



GLOBÁLNE NAVIGAČNÉ SATELITNÉ SYSTÉMY (GNSS)

PREDNÁŠKA 4

GNSS



GNSS metódy určenia polohy

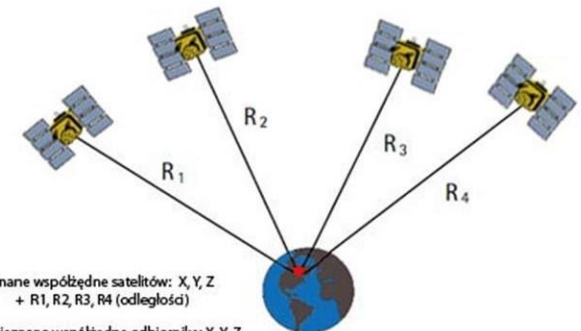


➤ Metódy absolútneho určenia polohy:

Pri absolútnom určovaní polohy (lokalizácie aj navigácie) z GNSS meraní sa nerozlišujú žiadne metódy, pretože metodika merania je rovnaká

Opakovanie:

- Jedná sa o absolútne určovanie polohy pomocou kódových meraní .
- 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.

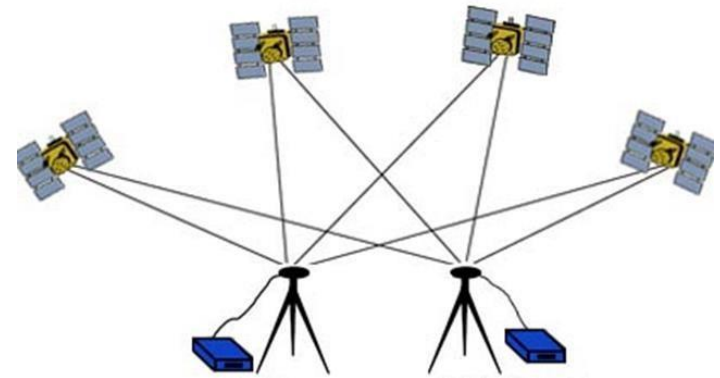


Znane współędne satelitów: X, Y, Z
+ R1, R2, R3, R4 (odległości)

Nieznanne współędne odbiornika: X, Y, Z
+ błąd zegara

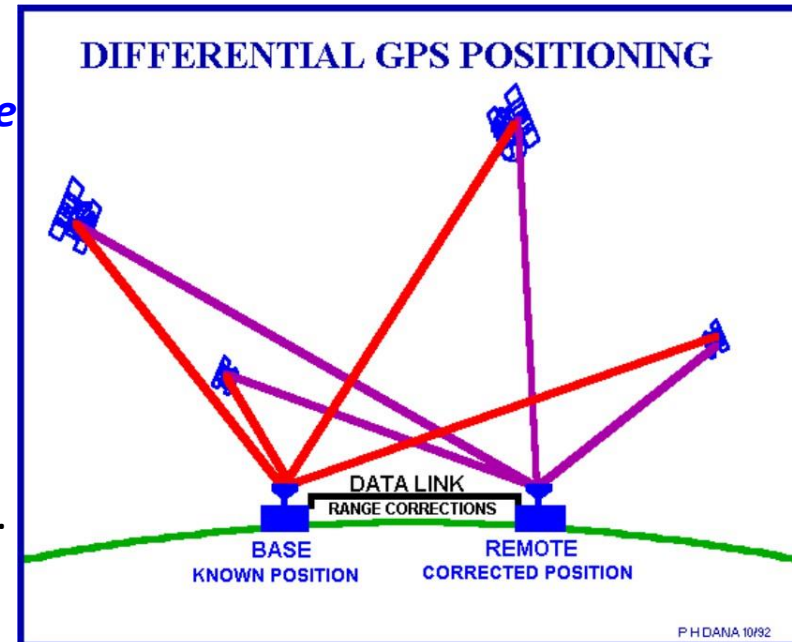
➤ Metódy relatívneho určenia polohy:

- **Metóda DGPS**
- **Statická metóda**
- Rýchla statická metóda
- **Kinematická metóda**
- Pseudokinematická metóda
- Stop & Go metóda
- Kontinuálna kinematika
- **RTK metóda (Real-Time Kinematic)**
- OTF metóda (On-The-Fly)



➤ METÓDA DGPS relatívneho určenia polohy

- Na získanie radovo metrovej či decimetrovej presnosti musí užívateľ zaviesť **diferenciálne korekcie** za pomoci referenčnej stanice GNSS a tak realizovať **metódu DGPS**.
- **Diferenciálne korekcie** sú generované prijímačom GNSS, ktorý je fixne inštalovaný na bode, ktorého poloha je známa. Takýto prijímač sa nazýva základný, hlavný alebo tzv. **referenčný (Base station)**.
- Užívateľ (softvér) potom využije pre určenie svojej polohy údaje o polohe satelitov a polohe referenčnej GNSS stanice.
- Tieto korekcie môžu byť aplikované na akýkoľvek iný prijímač (**druhý, vzdialený, podriadený alebo pohyblivý prijímač – Remote station/Rover**) v rámci určitej oblasti, ktorým meriame neznáme body.



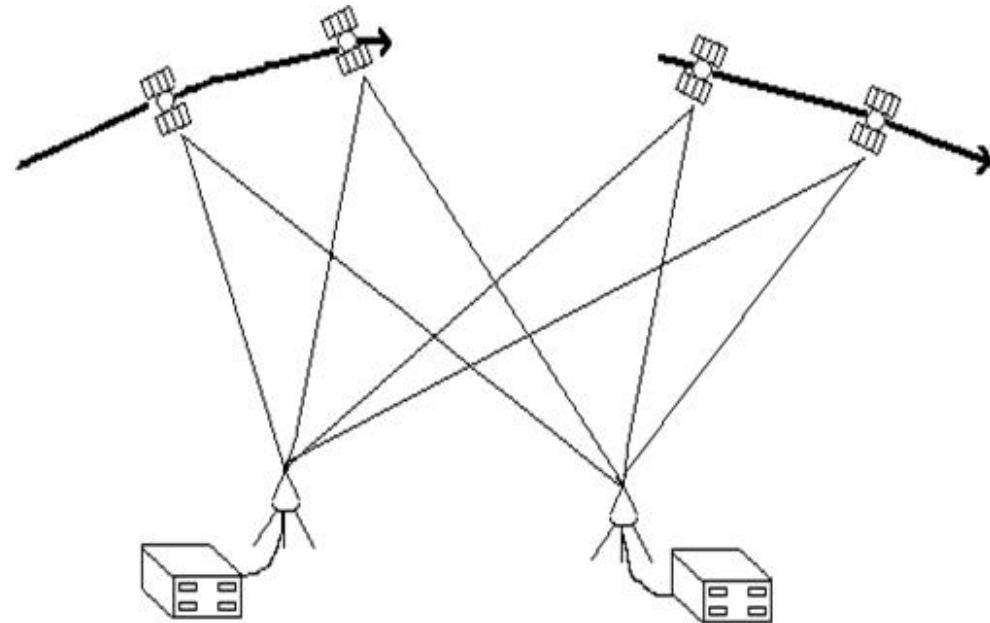
➤ **METÓDA DGPS** relatívneho určenia polohy

➤ **Použitie DGPS:**

- Ak chcete použiť DGPS musíte vlastniť dva prijímače - **bázu a rover**
- **Diferenciálne korekcie** sa zbierajú a ukladajú v referenčnom prijímači a aplikujú sa až po nameraní údajov v teréne do **následného spracovania** - tzv. **post-processing**.

