



GNSS – věda, praxe i zábava



Ing. Kateřina TAJOVSKÁ, PhD.
Geografický ústav , Přírodovědecká fak. MU Brno
katkatajovska@email.cz

Co to je GNSS

- GNSS – Globální navigační satelitní systém – souhrnný termín užívaný k obecnému označení globálních družicových systémů
- obecně je to služba, technologie umožňující pomocí signálu ze satelitních družic určit svojí polohu, rychlost a čas s velkou přesností
- Výhody: 24h denně nezávisle na počasí, téměř kdekoliv na zemském povrchu, přesnost až subcm, není nutná přímá viditelnost, 3D souřadnice, rychlost --->efektivnost
- Nevýhody: nutná přímá viditelnost na družice ---> problémy s měřením v hustých porostech, zástavbách, nemožnost měření v podzemí, převod přímé spojnice bodů na zemský povrch (geocentrický souřadnicový systém WGS-84)

Historie a současnost GNSS

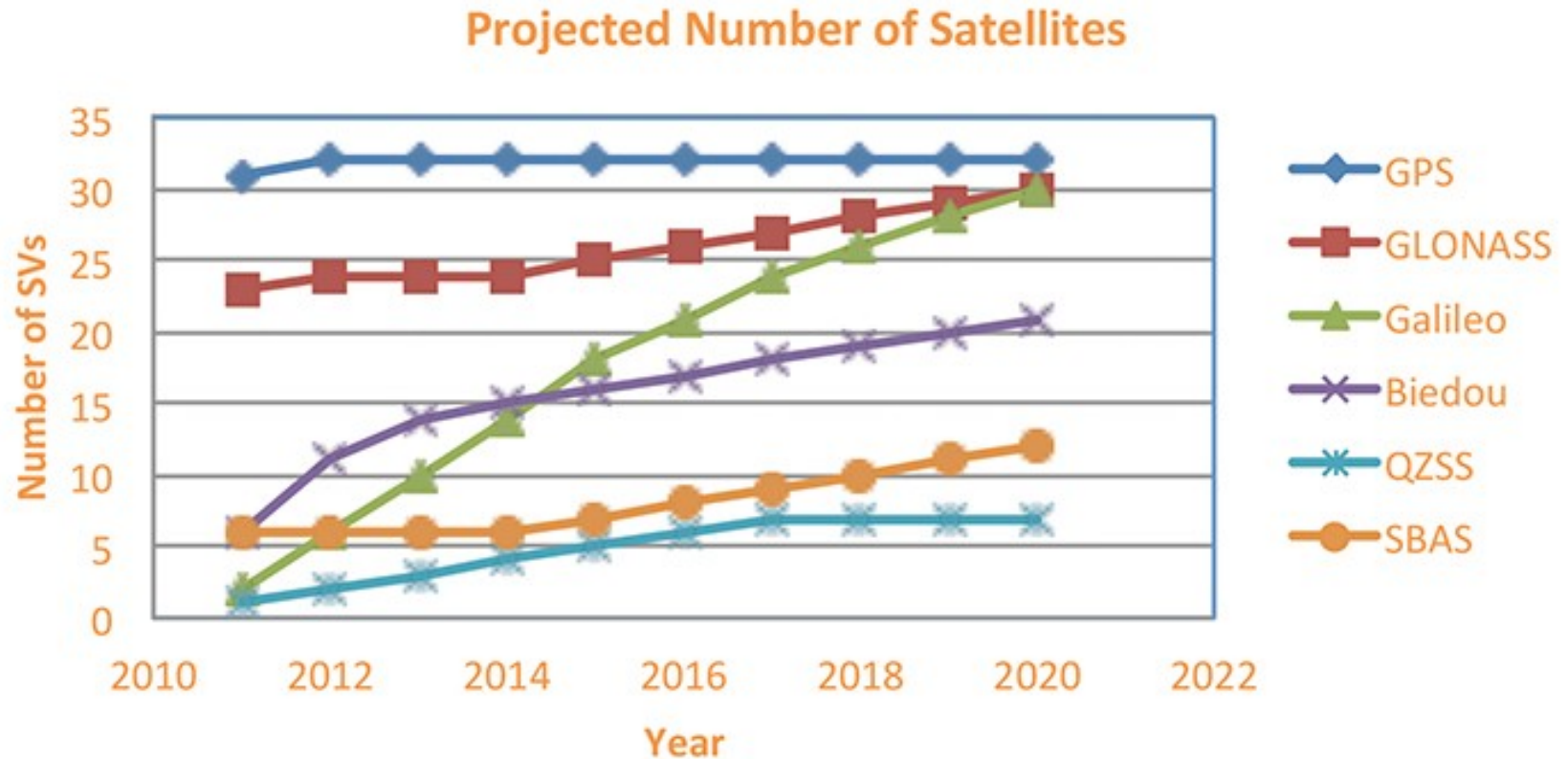
- USA - 60. léta - Transit - 6 družic, přesnost 800m, nepřesné efemeridy, dostupnost 35-100 min
- 70.léta - Timotion - přesné vysílání času, použití pro projekt GPS
- SSSR - Cyklon, Parus, Cikada obdoba amerických

