



GLOBÁLNE NAVIGAČNÉ SATELITNÉ SYSTÉMY (GNSS)

PREDNÁŠKA 3

GNSS

NAVSTAR GPS

ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



ČAS *GPS*

systemový čas GPS



- **Čas GPS (systémový čas GPS)** ako štvrtý rozmer časopriestoru má spolu s frekvenciou dôležitú úlohu vo všetkých satelitoch a prístrojoch (prijímačoch) GPS.
- **Čas GPS má dvojakú úlohu:**
 1. *umožňuje získať presné veľmi dlhé vzdialenosti*
 2. *dáva do vzájomného vzťahu súradnicový systém satelitov a polohu bodov na Zemi*



Prvé atómové hodiny z roku 1955.

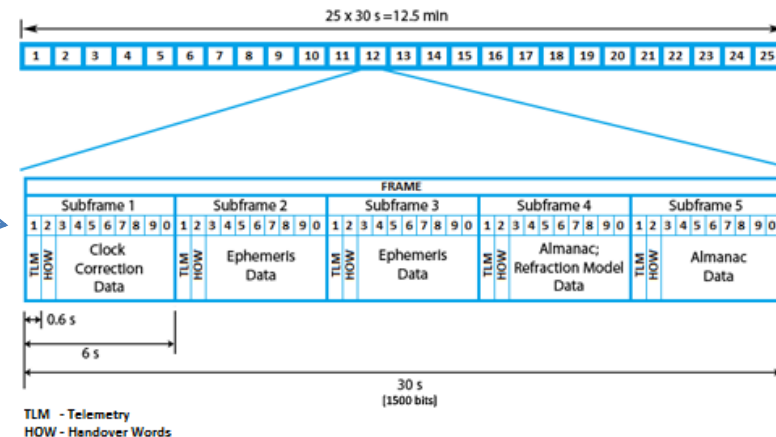
➤ **Systémový čas GPS** počíta čas týždňa a v týždni pomocou atómových sekúnd

- Atómová sekunda je kratšia ako sekunda odvodená od rotácie Zeme
- Jeden týždeň má teda **604 800 atómových sekúnd**
- Počiatok systémového času GPS bol položený do okamihu **0:00 hod. UTC dňa 6.1.1980**.
- Jeho vzťah k medzinárodnému atómovému času je **19 sekúnd** a k UTC platí od **1.1.1996 11 sekúnd**



Atómové hodiny

- **Systémový čas GPS – TGPS (Time GPS)** pozostáva z dvoch hodnôt:
 - *poradového čísla GPS týždňa*,
 - *počtu sekúnd v rámci GPS týždňa*
- **TPGS** sa riadi hlavnými kontrolnými hodinami (*Master Control Clock*)
- **TPGS** sa uvádza v **týždňoch** (*Time of Week*) a **sekundách**
- Je synchronizovaný s časom **UTC** s presnosťou na **jednu mikrosekundu**.
- Rozdiel je len v tom, že **TPGS** nemá zabudovaný mechanizmus prestupných sekúnd, a preto sa postupne oneskoruje za časom UTC. **Navigačná správa** každého satelitu obsahuje údaje, ktoré umožňujú prepočítať TGP na čas UTC a eliminovať tak toto oneskorenie.



A banner image at the top of the slide. On the left, a satellite is shown in orbit. On the right, a portion of the Earth is visible from space. The text 'GNSS' is written in large, bold, cyan letters on the left side of the banner.