➤ **STATICKÁ METÓDA** relatívneho určenia polohy

- najviac využívaná pri **veľmi presných meraniach**
- jeden prijímač GNSS je umiestnený na **referenčnom bode (známom)** a druhý (resp. ostatné) prijímače GNSS na **pozorovaných (určovaných) bodoch**.
Prípadne sa používa iba jeden prijímač GNSS na **určovanom bode**.



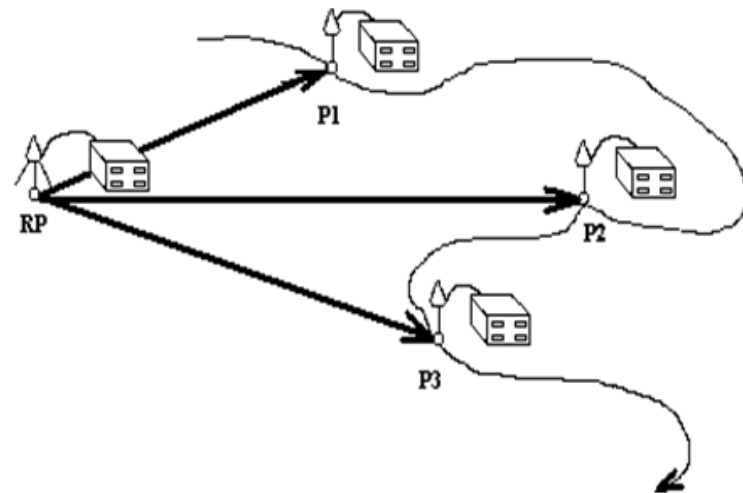
➤ **STATICKÁ METÓDA** relatívneho určenia polohy

- prijímanie signálu aspoň zo **štyroch satelitov**.
- doba merania (observácie) na jednom bode min. **45 až 60 min.** často až niekoľko hodín (12 alebo aj 24 hod.)
- Základnou podmienkou vykonania GNSS pozorovaní je, aby vo výške vyše **15° až 20°** nad horizontom neboli žiadne prekážky, ktoré by bránili príjmu priamočiara sa šíriacemu satelitného signálu.
- Údaje sa nevyhodnocujú v reálnom čase, ale sú **spracované neskôr** v špecializovanom softvéri (*postprocessing*)



➤ KINEMATICKÁ METÓDA relatívneho určenia polohy

- **Kinematická metóda GNSS** určuje priestorový vektor od známeho bodu k určovaným s presnosťou takmer rovnakou ako pri statickej metóde pri dobe merania na jednom bode cca **2 min.**
- Jeden prijímač GNSS je na referenčnom bode so známymi súradnicami. Druhý, resp. ďalšie prijímače GNSS sledujú aspoň **štyri satelity**.
- Z dôvodu možného výpadku jedného satelitu zatienením antény (*cycle slip*) odporúča sa sledovať vždy aspoň **päť satelitov**.



➤ **KINEMATICKÁ METÓDA** relatívneho určenia polohy

- Nevýhodou kinematickej metódy je nutnosť **neustáleho kontaktu satelit-prijímač** (i počas presunu medzi jednotlivými určovanými bodmi)
- spracovanie dát buď v reálnom čase alebo postprocessing

➤ **RTK METÓDA** relatívneho určenia polohy

- **RTK metóda GNSS (*Real Time Kinematic Method*)**, tiež **GNSS-RTK metóda**, je v podstate kinematická metóda určovania polohy v reálnom čase.
- To znamená, že prijímač GNSS na určovanom bode **musí byť** nejakým komunikačným kanálom „***priamo napojený***“ na referenčnú stanicu, **alebo** **musíme využívať** služby **SKPOS®**.
- Princíp je podobný predošlým metódam, avšak táto metóda spadá svojím princípom do kinematickej, kedy ide o neprerušovaný kontakt (medzi prijímačmi GNSS) počas transportu (presunu medzi určovanými bodmi).
- Jeden prijímač GNSS je na referenčnom bode (resp. využívame služby **SKPOS®**), druhý sa pohybuje po určovaných bodoch.
- Významnou prednosťou je, že sú k dispozícii okamžité výsledky merania a tým je známa i presnosť, s ktorou sa určujú výsledky merania na daných bodoch.

➤ **RTK METÓDA** relatívneho určenia polohy

- Umožňuje tiež **navigáciu** užívateľa do bodu, ktorý je objektom jeho záujmu
- presne poznáme počet satelitov, z ktorých prijímame signál
- Metóda si vyžaduje *rádio-modemy* - komunikačné kanály medzi anténami, resp. SKPOS
- **nevyžaduje následné spracovanie dát (*postprocessing*).**
Postprocessing odpadá aj u všetkých predošlých metódach reálneho GNSS merania v prípade, ak využívame služby SKPOS® miesto referenčného GNSS prijímača.
- Ak sa stratí rádiový kontakt, prijímač GNSS signalizuje kódové polohy a po obnovení kontaktu sú opäť vysielané presné fázové korekcie.

➤ **KONTINUÁLNÁ METÓDA** relatívneho určenia polohy

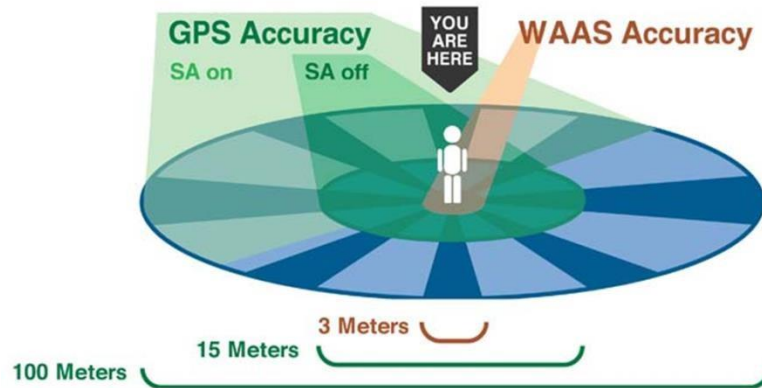
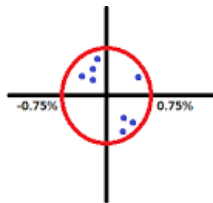
- Pri **kontinuálnej metóde GNSS** jeden prijímač je na referenčnom bode (resp. využívame služby **SKPOS**[®]) a druhý, resp. ostatné prijímače GNSS sú v nepretržitom pohybe bez možnosti zastavenia nad určenými bodmi.
- Tie tvoria body **trajektórie pohybu** prijímača GNSS danej epochami záznamu (napr. každú sekundu).
- Nepretržitý príjem signálu minimálne zo štyroch satelitov.