Nedostatky: malá přesnost, dostupnost, 2D, čas

Dnešní systémy:

- Americký navigační družicový systém NAVSTAR GPS
- Ruský globální navigační družicový systém GLONASS
- Čínský navigační družicový systém Beidou / Compass
- Indický regionální navigační družicový systém IRNSS
- Japonský navigační družicový systém Quasi-Zenith QZSS
- Evropský globální navigační družicový systém GALILEO

Plánovaný počet družic v systémech GNSS

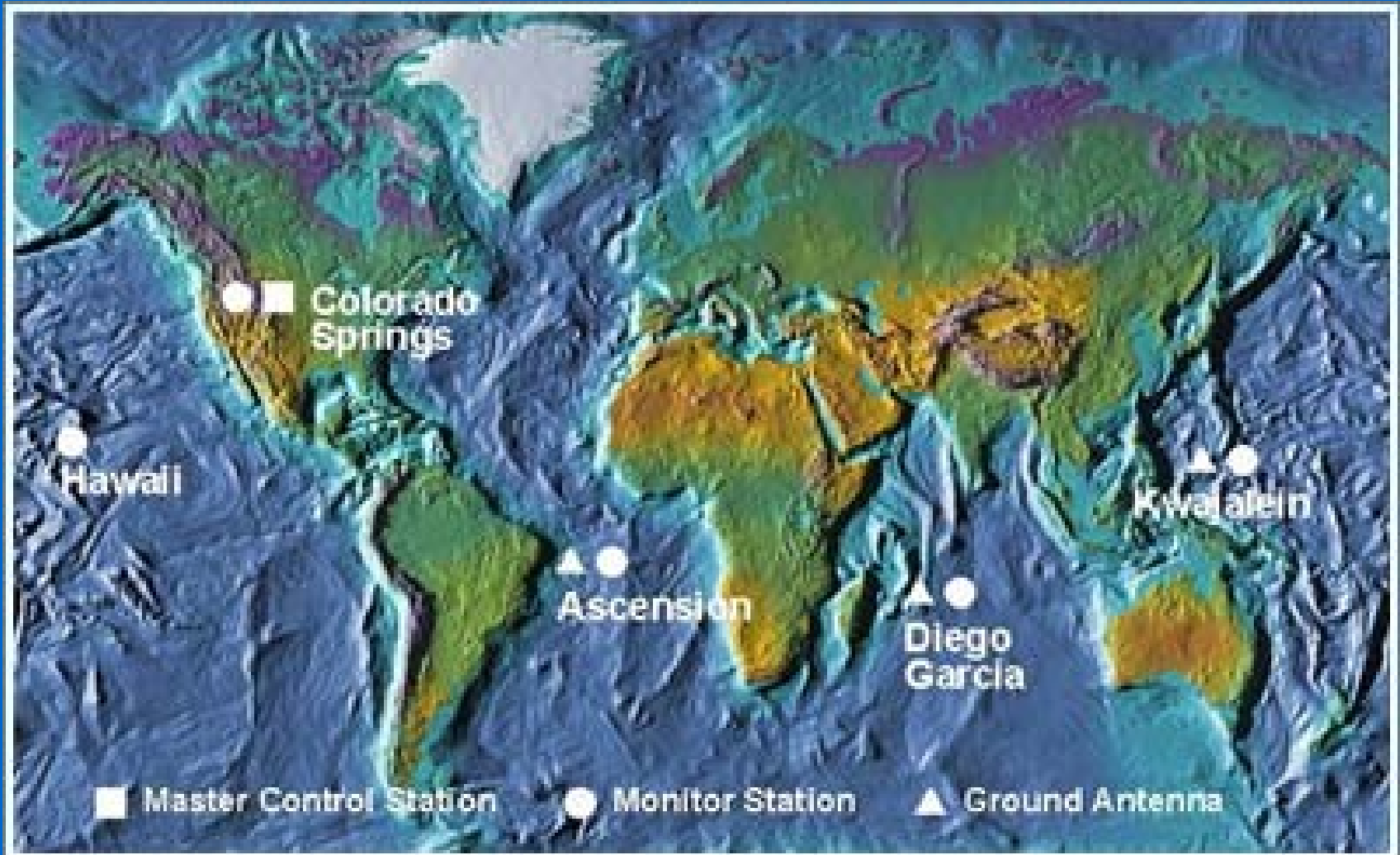


Složení systému GNSS

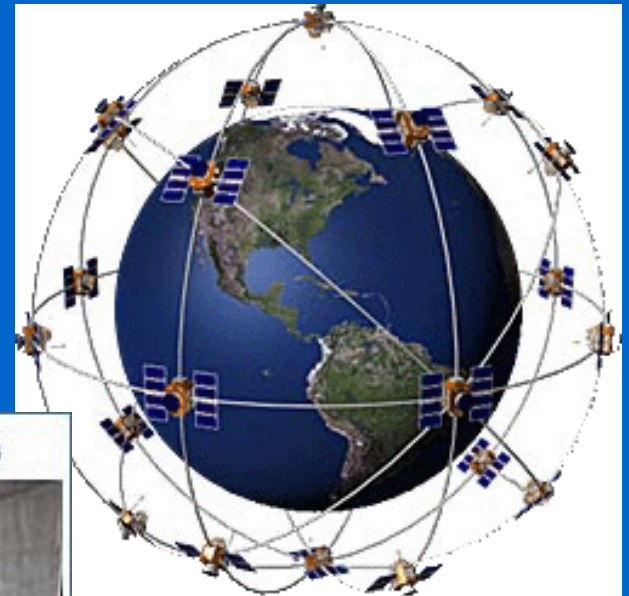
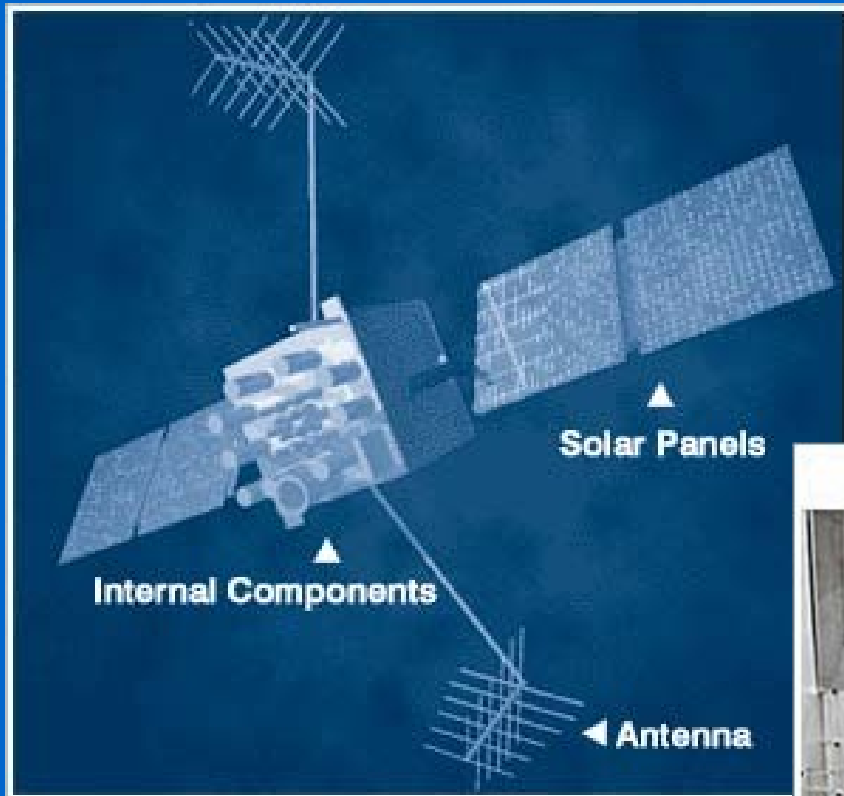
- Kosmický segment: aktivní umělé družice Země, téměř kruhové oběžné dráhy, výška cca 20180 km, vybavena vysílačem, přijímačem, atomovými hodinami, energie ze solárních panelů, raketové motory, geocentrický celosvětový souřadnicový systém
- Řídící segment: řízení, monitorování družic - nastavení přesných efemerid (oběžných drah), uchovávání přesného času, hlavní řídicí stanice, monitorovací stanice – korekce drah satelitů, zpětná vazba se všemi satelity
- Uživatelský segment: uživatelé + přístroje + software

Přijímač tvoří anténa, radiofrekvenční jednotka, mikroprocesor, komunikační jednotka, paměť, zdroj