GNSS

NAVSTAR GPS

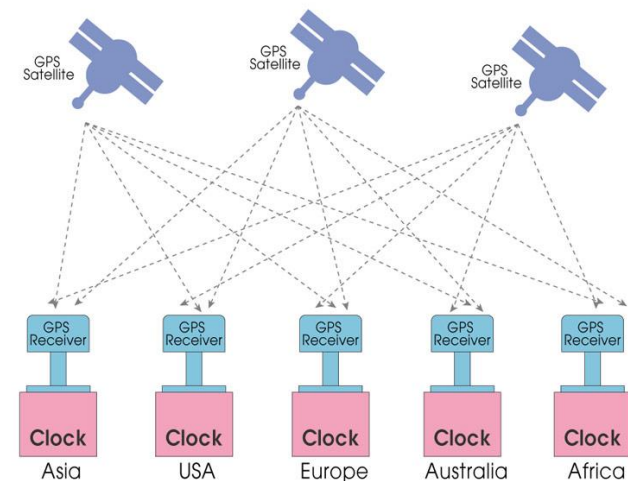
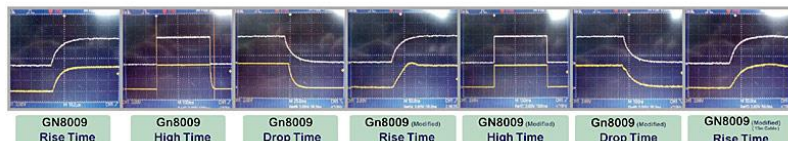
ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



TGPS (Time GPS)

<http://www.leapsecond.com/java/gpsclock.htm>

- „Satelitný (družicový)“ čas si udržiava každý satelit samostatne
- Každá družica vybavená až **4 atómovými hodinami** (2Cs + 2 Rb)
- Časy jednotlivých satelitov sú sledované **pozemnými monitorovacími stanicami** (**Master Control Clock**) a v prípade potreby koordinované tak, aby sa udržal rozdiel oproti **TGPS** pod **jednu milisekundu**
- Navigačná správa každého satelitu obsahuje údaje nevyhnutné pre korekciu posunu medzi **satelitným časom** a **TGPS**, t.j. eliminácia oneskorenia



