84

Krok 2: Meranie vzdialenosti od satelitu

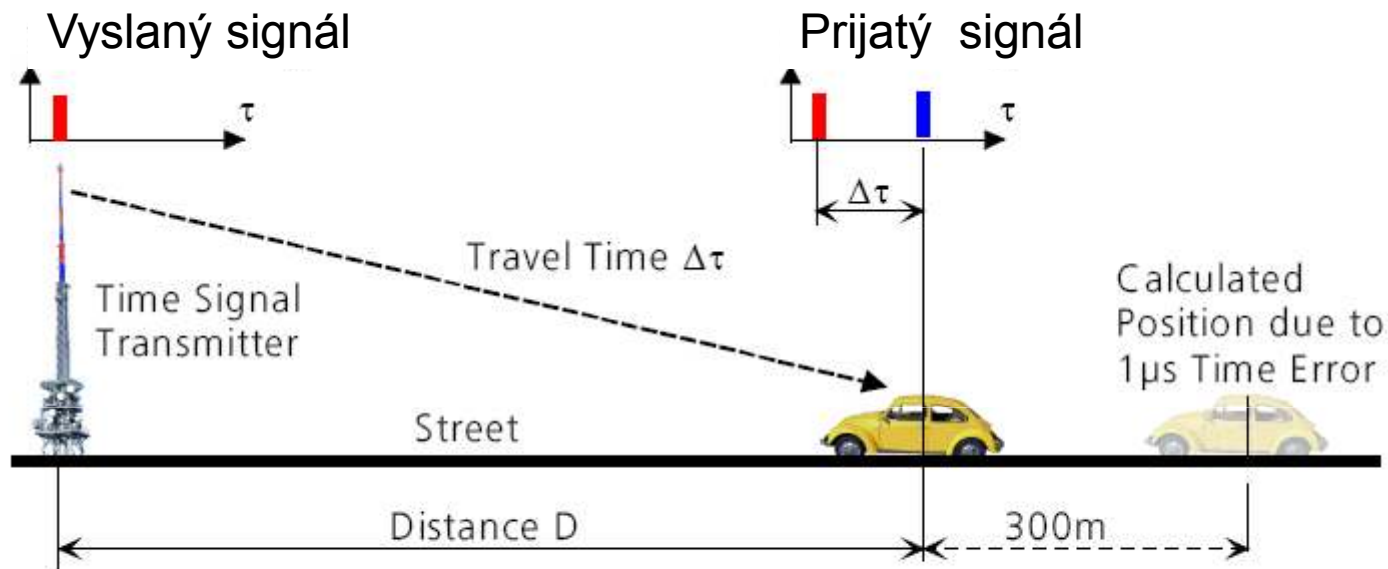
Rýchlosť x čas = **vzdialenosť**

LEBO: príklad zo strednej školy:

"Ak ide auto 60 míľ za hodinu po dobu dvoch hodín, akú vzdialenosť prejde?"



Krok 2: Meranie vzdialenosti od satelitu



Jednoduchý príklad merania vzdialenosti pomocou cestovnej doby

V prípade GPS ide o meranie dráhy rádiového signálu, takže rýchlosť bude rýchlosť svetla 299 792 458 metrov/s

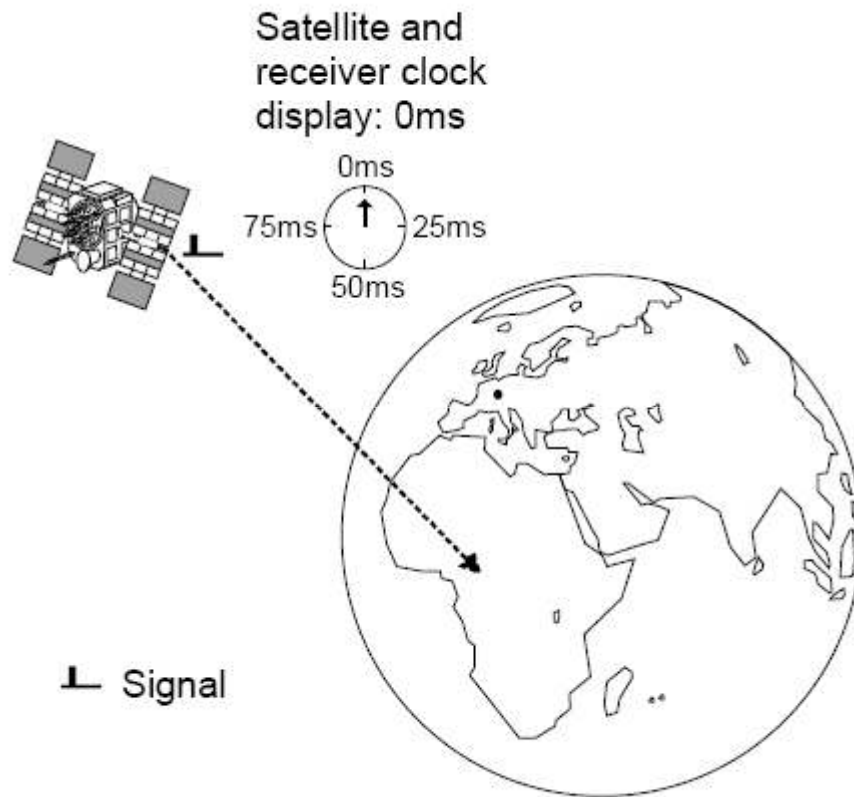
Presné meranie času je problém

Krok 2: Meranie vzdialenosti od satelitu

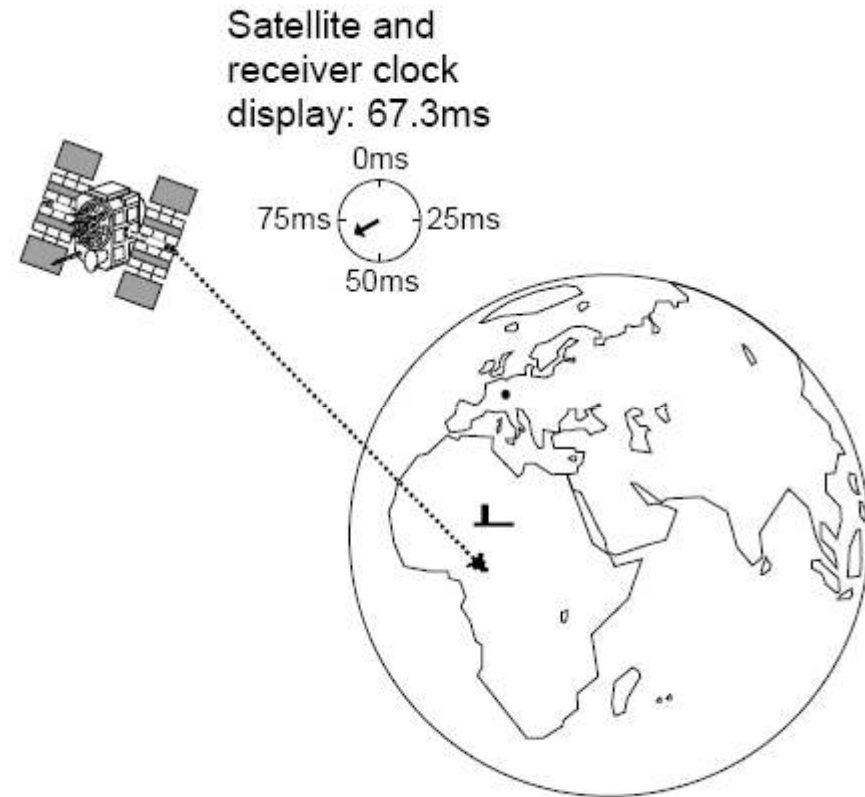
Problém synchronizácie merania času – synchronizácia hodín

- Potrebujeme presné hodiny na meranie doby prenosu rádiového signálu
- Rozdiel v synchronizácii času prijímača (GPS modul v mobile) mínus čas satelitný čas = doba prenosu rádiového signálu

Určenie času na prenos signálu



Signal transmission (start time)



Signal reception (stop time)

Podmienka: Hodiny satelitu a hodiny prijímača musia byť rovnako presné a rovnako nastavené

Časové systémy

- **International Atomic Time (TAI):** na určenie absolútneho času. "Štartovací moment January 1, 1958 at 00:00h.
- **Coordinated Universal Time (UTC),** UTC sa odlišuje od TAI v počítaní sekúnd $UTC = TAI - n$, kde n = celé sekundy
- **GPS Time-** číslo týždňa a počet uplynutých sekúnd. The start date is Sunday, January 6, 1980 at 0:00h (UTC)
- **Satellite Time** – čas na atómových hodinách satelitu
- **Local Time** - čas používaný v špecifických regiónoch – napríklad stredoeurópsky

Pre rok 2009 platilo:

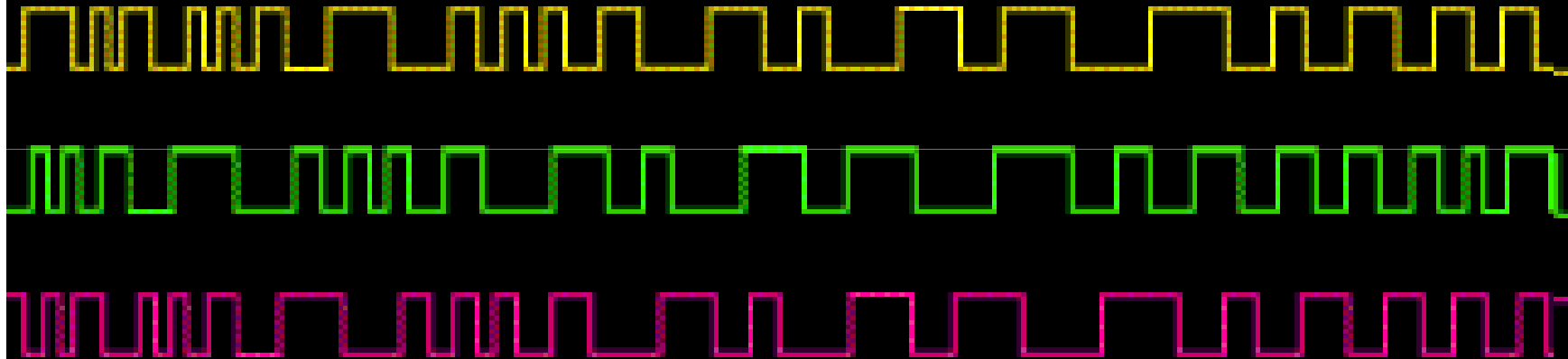
$TAI - UTC = +34\text{sec}$

$GPS - UTC = +15\text{sec}$

$TAI - GPS = +19\text{sec}$

Krok 2: Meranie vzdialenosti od satelitu

Každý satelit používa unikátny PSEUDO NÁHODNÝ KÓD

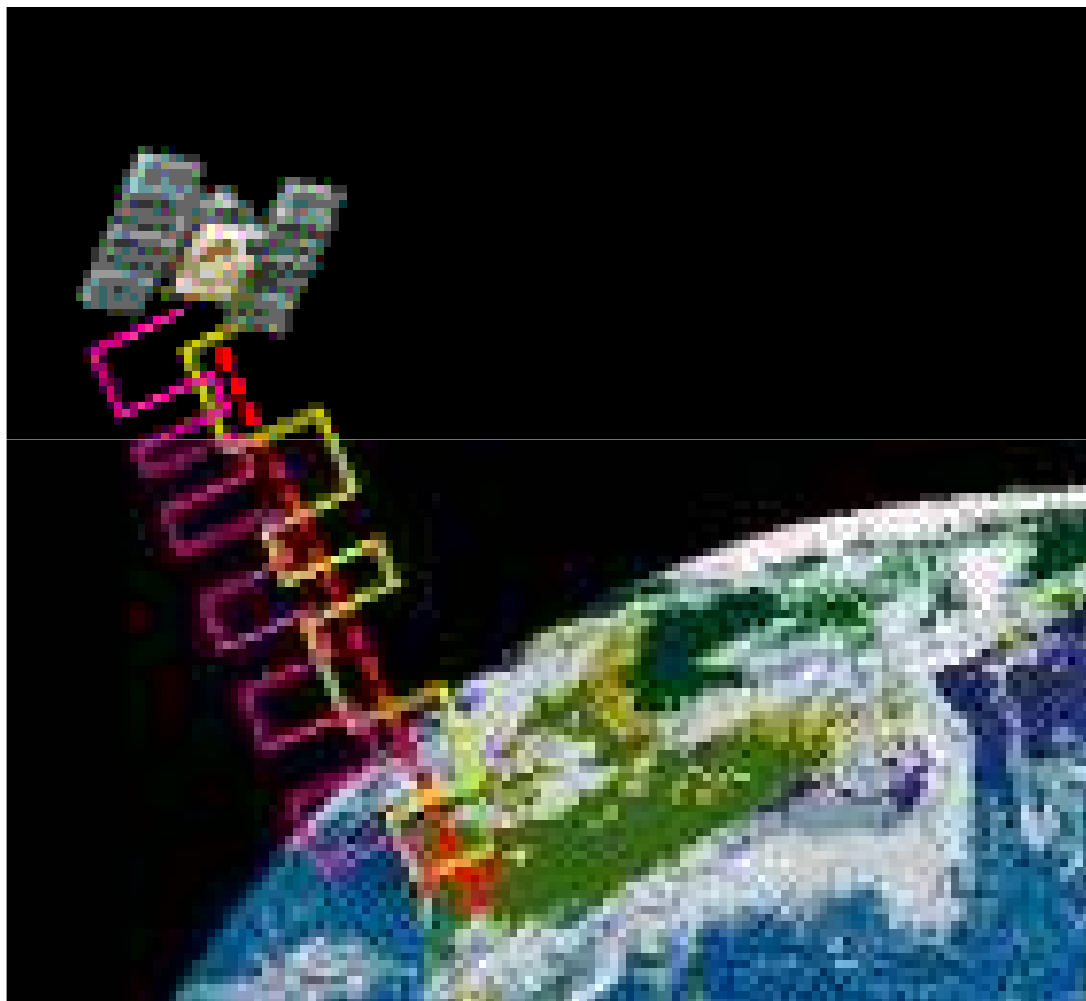


Pseudo náhodný kód je základnou súčasťou GPS.
Fyzicky je to len veľmi komplikovaný digitálny binárny kód.
300 bitov prejde zo satelitu do prijímača za približne 0.06 sekundy,

Krok 2: Meranie vzdialenosti od satelitu, súhrn

- 1. Vzdialenosť satelitu od nás je určená na základe meraní doby, za ktorú sa dostane rádiový signál k nám z tejto družice.**
- 2. Na vykonanie merania predpokladáme, že družica a náš prijímač vytvára rovnaké pseudo-náhodné kódy presne v rovnakom čase.**
- 3. Porovnaním ako mešká pseudo-náhodný kód satelitu, v porovnaní s kódom nášho prijímača zistíme dobu prenosu rádiového signálu.**
- 4. Násobením doby prenosu signálu s rýchlosťou svetla dostaneme vzdialenosť satelitu.**

Krok 3: Presné časovanie

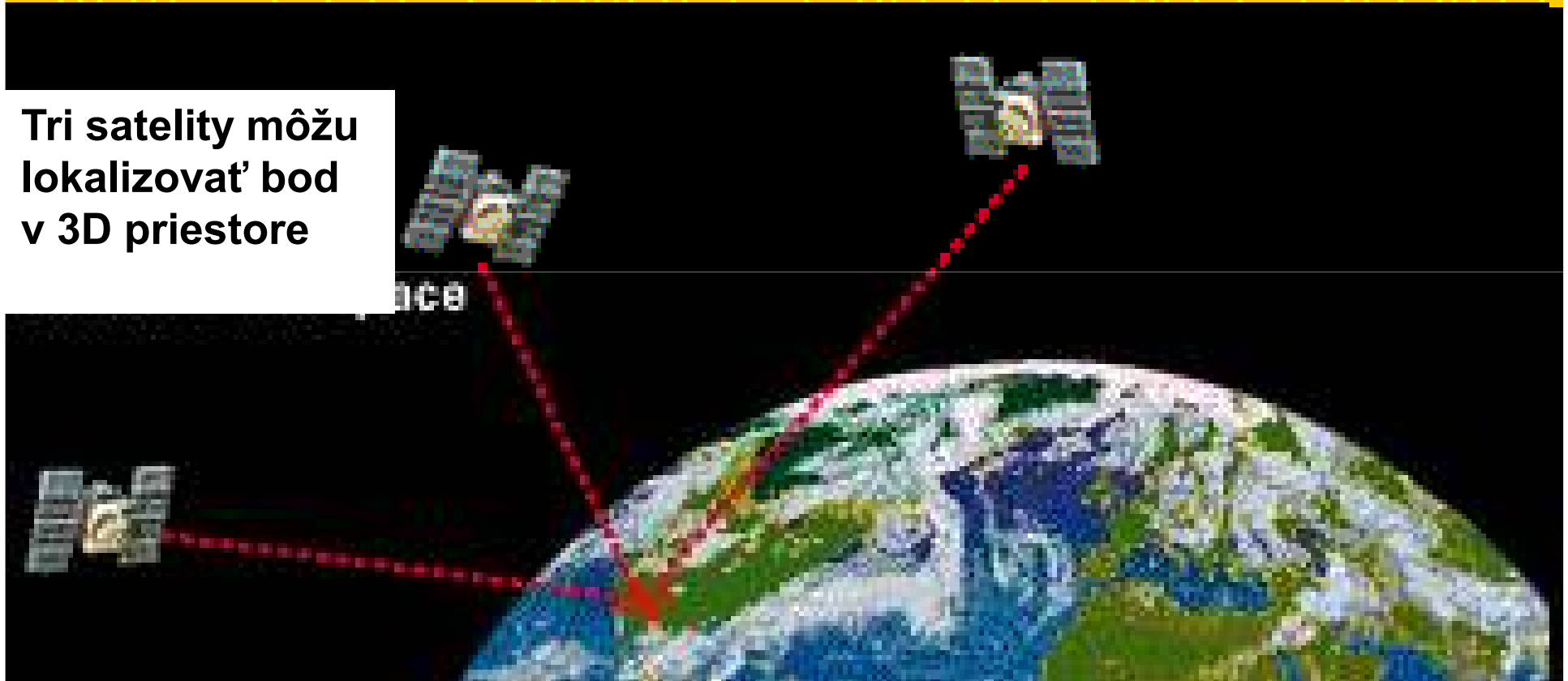


- Satelity sú vybavené presnými atómovými hodinami
- Atómové hodiny stoja cca 50-100 tis USD
- GPS prijímač nemá drahé hodiny
- Využívajú sa menej drahé a teda menej presné hodiny v našich GPS prijímačoch
- Riešenie: Ak tri perfektné merania môžu lokalizovať bod v 3D priestore, potom 4 nepresné merania dajú rovnaký výsledok

Krok 3: Presné časovanie

Prostriedky na synchronizáciu satelitu a prijímača

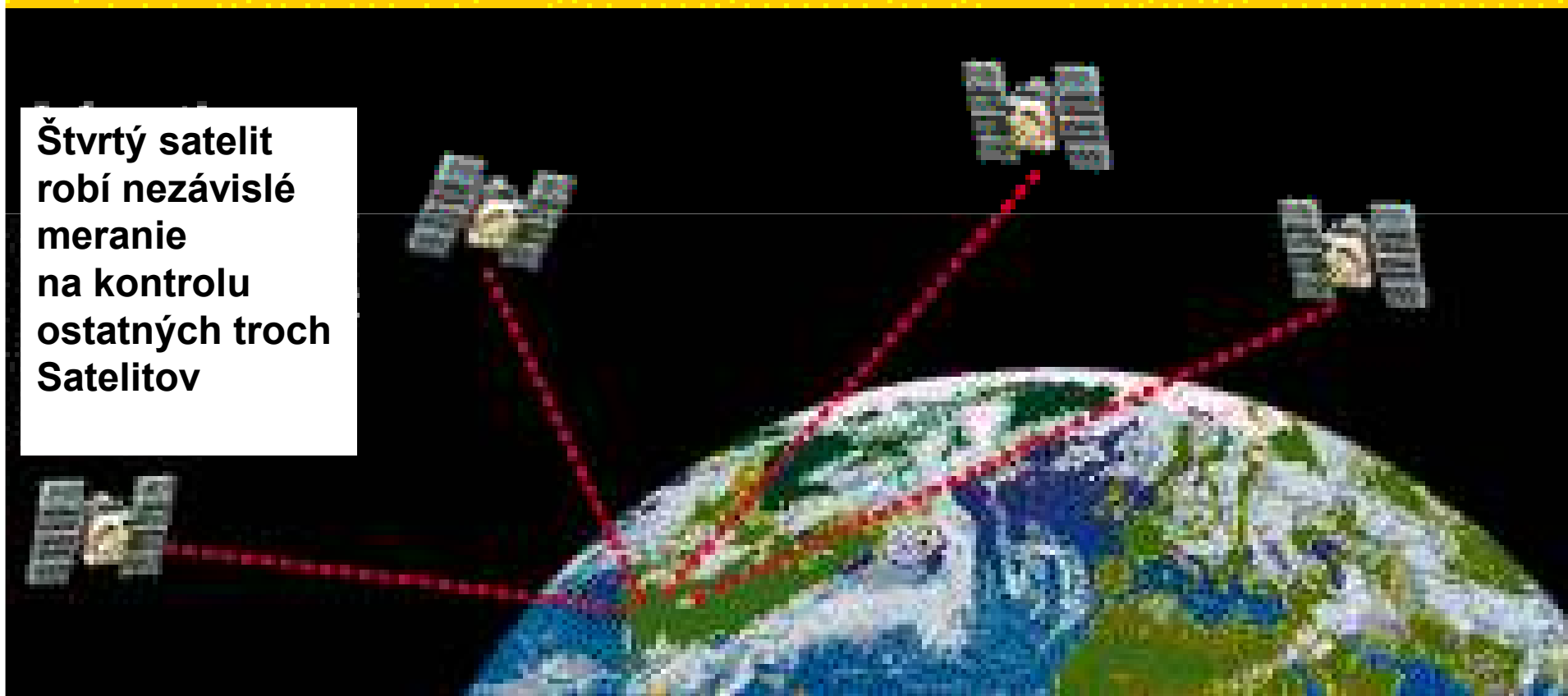
Tri satelity môžu
lokalizovať bod
v 3D priestore