Řídící segment (GPS)



Kosmický segment

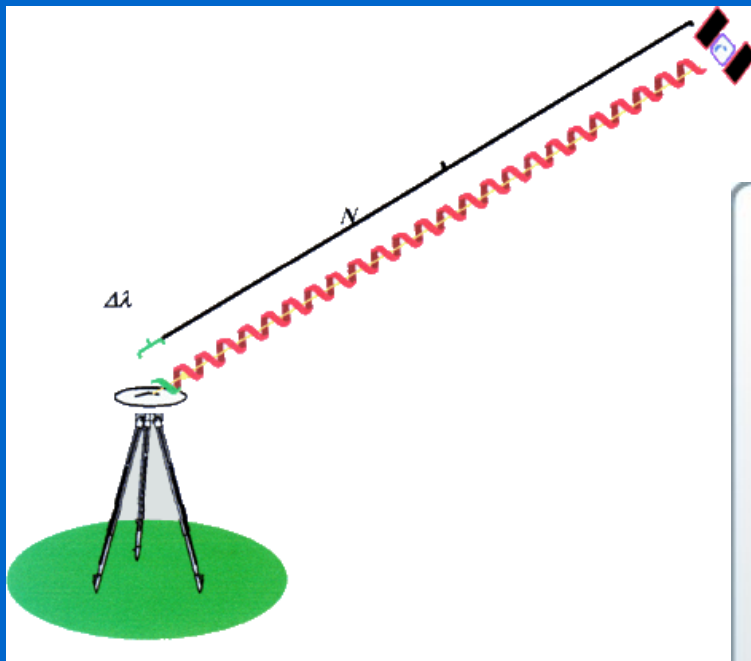
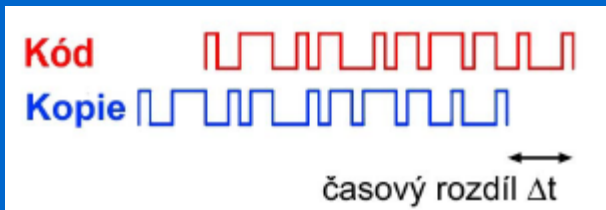


Signály GPS

nosné frekvence

- L1 (1575,42MHz 19cm vlnová délka) modulována 2 navigačními kódy P a C/A
- L2 (1227,60Mhz 24cm) modulace P kódem (šifrovaným Y kódem)
- L5 (1176,45 MHz), družice IIF (rok 2009)
- družicová navigační zpráva - obsahuje údaje o zdravotním stavu družic, pozici - efemeridy, korekce hodin, údaje o ostatních družicích - almanach, ionosféře, společné časové základně
- modernizace počítá se zavedením dalších kódů C(civilní) a M (vojenský – nahradí P)