GNSS



GNSS presnost'


Accuracy



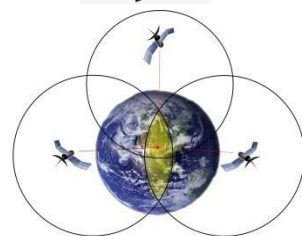
<https://www.uavnavigation.com/support/kb/general/inertial-navigation-system-and-estimation/global-navigation-satellite-system-gnss>

➤ PRESNOŠŤ GNSS

- Určenie **3D polohy** objektu/bodu pomocou GNSS sa dá vysvetliť tak, že sa nachádza v *priesečníku guľových plôch*, ktorých polomer je daný meranými vzdialenosťami. Od presnosti tohto priesečníka sa odvíja aj presnosť GNSS.
- K dosiahnutiu **vysokej presnosti** určenia polohy je teda dôležité, aby sme využívali čo najväčšieho počtu viditeľných satelitov, ktoré musia byť vhodne rozložené na horizonte. Celý kozmický segment je navrhnutý tak, aby bolo vždy „viditeľných“ (t.j. aby bol možný príjem signálov) najmenej z **5 až 8 satelitov**.
- Meračské technológie GNSS poskytujú **vysokú presnosť** výstupných veličín.
- Výrobcovia veľmi presných geodetických aparátúr GNSS udávajú **presnosť** v určení polohy **5–10 mm**,
v určení výšky **10–20 mm**



X·Y·Z

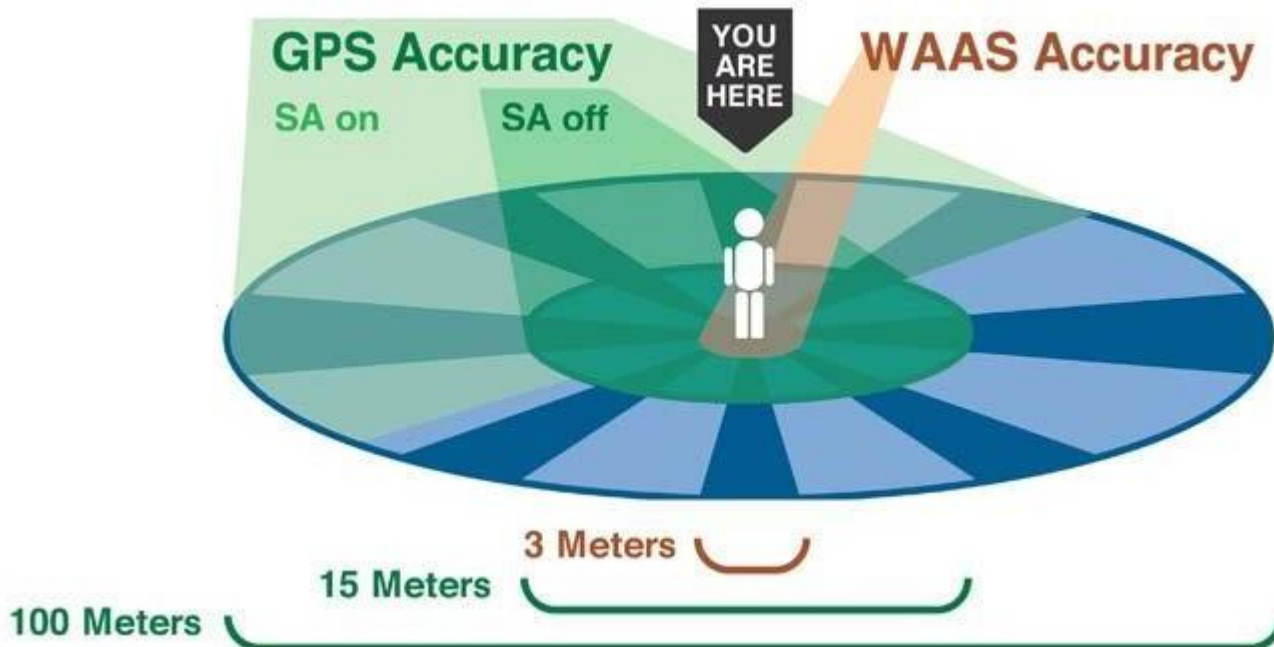


GNSS



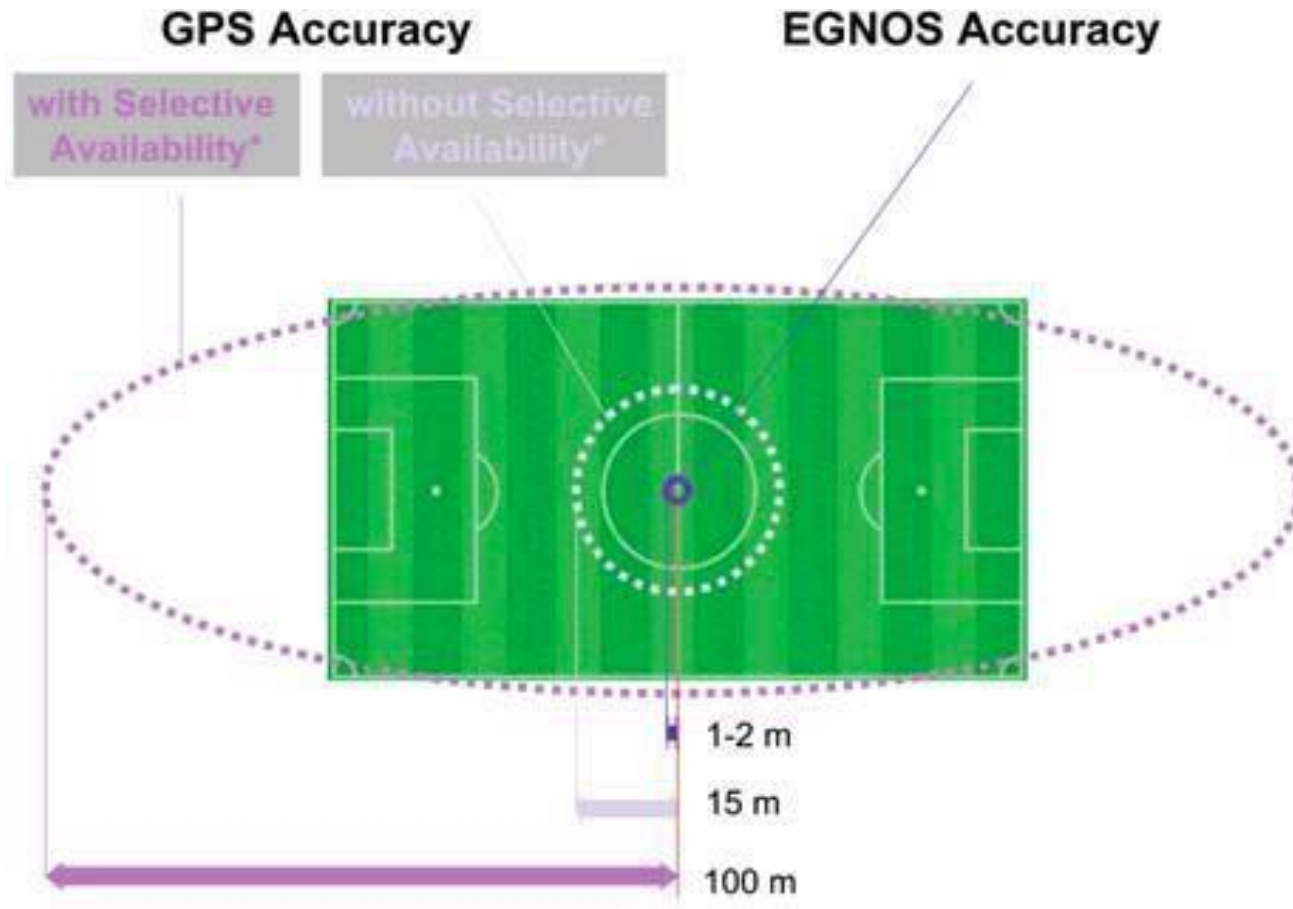
Ako zvýšiť presnosť GNSS?

Presnosť GNSS zvyšujú **SBAS: Satellite Based Augmentation Systems**, t.j. spresňujúce (podporujúce, posilňujúce) systémy, napr. **WAAS: Wide Area Augmentation System**.



WAAS: Wide Area Augmentation System, (SBAS-USA).

GNSS



EGNOS: European Geostationary Navigation Overlay Service, (SBAS – EU).