Krok 3: Presné časovanie

Štvrtý satelit upresňuje časovanie

Štvrtý satelit
robí nezávislé
meranie
na kontrolu
ostatných troch
Satelitov



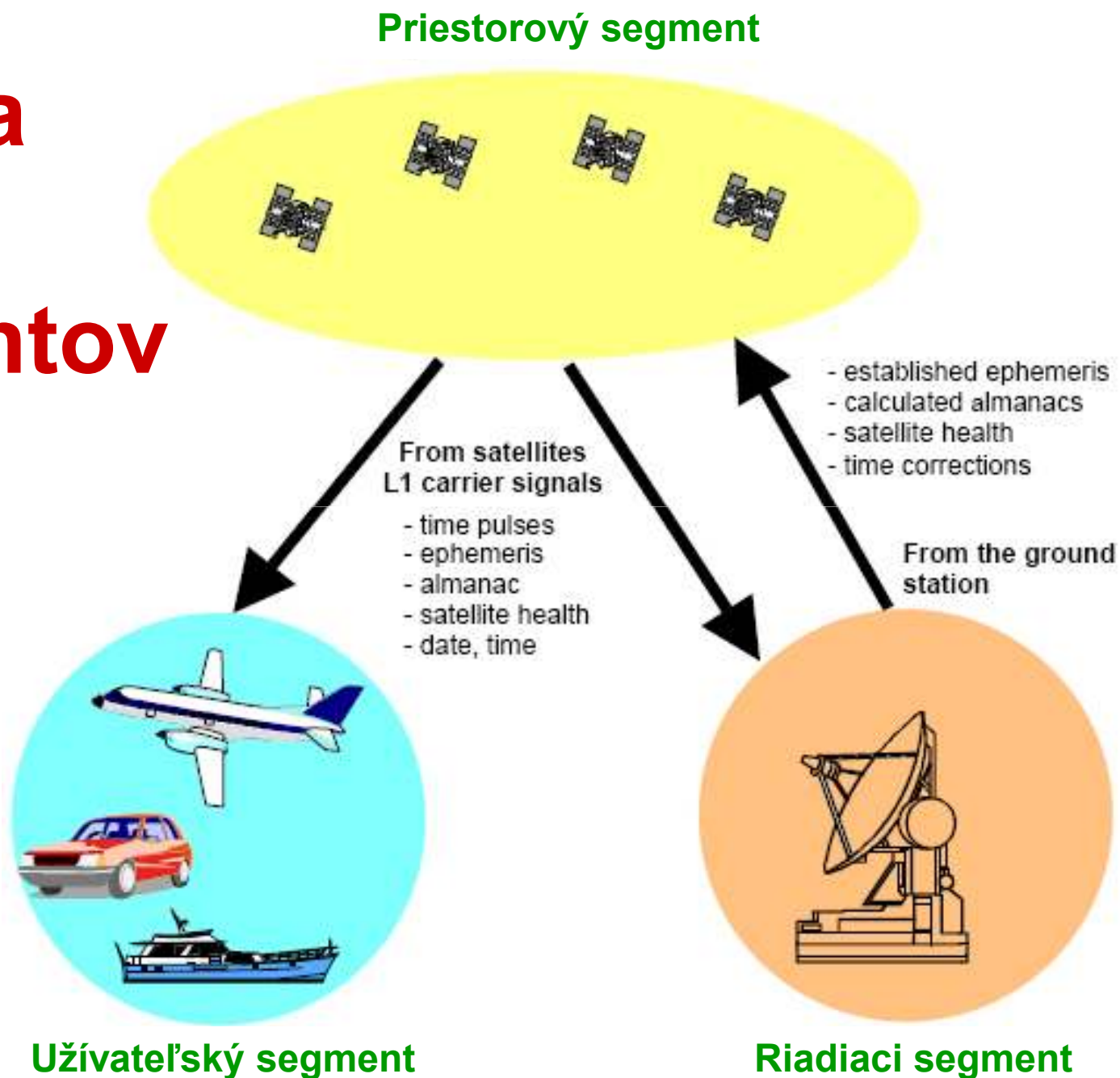
Krok 3: Presné časovanie

- Nesúladi merania času na našom GPS prijímači má dopad na všetky merania
- Naš prijímač hľadá korekciu, ktorou môže svoj čas opraviť.
- Využíva na to komunikáciu so štyrmi satelitmi, preto GPS prijímače musia byť štvorkanálové.

Krok 4: Poznanie polohy satelitov v priestore

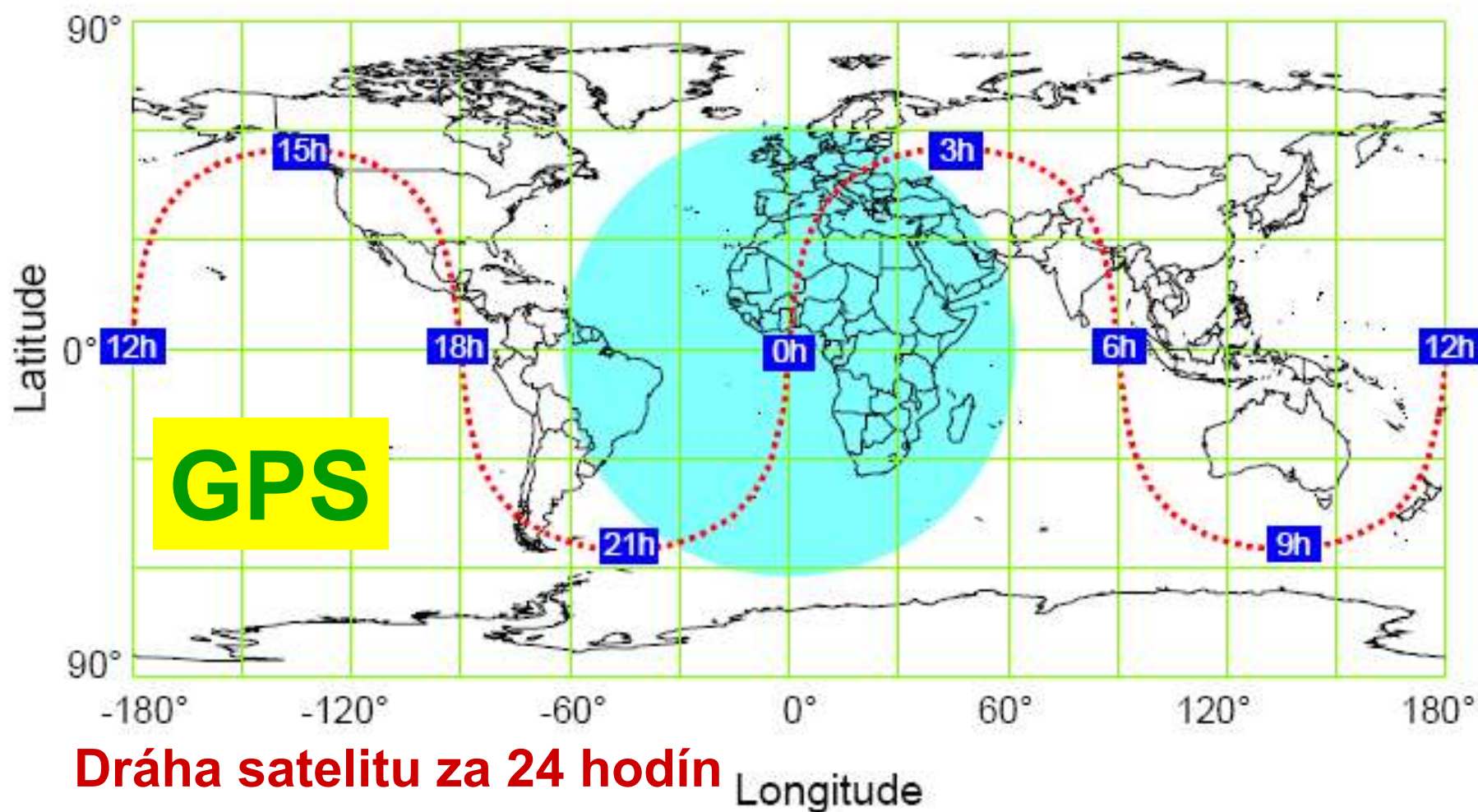
- Ak chceme používať satelity ako referenčné objekty pre merania polohy na Zemi, musíme presne vedieť, kde sú.
- Dráhy GPS sú vypočítané (ALMANACH).
- Menšie zmeny (efemeridy) v ich orbitách(každé dve hodiny) sleduje ministerstvo obrany + **riadiaci segment GPS**.
- Informácie o chybe sú zasielané na satelity, ktoré sa majú poskytovať spolu s časovaním signálov.

Funkcia troch segmentov GPS

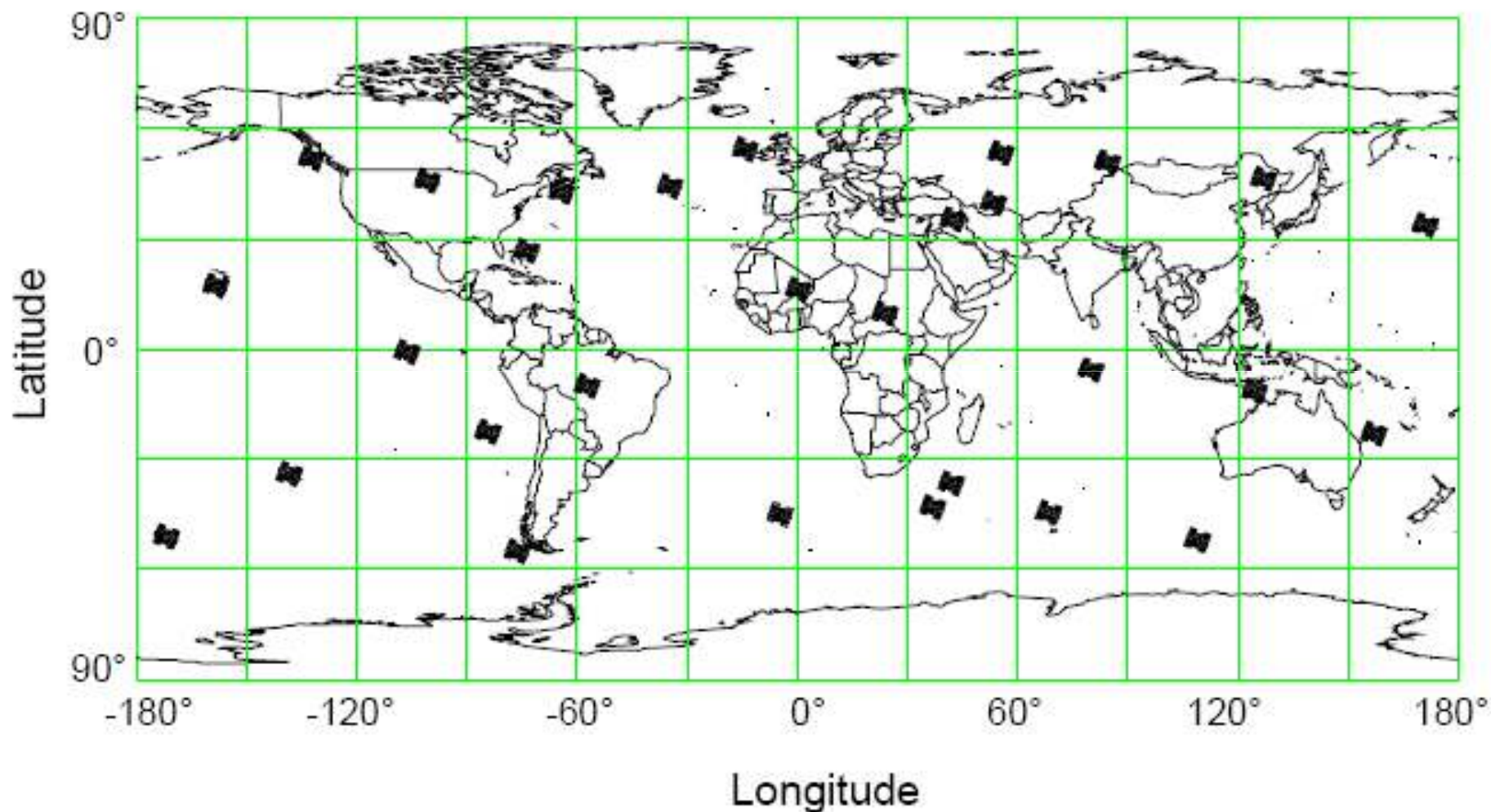


Priestorový segment - rámec

- 32 satelitov, 6 obežných dráh, výška 20180 km, obežná doba 12 hodín, na východiskovom bode je za 23 hours 56 minutes



Priestorový segment – pozícia satelitov



Okamžiková informácia: 12:00 hrs UTC on 14th April 2001

Priestorový segment – satelitný signál

- Satelitný čas a synchronizácia signálov
- Údaje o aktuálnej orbitálnej dráhe (ephemeris),
- Informácia o časovej korekcii na určenie satelitného času
- Približná poloha satelitu podľa almanachu
- Korekcie na výpočet času prenosu signálu
- Údaje o ionosfére
- Informácie o stave satelitu



Každý GPS satelit to kóduje unikátne.