GNSS

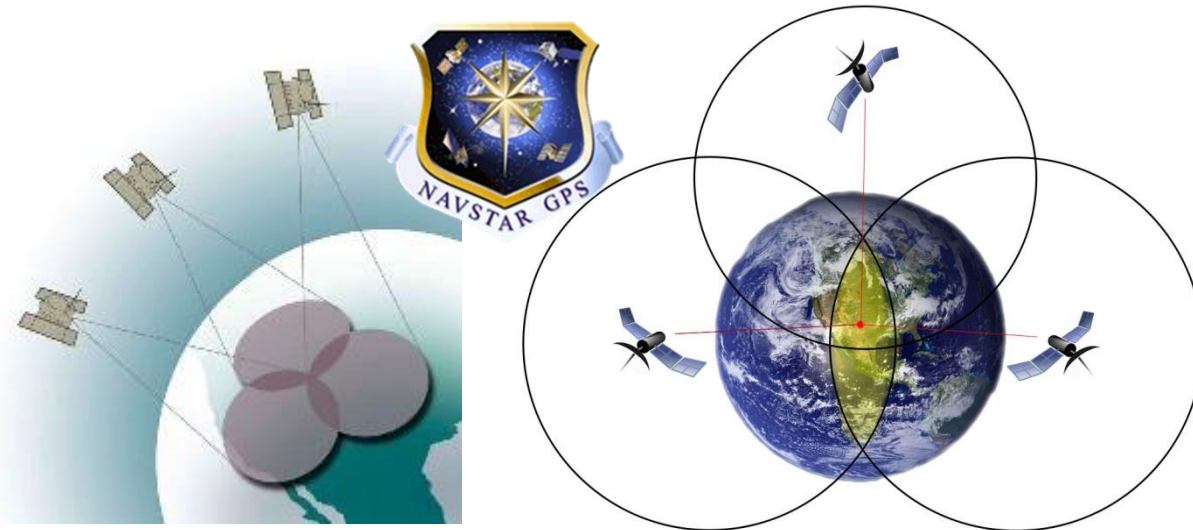
NAVSTAR GPS

ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



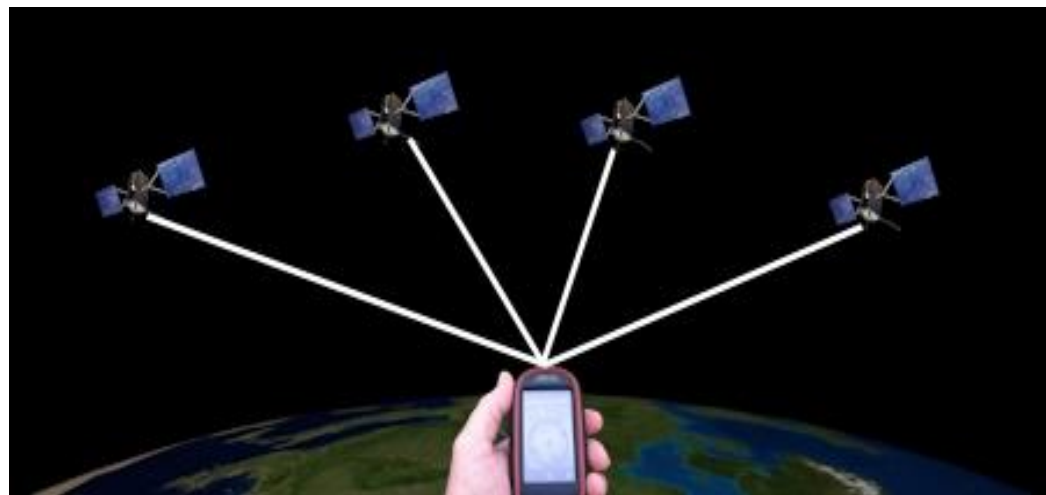
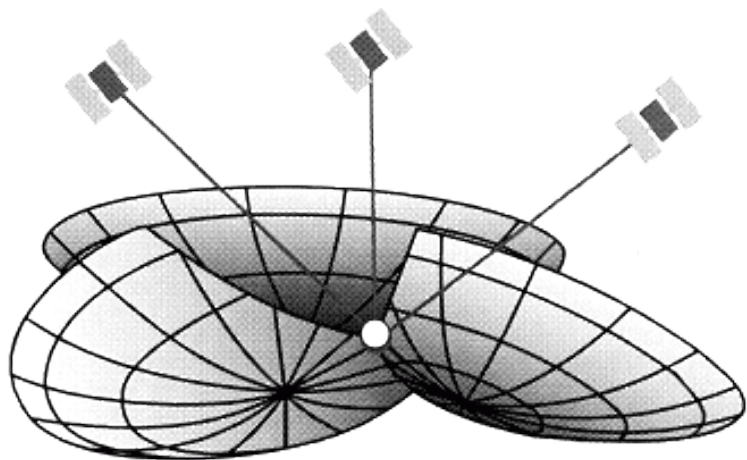
PRINCÍP ČINNOSTI GPS

Princíp merania GPS



➤ Ako GPS pracuje?

- V GPS prijímači - určovanie **polohy meraného bodu** z priesečníka guľových **plôch**, ktorých **polomer** je daný meranými vzdialenosťami: **satelit-prijímač**
- Meranou veličinou je **dobu šírenia rádiového signálu** - nameraný čas sa prepočítava na **vzdialenosť - dĺžkomerný systém**
- Každý satelit v **navigačnej správe** vysiela i parametre svojej dráhy - **efemeridy**, z ktorých sa dá vypočítať poloha, t.j. **3D súradnice (x, y, z) družice**
- Rýchlosť šírenia signálu je rovná **rýchlosti svetla** $c = 299\,792\,458\text{ m/s}$



- Z **časového rozdielu** medzi časom vyslania rádiového signálu (vlny) z družice a časom jeho príjmu v prijímači GPS sa dá vypočítať tzv. **pseudovzdialenosť** (satelit-prijímač).
- Pojem **pseudovzdialenosť** sa používa z toho dôvodu, že určovaná vzdialenosť satelit-prijímač GPS je zaťažená istými chybami hodín na satelite a v prijímači GPS, resp. z „nesprávneho“ chodu hodín.