➤ Čo má vplyv na presnosť GNSS?

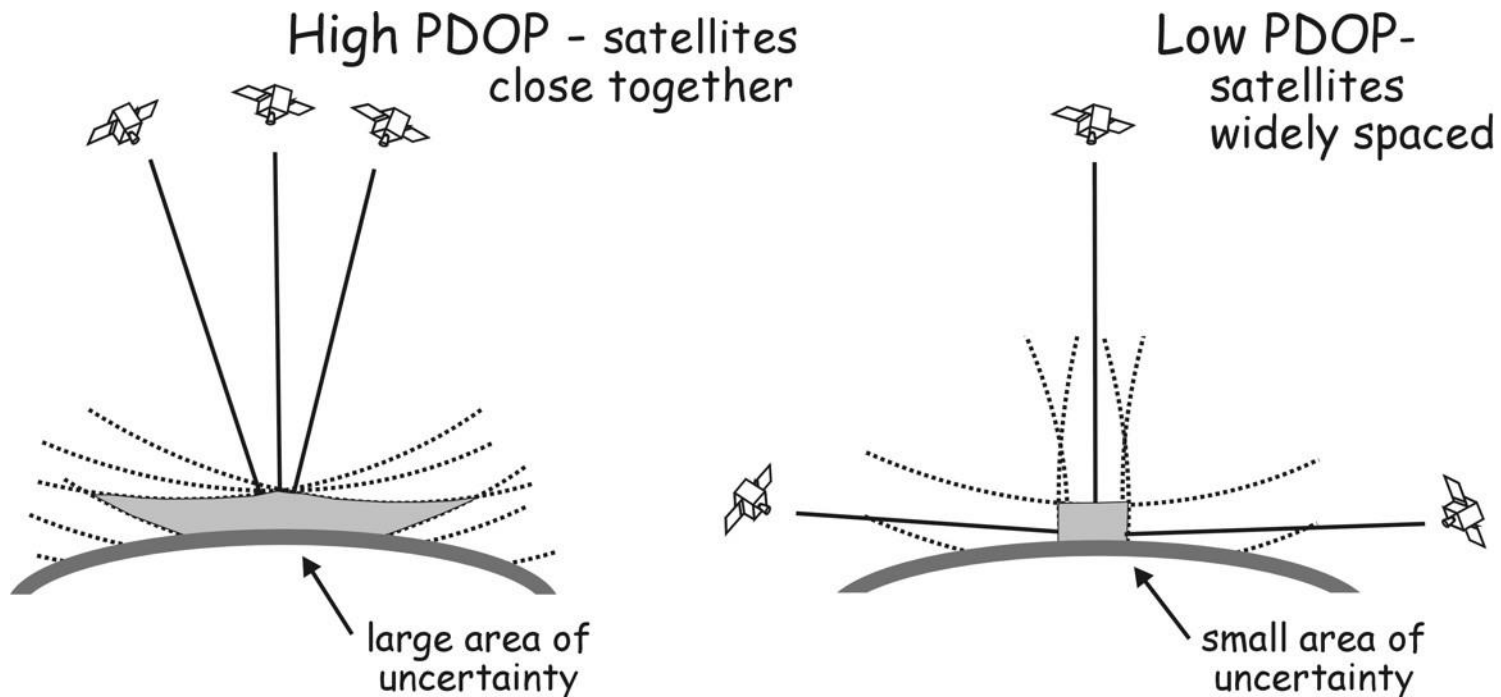
- Vplyvov na výslednú **presnosť** určenia polohy sú desiatky.
- Pri využití GNSS pre navigáciu nemusíme o chybách vedieť takmer nič, presnosť bude so všetkými možnými vplyvmi vždy cca do **15 – 20 m**. U určovaní polohy (lokalizácii), kde sa snažíme o dosiahnutie čo **najvyššej presnosti** (cca **N cm** alebo **N mm** v závislosti od použitého prijímača GNSS), je však dobré aspoň tušiť, čo všetko môže presnosť ovplyvniť.

GNSS SYSTEM	EXPECTED GNSS ACCURACY (METRES)
GNSS with S/A activated	±100
GNSS without S/A activated	±15
GNSS with SBAS	±3
Differential GNSS	±5

➤ Čo vplýva na presnosť GNSS?

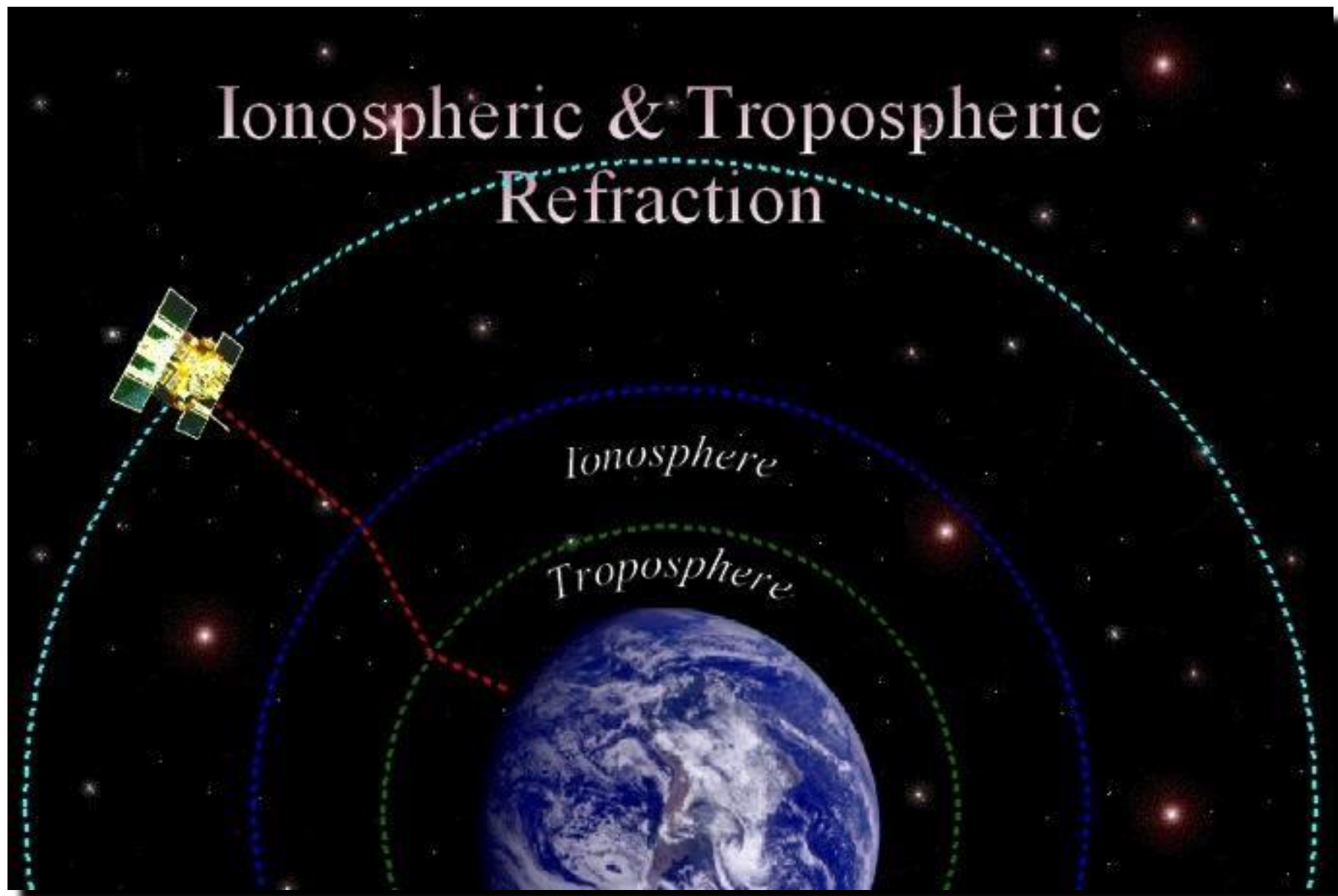
1. Konfigurácia satelitov nad miestom merania

