NAVIGAČNÍ SYSTÉMY PRO URČENÍ POLOHY NA ZEMI

7. Galileo satellites sending data.

Globální družicový polohový systém (GNSS)

Global Navigation Satellite System

Definice globálních navigačních polohových systémů

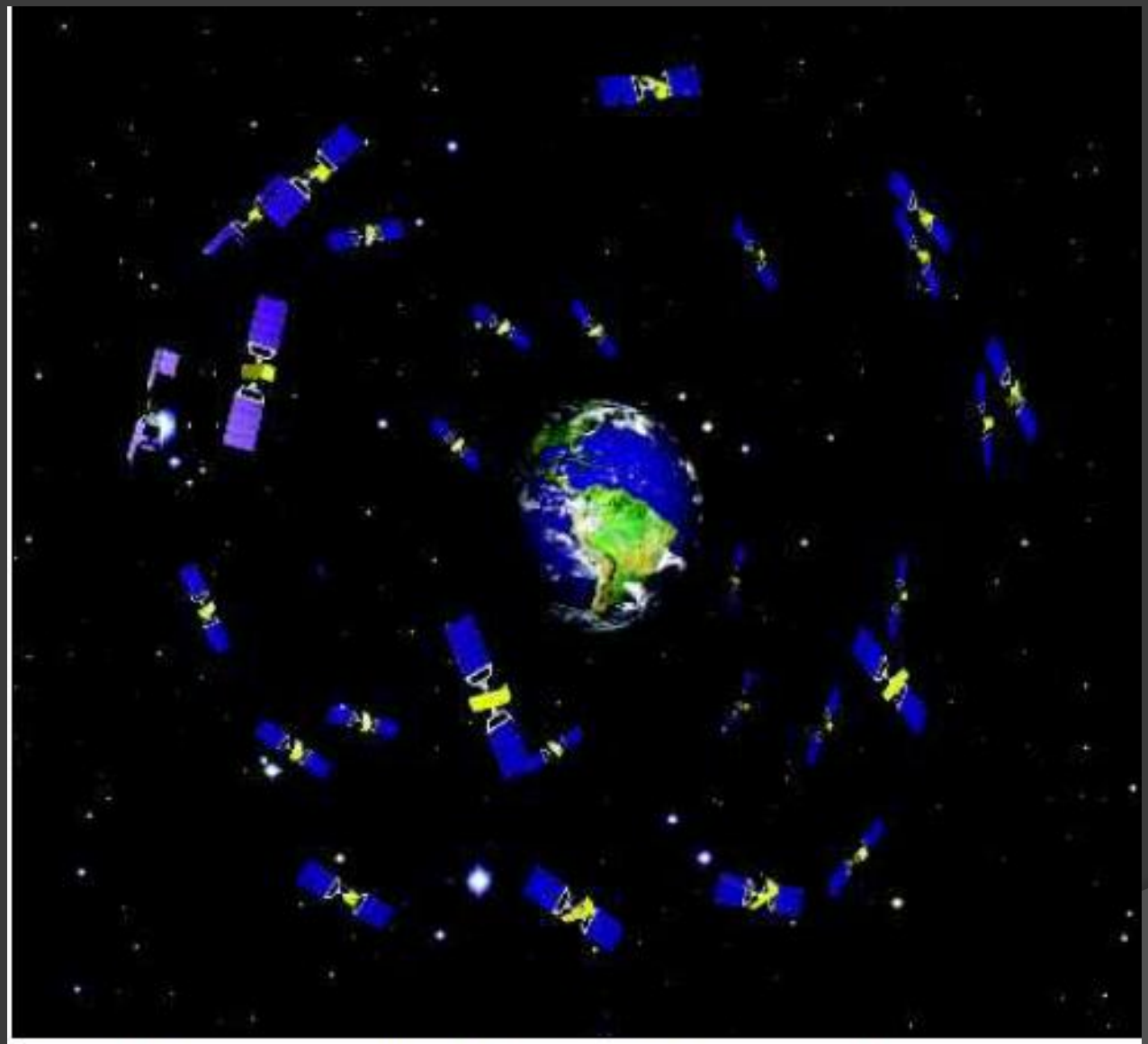
- je systémem umožňující uživatelům určit polohu na Zemi s celosvětovým pokrytím za pomoci družic .

