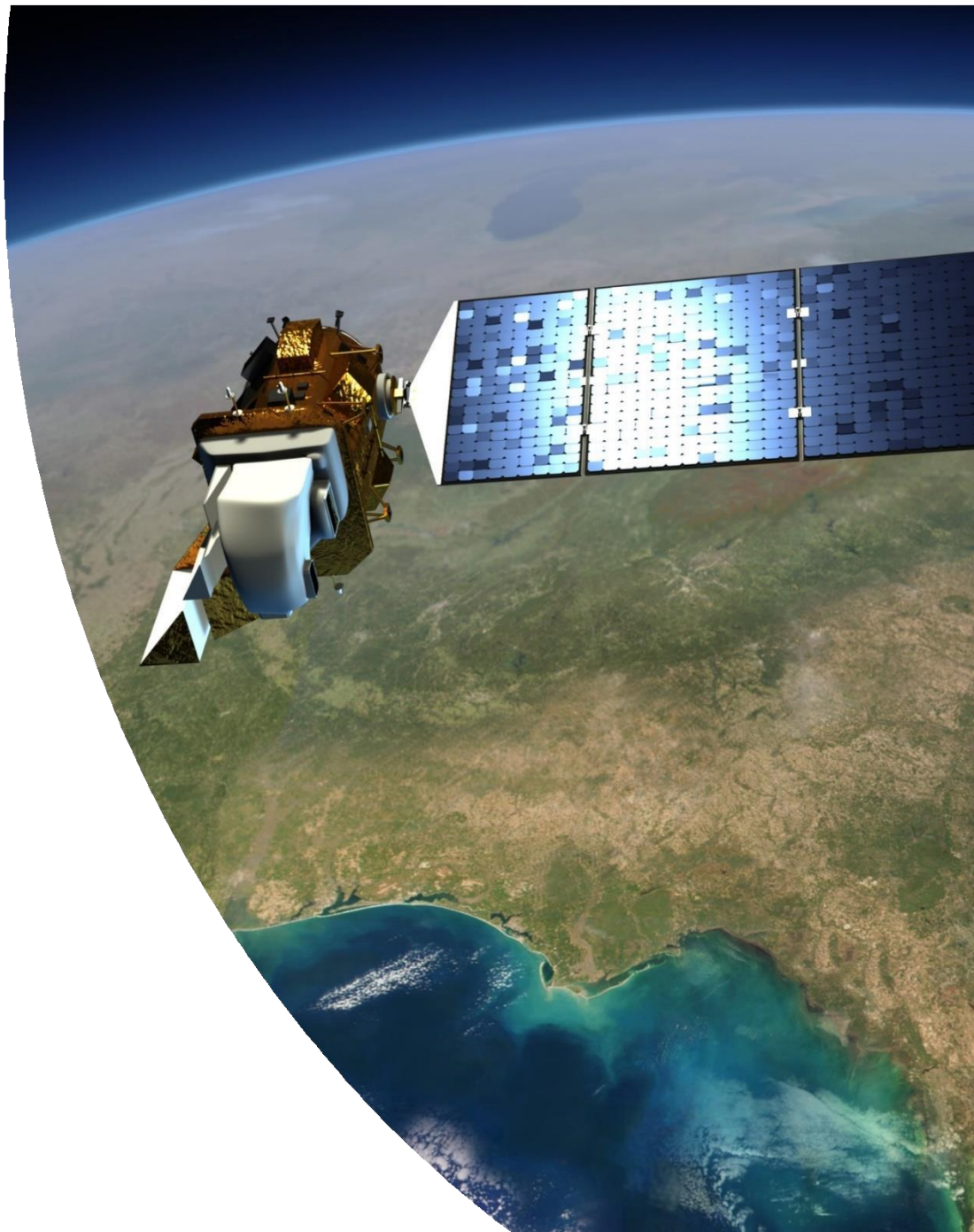


Globálne navigačné satelitné systémy

PREDNÁŠKA 5

Mgr. Katarína Onačillová, PhD.



1. GLONASS

- Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti
- Aplikácie

2. NAVSTAR GPS a GLONASS - porovnanie

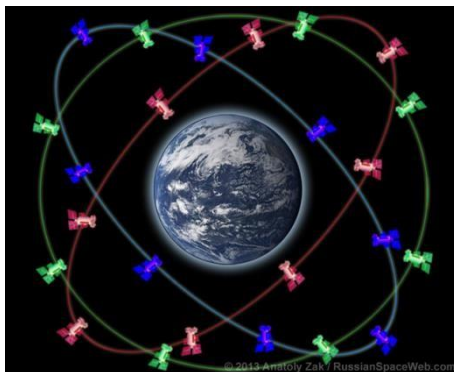
GNSS

GLONASS



Кapитoла 1

GLONASS



GNSS

GLONASS – Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti



GLONASS: Základné pojmy a štruktúra



- **GLONASS** (глобальная НАвигационная Спутниковая Система / GLObalnaja NAvigacionnaja Sputnikovaja Sistema) je **ruský** satelitný (družicový) navigačný systém.
- **GLONASS** rovnako ako NAVSTAR GPS umožňuje určovanie **3D polohy**, rýchlosti a času, t.j. **navigácie** kdekoľvek a kedykoľvek na Zemi.
- **GLONASS** je **globálny navigačný systém**, založený na podobnom princípe ako NAVSTAR GPS. Vyvíja ho Rusko, aby získalo nezávislosť práve na americkom GPS.
- **GLONASS** je spravovaný Ministerstvom obrany Ruskej federácie (MO RF), konkrétne pod novovytvorený rezort MO RF – **Vzdušno-kozmičné sily** (VKS*) a je k dispozícii aj pre civilných užívateľov.



Vzdušno-kozmičné sily (VKS) RF



Vzdušná a kozmická obrana (VKO) RF



Vojenské vzdušné sily (VVS) RF

*Vzdušno-kozmičné sily (VKS) RF vznikli v decembri 2015 spojením Vzdušnej a kozmickej obrany (VKO) a Vojenských vzdušných síl (VVS) RF.

GLONASS: Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti / ŠTRUKTÚRA**➤ Štruktúra GLONASS**

➤ GLONASS sa skladá z troch častí (segmentov, subsystémov):

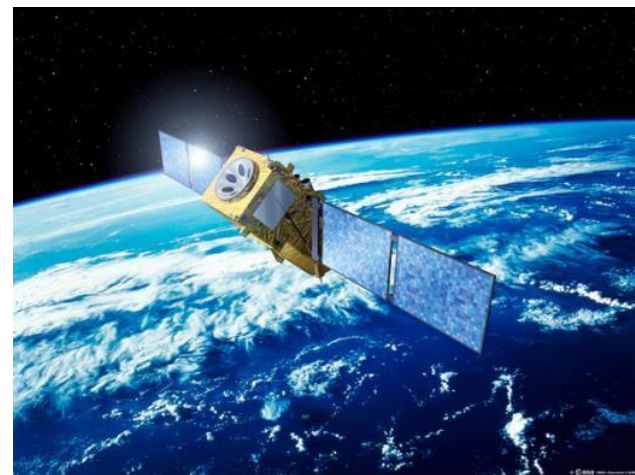
1. **Vesmírny (kozmicový) segment**
2. **Pozemný riadiaci segment**
3. **Užívateľský segment**





1. VESMÍRNY (KOZMICKÝ) SEGMENT

- Nosným prvkom systému je **24 satelitov** krúžiacich nad povrchom Zeme na **troch orbitálnych dráhach** so sklonom **64,8°** k rovníku a výškou **19 100 km**.
- Pri aktivácii jestvujúcich **18 satelitov** na obežnej dráhe, systém GLONASS zabezpečuje plnú navigačnú dostupnosť na celom území Ruska so 100 %-ným pokrytím. Na ostatných častiach Zeme pri tomto pokrytí je možná dostupnosť polovičná.
- Plná dostupnosť na celej Zemi je s **21 satelitmi aktívnymi a 3 záložnými**.
- Satelity obiehajú po kruhových dráhach (orbitách) vo výške **19 100 km** s obežnou dobou **11 hodín a 15 minút**.
- Takéto usporiadanie satelitov zaisťuje viditeľnosť minimálne **šiestich satelitov** a maximálne **jedenásť satelitov** kdekoľvek na zemskom povrchu.





➤ Vypustenia satelitov

- Satelity systému GLONASS sú vynášané na orbity z kozmodrómu **Bajkonur** (Kazachstan).
- Prvé satelity GLONASS (**Uragan**) boli na obežnú dráhu vynesené r. **1982** ako blok 1.
- Doposiaľ bolo vynesených celkom **73 satelitov v 27 blokoch**.
- V rámci 2. a 7. bloku boli vynášané vždy dva satelity, počínajúc 8. blokom vždy tri satelity.

GLONASS-K - navigačný satelitný model.