- ❑ Ideálne je umiestnenie satelitov priamo nad pozorovateľom a ďalšie nad horizontom

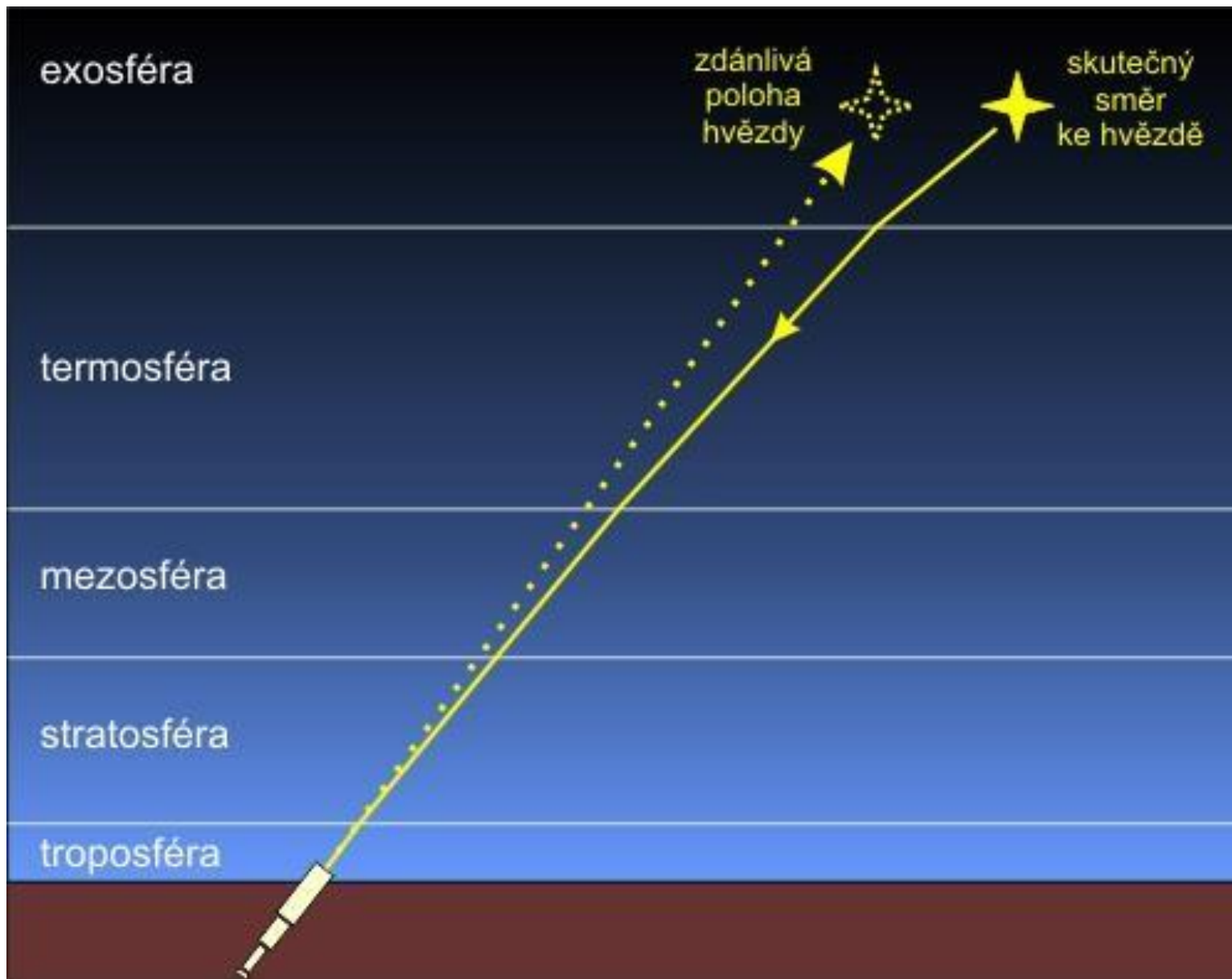


PDOP = Positional Dilution of Precision

2. Vplyv atmosféry



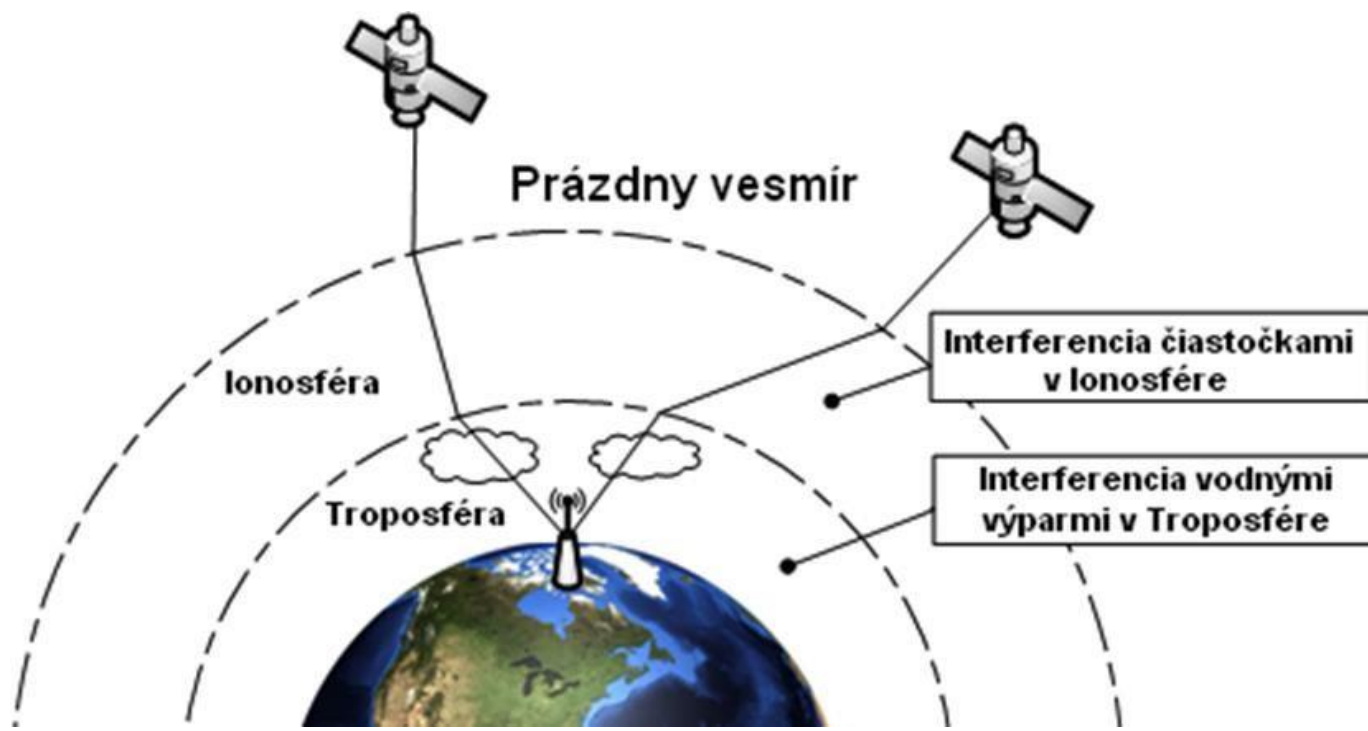
2. Vplyv atmosféry



➤ Čo má vplyv na presnosť GNSS?