- **Pseudovzdialenosť** D (satelit–prijímač) sa určí zo vzťahu:

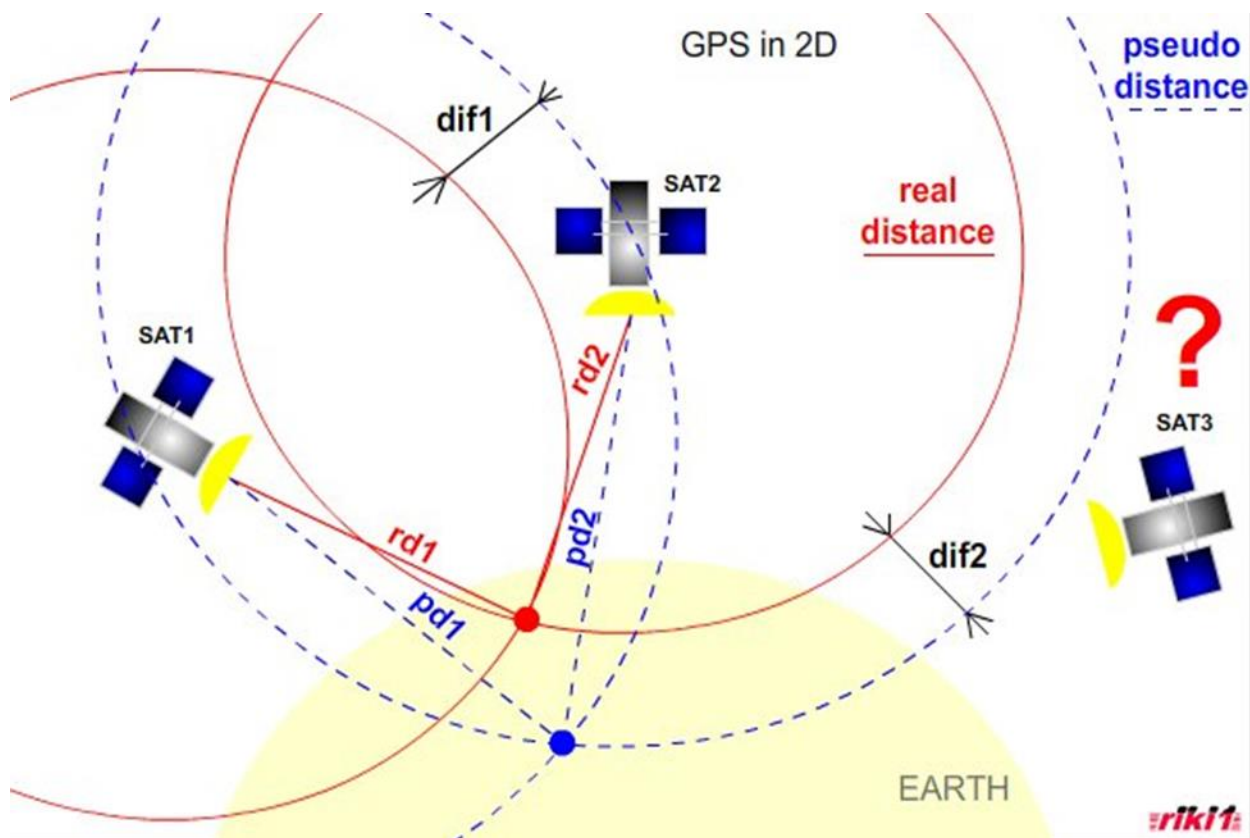
$$D = c(t_p - t_s) + c(dt_p - dt_s) = cdt$$