GLONASS: Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti / VESMÍRNY SEGMENT

Blok (životnost#)	Období	Vypuštěno	Ve službě	Signály [§]
Uragan(1)	1982–1985	10	0	3+0
UraganA(1)	1985–1986	6	0	3+0
UraganB(2)	1987–1988	6+6 ¹	0	3+0
UraganV(3)	1988–2005	59	0	3+0
GLONASS-M(7)	2001–2017	38+6 ¹ +8 ²	23+3 ³	4+0
GLONASS-K1(10)	2011–2020	2+11 ²	0+2 ³	4+1
GLONASS-K2(10)	2017+	0+3 ²	0	4+5
GLONASS-KM(?)	?	?	?	0
Celkem		121+12¹+32²	23+5³	

¹Ztracen při startu nebo selhalo oživení

²V přípravě

³Zavádění do provozu, testy nebo v záloze, údržbě

[§] Frekvenční + kódová modulace

Plánovaná životnost v letech

(Poslední změna: 10. února 2016)

Počet satelitov GLONASS.

GLONASS: Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti / VESMÍRNY SEGMENT

- Sankcie ovplyvnili oneskorenie ruského **GLONASS-K2** Programu

December 17, 2014 by GPS World staff

- **Druhá raketa GLONASS-K1** pred štartom
- Podľa výrobcu GLONASS družíc, spoločnosť vyhotoví ďalej 9 **GLONASS-K1** družíc radšej ako by mala vyhotoviť družice **GLONASS-K2**, pretože kvôli sankciám je obmedzený dovoz elektronických komponentov odolných voči žiareniu zo Západu (sankcie ako reakcia na anexiu Krymu)



Druhá raketa GLONASS-K1 pripravená na vypustenie

GNSS

GLONASS – Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti



GLONASS: Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti / VESMÍRNY SEGMENT



satelit GLONASS-M



Sateility Uragan



- Manévrovacia schopnosť satelitov **GLONASS** v porovnaní so satelitmi **GPS** je nesmierne vysoká.
- Oficiálne **GLONASS** bol uvedený do plnej operačnej schopnosti (FOC - Full Operational Capability) **24. sept. 1993** dekrétom prezidenta RF.
- Satelity **GLONASS-M** sú používané v systéme **GNSS**.

GLONASS: Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti / RIADIACI SEGMENT

2. POZEMNÝ RIADIACI SEGMENT

- Pozemný riadiaci segment **GLONASS** je kompletne situovaný v **RF** a **Kazachstane** (patriaci do ZSSR až do jeho rozpadu).
- **Riadiaci a kontrolný segment:**
 1. **riadiace stredisko** – Krasnoznamensk (neďaleko Moskvy)
 2. **tri rozšírené stanice** – Šelmovo, Jenisejsk, Konsomolsk na Amure
 3. **päť povelových staníc** – Petrohrad, Ussurijsk, Šelmovo, Jenisejsk, Konsomolsk na Amure
 4. **desať monitorovacích staníc** - Murmansk, Vorkuta, Jakutsk, Ulan-Ude, Nurek, Zelenčuk, Šelmovo, Jenisejsk, Konsomolsk na Amure
- *Pozemný segment sa takmer celý nachádza na území Ruskej federácie, z čoho vyplýva časové obmedzenie, kedy môže byť monitorovaný kozmický segment.*



GLONASS: Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti / RIADIACI SEGMENT

- **Pozemné stanice GLONASS** obdobne ako u GPS nepretržite monitorujú signály všetkých viditeľných satelitov.
 - Uskutočňujú **laserové merania vzdialeností** medzi stanicami a satelitmi (každý satelit je pre tieto účely vybavený laserovými odrážačmi, čo je odlišnosť od GPS).
 - Získané dáta prenášajú do **hlavného riadiaceho centra v Krasnoznamenisku pri Moskve**.
 - Takto usporiadaný pozemný riadiaci a kontrolný segment GLONASS (nerozložený rovnomerne po celom obvode zemegule ako je to u GPS) je istou **nevýhodou**, pretože každý satelit je zhruba **16 hodín** denne **mimo dosahu kontrolného a riadiaceho segmentu**.
 - Tým je sťažené monitorovanie stavu satelitov a **znížená je i presnosť určovania efemeríd**.
 - Preto sa u budúcich generácií satelitov GLONASS plánuje, že satelity budú schopné **vzájomne komunikovať a zároveň aj monitorovať sa**, čo umožní zaistiť kontrolu integrity systému i počas doby, kedy sú satelity mimo priameho dosahu pozemného riadiaceho komplexu.



3. UŽÍVATEĽSKÝ SEGMENT

- **Užívateľský segment** je tvorený prístrojmi (prijímačmi GLONASS) ich užívateľmi a meracími postupmi.
- Vzhľadom k tomu, že budúcnosť GLONASS je nejasná, je počet dostupných prijímačov GLONASS veľmi obmedzená a počet výrobcov sa počíta rádovo na niekoľko jedincov.
- I napriek skutočnosti, že súčasné prijímače **GNSS** prijímajú signály zo satelitov **GPS** a **GLONASS**, po prípadnom **zániku GLONASS** tieto prijímače budú pracovať na základe príjmu signálov od GPS a v blízkej budúcnosti aj od **Galileo** prípadne aj **COMPASS**.



➤ Činnosť GLONASS

➤ *Satelitný navigačný systém GLONASS nepretržite vysiela navigačné signály dvoch typov:*

1. Navigačný signál štandardnej presnosti (стандартной точности - ST) v prenosovom pásme **L1** (frekvencia 1,6 GHz), táto informácia je dostupná všetkým používateľom na miestnej aj svetovej úrovni a zabezpečuje pri prevádzke prijímačov systému GLONASS možnosti prijímania:

- horizontálne súradnice s presnosťou **50-70 m** (pravdepodobnosť 99,7%);
- vertikálnych súradníc s presnosťou **70 m** (pravdepodobnosť 99,7%);
- výpočet vektoru rýchlosti s presnosťou **0,15 m/s** (pravdepodobnosť 99,7%)
- časového signálu s presnosťou **0,7 μs** (pravdepodobnosť 99,7%).

Tieto presnosti je prirodzene možno zlepšiť použitím diferenciálnej metódy merania súradníc alebo doplnením špeciálnymi metódami merania polohy v priestore.

2. Navigačný signál vysokej presnosti (высокой точности – VT*) v prenosovom pásme **L1** a **L2** (frekvencia 1,2GHz).

* Navigačný signál VT je hlavne určený pre potreby Ministerstva obrany ruskej federácie a jeho neobmedzovaná prevádzka nie je v súčasnosti uvoľnená. Uvoľnenia signálu VT pre oblasť civilného využitia je v súčasnosti v štádiu rokovaní.

GLONASS: Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti / GLONASST

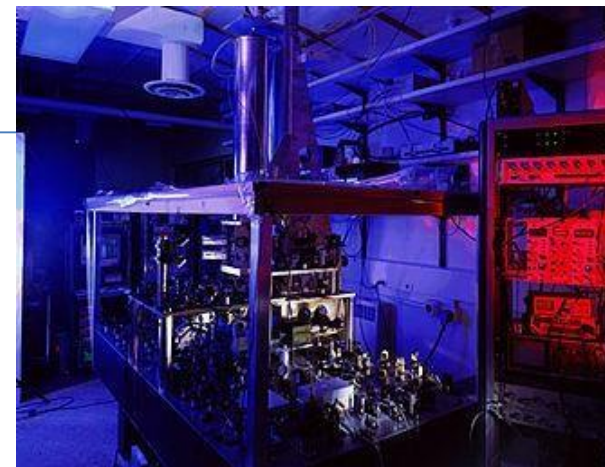


➤ Systémový čas GLONASS

- Satelity GLONASS sú vybavené céziovými atómovými hodinami, ktorých denná chyba neprekračuje $5 \cdot 10^{-13}$ s.
- Táto stabilita umožňuje zaistiť synchronizáciu so **systémovým časom GLONASS**.
- **Systémový čas GLONASS (GLONASS Time, GLONASST)** je generovaný centrálnou synchronizačnou jednotkou realizovanou vodíkovými atómovými hodinami, ktorých denná chyba nepresahuje $5 \cdot 10^{-13}$ s.
- Na rozdiel od GPS je do systémového času GLONASS zavedený mechanizmus prestupných sekúnd, čo znamená, že tu nevzniká časový posun o celé sekundy*.
- GLONASST a UTC: $GLONASST = UTC + 3$ hod.

**Tieto opatrenia zo začiatku komplikovali prevádzku GLONASS. Napr. 3 prestupné sekundy zavedené k dátumu 31.12.1995, 30.6.1990 a 30.6.1993 viedli vždy ku vzniku problémov, ktoré spôsobili následné vyradenie systému z prevádzky na 3 minúty.*

Atómové céziové hodiny, tiež nazývané céziová fontána.



➤ Súradnicový systém

- Polohy satelitov GLONASS sú udávané v geocentrickom referenčnom systéme **PZ 90** (z rus. *Paremtri Zemli 1990*).
- Parametre transformácie medzi súrad. systémom PZ-90 a WGS-84 doposiaľ **neboli definitívne určené**.
- Z experimentálnych meraní bolo zistené, že súradnice určovaných bodov v oboch systémoch (WGS 84 a PZ 90) sa od seba nelíšia viac než **15 m** (v priemere 5 m). Rotácia osí **z** oboch súrad. systémov navzájom je okolo **0,4"** a posun počiatkov je o **2,5 m** pozdĺž osi **y**.