- Uživatelé této služby používají malé elektronické radiové přijímače, které na základě odeslaných signálů z družic umožňují vypočítat jejich polohu s přesností na desítky až jednotky metrů. Přesnost ve speciálních nebo vědeckých aplikacích může být až několik centimetrů až milimetrů.

Globální navigační systémy

- světové
  - GPS - armáda USA, GLONASS -Rusko
  - Galileo - EU,
  - Compass - Čína
- regionální
  - čínský Beidou
  - indický IRNSS
  - japonský QZSS.

název	výchozí princip měření	stát	vypouštění družic	počet družic polární dráha+záloha+(geostacionární+geosynchronní)		inklinace	počet polárních drah	výška orbitu [km]	doba oběhu [hh:mm]
				plánovaný	ve službě				
Transit	doppler.	USA	1959-1988	3+3	0 ref	67°	3	1 100 LEO	01:46
Parus (Cyklon, Zaliv, Cikada-M)	doppler.	SSSR	1967	6	6 ref	83°	6	730-960 LEO	01:45
Cikada	doppler.	SSSR	1974-1995	4	0 ref	83°	4	965 LEO	01:45
Navstar GPS	kódové	USA	1978	24+3	31 ref	55°	6	20 200 MEO	11:58
Glonass	kódové	Rusko	1982	24	21 ref	65°	3	19 100 MEO	11:15
Doris	doppler.	Francie	1990	-	6 ref	35-66-99°	-	560-825-1 340 LEO	01:41
Galileo	kódové	EU	2006	27+3	0 ref	56°	3	23 200 MEO	14:05
Compass (Beidou-2)	kódové	Čína	2007	27+(5+3)	1+(3+1) ref	55°	3	21 500 MEO	12:50



5. The European Satellite Navigation System Galileo.

Princip fungování

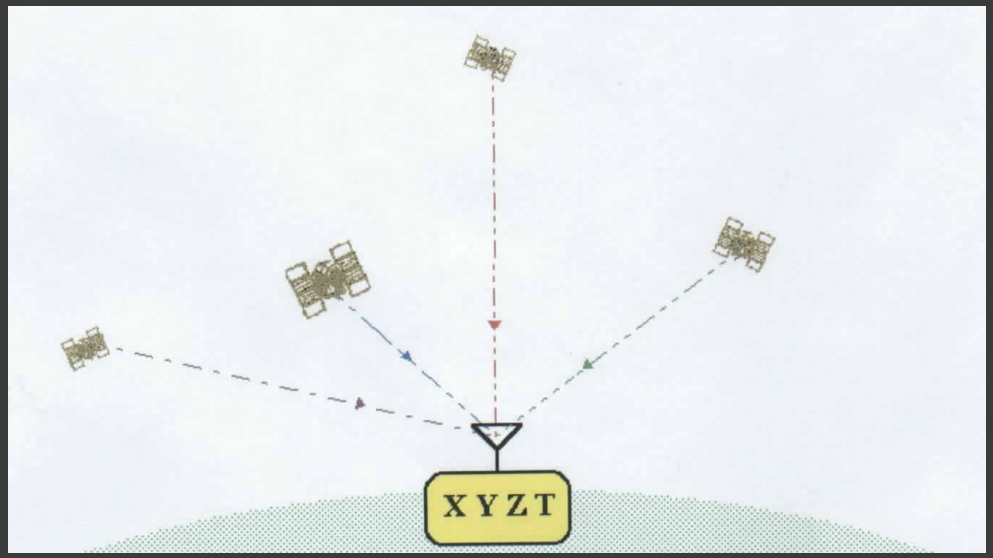
- Systém pracuje na principu **jednosměrného dálkoměru**.
- Měřenou veličinou je doba šíření signálu z družicové antény k přijímací anténě.
- Naměřený čas je pomocí rychlosti šíření signálu převáděn na vzdálenost.

Pozn.