- c - rýchlosť svetla
- t_p - čas príjmu podľa hodín v prijímači GPS
- t_s - čas vysielania podľa palubných hodín na satelite
- dt_p, dt_s - opravy pozemných a palubných hodín (t.j. hodín na satelite a hodín v prijímači GPS) na spoločný etalónový čas

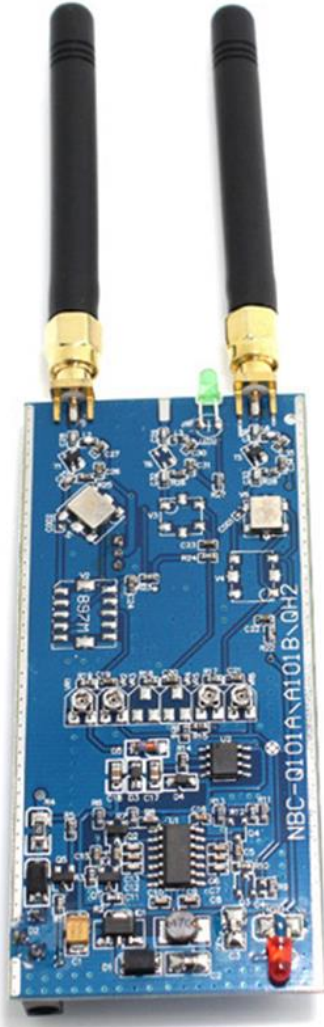
GNSS

NAVSTAR GPS

ŠTRUKTÚRA, PRINCÍP ČINNOSTI, ZÁSADY a OSOBITOSTI



Názorný príklad. Skutočná vzdialenosť a pseudovzdialenosť medzi satelitom a prijímačom GPS.



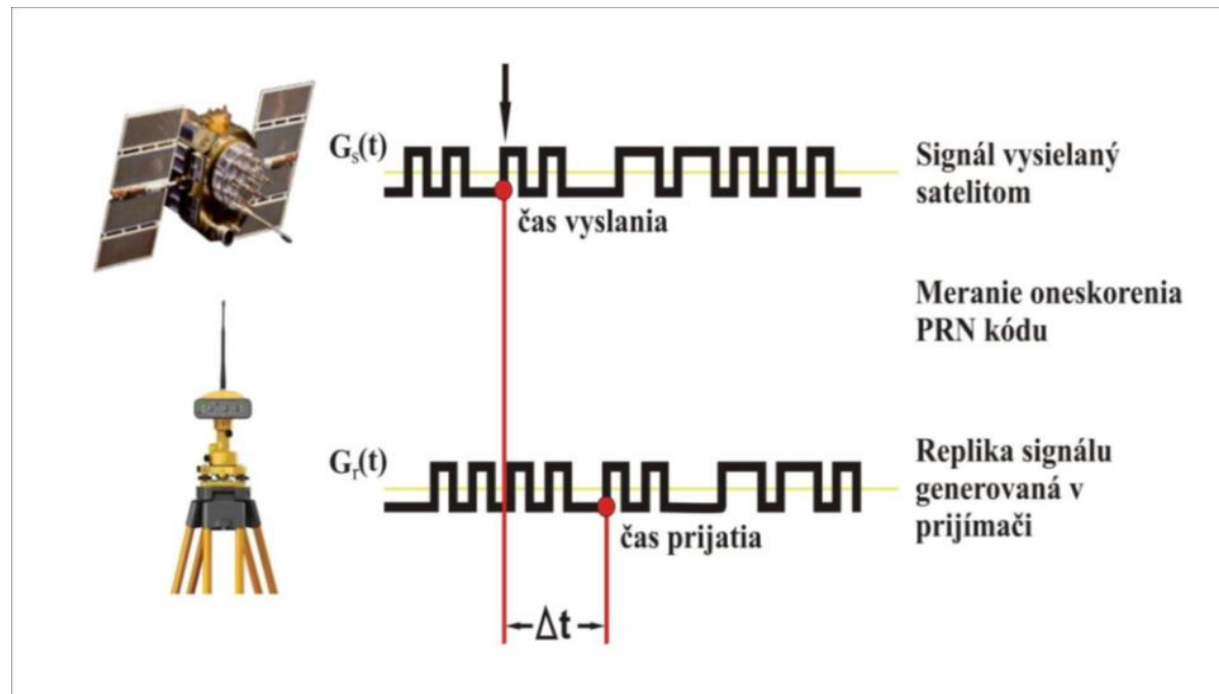
➤ **Základné princípy merania pseudovzdialenosti**