Struktura signálů

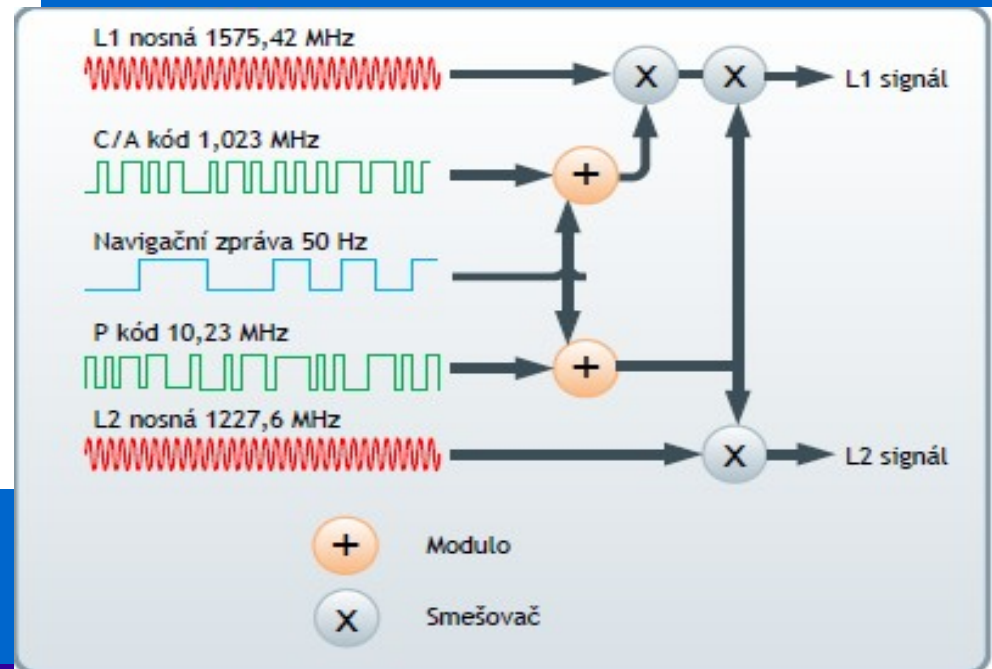


D pseudovzdálenost

T doba šíření PRN kódu

c rychlost světla

PRN kód – pseudonáhodný kód
(sekvence 0 a 1), unikátní pro každou družici



-
-
-
- **Signály Glonass, Galileo**

- Glonass – všechny družice používají stejné P a C/A kódy, ale odlišné nosné frekvence L1 a L2
- Galileo – obdoba GPS, unikátní kódové signály pro každou družici, společné fázové signály L1 (stejná frekvence GPS), E5a, E5b a E6

-
-
-

• Absolutní určování polohy

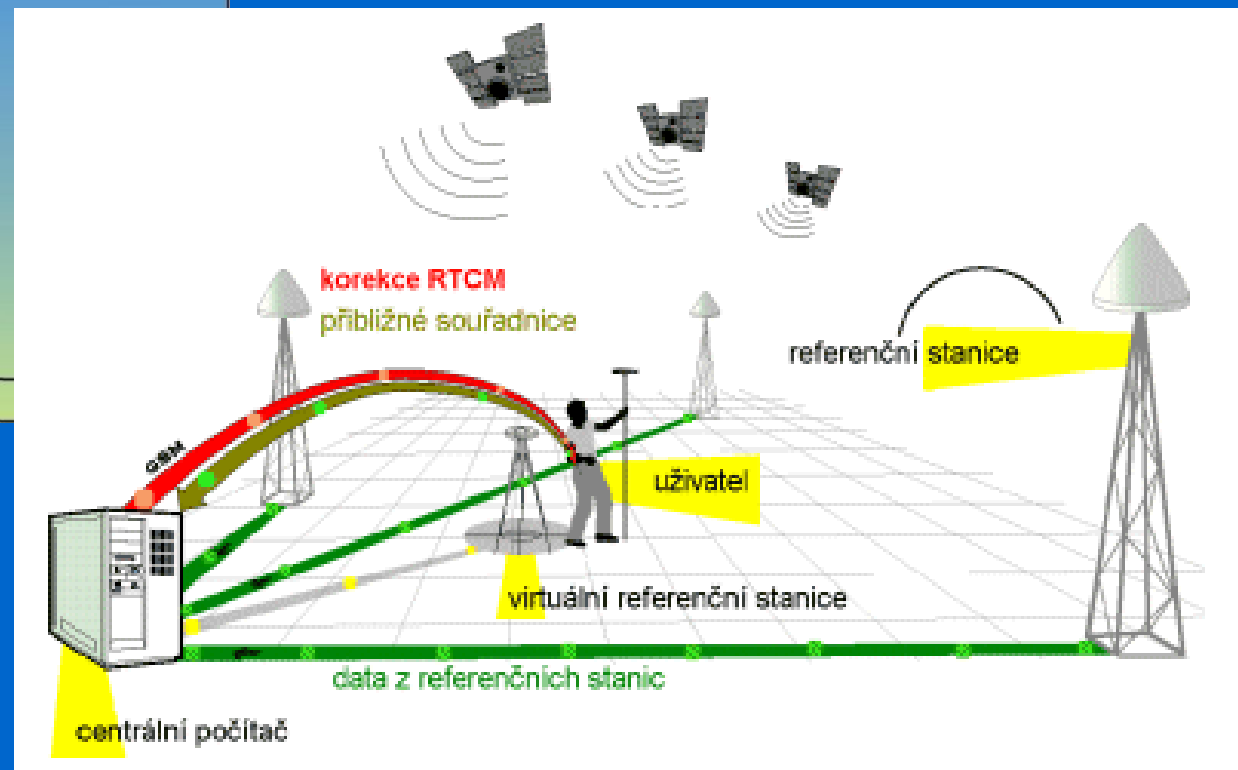
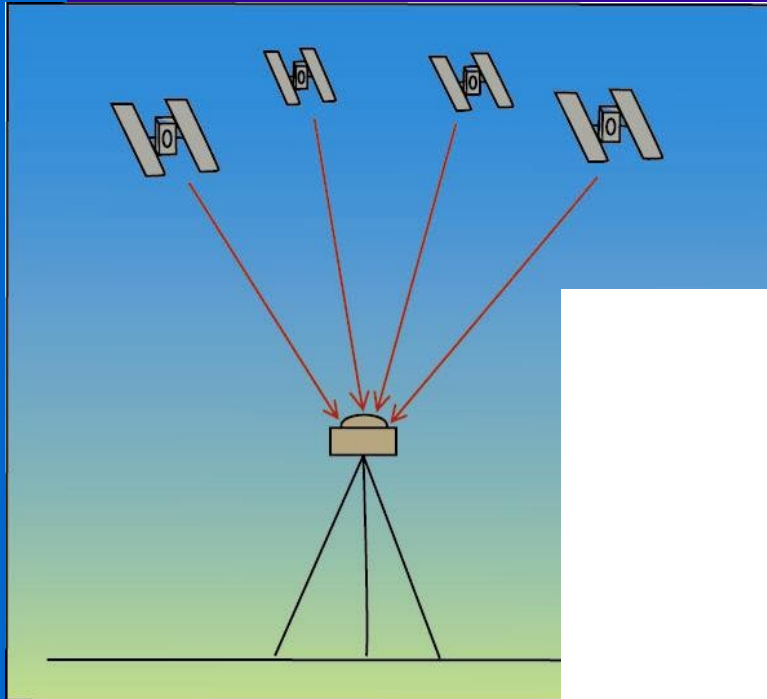
1 přijímač, přijímání pouze PRN kódů (P, C/A), určení polohy přímo na místě, všechny GNSS přístroje, přesnost 2-10M