Označuje sa to Pseudo Random Noise (PRN) Code

– 1023 opakujúcich sa kombinácií 0 a 1, jedna kombinácia trvá 1 ms

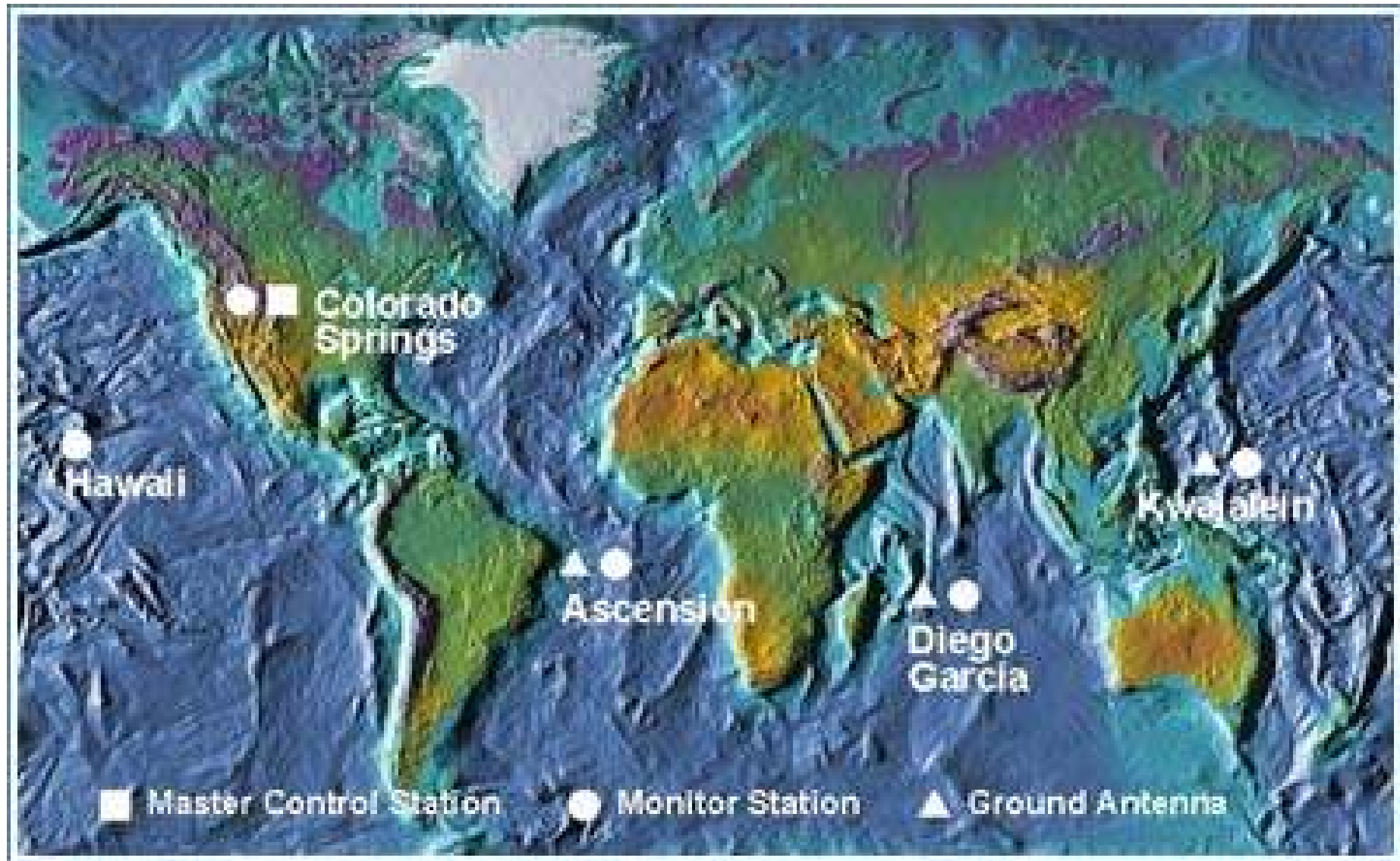
Používa sa na identifikáciu satelitu a na výpočet doby prenosu signálu

Riadiaci segment - rámec

GPS control segment (Operational Control System **OCS**)

- Master Control Station v state of Colorado
- 5 monitorovacích staníc (každá vybavená atómovými hodinami, rozložené na rovníku)
- 3 základné riadiace stanice posielajúce informácie satelitom

Riadiaci segment - mapa



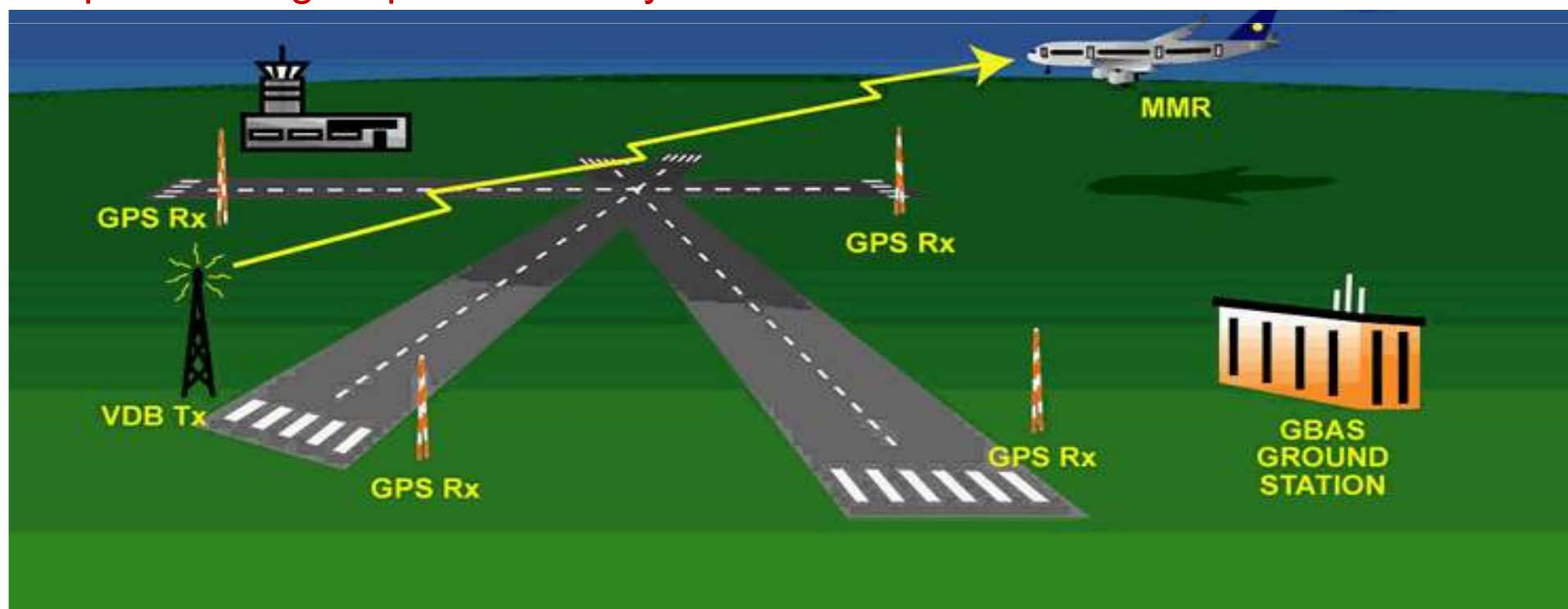
RS- súčasnosť



Užívateľský segment

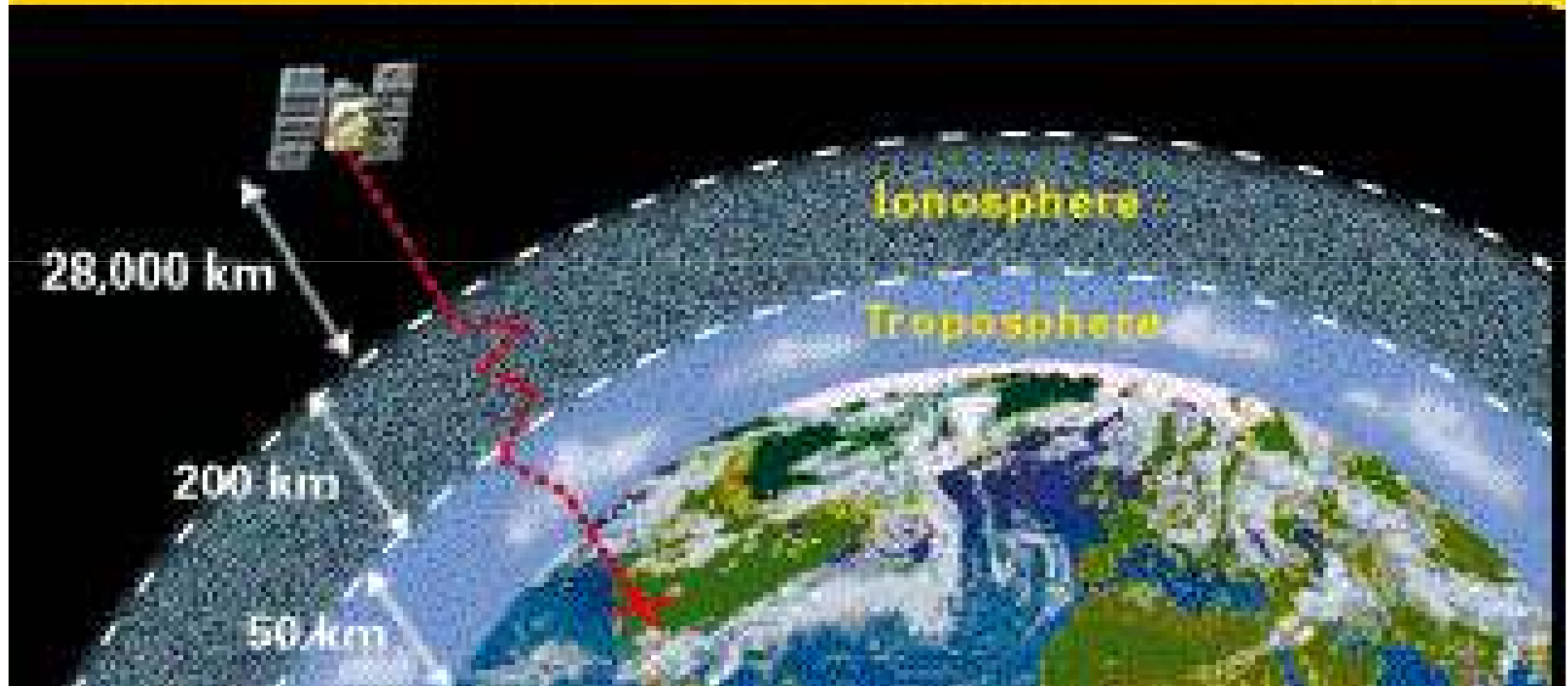


- Rádiové signály vysielané satelitmi GPS dosiahnu prijímač na Zemi za cca. 67 milisekúnd
- Štyri rôzne signály sú generované v GPS prijímači. Majú rovnakú štruktúru ako signály prijímané zo 4 družíc.
- Pomocou synchronizácie signálov generovaných v prijímači so signálmi zo satelitov sa určí časový posun 4 satelitov,
- Tieto časové posuny vynásobené rýchlosťou svetla, sa nazývajú **pseudorange- preudodosahy**.