- Každý prijímač GPS obsahuje **vlastný generátor**, ktorý umožňuje generovať pre špecifický satelit odpovedajúci kód *C/A PRN-kód* rovnakou rýchlosťou
- Prijímač najprv musí pre neznámy satelit nájsť odpovedajúci *PRN-kód* a potom musí postupným posúvaním prijímačom generovanej sekvencie dosiahnuť úplnú zhodu obidvoch signálov
- To znamená, že v prijímači GPS sa **generuje elektromagnetické vlnenie**, ktoré je referenčné elektromagnetickému vlneniu vysielaného z príslušného satelitu (t.j. obe rádiové vlnenia majú rovnakú charakteristiku).

Professional GPS Signal Generator Test Module w/ Antennas.

1. Kódové meranie pseudovzdialenosti (tiež časové meranie)

- Oscilátor prijímača generuje referenčnú nosnú vlnu, ktorá je následne modulovaná replikou známeho *PRN*- kódu. Tento referenčný signál sa potom porovnáva v prijímači so signálom prijatým zo satelitu
- Keďže oba signály majú zhodný **PRN-kód** (*Pseudo Random Noise*), ich korelácia umožní nájsť ich vzájomný časový posun.
- V prijímači sa vytvorí replika referenčného signálu, ktorá sa posúva po bitoch a porovnáva sa s prijatým kódom



1. Kódové meranie pseudovzdialenosti (tiež časové meranie)

- Ide o základný princíp merania pseudovzdialeností z hľadiska primárnej koncepcie systému GPS, ktorý dovoľuje prácu v reálnom čase
- Na určenie polohy stačí samostatné meranie jedným prijímačom
- Výsledná presnosť závisí od toho, či ide o štandardnú polohovú službu (*Standard Positioning Service*) využívajúcu **C/A-kód**, ktorá zabezpečuje s 95 % pravdepodobnosťou polohovú presnosť **10 m**, alebo o presnú polohovú službu (*Precise Positioning Service*) s **P-kódom**, ktorá zabezpečuje s 95 % pravdepodobnosťou polohovú presnosť **1 m**.
- Merania kódov družíc GPS sa využívajú na **absolútne určovania polohy** a sú základom pre **navigačné aplikácie** systému. Prijímače GPS s nižšou presnosťou → navigačné GPS.



2. Fázové meranie pseudovzdialenosti

- V prijímači GPS nastáva **porovnanie fázy prijatého referenčného signálu** (emg. vlnenia) zo satelitu s **generovaným signálom** (emg. vlnenie) v prijímači GPS.
- Fázy oboch vlnení sa porovnávajú pre zistenie **fázového posuny $\Delta\varphi$** .
- Je možné určenie počtu celých vln (integer ambiguity) na dráhe satelit-prijímač
- Pre veľmi presné GPS merania (geodetické prijímače GPS) na **GPS lokalizáciu**, t.j. pre veľmi presné určenie 3D polohy (s presnosťou niekoľkých centimetrov až milimetrov; **2-3 cm až 5 mm**).

Dráha satelitu a zmena vzdialenosti (fázové meranie pseudovzdialenosti).