- Princíp určenia polohy (lokalizácie) a navigácie u GLONASS je analogický s americkým systémom GPS:
- GLONASS meria **pseudovzdialenosti** medzi prijímačom GLONASS a okamžitou polohou satelitu.
- Spôsob tohto merania **pseudovzdialeností**:
 1. meranie pseudovzdialeností pomocou pseudonáhodných kódov (kódové, resp. časové merania)
 2. meranie pseudovzdialeností pomocou fázy nosnej vlny a meranie rozdielov fáz (fázové merania)

NAVIGÁCIA

Presná LOKALIZÁCIA

GLONASS: Štruktúra, princíp činnosti, zásady a osobitosti / VYUŽITIE

➤ Civilné využitie GLONASS:

- v GNSS (GPS + GLONASS)
- **SKPOS** (*Slovenská priestorová observačná služba*): poskytovanie korekcií pre diferenčné merania (fázové merania), t.j. referenčné stanice pre **GNSS**.
- Všetky novodobé **GNSS** prijímače sú konštrukčne stavané na príjem signálov od družíc **GPS** a **GLONASS** s perspektívou prijímania signálov od družíc **Galileo**.

SKPOS® Slovenská priestorová observačná služba

Slovenská priestorová observačná služba (SKPOS®) je multifunkčný nástroj na presné určovanie polohy objektov a javov pomocou globálnych navigačných družicových systémov (ďalej GNSS). Služba umožňuje používateľom pracovať on-line alebo dodatočne v záväzných geodetických referenčných systémoch ETRS89 a S-JTSK (v realizácii JTSK03). SKPOS® pozostáva zo siete permanentných referenčných staníc GNSS pripojených pomocou privátnej virtuálnej siete do Národného servisného centra nachádzajúceho sa na Geodetickom a kartografickom ústave v Bratislave. Národné servisné centrum je vybavené riadiacim softvérom služby, ktorý spravuje namerané družicové observácie zo siete permanentných referenčných staníc a zároveň generuje tzv. sieťové korekcie pre používateľov využívajúcich službu v reálnom čase a údaje slúžiace na dodatočné spracovanie pre používateľov vybavených postprocesingovým softvérom.

GNSS

GPS vs GLONASS – Porovnanie



Kapitola 2

NAVSTAR GPS a GLONASS porovnanie



GLONASS: NAVSTAR GPS a GLONASS / POROVNANIE



- **Hlavný rozdiel medzi GPS a GLONASS** je v tom, že satelity GLONASS nemajú **dráhovú (orbitálnu) rezonanciu*** s rotáciou Zeme, čo im poskytuje **vysokú stabilitu**.
- To znamená, že satelity nevyžadujú žiadne dodatočné korekcie v priebehu celého aktívneho života.
 - Naopak nevýhodou ruského systému je výrazne kratšia životnosť satelitov.



***Dráhová rezonancia** (iné názvy: orbitálna rezonancia, Laplaceova rezonancia alebo komenzurabilita) je vlastnosť pohybu dvoch telies v slnečnej sústave, pri ktorej sú ich obežné doby v pomere malých celých čísel. V takom prípade nastávajú medzi telesami gravitačné väzby (rezonancie), ktoré ovplyvňujú stabilitu tohto usporiadania. Obežné dráhy, po ktorých sa tieto telesá pohybujú, nazývame komensurabilné.

GNSS

GPS vs GLONASS – Porovnanie

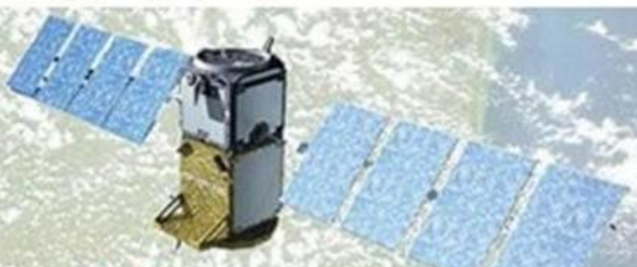


GLONASS: NAVSTAR GPS α GLONASS / POROVNANIE



The image shows the orbit and constellation of GLONASS (left) and GPS (right).

GLONASS vs. GPS

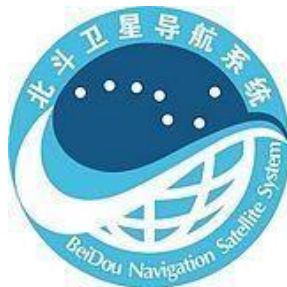
	
GLONASS	GPS
24 družic	24 družic
3 záložní družice	3 záložní družice
19.100 km výška	20.000 km výška
11 h. 15 min. doba oběhu	11 h. 58 min. doba oběhu
3-5 let životnost 1 družice	7,5 let životnost 1 družice
1,4 tuny hmotnost družice	?? tuny hmotnost družice
30m přesnost	3m přesnost
celosvětové pokrytí	celosvětové pokrytí
Řízení systému:	Řízení systému:
Ministerstvo obrany Ruska	Ministerstvo obrany USA

GNSS

GNSS – SÚČASNÉ BUDOVANÉ SYSTÉMY



GNSS SÚČASNÉ BUDOVANÉ SYSTÉMY



GNSS – Globálne navigačné satelitné systémy

- Éra **GNSS** začala niekedy začiatkom 70-tych rokov 20. stor. budovaním prvých globálnych navigačných družicových (satelitných) systémov:

- **NAVSTAR GPS*** (USA) 1973
- **GLONASS**** (ZSSR dnes RF) 1976

} minulosť

- Na prelome tisícročia bolo začaté budovanie ďalších dvoch systémov:

- **Compass** (Čína) 2000
/ predtým **BeiDou** (Čína) 1997
- **Galileo** (EÚ) 2001

} budúcnosť



***NAVSTAR GPS**: **NAV**igation **S**ystem for (with) **T**iming **A**nd **R**anging - **G**lobal **P**ositioning **S**ystem (Navigačný systém pre časovanie a mapovanie).

****GLONASS**: ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система = Globálny navigačný satelitný systém.

GNSS

GALILEO - Štruktúra, princíp činnosti, zásady

a osobitosti



GALILEO



GALILEO – Základné pojmy a dáta

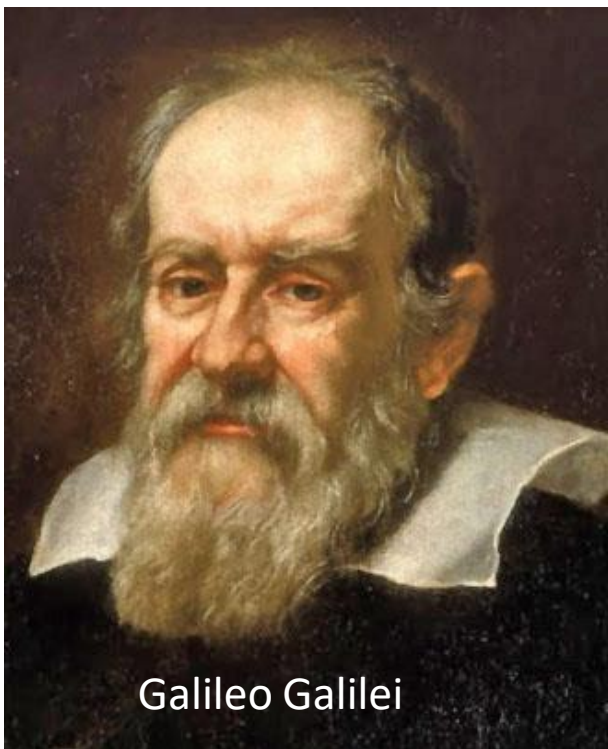
➤ Galileo (Európsky systém satelitnej navigácie)

- **NAVSTAR GPS** a **GLONASS** sú systémy financované a kontrolované vojenskými zložkami → obava o „odstavenie“ civilných používateľov od ich používania
- **EÚ** sa preto rozhodla budovať svoj vlastný globálny satelitný navigačný systém, ktorý by vlastnil, spravoval a financoval výlučne **civilný sektor EÚ**, t.j. **Európska komisia** (ďalej len „**Komisia**“).
- **Komisia** po prvý raz predstavila svoje plány na vybudovanie európskeho systému satelitnej navigácie **Galileo** **10. februára 1999**. Predpokladala rozvoj projektu v 4 fázach a zmiešanú formu financovania
- **Galileo** bude systémom pozostávajúcim z **30 satelitov** a na rozdiel od svojich náprotivkov z USA a Ruska bude navrhnutý špeciálne na **civilné a komerčné účely**. Rovnako bude riadený a kontrolovaný **civilným manažmentom**.



GALILEO – Základné pojmy a dáta

➤ **Galileo** je pomenovaný podľa známeho stredovekého vedca **Galileo Galilei**, ktorý ako prvý na svete navrhoval pre námorníkov v stredoveku navigáciu podľa nebeských telies (astronomická navigácia).



Galileo Galilei

Galileo Galilei (* 15. február 1564, Pisa, Taliansko – † 8. január 1642, Arcetri, Taliansko) bol taliansky filozof, fyzik, astronóm, matematik obdobia renesancie, jeden zo zakladateľov súčasnej experimentálno-teoretickej prírodovedy.