2. Vplyv atmosféry

- ❑ Jedno z najväčších obmedzení presnosti systému
 - prechod ionosférou (chyba až **30 m**) a troposférou (chyba až **3 m**)
- ❑ Vplyv troposféry sa dá matematicky odstrániť, vplyv ionosféry sa pri fázových meraniach odstraňuje meraním na dvoch frekvenciách
- ❑ Navigačná správa obsahuje dáta o aktuálnom stave ionosféry



GNSS



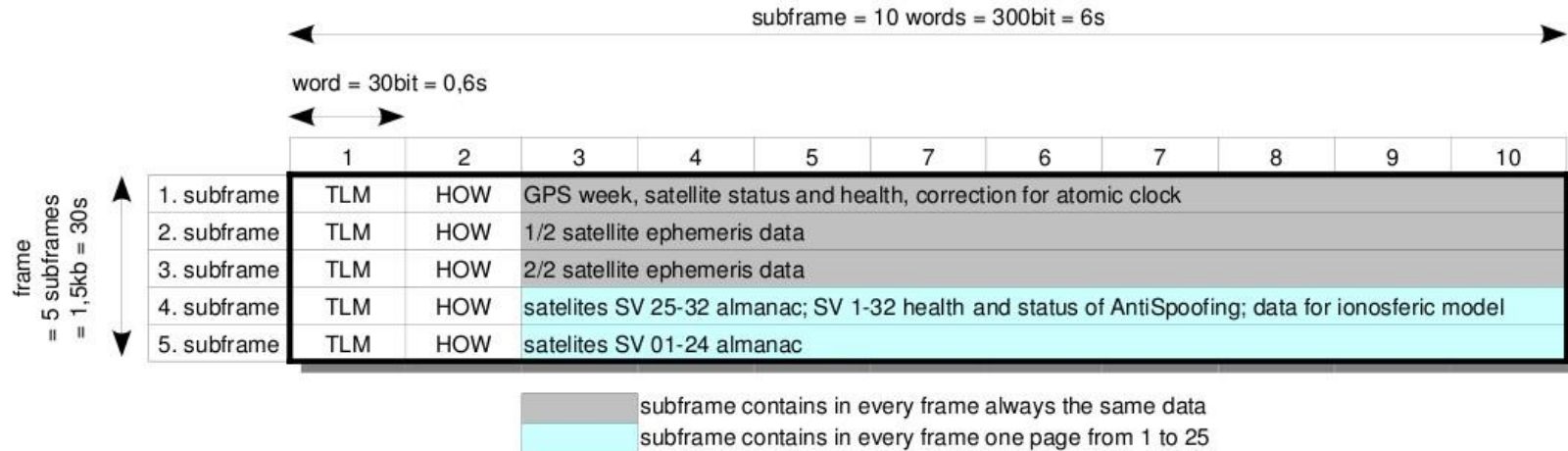
➤ Čo má vplyv na presnosť GNSS?

3. Stav satelitov

- ❑ V **navigačnej správe**, ktorá putuje spolu so signálom od každého satelitu, je vysielaná správa o tom, či je možné satelit zahrnúť do výpočtu alebo nie.
- ❑ Typický príklad je údržba satelitov, korekcia dráh či testovanie, kedy satelit neposkytuje kvalitné dáta. Vtedy prijímač GNSS družicu z výpočtu vylúči.

Navigation message

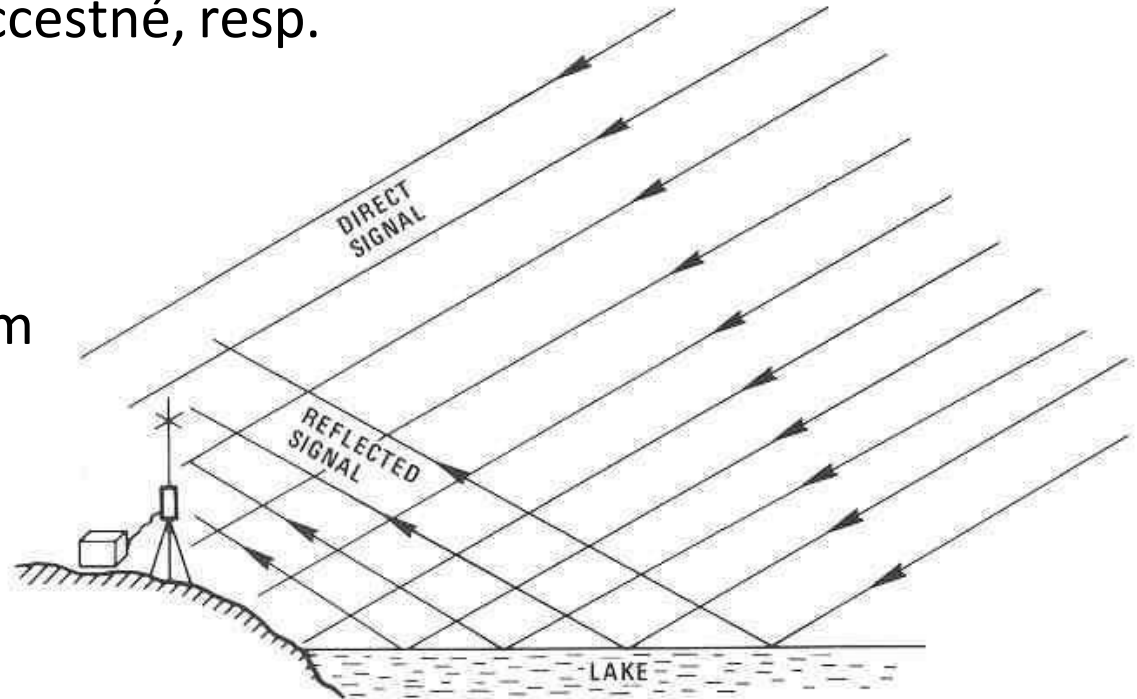
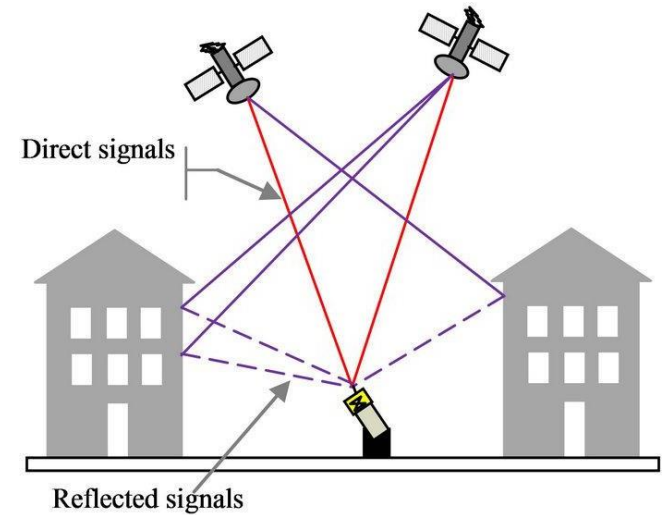
Navigation message = 25 frames = 125 subframes = 1250 words = 37,5kb = 12,5min



➤ Čo má vplyv na presnosť GNSS?