Chyby pri meraní času a polohy

Signály neprechádzajú vákuom



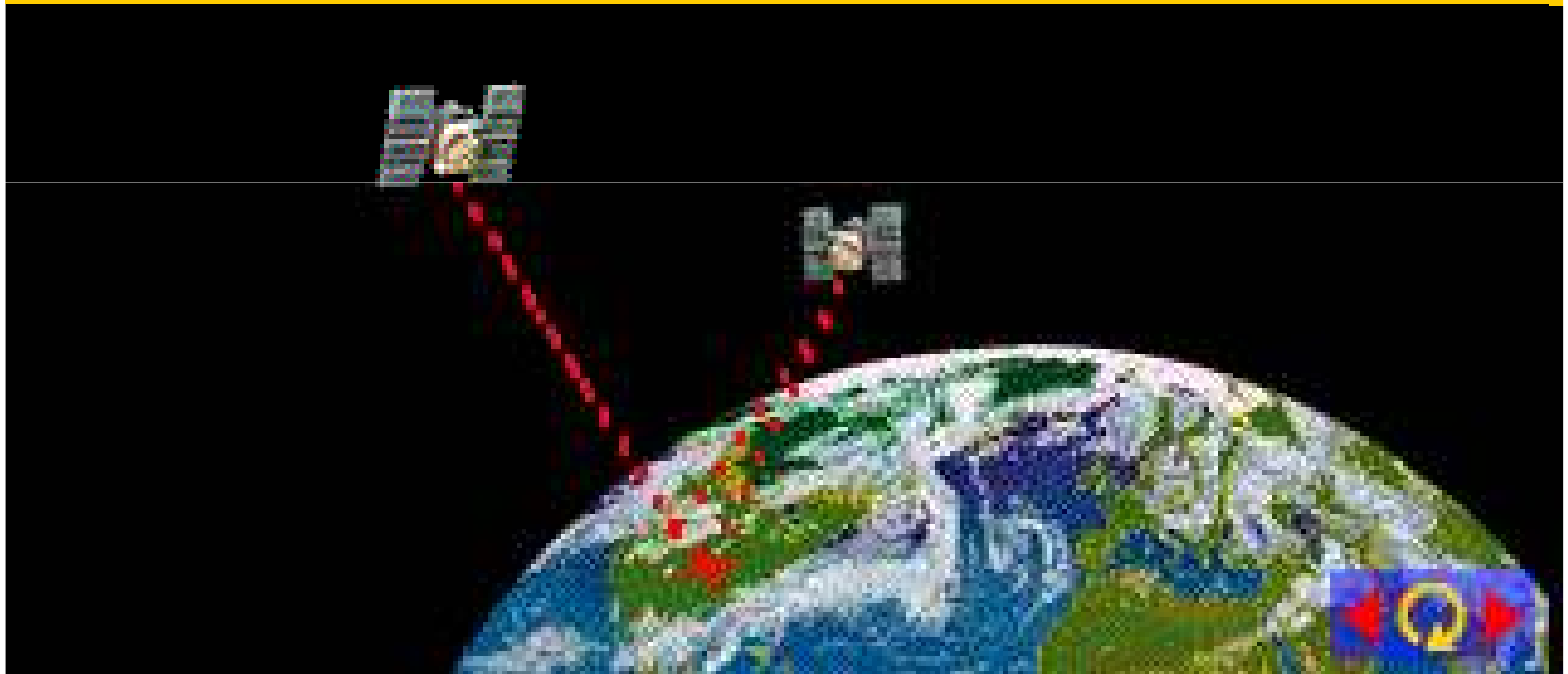
Chyby pri meraní času a polohy

Signály sa odrážajú od budov



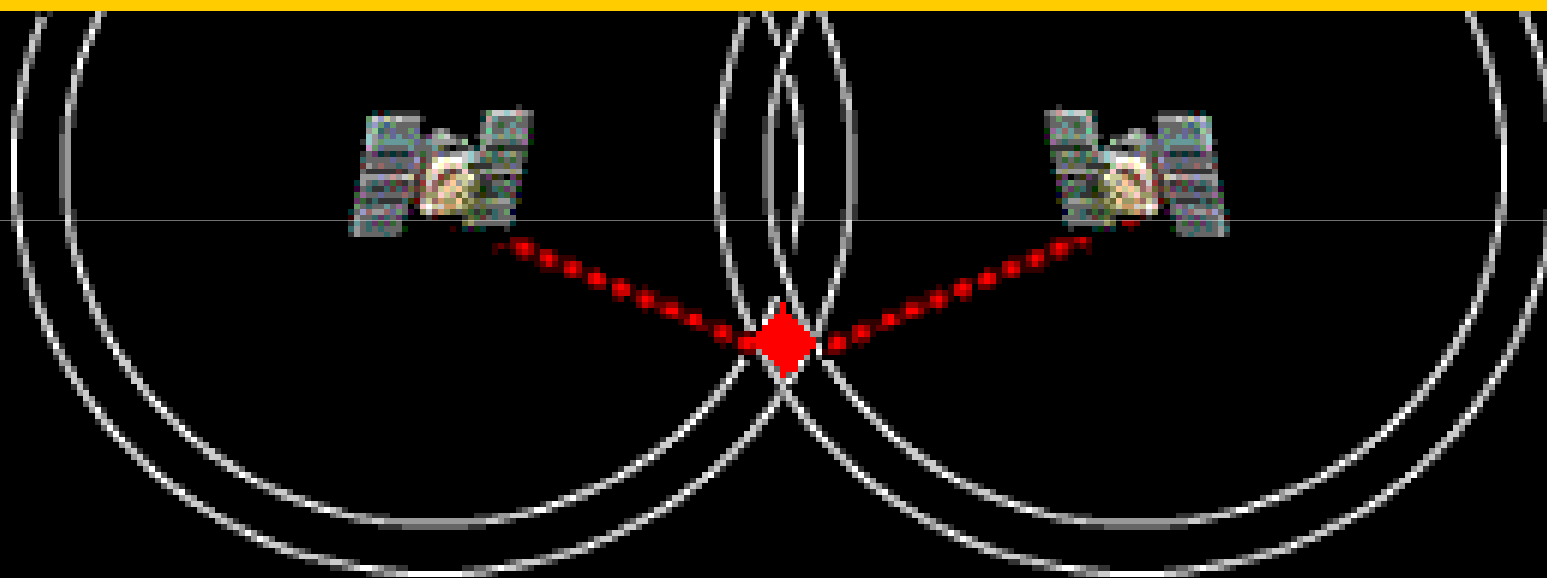
Chyby pri meraní času a polohy

Skutočné dráhy satelitov sa mierne odlišujú od teoretických (ALMANACH)



Chyby pri meraní času a polohy

Údaje o aktuálnej polohe satelitov (**efemeridy**) sa aktualizujú každú hodinu



Rozsah chyby určenia polohy satelitov



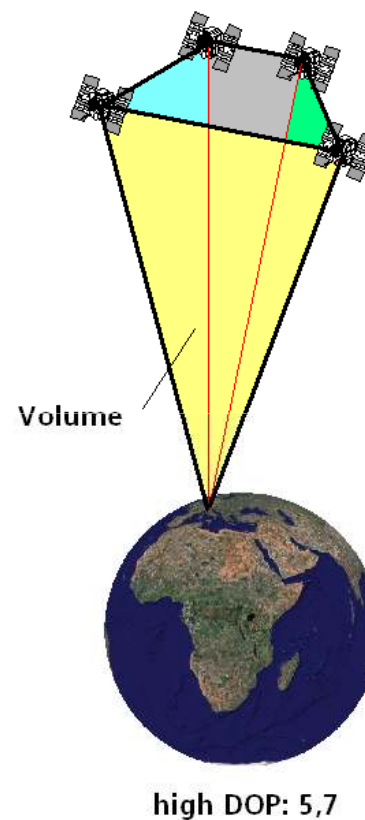
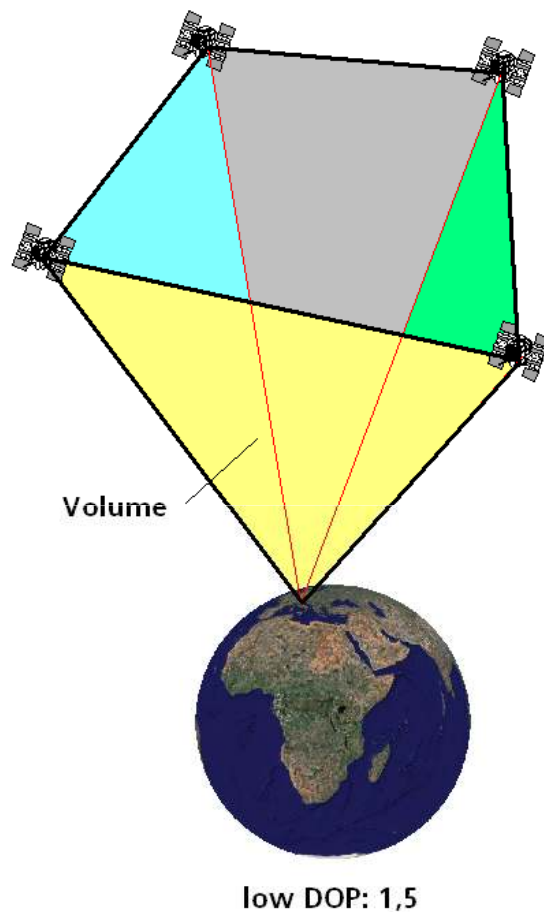
DOP(Dilution of Precision)

Riadenie presnosti

Stanovuje vplyv satelitnej geometrie na:

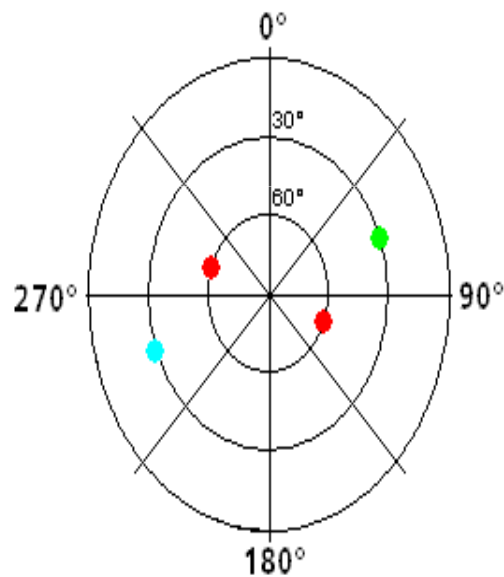
- **GDOP** (Geometric-DOP -pozíciu v 3D priestore a na meranie času
- **PDOP** (Positional-DOP) - pozíciu v 3D priestore
- **HDOP** (Horizontal-DOP) - polohu v mapovej rovine (2D)
- **VDOP** (Vertical-DOP) – určenie výšky
- **TDOP** (Time-DOP) – určenie času

Ilustrácia DOP

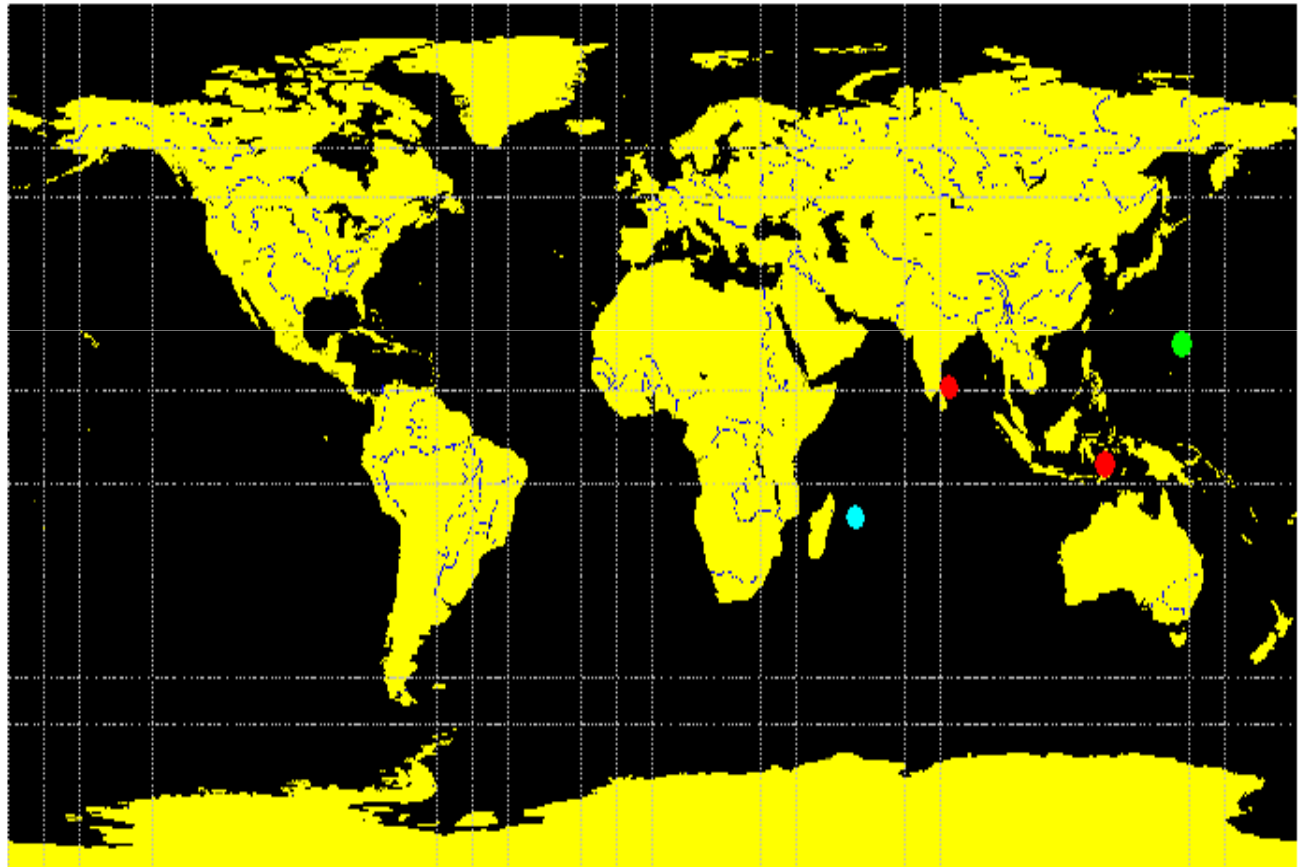


Čím je **väčší objem** štvorstena, tým sa veľkosť hodnoty DOP (a teda nepresnosti) **znižuje**