• Relativní určování polohy

2 a více přijímačů, jeden na známém bodě, oprava o korekce, měření v reálném čase nebo postprocessing)

Získávání korekcí: satelit, vlastní 2.přijímač, síť referenčních stanic (CZEPOS, TOPNET, Trimble VRS Now Czech....), korekce se získávají přes radiomodem, mobil, přímo přijímačem.

Absolutní a relativní určování polohy



Faktory přesnosti

- DOP - ukazatel kvality konfigurace družic (TDOP, PDOP, HDOP, VDOP, GDOP....)
- počet viditelných družic
- stav družic (info v navigační zprávě)
- synchronizace hodin, chyba hodin přijímače
- vliv atmosféry - ionosférická refrakce (lze odstranit 2 fázemi)
troposférická refrakce (určení pomocí atmosférických podmínek)
- poměr signálu /šum
- Multipath - odraz od okolí, řeší se pomocí speciálních antén

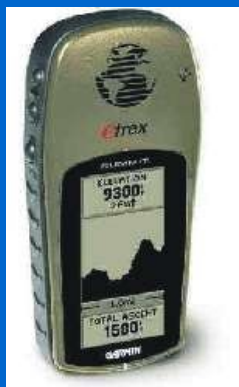
Druhy GNSS přijímačů

- Geodetické (velmi přesné - cm, kombinace příjmu několika systémů, mapové a výpočetní prostředky, mobilní mapování – integrace s GIS, prostorově určené fotografie, laserové dálkoměry)



Navigační

- turistické, sportovní, letecké, námořní, telematika, krizové řízení
- přesnost řádově jednotky m, odolné, s mapovými podklady, mobilní, levné, doplňky



Přijímače pro časovou synchronizaci

Další rozdělení GNSS přijímačů

- Kódové, fázové – jednofrekvenční, dvoufrekvenční, vícefrekvenční
- Jednokanálové (pouze dříve), vícekanálové

Využití GNSS ve vědě

- VUGTK (geodetická observatoř Pecný) zapojen do mezinárodních projektů (sít' permanentních referenčních stanic určujících přesnou polohu - EUREF Permanent Network):

Experimentální výzkum dynamiky Země a jejího povrchu

- vědecké aspekty určování polohy metodou GPS
- popis podrobné struktury tíhového pole Země a matematické metody fyzikální geodézie,
- dynamika drah UDZ a studium gravitačního pole metodami družicové geodézie,
- výzkum periodických časových variací tíhového pole Země (zemských slapů),
- výzkum recentních pohybů zemského povrchu lokálního a regionálního rozsahu,
- studium rotace Země.

