Vesmírný segment

K určení zeměpisné polohy a času je nutné zachytit signál z alespoň tří satelitů. Pokud je zachycen signál z více satelitů, lze určit i nadmořskou výšku a hodnoty všech zeměpisných souřadnic zpřesnit.

Je-li poloha družice dána souřadnicemi x_i, y_i, z_i a t_i a poloha pozorovatele dána souřadnicemi *x*, *y*, *z* a *t*, pak ve shodě s teorií relativity platí vztah

$$(x-x_i)^2+(y-y_i)^2+(z-z_i)^2=c^2\cdot(t-t_i)^2. \qquad (1)$$

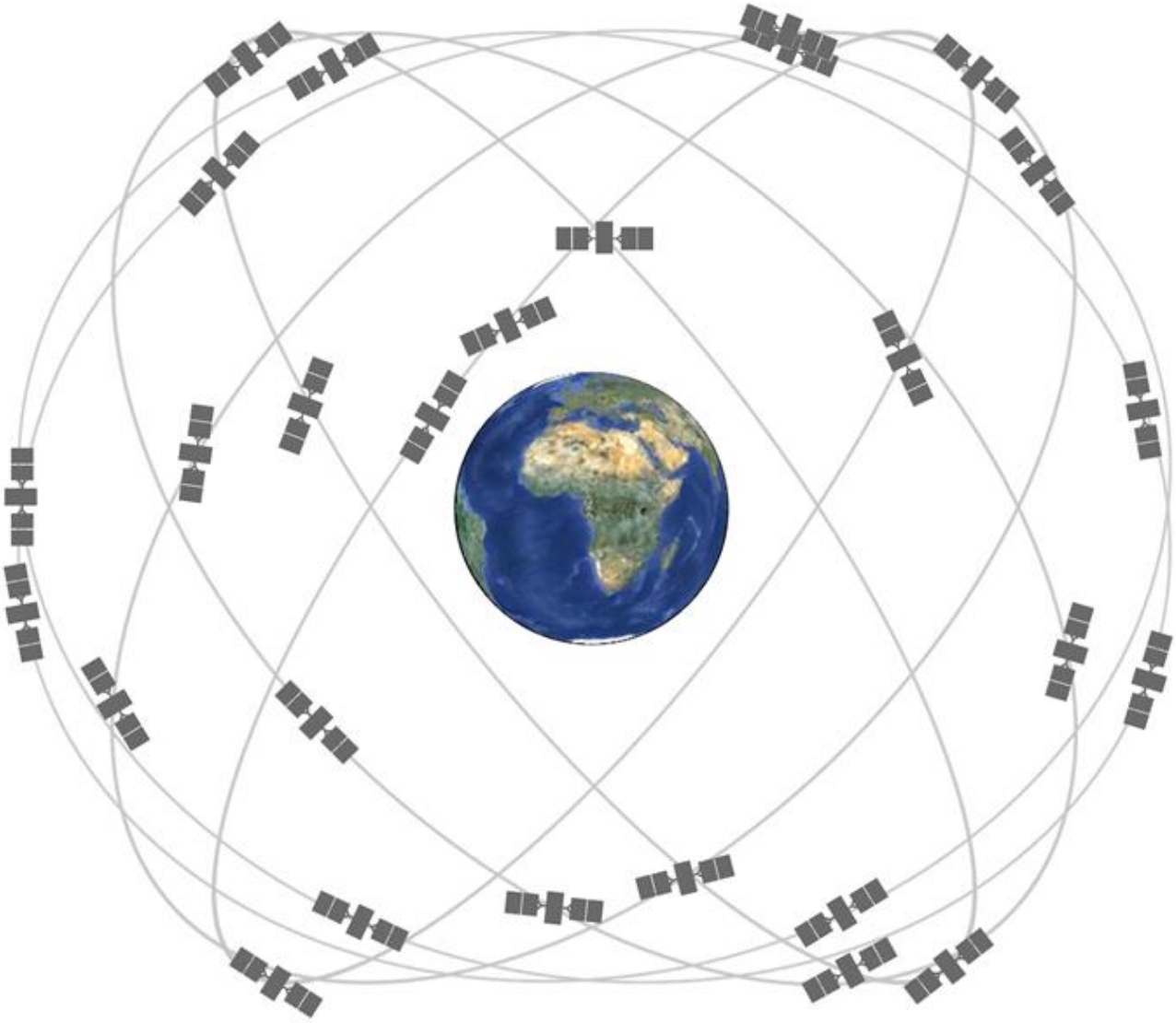
Ze vztahu (1) pak vyplývá, že minimální počet satelitů potřebných pro správné určení zeměpisné polohy i přesného času je roven čtyřem.