Hodnoty DOP: nepriaznivá zostava satelitov

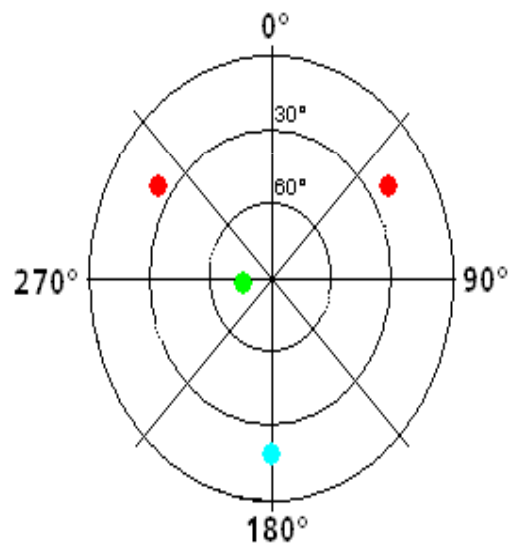


Skyview
(above Singapore)

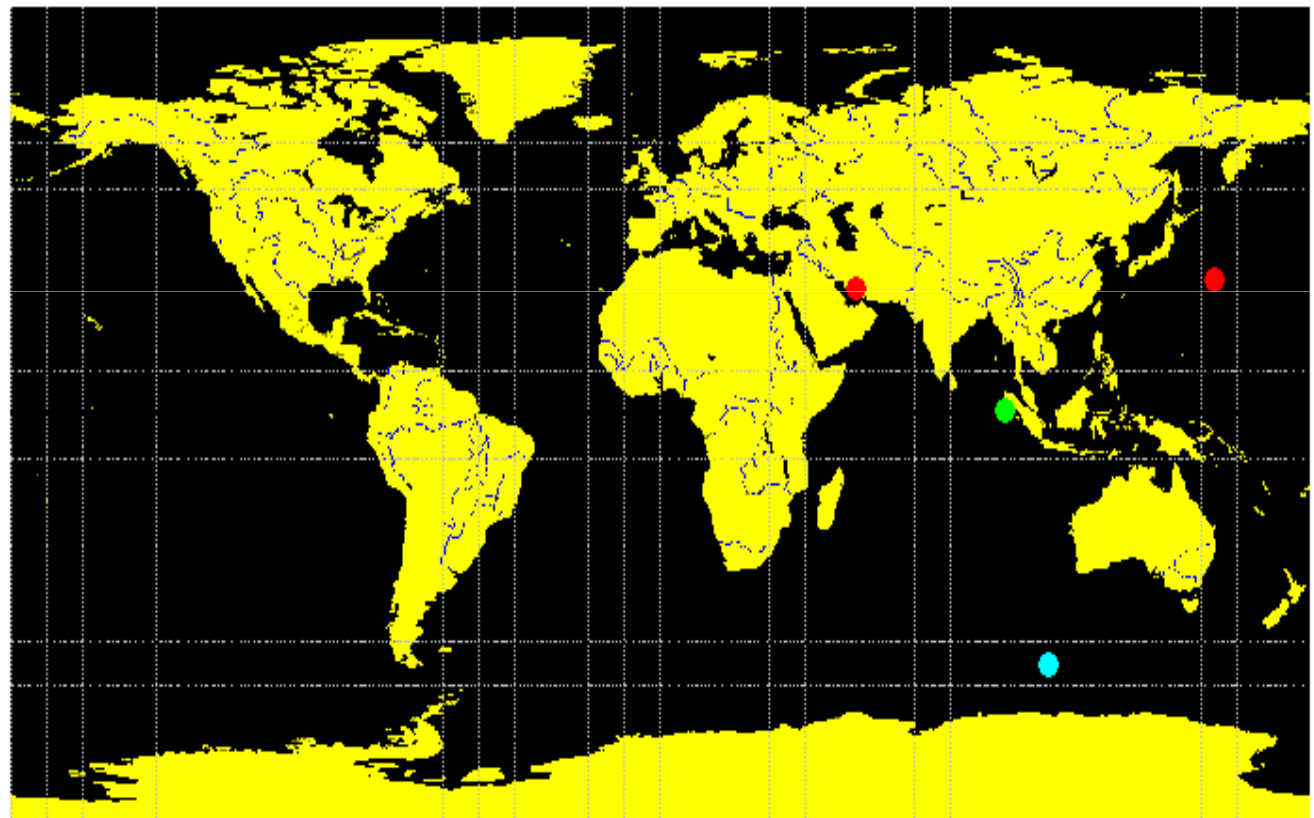


GDOP = 4.1 / PDOP = 3.6 / HDOP = 3.0 / VDOP = 1.1 / TDOP = 2.0

Hodnoty DOP: priaznivá zostava satelitov



Skyview
(above Singapore)



GDOP = 2.5 / PDOP = 2.2 / HDOP = 2.1 / VDOP = 1.1 / TDOP = 1.1

KROK 4: Korekcie chýb GPS

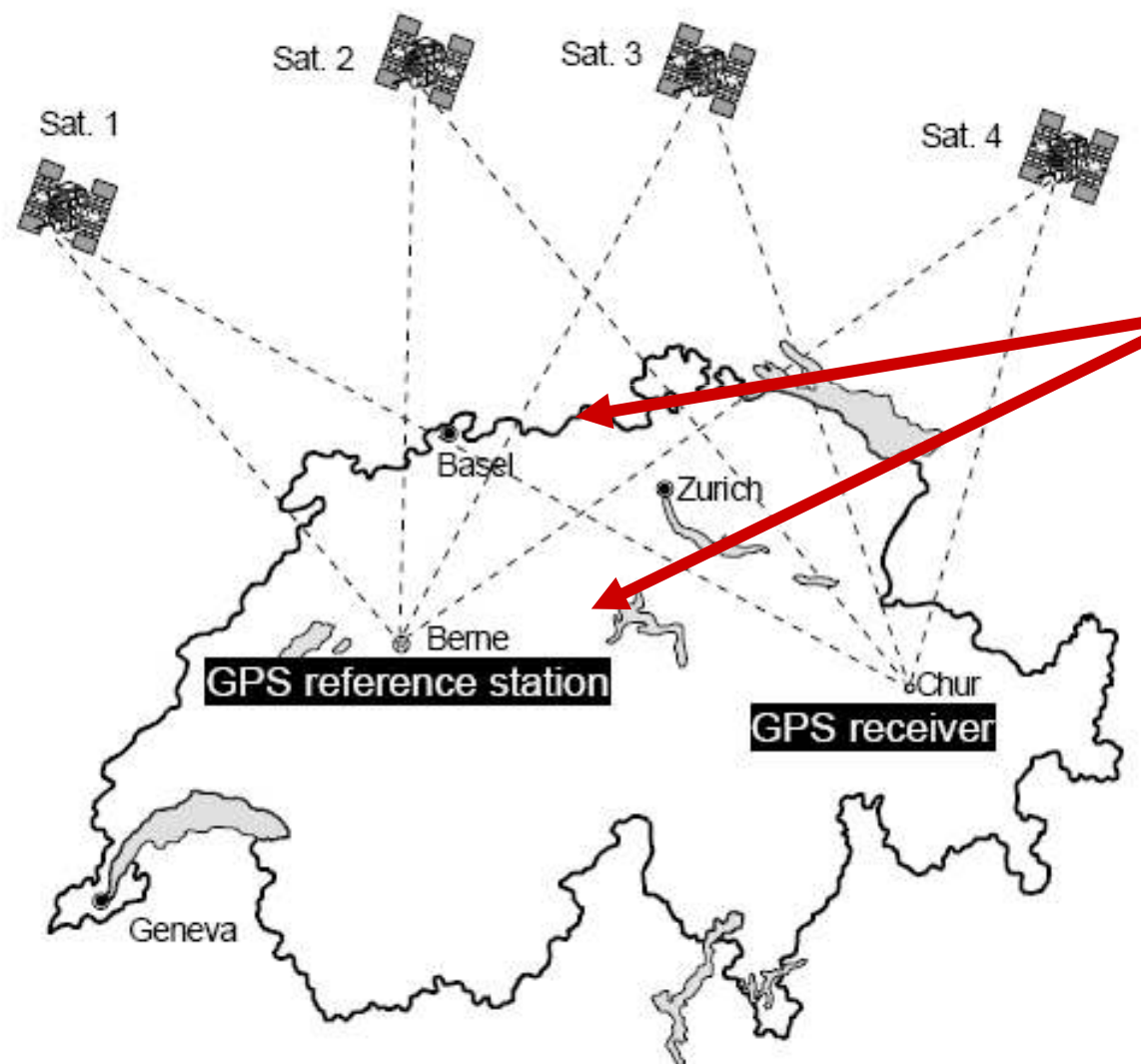
- Zavedenie korektívnych meraní-
Diferenciálne korekcie - DGPS

Zdroj chyby

Chyby bez DGPS

Ephemeris data	1.5m
Satellite clocks	1.5m
Effect of the ionosphere	3.0m
Effect of the troposphere	0.7m
Vplyv budov, stromov...	1.0m
Effect of the receiver	0.5m
Total RMS value	4.0m