- *Pro měření času se používají atomové hodiny určující tzv. atomový čas z kmitočtů atomů, tedy zcela nezávisle na rotaci Země*
- *Obecně existují dva základní způsoby odvozování času:z pohybu Země (astronomický čas) a z kmitočtu atomů (atomový čas)*

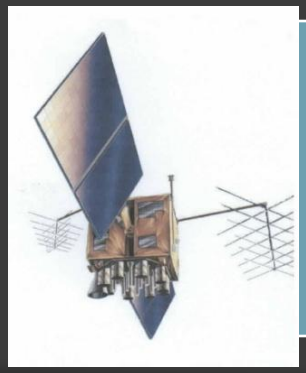
Určování polohy

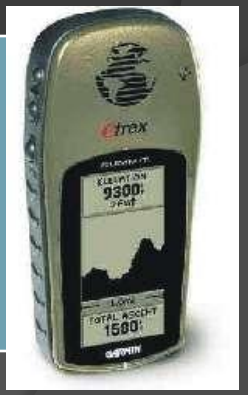
- Pro 3D souřadnice nutné alespoň 4 družice (X,Y,Z + čas)

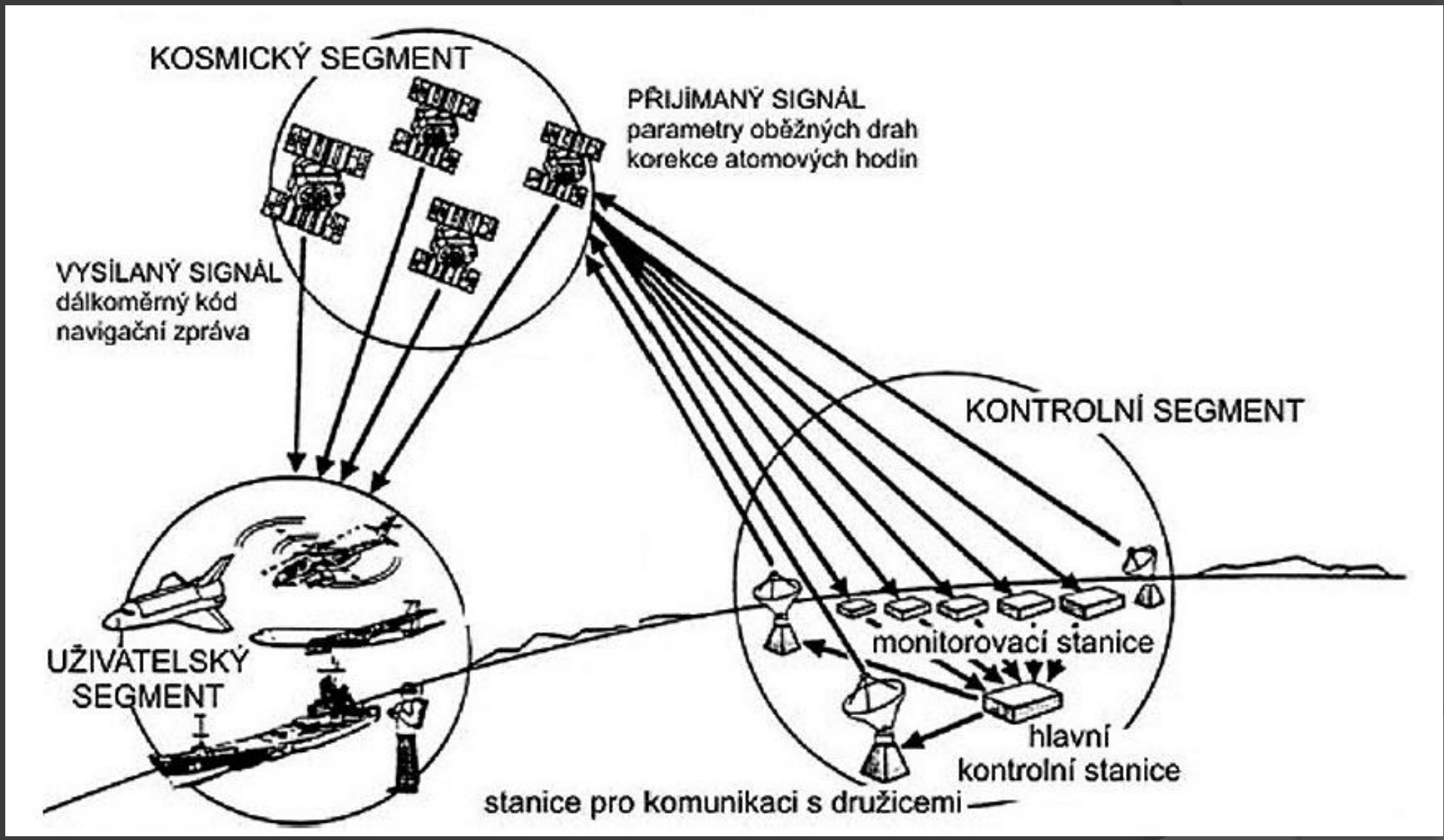


Složení navigačního systému

1. **Kosmický segment – systém družic**
2. **Řídící segment: - řídící stanice,** řídící segment monitoruje kosmický segment, zasílá povely družicím, provádí jejich manévry a údržbu atomových hodin.