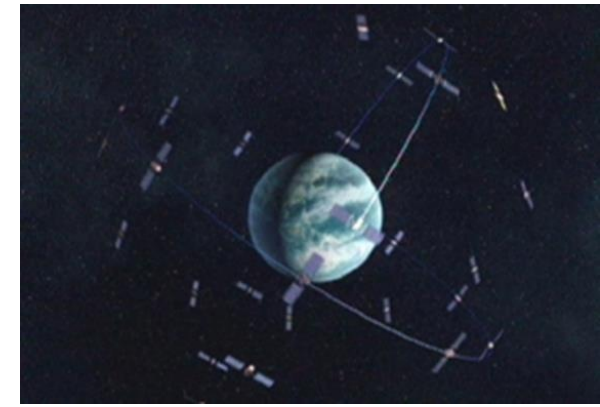
Je mu pripisované autorstvo výroku „Eppur si muove!“ A predsa sa točí! (Zem sa krúti okolo svojej osi).

Galileiho hrob v bazilike Santa Croce vo Florencii.



GALILEO – Základné pojmy a dáta

- **Galileo** je založený na plánovanom umiestnení **30 satelitov** nad zemskú atmosféru. Popri tom budú súčasťou systému aj dodatočné pozemské stanice.
- Technológia umožní zistiť aktuálnu geografickú polohu mnohým užívateľom, najmä v sektorech **dopravy** (lokalizácia vozidiel, vyhľadávanie cestných spojení, kontrola rýchlosti, navigácia v priestore a pod.), **sociálnych služieb** (sprostredkovanie pomoci starým alebo postihnutým), **systéme spravodlivosti a colných služieb** (vyhľadávanie podozrivých, kontrola a monitoring hraníc) a vo **verejnej sfére** (geografické informačné systémy, geodézia, stavebníctvo, pôdohospodárstvo, lesné a vodné hosp., atď.).
- **Galileo** by mal rovnako pomôcť pátracím a záchranným službám a taktiež bežným užívateľom pri ich voľnočasových aktivitách (turistika, skialpinizmus a pod.).
- Nateraz sa neplánuje s **vojenským využívaním Galilea**, aj keď zrejme nájde využitie aj v inštitúciách zodpovedajúcich za európsku bezpečnosť a obranu. Satelitná navigácia Galileo môže napríklad pomôcť pri lokalizácii nášľapných mín alebo raketových striel.
- Signál **Galilea** sa dostane aj do najvzdialenejších regiónov EÚ a taktiež do celého sveta.
- Po dobudovaní **Galileo** bude patriť do **GNSS**.



➤ Infraštruktúra systému Galileo

- V decembri 2005 bolo rozhodnuté, že **administratívne centrum Galilea** sa bude nachádzať v **Prahe**, zatiaľ čo jeho **operačné riaditeľstvo** bude sídliť v **Londýne**.
- EÚ a USA podpísali v **júni 2004** dohodu o zabezpečení kompatibility medzi oboma konkurujúcimi si navigačnými systémami (**GPS a Galileo**).
- Dohoda znamená, že obe strany súhlasili so spoločnými štandardmi pre americký GPS a európsky Galileo, ktorý je momentálne v štádiu vývoja.

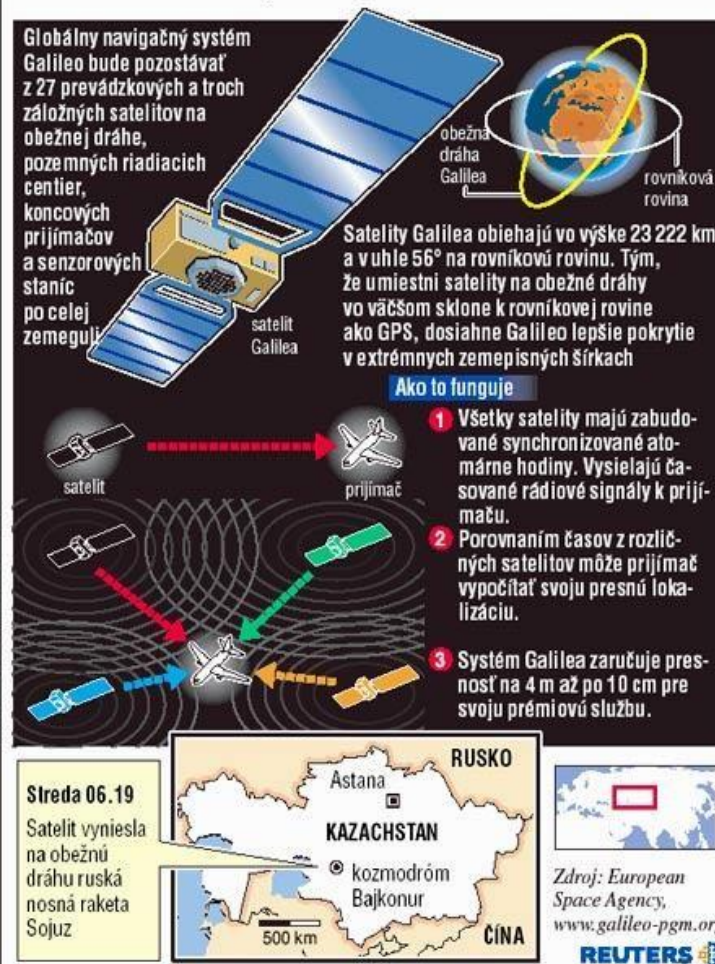


GALILEO – Základné pojmy a dáta / Harmonogram

- Vypustenie prvého skúšobného (testovacieho) satelitu systému **Galileo** sa konalo v r. 2005.
- Dňa **28. decembra 2005** bol do vesmíru vyslaný prvý technologický navigačný satelit pre testovanie vesmírneho segmentu tohto systému, pomenovaný **GIOVE-A** (*Galileo In-Orbit Validation Element*).
- Vyniesla ho z kazašského kozmodrómu **Bajkonur** ruská raketa Sojuz-FG/Fregat.
- Satelit **GIOVE-A**, vážiaci 600 kg, bol vyslaný na **23 222 km** vzdialenú obežnú dráhu okolo Zeme.

NAVIGAČNÝ SYSTÉM GALILEO

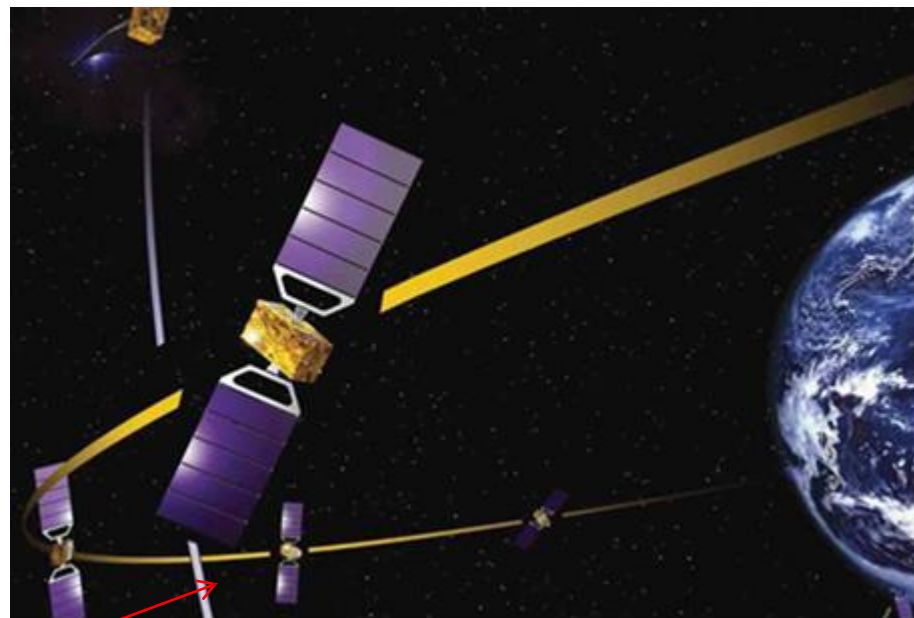
Európa vyslala do vesmíru prvý satelit, ktorý je začiatkom budovania navigačného systému Galileo. Ten by mal fungovať v roku 2010



GALILEO – Harmonogram



- **27. apríla 2008** bol vypustený na obežnú dráhu druhý experimentálny satelit **GIOVE-B**.
- Podľa ESA nesie satelit **GIOVE-B** zatiaľ najpresnejšie atómové hodiny použité vo vesmíre.
- Podobne ako satelit **GIOVE-A** aj **GIOVE-B** bol vypustený z kozmodrómu **Bajkonur** v Kazachstane.



Satelity GIOVE-A a GIOVE-B systému Galileo.

GALILEO – Harmonogram

- Podľa pôvodného projektu prvé štyri operačné satelity prevádzkovej konštelácie systému **Galileo** mali byť vypustené v **r. 2008**.
- V skutočnosti sa tak nestalo. Systém **Galileo** v **r. 2009** začal naberať ekonomické problémy. Ešte koncom **r. 2009** vyšla správa SITA/AFP, že prvé štyri operačné satelity z celkového počtu tridsať by mali byť ruskými raketami typu Sojuz (menom Protón K/M) vynesené na obežnú dráhu v prvom kvartáli **r. 2010**.
- Súkromné konzorcium potom malo rozmiestniť celú konšteláciu satelitov prostredníctvom služieb Verejno-súkromnej partnerskej zmluvy. Tieto služby mali byť sprístupnené v **r. 2010**.