Princíp digitálnych korekcií



4 satelity
GPS referenčné stanice

Tri fázy

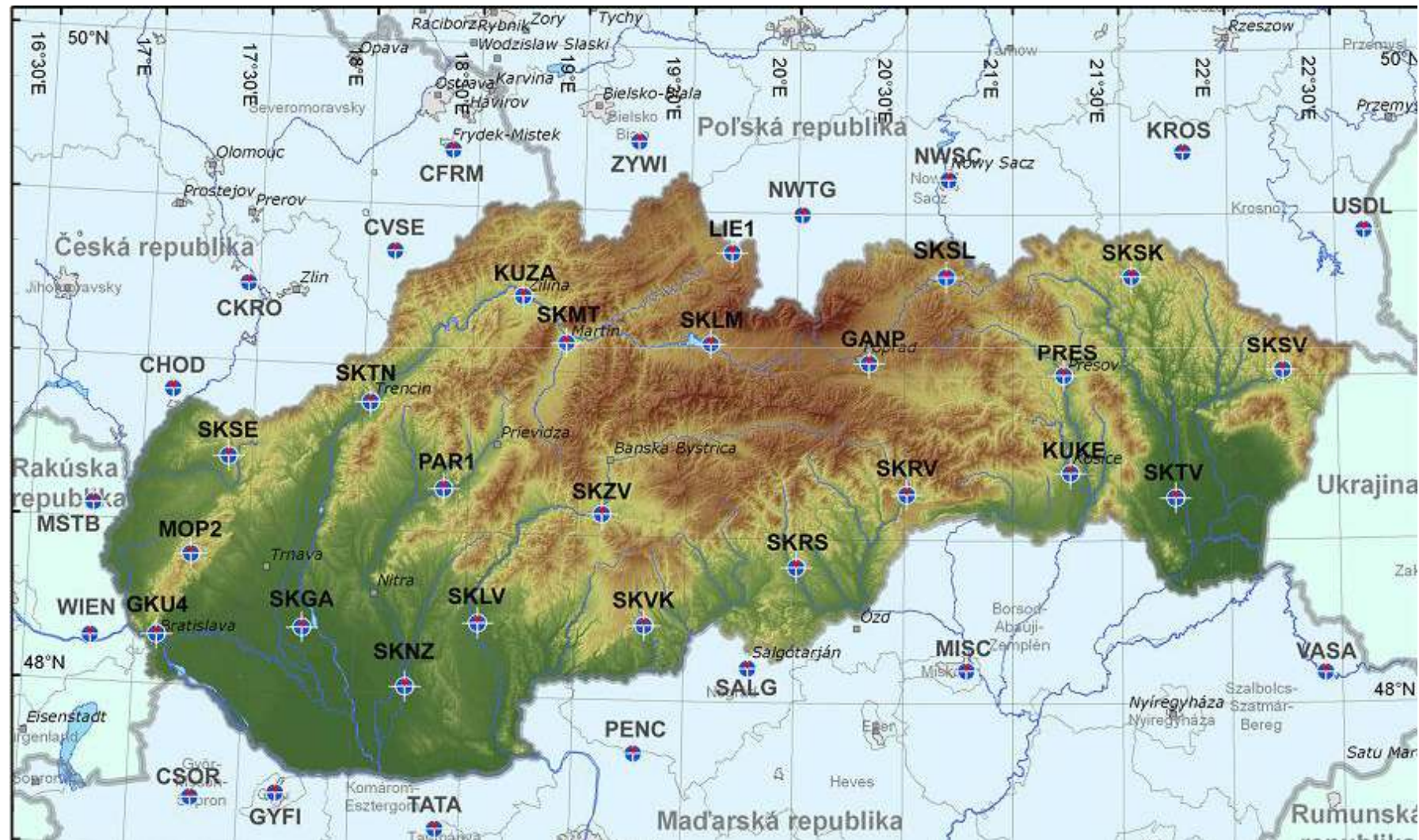
Stanovenie korekcie na
národných
referenčných
staniciach (SKPOS)

Poslanie korekcií
používateľom

Oprava meraní na GPS
prijímačoch užívateľov

SKPOS

Slovenská Priestorová Observačná Služba



23 národných Referenčných staníc

Digitálne korekcie – príklad

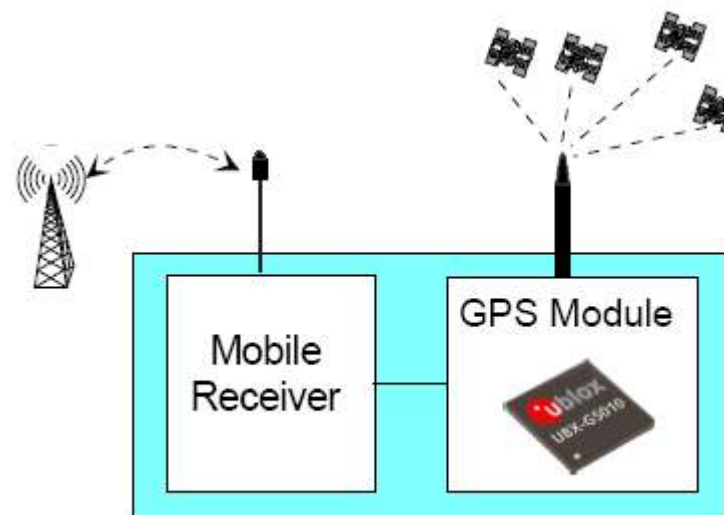
• Zdroj chyby	Bez DGPS	S DGPS
• Ephemeris data	1.5m	0.1m
• Satellite clocks	1.5m	0.1m
• Effect of the ionosphere	3.0m	0.2m
• Effect of the troposphere	0.7m	0.2m
• Multipath reception	1.0m	1.4m
• Effect of the receiver	0.5m	0.5m
• Total RMS value	4.0m	1.2m
• Horizontal error (1-Sigma (68%) HDOP=1.3)	6.0m	1.8m
• Horizontal error (2-Sigma (95%) HDOP=1.3)	12.0m	3.6m

Assistované-GPS (A-GPS, AGPS)

- kombinujú mobilné rádiové funkcie (napr. GSM, UMTS, atď) s navigáciou GPS
- Takáto kombinácia sa často používa pre **Location Based Services (LBS)**

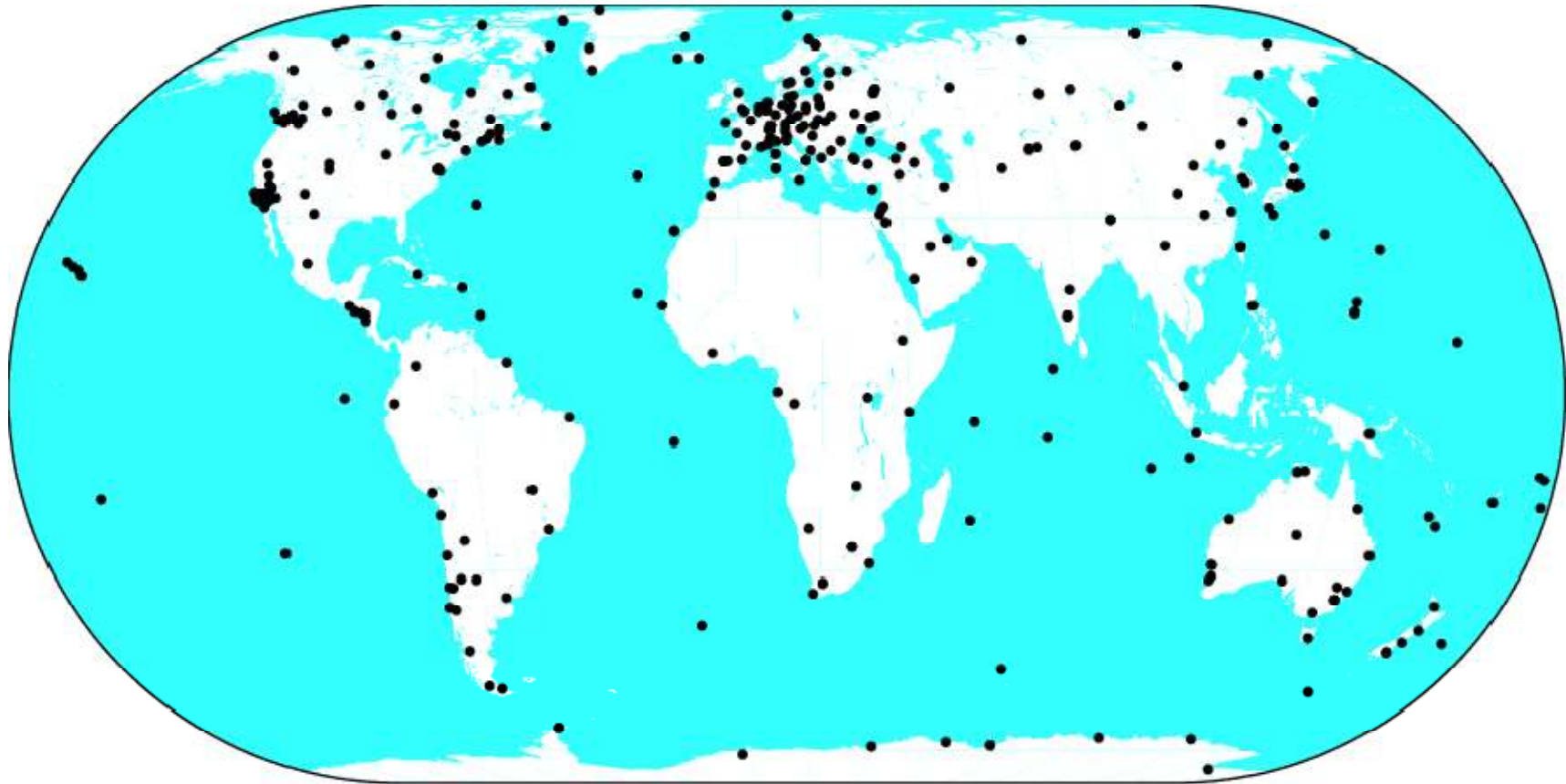


Mobilný prijímač



schéma

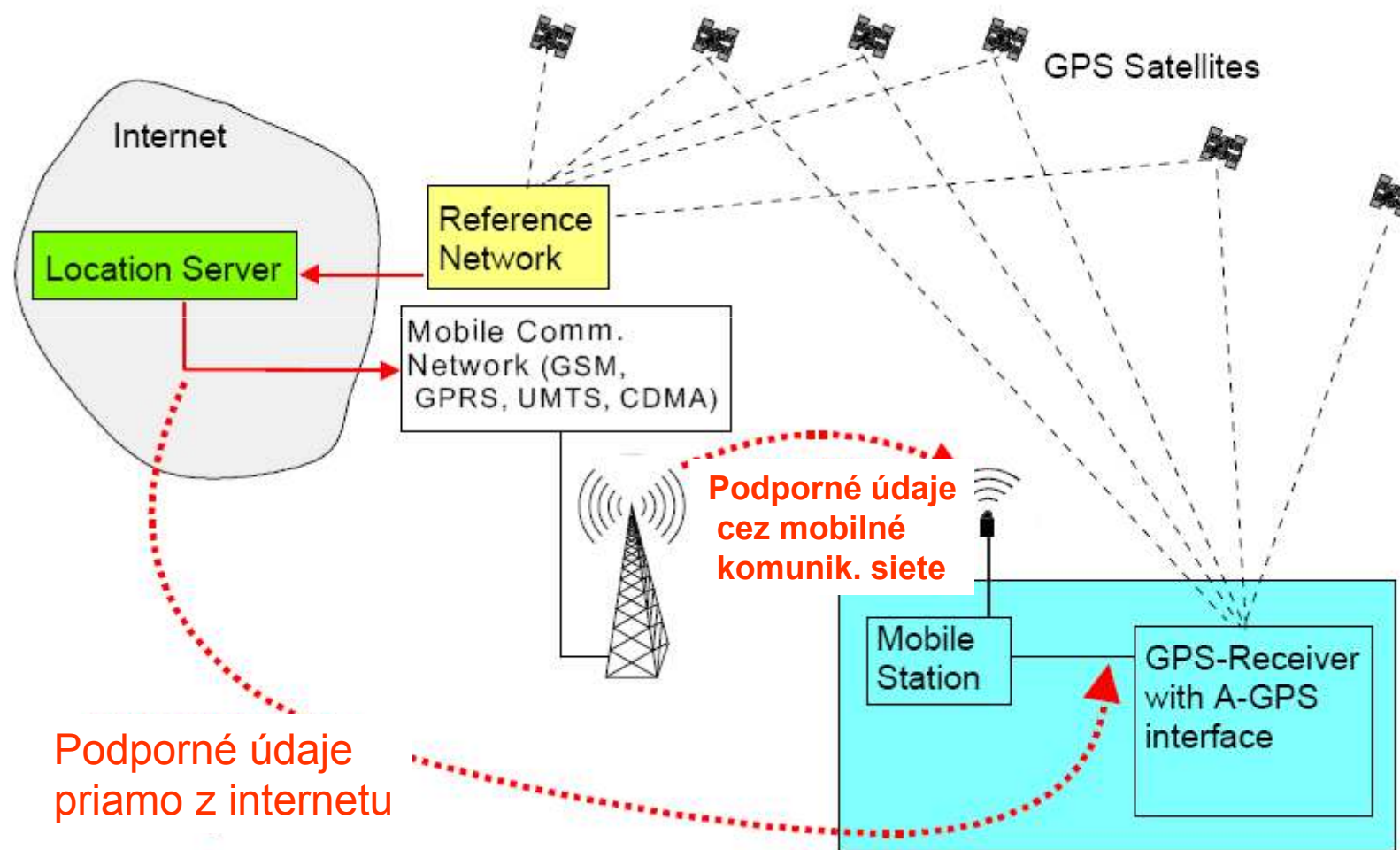
Referenčné siete A-GPS



GMT 2007 Nov 8 23:57:46

340 active stations – systém IGS
IGS, or International GPS-Service77

Ako funguje A-GPS



Udajové formáty a rozhrania

- **NMEA, RTCM** – výmenné štandardy údajov GPS
- NMEA príklad záznamu :
- \$GPGGA,130305.0,4717.115,N,00833.912,E,1,08,0.94,00499,M,047,M,,*58<CR><LF>