3. **Uživatelský segment – uživatel s přístrojem,** přijímač tvoří anténa, radiofrekvenční jednotka, mikroprocesor, komunikační jednotka, paměť a zdroj napětí






KOSMICKÝ SEGMENT
PŘIJÍMANÝ SIGNÁL
parametry oběžných drah
korekce atomových hodin
VYSÍLANÝ SIGNÁL
dálkoměrný kód
navigační zpráva
KONTROLNÍ SEGMENT
UŽIVATELSKÝ SEGMENT
monitorovací stanice
hlavní kontrolní stanice
stanice pro komunikaci s družicemi

Faktory přesnosti

- počet viditelných družic a jejich poloha
- synchronizace hodin
- vliv atmosféry - ionosférická rekfrakce , troposférická refrakce
- poměr signálu /šum

Výhody navigace:

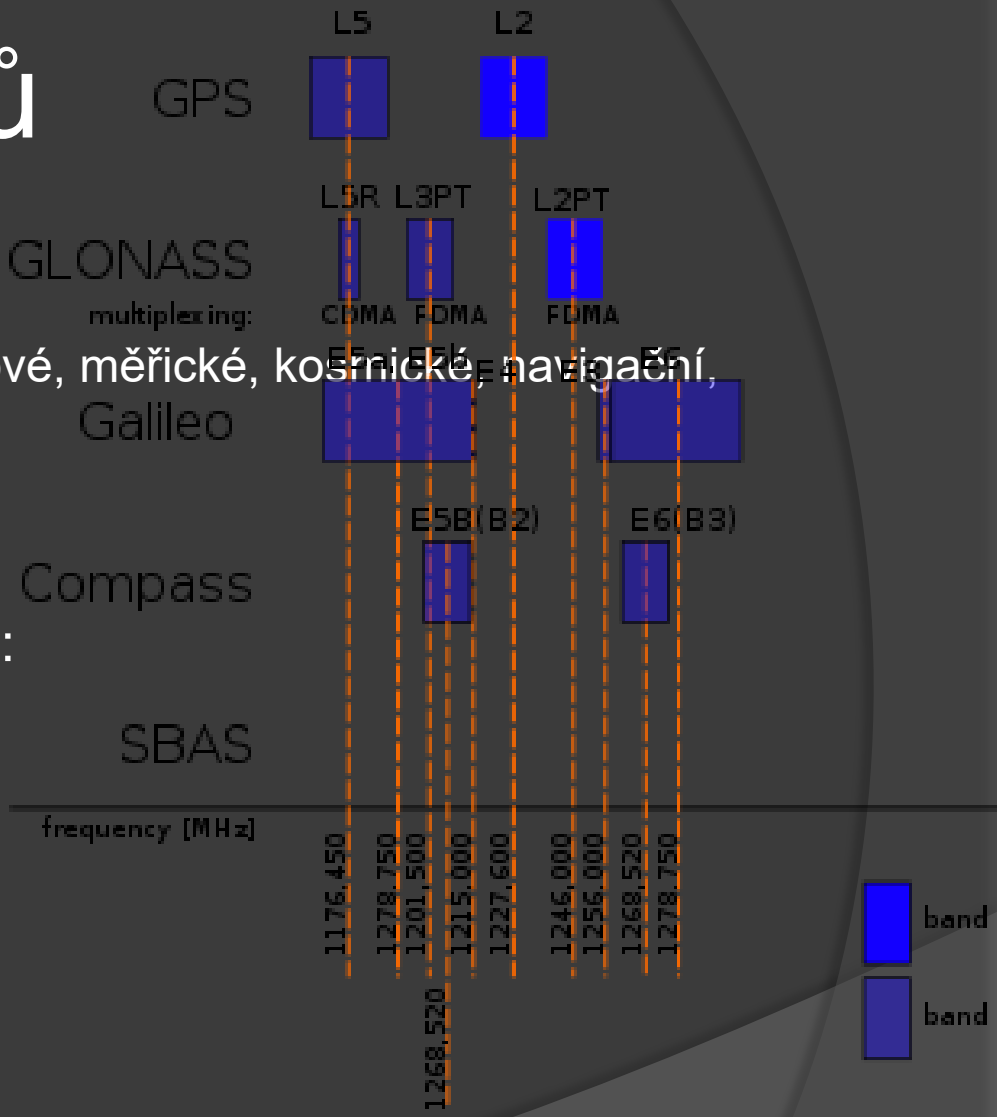
- 24h denně
- nezávisle na počasí,
- kdekoliv na zemském povrchu,
- přesnost až cm,
- 3D souřadnice,
- rychlost --->efektivnost