GALILEO – Správy

**Zpráva o prvních úkonech nových satelitů Galileo ve vesmíru****5.11.2012**

Zpráva o prvních úkonech nových satelitů Galileo ve vesmíru Týden po startu z evropského kosmodromu v Kourou (Francouzská Guayana) dokončily dva nejnovější satelity systému Galileo fázi LEOP (Launch and Early Orbit Phase; vypuštění a počáteční činnost ve vesmíru). Stalo se tak 19. a 20. října.

Francúzska Guyana (-normovaný názov) (po francúzsky Guyane (française)), staršie Zámorský departmán Francúzskej Guyany, je francúzske územie - zámorský departement (DOM) a zámorský región (ROM) - v Južnej Amerike.

➤ **Satelity systému Galileo** (všetky okrem testovacích satelitov GIOVE-A a GIOVE-B) sú vypúšťané do vesmíru z európskeho kozmodrómu v **Kourou (Francúzska Guayana)**.

GNSS

GALILEO - Štruktúra, princíp činnosti, zásady



GALILEO – Správy



TREND.sk

Galileo zabľúdil

24.08.2014 | [ČTK](#)

- ❑ **Dva *satelity*** európskeho navigačného systému **Galileo**, ktoré v piatok vyniesla do vesmíru ruská raketa Sojuz, nedosiahli predpokladané obežné dráhy. Oznámila to dnes agentúra AFP s odvolaním sa na spoločnosť Arianespace, ktorá má let na starosti.

GALILEO – Harmonogram

- Tab. predkladá odsúhlasený harmonogram programu **Galileo**, ktorý bol aktualizovaný ešte v **júni 2006**.
- Vzhľadom na začínajúcu celosvetovú hospodársku krízu od r. **2009** z tohto uvedeného plánu sa realizovala len malá projektová časť.

Fáza	Aktivity	Financovanie
Fáza rozvoja a validácie. Pokračuje až do začiatku roka 2009.	Fáza výskumu: vývoj družíc a základných systémových komponentov. Validácia obežných dráh družíc.	1,5 mld. eur. 50% z rozpočtu EÚ a 50 % z rozpočtu ESA.
Fáza inštalácie (2009 - 2011).	Výroba a vypustenie družíc, ich rozmiestnenie vo vesmíre a nastavenie. Nastavenie iných systémových komponentov.	2,1 mld. eur. 1/3 by mala pochádzať z rozpočtu EÚ, zvyšné 2/3 zo súkromného sektora (teda ako sa pôvodne plánovalo od roku 2003).
Fáza komerčnej prevádzky Galilea (od roku 2014).	Komerčná prevádzka a využitie kompletného systému.	Projekt by mal byť ziskový, preto by nemali byť potrebné žiadne ďalšie dotácie.

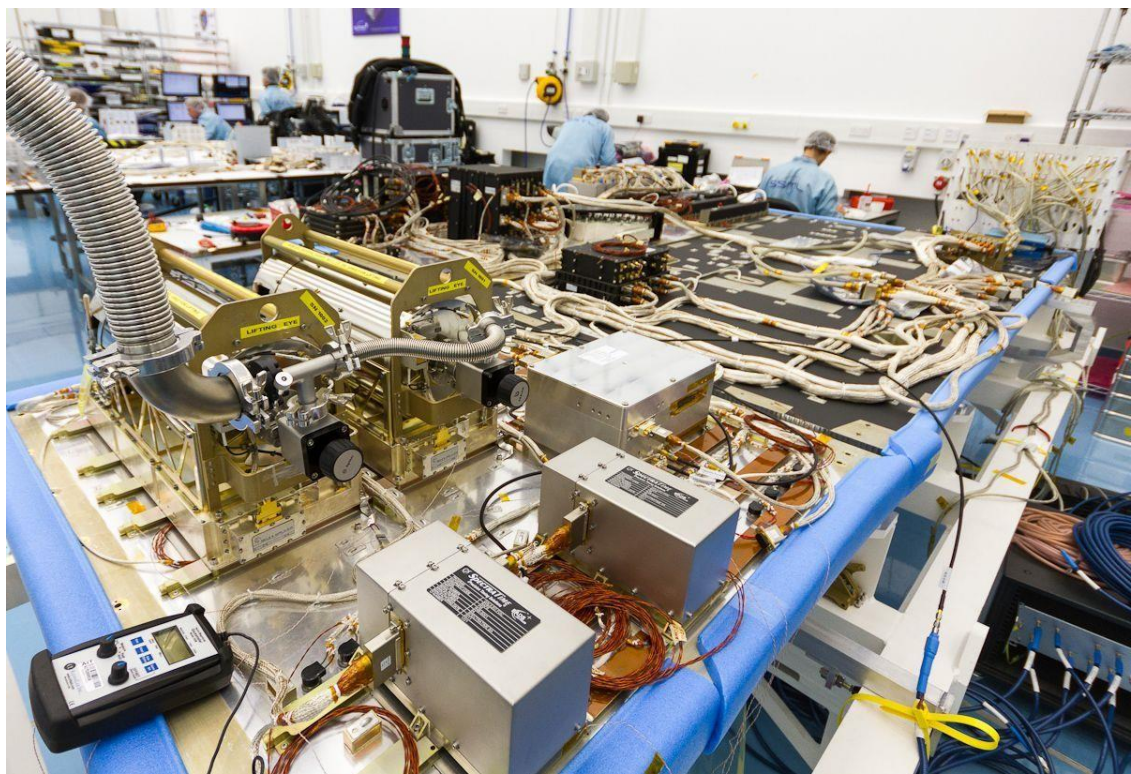
- V druhej polovici r. **2011** boli vypustené prvé **dva satelity**.
- Na **jeseň 2012** sa k nim pridali ďalšie **dva satelity**.
- Ďalšie satelity sa na obežnú dráhu dostali až v r. **2015**.
- Správa o počte satelitov (**10**) systému **Galileo** je zo **septembra 2015**.
- Komerčná prevádzka **Galilea** s **18 satelitmi** od **polovice decembra 2016** (prvotné služby, slabý signál)
- Dokončenie celého projektu **Galileo** s **30 satelitmi** sa očakávala koncom r. **2019**, **2022**...

GALILEO – 2016 / 18 satelitov a technické problémy

- **Galileo** začal oficiálne fungovať **v polovici decembra 2016**.
- Na obežnej dráhe je 18 satelitov - *EOC (Early Operational Capability)*.
- Jedná sa o komerčnú, obmedzenú sféru využívania systému **Galileo**.
- Presnosť **mala byť** najväčšou konkurenčnou výhodou oproti iným satelitným systémom, najmä americkému GPS.
- S presnosťou sú však problémy: ***Problematické hodiny***.



Montáž atómových hodín do satelitu Galileo.



GALILEO – 2016 / 18 satelitov a technické problémy



➤ *Problematické hodiny.*

- 10 satelitom začínajú zlyhávať superpresné atómové hodiny. Pre fungujúcu navigáciu s vysokou polohovou presnosťou sú bezpodmienečne nutné absolútne presný čas, keď signál opustil satelit.
- Na každom satelite sú až **4 atómové hodiny** – **2 rubídiové** a **2 vodíkové masery**, kt. majú ešte vyššiu presnosť než vodíkové hodiny. Počet hodín 4 je z dôvodu zálohy a snahe minimalizovať možnú odchýlku času. Presné vodíkové masery sú tak presné, že odchýlku 1 sek. Dosiahnu za 3 milióny rokov.
- V priebehu dvoch rokov sa pokazilo spolu až desatoro hodín. Na satelitoch Galileo majú problém oba typy hodín.
- V **r. 2017** boli vypustené ďalšie **4 satelity**, v júli 2018 bolo na obežnej dráhe **24 satelitov**, do **decembra 2019** má mať Galileo plnú operačnú schopnosť s **30 satelitmi**.



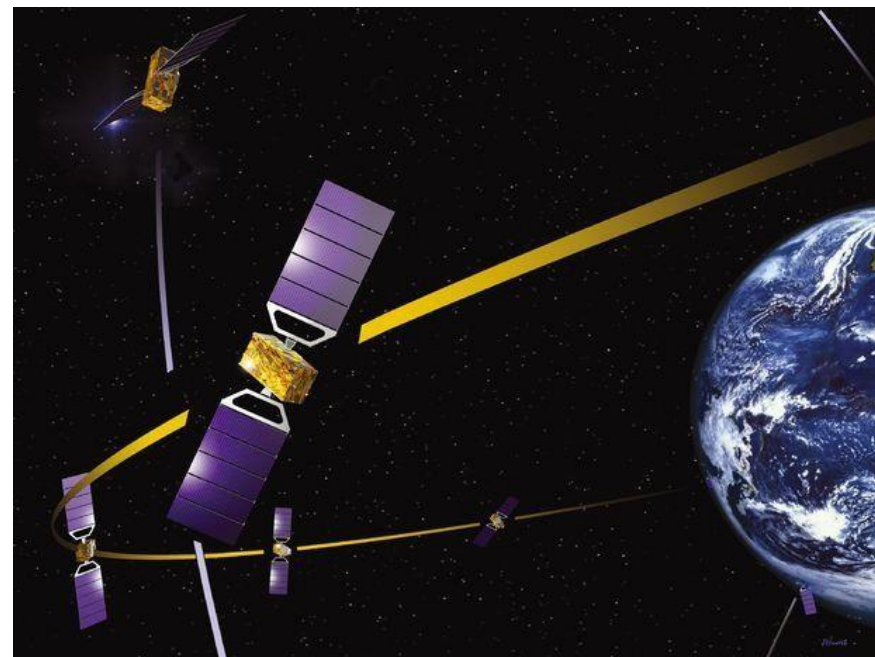
Štvorica satelitov Galileo pripravených v rakete.