4. Viaccestné (multipath) šírenie signálu

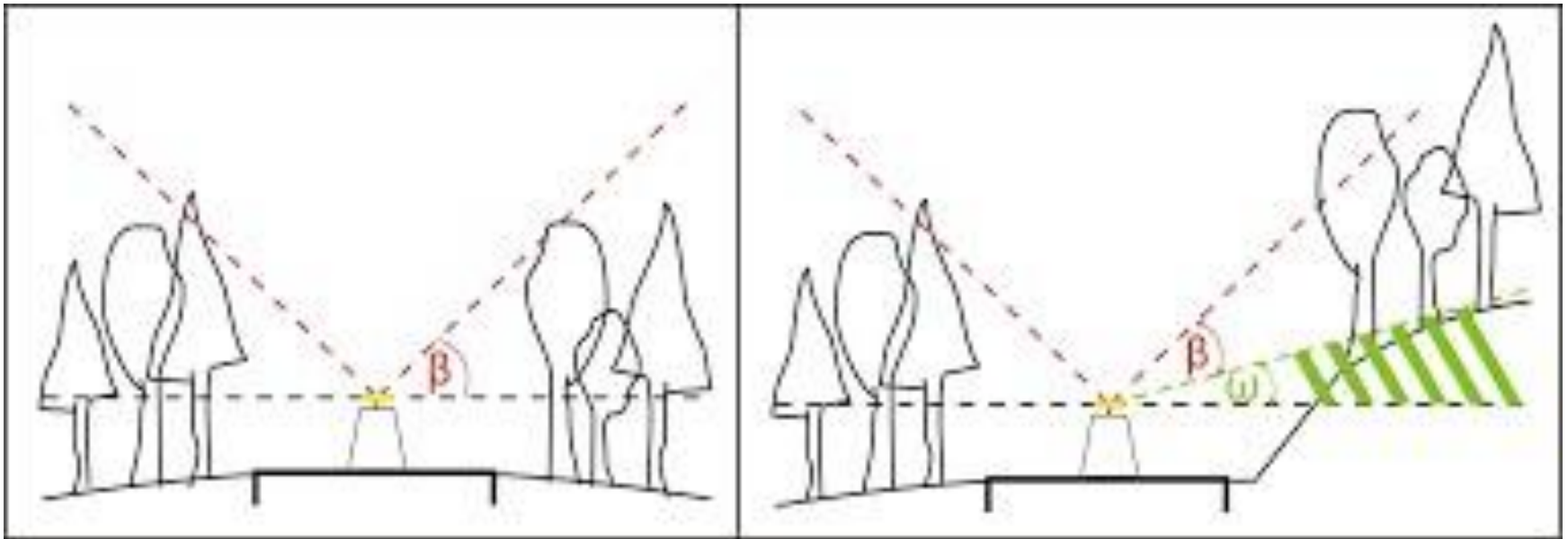
- ❑ Signál putujúci do prijímača sa cestou **odrazí** od prekážok a tranzitný čas je potom skreslený, do prijímača GNSS sa dostávajú tzv. viaccestné, resp. odrazené signály
- ❑ Najviac sa prejavuje u satelitov letiacich nízko nad horizontom



➤ Čo má vplyv na presnosť GNSS?

5. „Tienenie“ šírenia signálu vo vysokom poraste

- Signál putujúci do prijímača GNSS je **tienený**, resp. **zaniká** v okolitom poraste
- Tranzitný čas je potom skreslený

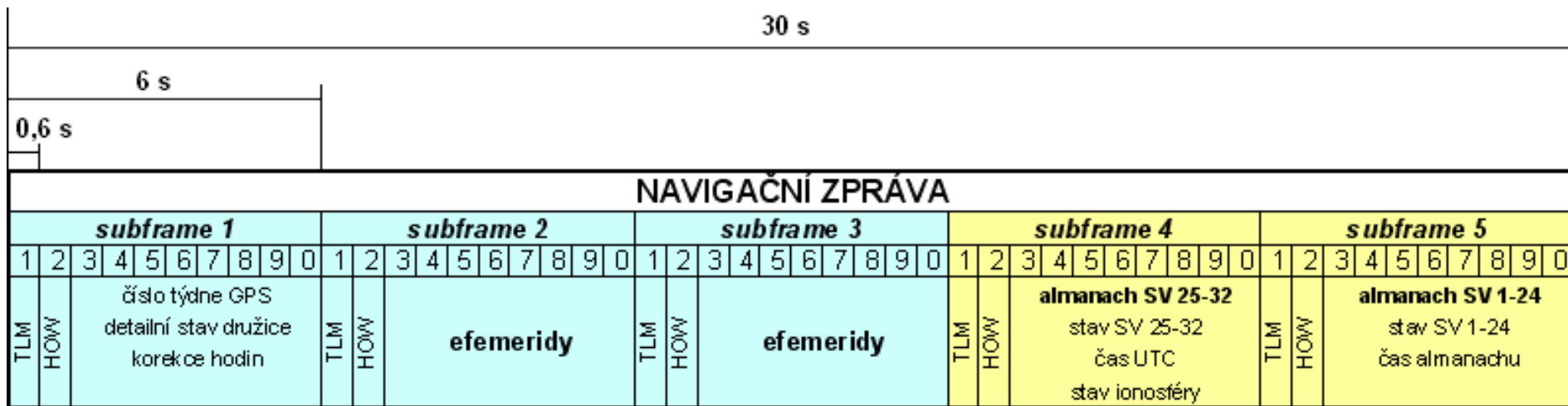


Zmenšenie uhla príjmu neskreslených satelitných signálov voči horizontálnej rovine prijímača pod vplyvom lesných porastov (prekážok).

➤ Čo má vplyv na presnosť GNSS?

6. Kvalita parametrov vysielaných satelitmi

- ❑ Satelit vysielá v rámci signálu informácie o svojich obežných dráhach (efemeridy) a ich kvalita môže významne ovplyvniť presnosť určenia polohy – tieto parametre nemôžete nijak ovplyvniť.



jedinečné pro každou družici
 společné u všech družic

➤ Čo má vplyv na presnosť GNSS?

7. Typ prijímača

- ❑ V zásade je možné rozlíšiť medzi prijímačmi pre kódové (časové, t.j. absolútne GNSS) merania alebo fázové (relatívne GNSS) merania.
- ❑ Druhá skupina je cenovo omnoho drahšia než prvá a využíva sa hlavne pre geodetické práce.
- ❑ Prvou skupinou sú klasické ručné navigačné prístroje (prijímače).



Čo má vplyv na presnosť GNSS?