Nevýhody:

- nutná přímá viditelnost na družice ---> problémy s měřením v hustých porostech, zástavbách,
- nemožnost měření v podzemí,
- vybité baterky

Druhy přijímačů

- podle využití:
  - letecké, lodní, mapovací, časové, měřické, kosmické, navigační, turistické,
- podle přijímaných signálů:
  - kódové, fázové
- podle počtu přijímaných družic:
  - jedno a více kanálové
- podle přesnosti



Buducnost

- **Budoucnost**:
- zvyšování přesnosti, bezpečnosti - kombinace GPS, Glonass, Galileo,
- zvyšování počtu družic a jejich modernizace,
- přidání dalších nosných frekvencí.

Oblasti aplikace

v dopravě :

silniční doprava - monitorování polohy vozidla

- monitorování jednotlivých složek záchranného systému v rámci krizového managementu
- navigace řidiče

inteligentní dopravní systémy

- vytíženosti dopravní sítě

železniční doprava

- monitorovat polohu vlakových souprav

vodní doprava – navigace plavidel

letecká doprava - výhledově

Aplikace v armádě

- navigace vojenského letectva,
- koordinace přesunů vojáků a techniky v terénu,
- navádění vojenského námořnictva,
- geodézie a mapování,
- navádění řízených střel na cíl s přesností 20 cm.

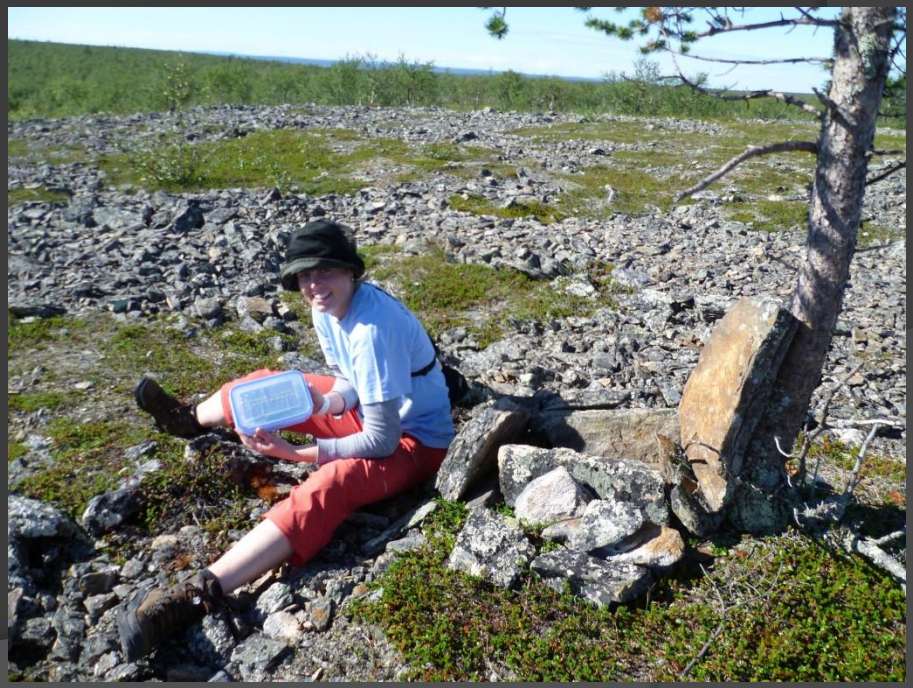
Aplikace v krizovém managementu

- koordinovat rozložení právě zasahujících jednotek

Aplikace ve vědě a výzkumu

- různé obory vědy a výzkumu využívají GPS k určení polohy nejrůznějších objektů na Zemi.
- Archeologové identifikují nové objevy,
- botanici zanášejí do fytogeografických map cenná rostlinná společenstva,
- etologové studují migrační trasy zvířat atd.