Tri termíny dokončenia budovania systému **Galileo**:

1. 2009 *nesplnené*
2. 2014 *nesplnené*
3. 2016 *komerčná prevádzka - s tech. problémami (18 satelitov)*
4. 2019 *plná prevádzka 30 satelitov???*

Galileo a zaujímavosti aj pre deti:

- ❖ *Satelity systému Galileo sú pomenúvané podľa mien detí, ktoré vyhrali a budú vyhrávať národné časti detskej maliarskej súťaže komisie: „Galileo – navigácia očami detí“.*
- ❖ *Dvojica satelitov (2011) sa nazýva Doresa a Milena, po deťoch z Nemecka a z Estónska, ktoré vyhrali národnú časť detskej súťaže Európskej komisie o najkrajšie obrázky systému Galileo.*
- ❖ *Od októbra 2012 je na obežnej dráhe satelit David, ktorá je pomenovaná po českom výhercovi a satelit Samuel pomenovaný po slovenskom výhercovi Samkovi 12 r. z Prievidze.*



GALILEO – Štruktúra

➤ Segmenty systému Galileo:

- *Vesmírny segment*
- *Pozemný segment*



- ❑ **Vesmírny segment systému Galileo** bude tvorený **30-timi satelitmi v 3 obežných dráhach so sklonom 56° k rovine rovníka**. Každá rovina bude obsahovať **9 aktívnych satelitov**, ktoré budú v obežnej rovine (dráhe) rovnomerne rozdelené po **40°** a **1 neaktívny (náhradný/záložný) satelit**, ktorý nahradí ktorýkoľvek aktívny satelit v tejto obežnej dráhe v prípade jeho zlyhania.
- Výška obežnej dráhy satelitov **23 222 km** bude mať tú vlastnosť, že vždy **po desiatich dňoch** sa opakuje rovnaké rozmiestnenie satelitov okolo Zeme. V priebehu týchto desiatich dní každý satelit obehne sedemnásťkrát Zem.
- Výška obežnej dráhy satelitov bola zvolená tak, aby sa čo najviac eliminovali vplyvy poruchového tiažového poľa Zeme. Verí sa, že po začiatkovej optimalizácii obežnej dráhy nebude po celú dobu životnosti satelitu treba žiadnych usmerňovacích manévrov. Zvolená výška obežnej dráhy taktiež zaisťuje vysokú viditeľnosť satelitov.

GALILEO – Pozemný segment

❑ Pozemný segment systému Galileo

- Jadrom pozemného segmentu budú **dve riadiace centrá**. Každé riadiace centrum sa bude starať o kontrolné a riadiace funkcie, podporované špecializovaným pozemným kontrolným systémom **GCS (Ground Control Segment)**, ďalej o „letové“ funkcie, podporované špecializovaným pozemným „letovým“ segmentom **GMS (Ground Mission Segment)**.
- **GCS** sa bude zaoberať údržbou polohy satelitov, kým **GMS** bude mať na starosť kontrolu navigačnej funkcie celého navigačného systému Galileo.
- **GCS** bude využívať globálnu sieť **piatich TT&C (Tracing, Telemetry and Command)** staníc ku komunikácii s každým satelitom a to podľa schémy kombinujúcej pravidelné a plánované kontakty spolu s dlhotrvajúcimi testami a náhodnými kontaktmi.



Antény TT&C (Tracing, Telemetry and Command) staníc.

GALILEO – Pozemný segment

- **GMS** bude využívať globálnu sieť **tridsiatich snímacích staníc Galileo - GSS (Galileo Sensor Stations)** pre kontinuálne monitorovanie navigačných signálov všetkých satelitov.
- Toto monitorovanie bude umožnené taktiež vďaka komunikačným sieťam, používajúcich komerčné satelity a káblové spoje, v ktorých bude každé vedenie pre istotu zdvojené.
- Hlavným prvkom **GMS** bude referenčný prijímač.



- ❖ Z rozhodnutia Komisie v **decembri 2009** sa **Praha** stala administratívnym sídlom európskej agentúry **GSA (Galileo Supervising Authority)** pre Galileo.
- ❖ Poslaním GSA bude zaisťovať prevádzku európskeho navigačného satelitného systému Galileo.
- ❖ Túto významnú prestíž v novom budovanom navigačnom satelitnom systéme Galileo Česká republika získala prednosť pred dvoma silnými kandidátmi, akými boli Malta a Slovinsko.

➤ Aplikácia Galilea a obchodné možnosti

❑ V oblasti dopravy sa očakáva možné zlepšenie konkrétnych problematických bodov:

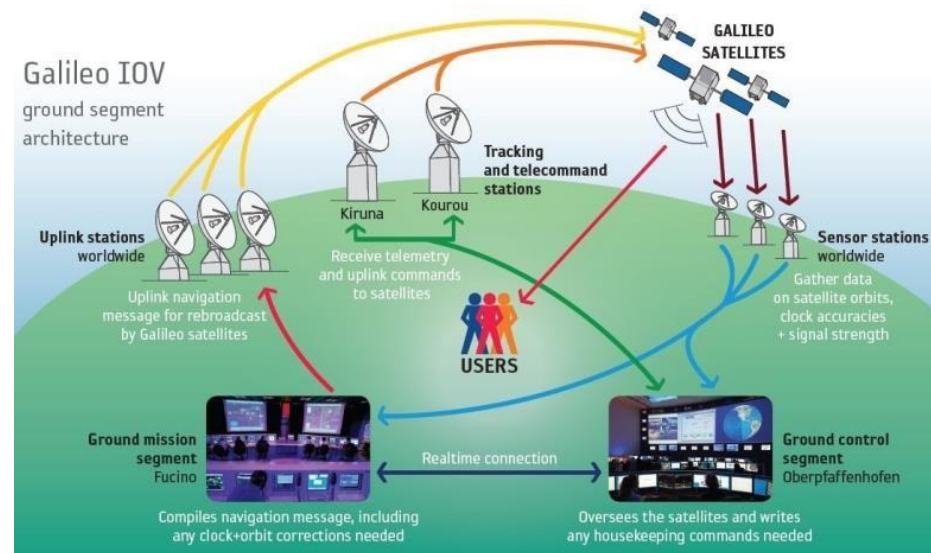
1. kontrola leteckej dopravy,
2. riadenie osobnej a nákladnej plavebnej prevádzky,
3. monitoring cestných komunikácií,
4. mobilizácia sanitných vozidiel,
5. mapovanie pohybu tovarov, ktoré sa prepravujú zmiešaným spôsobom.



GALILEO – Aplikácie

❑ Civilné / vojenské využitie systému

- Nateraz sa neplánuje s vojenským využívaním **Galilea**, aj keď zrejme nájde využitie aj v inštitúciách zodpovedajúcich európsku bezpečnosť a obranu.
- Satelitná navigácia **Galileo** môže napríklad pomôcť pri lokalizácii nášľapných mín alebo raketových striel.



❑ Galileo by mal ponúkať širokú paletu služieb, od všeobecného otvoreného prístupu až k obmedzenému prístupu na rôznych úrovniach:

- **Otvorené služby**, teda voľne dostupné základné služby spravidla zahŕňajú aplikáciu systému vo verejnom a všeobecnom záujme. Paleta služieb by mala byť zhruba rovnaká, ako je to v prípade civilného využívania GPS, ktoré je v tejto podobe bezplatné, ale zároveň ponúka kvalitné a spoľahlivé služby.
- **Komerčné služby** by mali napomôcť rozvoju profesionálnych aktivít súkromných spoločností.

- ❑ **Galileo by mal ponúkať širokú paletu služieb, od všeobecného otvoreného prístupu až k obmedzenému prístupu na rôznych úrovniach:**
 - „Životne dôležité“ služby (bezpečnosť a ochrana života) by mali prispieť k zvýšeniu kvality a integrity tých činností, pri ktorých je kladený najväčší dôraz na bezpečnosť. Ide napríklad o námornú, riečnu alebo leteckú dopravu.
 - Navigačný systém by mal výrazne rozšíriť už existujúce možnosti pátracích a záchranných služieb.
 - Verejné regulované služby (PRS), ktoré by mali byť poskytované v zašifrovanej a pred vniknutím alebo rušením chránenej forme, sú vyhradené pre orgány pôsobiace v oblasti civilnej obrany, národnej bezpečnosti, či vynútiteľnosti práva. Galileo tak môže byť nástrojom, ktorý zdokonalí a rozšíri nástroje používané EÚ napríklad v boji proti nelegálnemu obchodovaniu a nelegálnej migrácii.