NMEA – štruktúra záznamu

Field	Description
\$	Start of the data set
GP	Information originating from a GNSS appliance
GGA	Data set identifier
130305.0	UTC positional time: 13h 03min 05.0sec
4717.115	Latitude: 47° 17.115 min
N	Northerly latitude (N=north, S= south)
00833.912	Latitude: 8° 33.912min
E	Easterly longitude (E= east, W=west)
1	GPS quality details (0= no GPS, 1= GPS, 2=DGPS)
08	Number of satellites used in the calculation
0.94	Horizontal Dilution of Precision (HDOP)
00499	Antenna height data (geoid height)
M	Unit of height (M= meter)
047	Height differential between an ellipsoid and geoid
M	Unit of differential height (M= meter)
„	Age of the DGPS data (in this case no DGPS is used)
0000	Identification of the DGPS reference station
*	Separator for the checksum
58	Checksum for verifying the entire data set
<CR><LF>	End of the data set

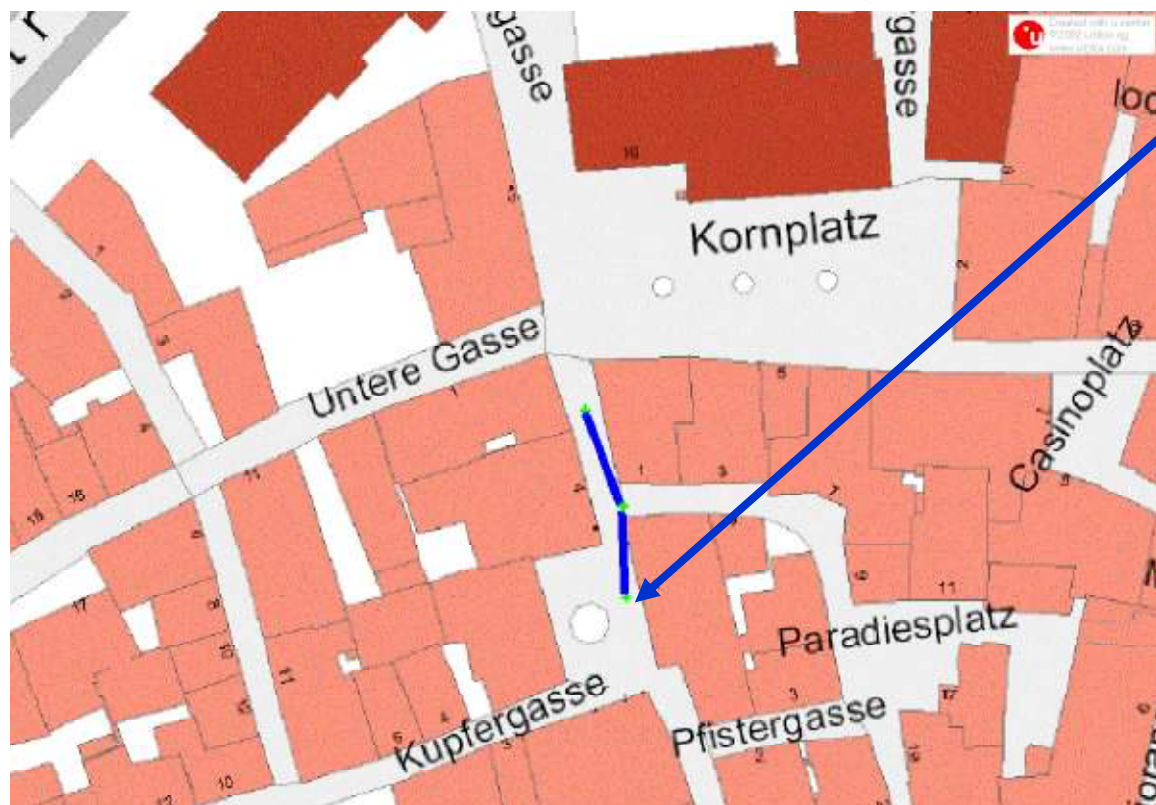
Konverzia NMEA - KML

Google Earth
Keyhole Markup Language



```
$GPGGA,064041.000,4650.9180,N,00931.8641,E,1,05,2.7,614.7,M,48.0,M,,0000*54  
$GPGGA,064046.000,4650.9246,N,00931.8641,E,1,05,2.7,617.8,M,48.0,M,,0000*56  
$GPGGA,064051.000,4650.9317,N,00931.8604,E,1,05,2.7,613.8,M,48.0,M,,0000*50
```

Na čo je to dobré



**Sledujeme trasu
pomocou GPS**

**Dostaneme NMEA
súbor na mobile**

**Konvertujeme do
KML**

**Zobrazíme v
Google Earth**

Zobrazenie v Google Earth



Ďalej aj projekt <http://www.openstreetmap.org/>

GPS /GNSS aplikácie - LBS

- LBS Určovanie polohy pomocou identifikácie aktívnych buniek v bunky-telefónnej sieti (Cell-ID).
- Určovanie polohy v čase, na základe oneskorenia GSM-signálov TA (určenie vzdialenosti mobilu od základnej stanice.
- Satelitné určovanie polohy na Zemi

GPS /GNSS aplikácie

– priemysel, komercia

- Navigácia
- Sledovanie pohybu (fleet management)
- Železnice
- Kladenie inžinierskych sietí
- Presun nákladov
- ...

Komunikačné technológie

- Synchronizácia času na prenos správ
- Synchronizácia frekvencií rádiových sietí

Pol'nohospodárstvo a lesníctvo

- Optimalizácia dopravných nákladov
- Inventarizácia územných celkov
- Sledovanie zmien v území

Meranie času, veda a výskum

- Modelovanie krajinných zmien
- Modelovanie rozhodovacieho procesu
- Modelovanie priestorových vzťahov
- Krízové riadenie
- Časovanie bankových aktivít
- Presné časovanie priebehu procesov

Aplikácia GNSS : všeobecne

Stanovenie základnej polohy

Navigácia – ako sa dostať z jedného miesta na iné

Monitorovanie - monitoring pohybu osôb a vecí

Mapovanie - vytváranie mapy sveta

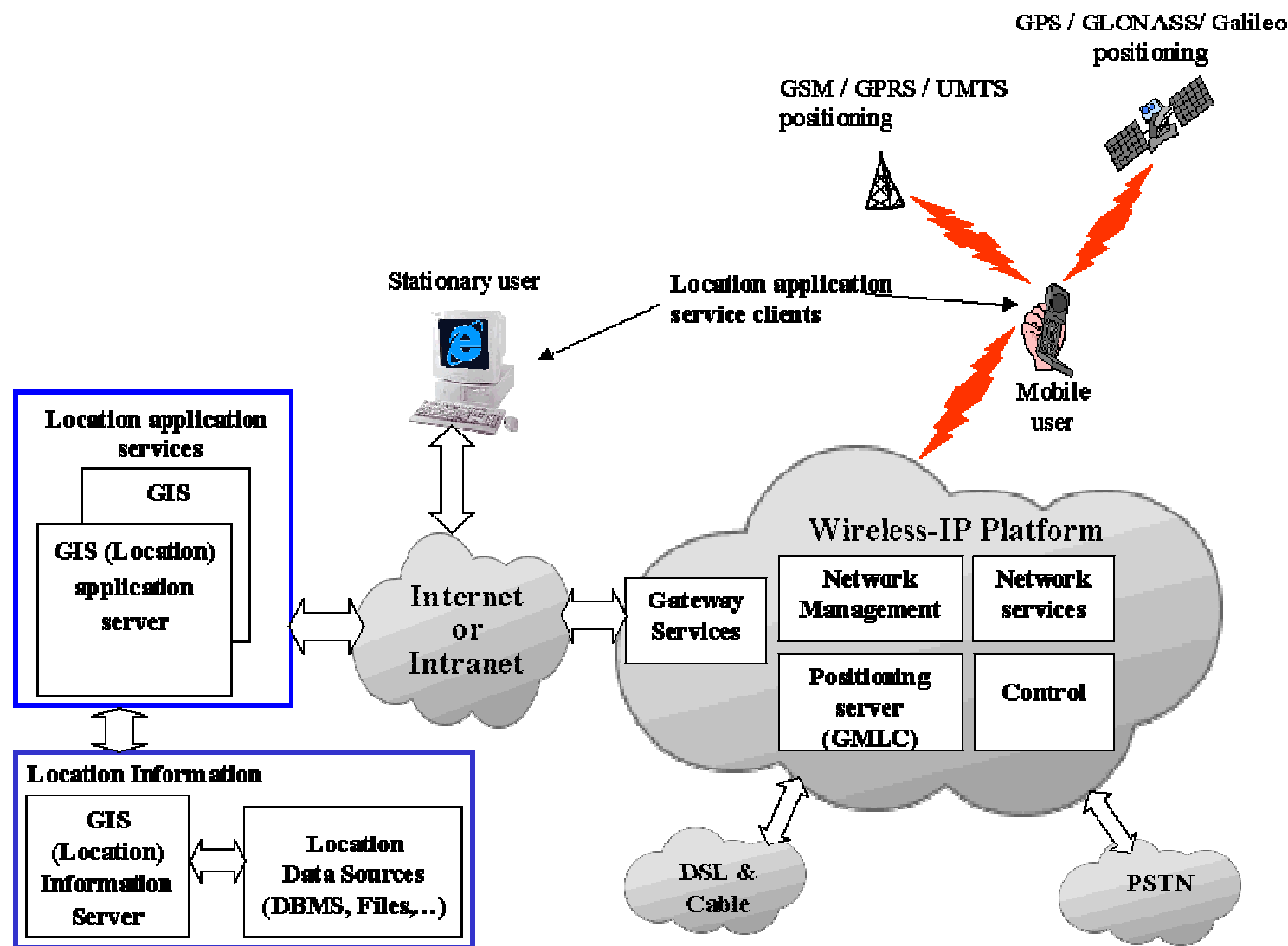
Časovanie - prináša najpresnejšie načasovanie na svete

Porovnanie GNSS systémov



	GPS	GLONASS	GALILEO
Start of development	1973	1972	2001
1 st Satellite Launch	Feb. 22, 1978	October 12, 1982	December 28, 2005
Number Satellites	Minimum: 24 / Maximum: 32	Currently: 14 Planned: 24 + 3 passive reserves	Currently: Test Satellite Planned: 27 + 3 active reserves
Orbitals	6	3	3
Inclination	55°	64.8°	56°
Altitude	20,180 km	19,100 km	23,222 km
Orbital Period	11 hours 58 min	11 hours 15.8 min	14 hours 5 min
Geodetic Data	World Geodetic System 1984 (WGS 84)	Parametry Zemli 1990 (PZ-90)	Galileo Terrestrial Reference Frame (GTRF)
Time System ⁵¹	GPS-Time	Glomass-Time	GST (GALILEO System Time)
Signal Characteristic	CDMA ⁵²	FDMA ⁵³	CDMA ⁵²
Frequencies	2 frequencies, with a 3 rd frequency planned	24	3
Encryption	Military Signal	Military Signal	CS and PRS services
Services	2 (civilian + military) / 4	2 (civilian + military)	5
Responsibility	US Department of Defense	Russian Defense Ministry	Civilian Governments of the EU
Integrity Signal	Currently none but planned	none	Planned

Architektúra GIS a GPS



Informačné zdroje k téme

<http://www.trimble.com/gps/index.shtml>