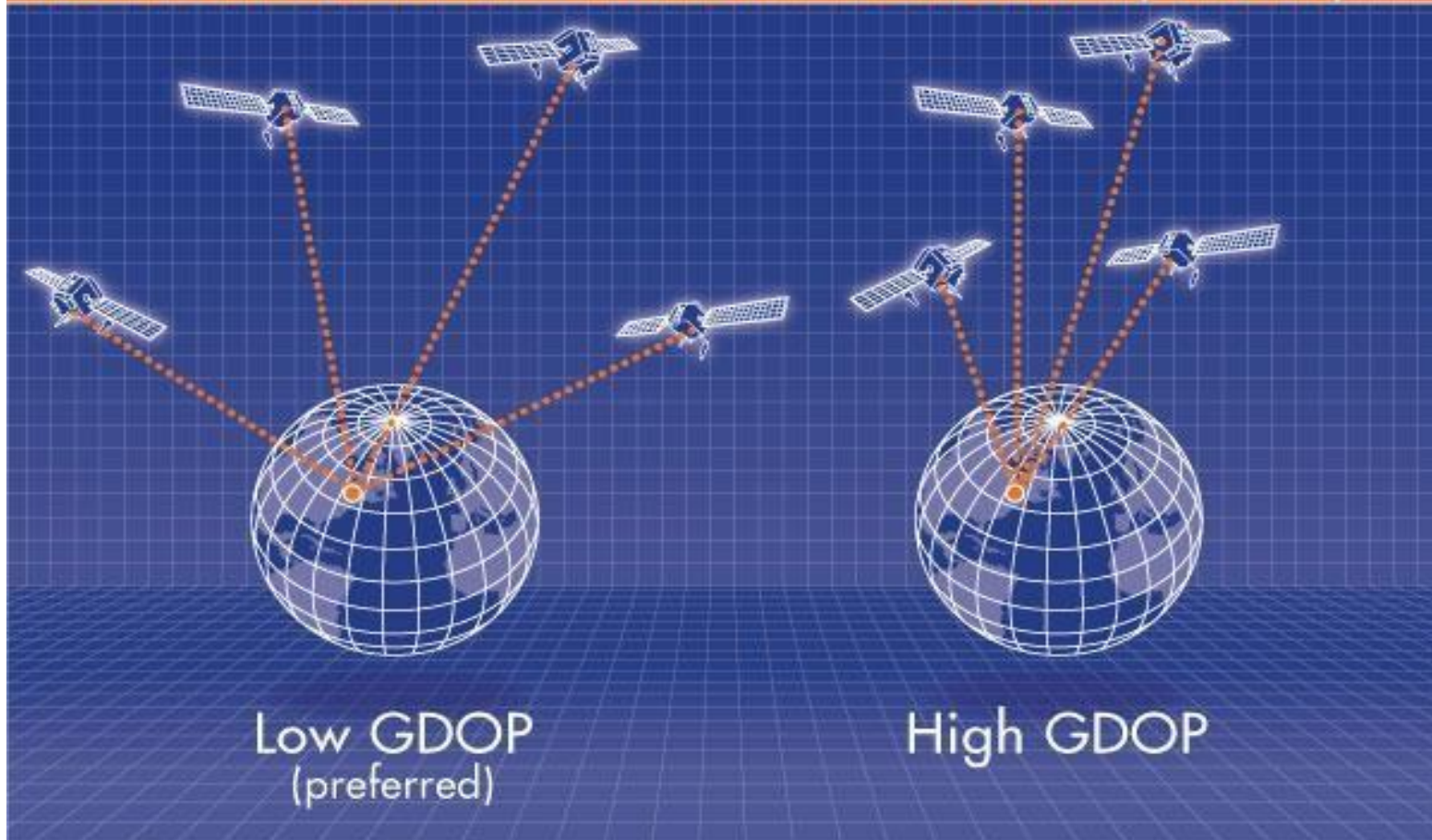
Zdroj chýb	Max. veľkosť chyby
satelitné hodiny / hodiny v prijímači	0,30-1,2 / 40 m
efemeridy satelitov	15 m
obežná dráha	5 m
S/A	10 m
vplyv ionosféry	12 m
vplyv troposféry	3 m
PRN šum	1 m
šum prijímača	2 m
odrazené signály	2 m

- **Presnosť v určení 3D polohy z GNSS meraní** je závislá hlavne od typu prijímača GNSS, od metódy merania, od doby pozorovania, od rozloženia a počtu satelitov nad horizontom a od použitého softvéru (k spracovaniu meraní).
- Kvôli atmosférickým vplyvom nie je vhodné pozorovať satelity, ktoré sú nižšie ako **10–15° (až 20°)** nad horizontom.
- Geometrickú konfiguráciu satelitov a staníc (prijímačov) GNSS popisuje tzv. **faktor zníženia presnosti - DOP (*Dilution Of Precision*)**.

- Pre **hodnotenie presnosti** aplikovanej metódy GNSS a konfigurácie prijímačov družicovej techniky sa používa **DOP** v rôznych modifikáciách:

- $PDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2}$... polohový *DOP*
- $HDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$... horizontálny *DOP*
- $VDOP = \sigma_z$... vertikálny *DOP*
- $TDOP = c \sigma_t$... časový *DOP*
- $GDOP = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + c^2 \sigma_t^2}$... geometrický *DOP*

GEOMETRIC DILUTION OF PRECISION (GDOP)



➤ Všeobecne platí: čím menší *DOP*, tým lepšie výsledky

- ***PDOP* ≤ 2** veľmi dobrá presnosť
- ***PDOP* = 2 - 5** dobrá presnosť (akceptovateľná aj pre presné merania)
- ***PDOP* = 5-10** stredná presnosť (nevhodná pre presné merania)
- ***PDOP* > 10** nízka presnosť (nevhodná pre väčšinu aplikácií)

GNSS



***GNSS** výhody, nevýhody, aplikácie*



- **Výhody GNSS** (najmä pre využitie GNSS v geodézii):
- medzi jednotlivými meranými bodmi nemusí byť priama viditeľnosť
- je vysoko presný
- poskytuje výsledky v jednotnom svetovom súradnicovom systéme / **WGS 84**
- poskytuje trojrozmerné súradnice
- pracuje bez ohľadu na počasie cez dennú i nočnú dobu, v každom ročnom období

➤ ***Nevýhody GNSS (najmä pre využitie GNSS v geodézii):***

- nemožnosť merania v podzemí
- horšie/žiadne výsledky pri meraní v hustom poraste (napr. v lese)
- je potrebná priama viditeľnosť na satelity (z meraného bodu by mala byť obloha viditeľná od 15° - 20° nad obzorom vyššie všetkými smermi)
- problémy s meraním v husto zastavaných oblastiach (napr. mesto s úzkymi uličkami)
- problémy s meraním v úzkych údoliach

GNSS



➤ **GNSS** sa dá využiť:

- *na pevnine*
- *na mori*
- *vo vzduchu*



**PRISMA 4 - sonar + GPS
+ elektromotor**



motor
- 2 rýchlosti dopredu
- 2 rýchlosti dozadu
- loď do 500kg



loďka
- uloženie 8 GPS bodov
- 2 komory a 2 montáže
- kapacita 1,5kg



loď do 500kg



obj.č.:
1 A0094

➤ **V zásade je použiteľný všade,**
výnimku tvoria miesta, kde nie
je prístupný satelitný signál
(*jaskyne, tunely, podzemie, pod
vodou a pod.*).

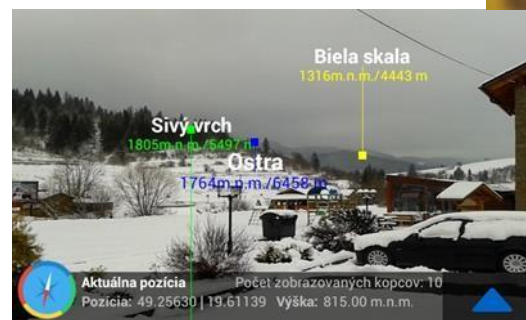


GNSS



➤ Medzi najbežnejšie aplikácie GNSS patria:

- Geodézia
- Geografia
- GIS
- stavebníctvo
- geofyzikálne a geologické výskumy
- turistika
- cestovanie
- cyklistika
- lov a rybolov
- automobilová, letecká a lodná doprava
- logistika
- pôdohospodárstvo
- lesné a vodné hospodárstvo
- rekreačná plavba
- zábava
- šport atď.



➤ GNSS posluži každému, kto potrebuje vedieť, kde sa práve nachádza, alebo chce nájsť cestu k stanovenému cieľu.

Ďakujem za pozornosť

PREDNÁŠKA 4

Mgr. Ján Šašak, PhD.