Geocaching
hledání „pokladu“ s GPS
využití i v zeměpise



Geocaching

- **Geocaching** je hra na pomezí sportu a turistiky, která spočívá v použití navigačního systému GPS při hledání skryté schránky nazývané *cache* (v češtině psáno i *keš*), o níž jsou známy jen její zeměpisné souřadnice (v systému WGS 84).
- Při hledání se používají turistické přijímače GPS.
- Jednou ze základních myšlenek geocachingu je umisťování keší na místech, která jsou něčím zajímavá a přesto nejsou turisticky navštěvovaná.
- V popisu cache (*listing*) jsou pak uvedeny informace o místě s jeho zvláštnostmi a zajímavostmi. Cache se ale umisťují i do zajímavých míst velmi frekventovaných.

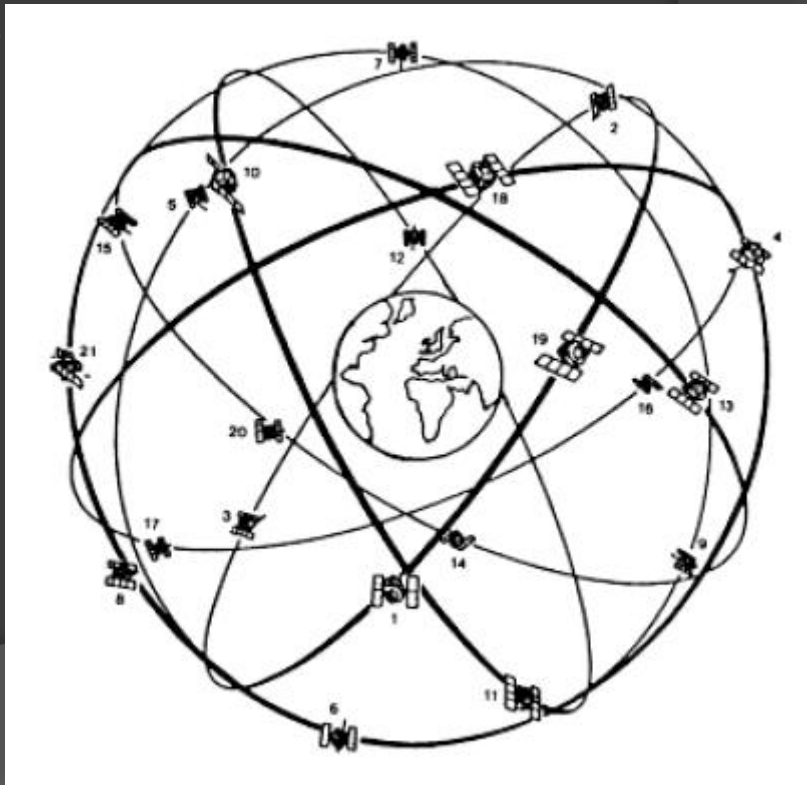
GPS

GPS

- Global Position Systém
- USA
- 1. družice 1978
- vojenský polohový družicový systém provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických.
- V roce 1983 - uvolnění GPS i pro civilní účely
- Vývoj GPS byl zahájen v roce 1973, na přelomu 80. let začalo vypouštění 11 družic a v roce 1979 byl rozšířen počet družic z 18 na 24.
- Během války v Zálivu (1990) byla do signálu dočasně uměle vnášena chyba tzv. **selektivní dostupnost, která měla zabránit zneužití k navádění balistických střel. Po roce 2000 byl vyvinut systém, který umí GPS signál lokálně rušit.**
- GPS využívá pro určování polohy **pasivní dálkoměrnou metodu, což znamená, že vzdálenost uživatele od jednotlivých družic jsou určovány pomocí doby potřebné k absolvování této dráhy radiovým signálem vysílaným družicemi**

Kosmický segment GPS:

- pův. 24 družic (celkem 32) na 6 drahách,
- 20200km,
- doba oběhu 12h,
- dráhy skloněny 55° k polární rovině,
- viditelnost 4-12 z každého místa na Ze



Řídící segment GPS:

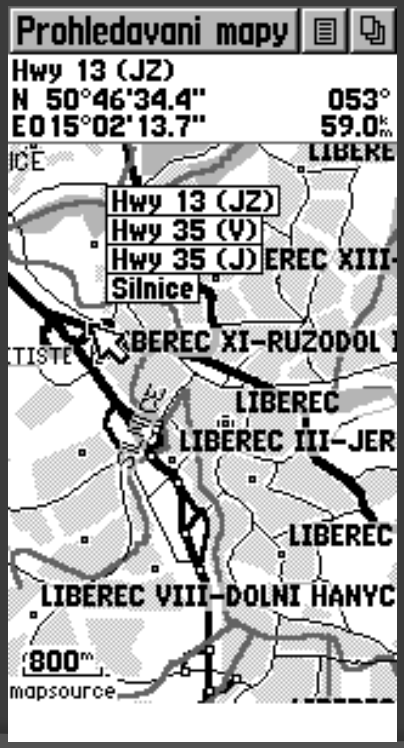
- hlavní řídící stanice (Colorado Springs), 5 monitorovacích a 3 řídící, řízení, monitorování družic - nastavení přesných efemerid (oběžných drah), uchovávání přesného GPS času

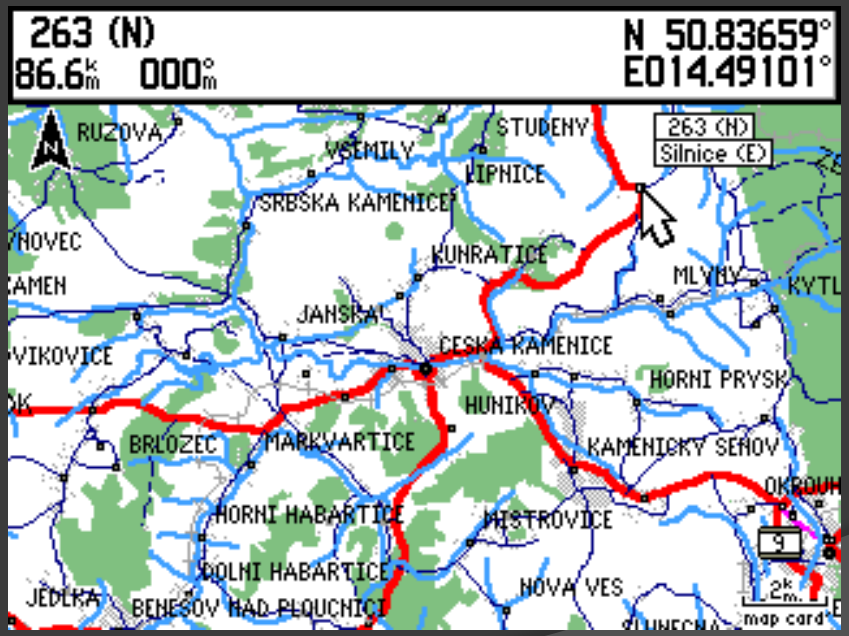
Řídící segment GPS

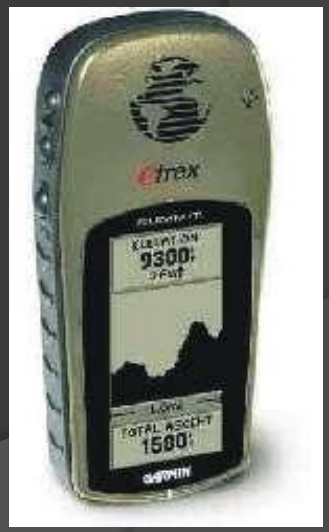
1. **velitelství** - Navstar Headquarters na letecké základně Los Angeles v Californii v USA.
2. **řídicí středisko** na letecké základně v Colorado Springs, Záložní řídící středisko přebírá cvičně 4× do roka řízení systému, v nouzi je připravena do 24hodin.
3. 3 **povelové stanice** , které jsou umístěny na základnách : Kwajalein, Diego Garcia, Ascension Island případně i Cape Canaveral.
4. 18 **monitorovacích stanic**, které jsou umístěny na základnách USAF: Havaj, Colorado Springs, Cape Canaveral, Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein a dále stanice spravující NGA: Fairbanks (Aljaška), Papeete (Tahiti), Washington DC (USA), Quitto (Ekvádor), Buenos Aires (Argentina), Hermitage (Anglie), Pretoria (Jižní Afrika), Manama (Bahrain), Osan (Jižní Korea), Adelaide (Austrálie) a Wellington (Nový Zéland).