více na: <http://www.vugtk.cz/odd24/ind24.html> , <http://www.epncb.oma.be/>

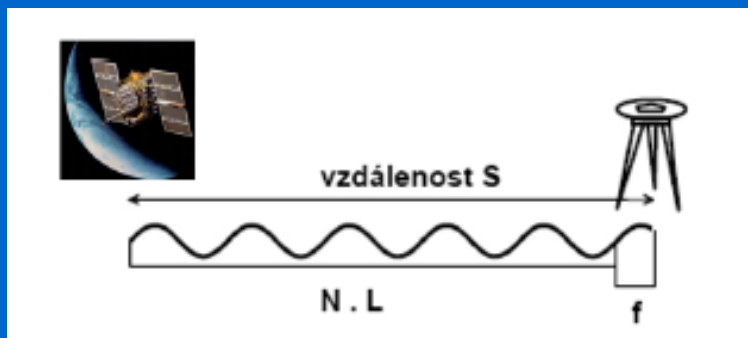
GNSS Meteorologie a tomografie

- Využívá přesné GNSS měření k určování obsahu vodních par v atmosféře - umožňuje rekonstruovat jejich prostorové rozložení, zdroj dat pro předpověď počasí.
- v atmosféře dochází ke zpoždění signálu vlivem refrakcí a různé hustoty vodních par, na základě určení tohoto zpoždění lze vytvořit modely atmosféry
- projekt COSMIC <http://www.cosmic.ucar.edu/>
- <http://natura.baf.cz/natura/2003/5/20030506.html>

Využití atomových hodin na družicích pro určování přesného času a synchronizaci

Měření pomocí GNSS v geodézii

- postupné nahrazování klasických terestrických metod
- široké uplatnění v mnoha oborech – inženýrská geodézie, katastr nemovitostí, geodetické základy, fotogrammetrie, tematické mapování pro GIS, laserové skenování, tvorba DTM – bezpilotní letouny
- nutná přesnost na mm až cm – využití dvoj a vícefrekvenčních přijímačů, určování polohy pomocí fázového měření



$$S = L \cdot N + f$$

L – vlnová délka

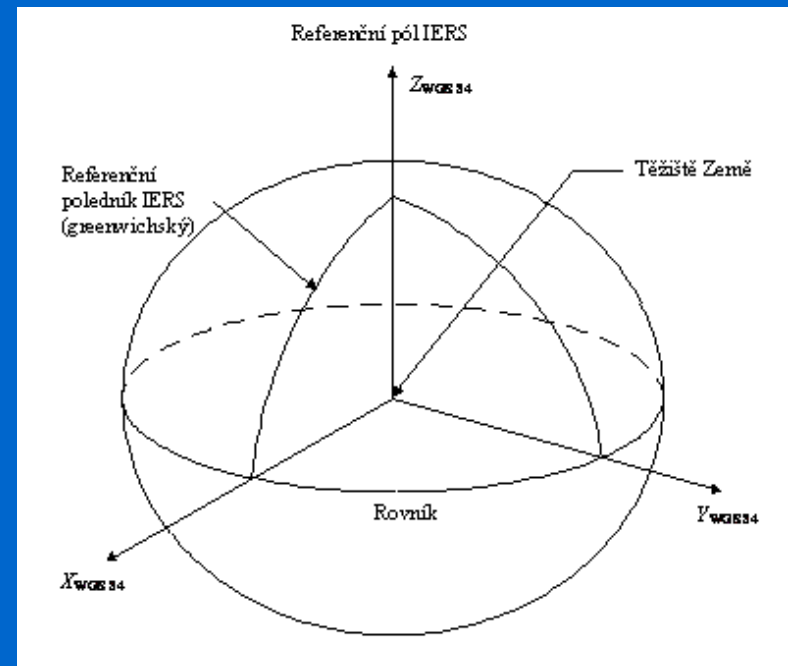
N – celý (neznámý) počet vln - ambiguit

f – fázový zbytek

(délka vln L1 a L2 přibližně 19 a 24cm)

Metody určení polohy

- Geocentrický souřadnicový systém WGS – 84, měří se prostorové vektory k jednotlivým družicím
 - Potřebné min 4 družice pro určení souřadnic X,Y,Z a T (oprava chodu hodin)
 - Transformace do národního rovinného souř. systému – u nás S-JTSK a výškový systém BpV - lokální či globální transformační klíč pro území naší republiky



- **Metoda Stop and go (polokinematická)** – jedna referenční základna, druhá rover – pohybující se, po počáteční inicializaci se měří nové body
- **Kinematická metoda** – podobná stop and go, rover se během měření nevypíná
- **RTK metoda (realtimekinematik)** – nejmodernější metoda, v reálném čase na pohybujícím se přijímači získávám korekce online, určování souřadnic podrobných bodů, mapování
- http://www.youtube.com/watch?v=coyK_vJ7Tqc

dosažená přesnost:

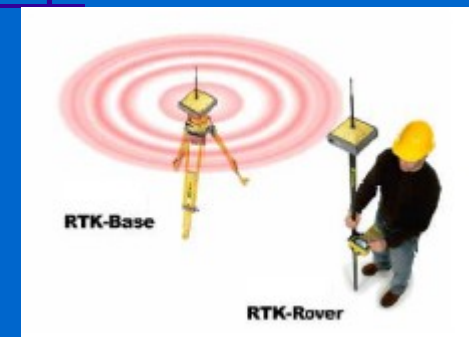
statická ($m_p = 3 - 5 \text{ mm}$) - postprocessing

rychlá statická ($m_p = 5 - 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$) postprocessing

stop and go ($m_p = 10 - 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$) postprocessing

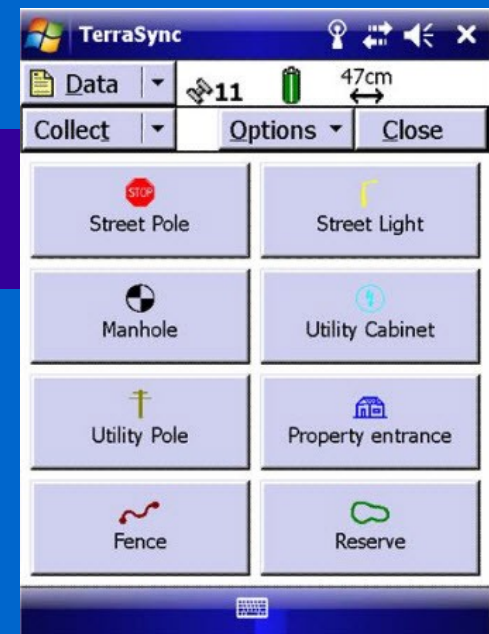
kinematická ($m_p = 20 - 30 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$) postprocessing

RTK – real time kinematic ($m_p = 30 - 50 \text{ mm}$) online



Mobilní mapování pro GIS

- Přesnost dcm až cm, sběr dat pro GIS
- Jednofrekvenční a kódové přijímače
- Mapová podpora, konverze do GIS, CAD formátů (shp, dwg, dgn aj.)
- Import georeferencovaných podkladů – ortofoto, vektory, knihovna symbolů
- Podpora kresby – bod, linie, plocha
- integrace foto, laserový dálkoměr, wifi
- GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS
- <http://www.youtube.com/watch?v=i7WQocsPVEQ>
- <http://www.youtube.com/watch?v=c6FRgTR39rc>



GNSS v praxi

- Krizové řízení (hasiči, policie, záchranná služba) – systém pasivního i aktivního sledování a navigování, koordinace při katastrofách (GINA - <http://www.ginasoftware.cz/cs/>)
- Stavebnictví – navádění těžebních strojů, důlní činnosti, stavba komunikací - terén. úpravy (<http://www.youtube.com/watch?v=4zqgT6SI5vE>)
- Zemědělství – „Precision farming“, evidence hnojení, sklizně, navádění strojů (<http://www.youtube.com/watch?v=QYyvrY5pj2E>)
- Státní správa – mapování zájmových vrstev pro městské informační systémy (životní prostředí, inženýrské sítě, komunikace, dopravní značení atd.)
- Doprava – železniční, námořní, letecká, silniční, MHD – sledování, logistika, bezpečnost
- Životní prostředí – ohrožené lokality, rostliny, živočichové
- <http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/10472202739-galileo/213452801380001>

GNSS a zábava

Méně přesné (kódové) cca 2-10m

- Turistické navigace
 - Autonavigace
 - Sportovní aplikace (sporttestery)
 - Mobilní telefony
 - Geocaching - <http://www.geocaching.com/>
 - WHERIGO - <http://www.wherigo.com/>,
<http://www.wherigo.cz/>
- <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/15-04-Dvorak.html>

Na co si dát pozor při užívání GNSS

- Dostupnost signálu, výběr vhodné technologie s ohledem na požadovanou přesnost
- Rušení signálu, vícecestné šíření signálu
- Různé souřadnicové systémy na přijímači x mapové podklady (WGS-84 x S-JTSK, BpV,) a jejich konverze při zpracování
- „Slepé“ digitální mapy (jednosměrky, typy komunikací, aktuálnost....)

Seznam literatury

1. Globální navigační systémy a jejich využití v praxi (učební texty k semináři), dostupné na:
http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_08_1009.pdf
2. Rapant, P.: Družicové polohové systémy. VŠB-TU Ostrava, 2002. 200 str. ISBN 80-248-0124-8.
3. Čábelka, M.: Úvod do GPS (skriptum), dostupné na:
<https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/gps/skriptum-uvod-do-gps/view>
4. Český kosmický portál, dostupné na:
<http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/>

•
•
•

Děkuji za pozornost