GNSS

COMPASS - Štruktúra, princíp činnosti, zásady

a osobitosti



COMPASS



GNSS

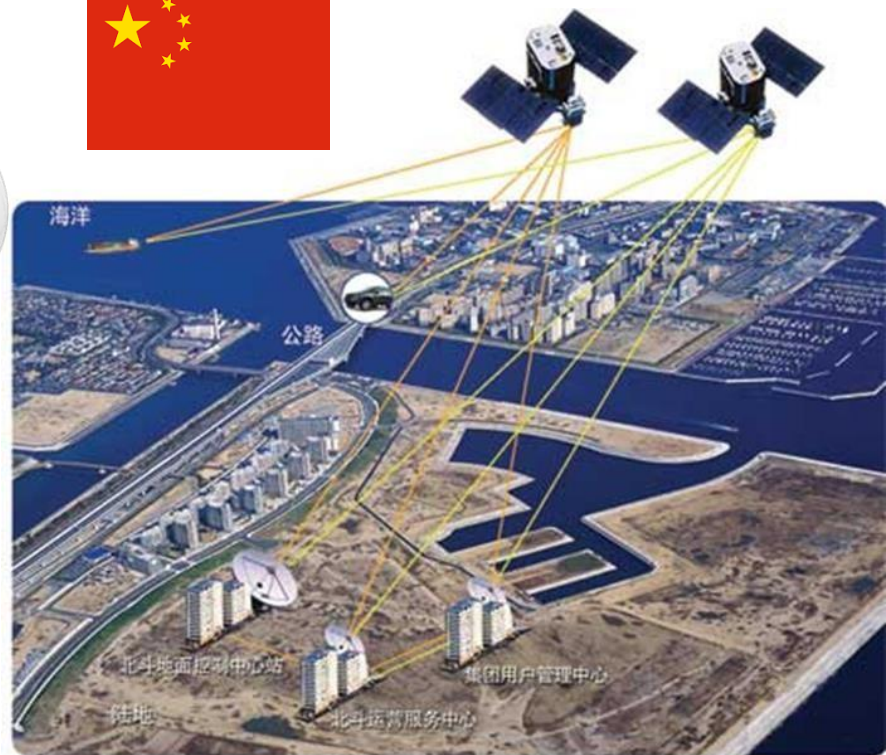
COMPASS - Štruktúra, princíp činnosti, zásady



COMPASS / BeiDou – História; Základné pojmy a dáta



- **Satelitný (družicový) navigačný systém BeiDou**
je projekt **Čínskej ľudovej republiky** s cieľom vyvinúť nezávislý
satelitný navigačný systém.



GNSS

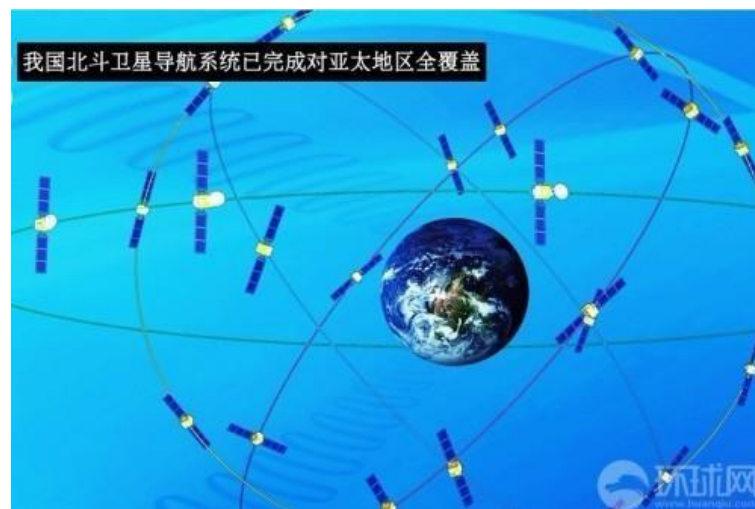
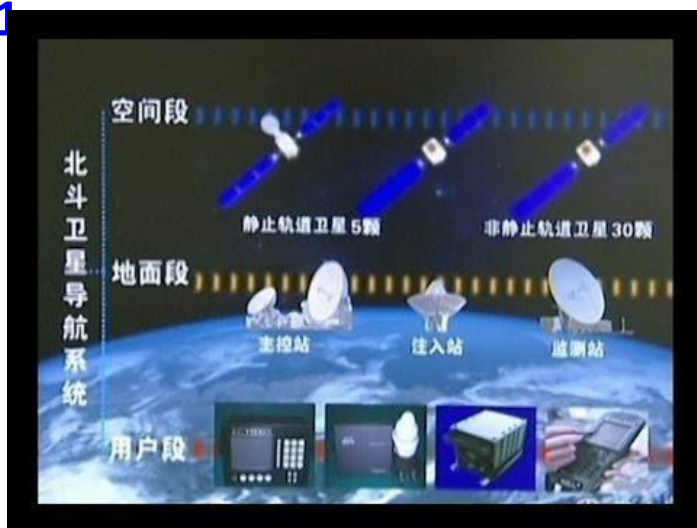
COMPASS - Štruktúra, princíp činnosti, zásady



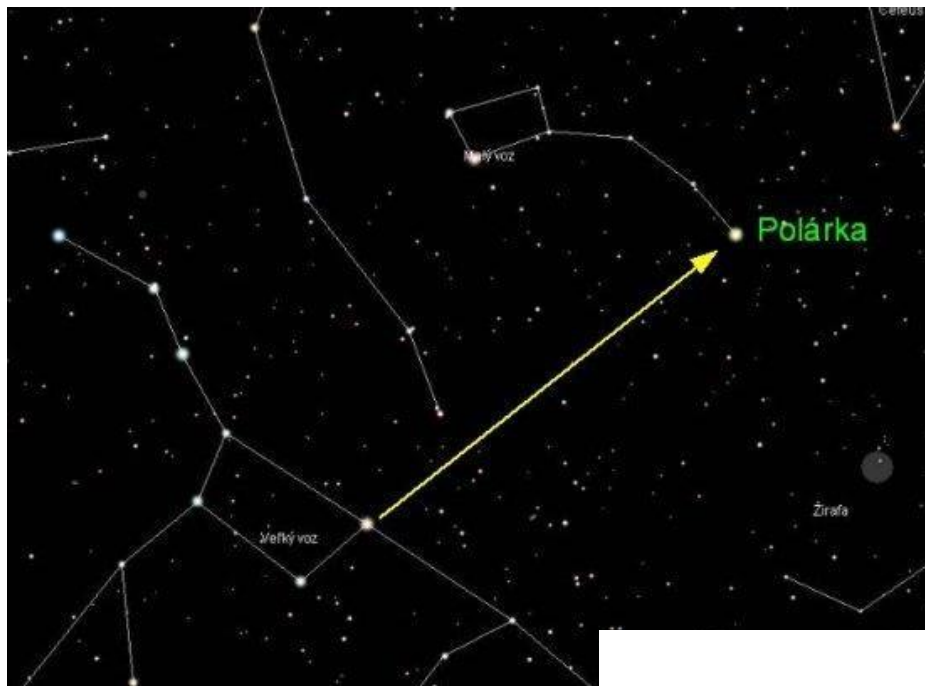
COMPASS / BeiDou – História; Základné pojmy a dáta

- **BeiDou** (pôvodný má tiež označenie ako **BeiDou 1**) bol premenovaný na **Compass** potom, keď bolo rozhodnuté o zmene konceptu z *regionálneho* navigačného systému na *globálny*.

- **Compass** (tiež známy ako **BeiDou 2**) je teda nástupcom projektu **BeiDou**



COMPASS / BeiDou – História; Základné pojmy a dáta



Súhvezdie **Veľká medvedica**
(Ursa Major / Veľký voz)
a hviezda **Polárka**.



- Navigačný systém **BeiDou-1** je pomenovaný po súhvezdí, ktorého meno v čínštine znie **BeiDou**.
- **BeiDou** doslova znamená "Severná Dou" (dou = nádoba) a je tak pomenovaný podľa svojho tvaru.
- **BeiDou** je ekvivalentom súhvezdia v slovenskej astronómii známeho ako **Veľký voz** alebo **Veľká medvedica** (Ursa Major).
- V minulosti bola táto konštelácia využívaná v navigácii pre vyhľadanie "**Severnej hviezdy**" **Polárky** (Polaris, nesprávne nazývanej Severka).
- Názov **BeiDou** pre satelitný navigačný systém je preto v tomto prípade viac než výstižný.

➤ História BeiDou 1

- **30. októbra 2000** bol na obežnú dráhu vynesенý satelit **BeiDou-1A**. Satelit **BeiDou 1B** nasledoval **20. decembra 2000** a následne satelit **BeiDou-2A** prišiel na rad **24. mája 2003**.



Geostacionárny satelit BeiDou-2A.