Uživatelský segment

- uživatelé (autorizovaní a ostatní) + přístroje + software







- Z doby, která uplyne mezi vysíláním a příjmem signálu, se určí vzdálenost přijímače od družic.
- Na základě této vzdálenosti a z polohy družic v daném okamžiku určí přijímač uživatele svou polohu
- Pro výpočet všech čtyř souřadnic (*x, y, z a t) musí přijímač informace alespoň ze čtyř družic, čímž získá všechny neznámé pro řešení soustavy rovnic*
- neznámými jsou zeměpisná poloha, nadmořská výška, datum a čas
- Přijímače GPS poskytují určenou polohu v souřadnicích vztažených k referenčnímu elipsoidu **WGS-84**
- GPS přijímače neumí transformovat souřadnice do souřadnicových systémů S-JTSK či S-42

autorizovaní uživatelé, aplikace

- vojenský sektor USA a vybrané spojenecké armády využívající službu *Precise Positioning Service* (PPS) mající k dispozici dekódovací klíče k P(Y) kódu na frekvencích L1 a L2. Tito uživatelé mají zaručenou vyšší přesnost systému.
- aplikace:
  - podpora velení a vojáků v poli
  - doprava
  - navádění zbraňových systémů
  - vojenská geodézie a mapování
  - přesný čas ($<10^{-7}$s)

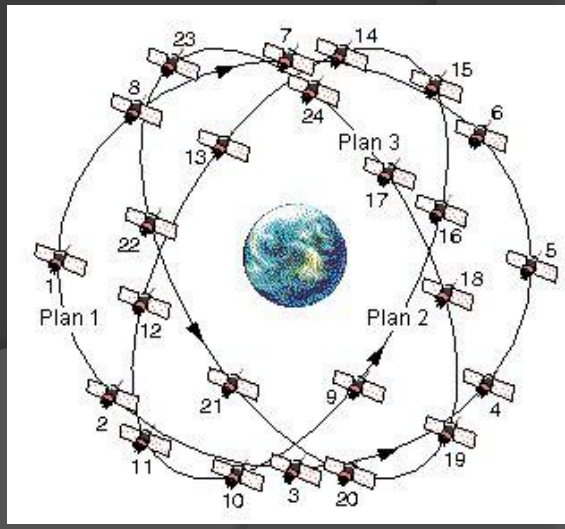
ostatní uživatelé a aplikace

- (především civilní sektor) mohou využívat *Standard Positioning Service* (SPS) a mají k dispozici C/A kód na frekvencích L1. Tyto limity vychází z prevence možného zneužití jako systému orientace v prostoru ve zbraních obdobných balistickým raketám nebo střelám s plochou dráhou letu.
- Typickými profesemi a odvětvími civilních uživatelů jsou:
  - doprava (pozemní doprava, letectví, námořnictvo, kosmické lety)
  - geologie a geofyzika
  - geodézie
  - geografické informační systémy
  - archeologie
  - lesnictví a zemědělství
  - turistika a zábava
  - přesný čas ($<10^{-6}$s)

Další systémy

Galileo

- Systém má být tvořen 30 operačními družicemi (27+3), obíhajícími ve výšce přibližně 23 tisíc kilometrů nad povrchem Země po drahách se sklonem 56° k zemskému rovníku ve třech rovinách, vzájemně vůči sobě posunutých o 60°. Každá dráha bude mít 9 pozic pro družice a 1 pozici jako zálohu, aby systém mohl být při selhání družice rychle doplněn na plný počet.
- Dne 28. prosince 2005 byla do vesmíru vyslána první technologická navigační družice pro testování komponent tohoto systémuVynesla ji z kazašského kosmodromu Bajkonur , druhá družice, 27. dubna 2008.
- Nouzové signály, varování na nebezpečí, mýtné systémy
- Plně funkční 2014

Glonass

- Kosmický segment je projektován na 24 družic, které obíhají ve výšce 19 100 km nad povrchem Země na 3 kruhových drahách se sklonem 65°. Dráhy jsou vzájemně posunuty o 120° a na každé dráze je 8 symetrických pozic pro družice po 45°, které jsou číslovány.