- V **septembri 2003** sa Čína stala spolupracujúcim štátom na projekte **Galileo**. Čína prisľúbila do tohto projektu behom nadchádzajúcich rokov investovať niečo cez 200 miliónov eur. Umiestenie týchto investícií je (a aj bolo) však pomerne sporné.
- Čína **2. novembra 2006** oznámila, že od roku **2008** bude **BeiDou-1** zdarma poskytovať určenie polohy s presnosťou 10 metrov v rámci "**základnej služby**" (**Open service**). Toto oznámenie vyjadrilo nielen čínske budúce plány s **BeiDou-2 (Compass)**, ale taktiež môže byť určitým znamením pre ostatných investorov projektu **Galileo**.

- Súčasné technológie BeiDou-1
 - Oproti systémom GPS, GLONASS a Galileo, ktoré využívajú satelity pohybujúce sa vzhľadom k zemskému povrchu na strednej obežnej dráhe (tzv. *MEO-Medium Earth Orbit*), **BeiDou-1** používa geostacionárne satelity.
 - To znamená, že systém (**BeiDou-1**) nepotrebuje toľko satelitov ako napr. GPS, ale taktiež to znamená že signálom je pokrytá iba oblasť, nad ktorou je satelit nastalo umiestnený.
 - BeiDou-1 je teda v súčasnej dobe funkčný v oblasti vymedzenej týmito súradnicami: 70° až 140° východnej dĺžky a 5° až 55° severnej šírky.

GNSS

COMPASS - Štruktúra, princíp činnosti, zásady

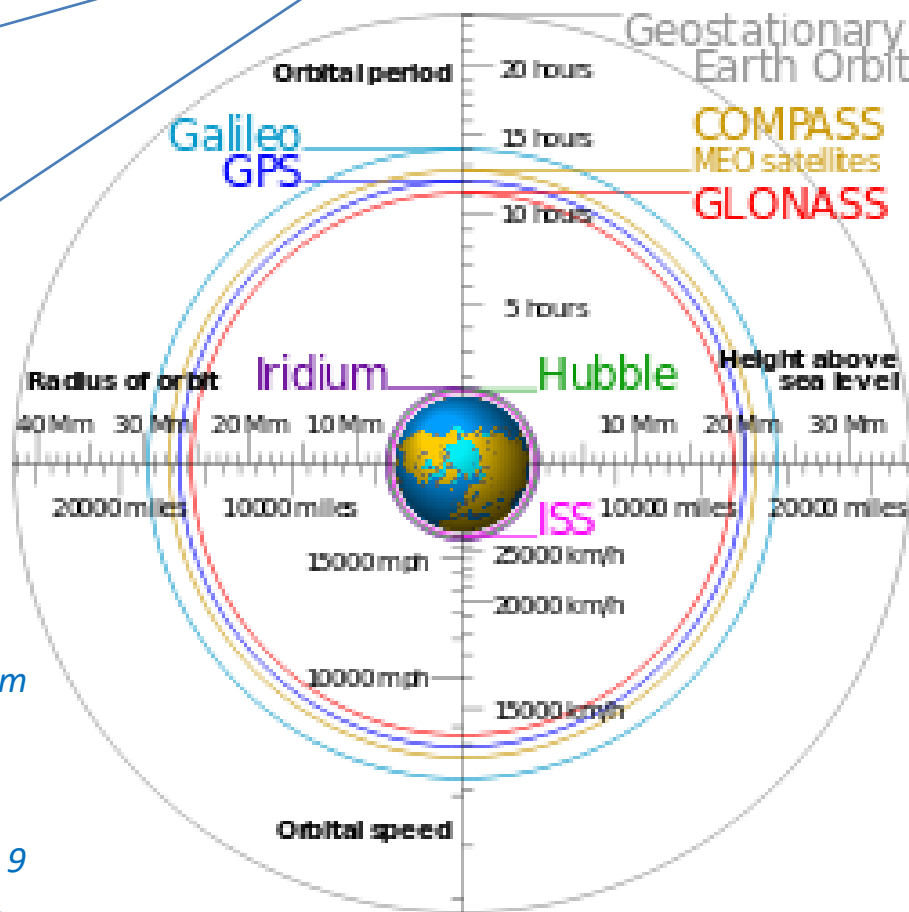
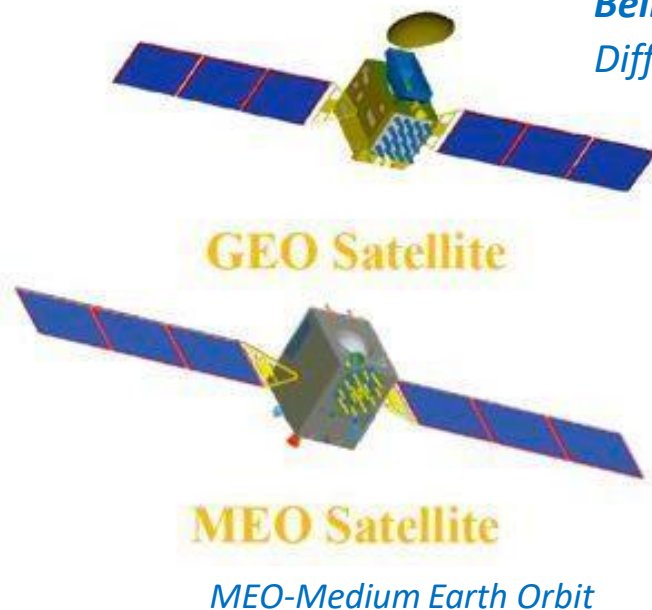


COMPASS / BeiDou – História; Základné pojmy a dáta



BeiDou 1:

Differences between the GEO and MEO versions of BeiDou 1(2).



Comparison of GPS, GLONASS, Galileo and Compass (medium earth orbit) satellite navigation system orbits with the International Space Station, Hubble Space Telescope and Iridium constellation orbits, Geostationary Earth Orbit, and the nominal size of the Earth.[a] The Moon's orbit is around 9 times larger (in radius and length) than geostationary orbit.

COMPASS / BeiDou – História; Základné pojmy a dáta



➤ **Medium Earth orbit (MEO) / Stredná orbita Zeme**

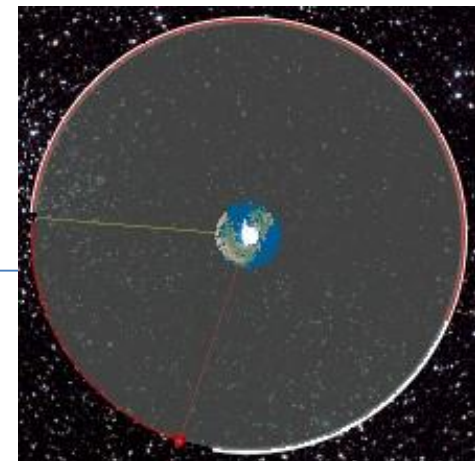
- spodná orbita Zeme (2,000 km (1,243 mil) a pod geostacionárnou orbitou (35,786 km (22,236 mil)).
 - Využitie: navigácia, komunikácia, and geodézia/vesmírne aktivity science
 - Najbežnejšia výška: 20,200 kilometres (12,552 mil)
 - Global Positioning System (GPS)
 - Glonass (19,100 km (11,868 mil)
 - Galileo (23,222 km (14,429 mil)

➤ Geostacionárna orbita (ang. geosynchronous equatorial orbit (GEO))

- výška 35,786 km (22,236 mi)
- Využitie: satelity pre komunikáciu, počasie

https://en.wikipedia.org/wiki/Geostationary_orbit

Two geostationary satellites in same orbit.



COMPASS / BeiDou – História; Základné pojmy a dáta



➤ Budúce plány (BeiDou 2/Compass)

- Satelity **BeiDou 1A** a **1B** boli navrhnuté ako **experimentálne satelity**. Čína plánuje postaviť zostávajúce satelity tak, aby sa **BeiDou** stal **globálnym navigačným systémom**.
- Nový systém (**BeiDou 2, resp. Compass**) bude tvorený **35 satelitmi**, vrátane **5 geostacionárnych**, ktoré budú svojím signálom pokrývať celú zemeguľu. Budú zaistované dva druhy služieb: bezplatná služba pre bežných užívateľov a koncesovaná služba pre vojenské účely. **Plán: do r. 2020**.
- **Bezplatná služba** bude určovať polohu s presnosťou približne **10 m**, satelitné hodiny budú synchronizované s presnosťou 50 nsek., rýchlosť bude meraná s presnosťou 0,2 m/sek.
- **Koncesovaná služba** bude presnejšia než bezplatná služba, bude môcť byť využitá taktiež pre komunikáciu a bude užívateľom poskytovať informáciu o stave (statusu) systému.
- Satelit BeiDou 2A je v súčasnej dobe záložným k satelitom pre BeiDou 1A alebo 1B, ale v budúcnosti bude geostacionárnym satelitom systému BeiDou 2.
- Ďalšie dva satelity systému BeiDou 2 boli vypustené v prvej polovici r. 2007 z kosmodrómu Xichang. Čína v nasledujúcich rokoch plánuje pokračovať v experimentálnych a prípravných prácach na systéme BeiDou 2 / Compass.

Plánovaná konštelácia satelitov BeiDou 2 / Compass.