Vesmírný segment je tedy tvořen satelity. V počátcích používání systému byly satelity původně tři, později se postupně doplňovaly. V současné době je na oběžných drahách celkem 24 satelitů a dalších přibližně 10 satelitů záložních. Tyto satelity se pohybují na šesti kruhových semisynchronních oběžných trajektoriích patřící do skupiny MEO (viz obr. 185). V každém časovém okamžiku má uživatel na libovolném místě na Zemi příjem minimálně ze šesti satelitů. Proto může bez problémů znát svojí polohu.

MEO (*Mid Earth Orbit*) jsou oběžné dráhy nacházející se ve vzdálenostech od 2000 km do 35780 km od povrchu Země. Satelity GPS obíhají kolem Země ve vzdálenosti přibližně 20200 km od povrchu Země. Na základě toho vychází doba jednoho oběhu satelitu 11,96 hodiny, což odpovídá polovině siderického dne. Inklinace trajektorií satelitů je $55°$ a rozestup trajektorií nad rovníkem je $60°$. Každý ze satelitů má nainstalován korekční raketové motorky pro drobné korekce své trajektorie a zásobu paliva na přibližně 10 let.

Jinými slovy: roviny trajektorií jsou vzhledem k rovníku odkloněny o $55°$ a rozestupy satelitů na každé z trajektorií činí $60°$.

Semisynchronní trajektorie je taková trajektorie, na které má satelit oběžnou dobu 12 h, tj. polovinu oběžné doby geostacionární družice Země (resp. rotace Země).



Obr. 185

Poloha pozorovatele (uživatele přístroje GPS) se počítá na základě vzdálenosti tohoto pozorovatele od satelitu. Tato vzdálenost se přitom počítá na základě měření zpoždění časového signálu vyslaného satelitem, čímž se vlastně z dálkoměrné metody stává časoměrná metoda. Proto jsou na satelitu naistalovány čtvery atomové hodiny: dvoje cesiové a dvoje rubidiové. Pomocí těchto hodin se na satelitech měří přesný čas.

Systém GPS využívá modulace signálu pseudonáhodnou sekvencí. Tuto metodu používá i ve vysílání signálu s rozprostřeným spektrem; tato metoda totiž umožňuje mnohonásobné využití přenosového kanálu tzv. kódovým multiplexem CDMA.

Pseudonáhodná sekvence je sekvence čísel, která na první pohled vypadají jako náhodná, ale ve skutečnosti náhodná nejsou. Pseudonáhodné sekvence obsahují velké množství čísel, která jsou určena deterministicky (tj. pomocí určitého „vzorečku“). Tento „vzoreček“ je ale takový, že je velmi obtížné vysledovat závislosti mezi jednotlivými čísly (např. dvojnásobky, druhé mocniny, ...). V případě, že programátor nebo uživatel počítače použije *náhodné číslo* nebo *sekvenci náhodných čísel*, systém počítače určí (např. podle aktuálního systémového času) pozici, odkud v dané sekvenci předem vypočtených čísel začne. Proto se používá termín *pseudo*náhodné číslo.

Kódový multiplex CDMA (*Code division multiple access*) je metoda digitálního multiplexování. Jedná se tedy o přenos více digitálních signálů prostřednictvím jediného sdíleného média. Jednotlivé signály se přitom liší tím, že každý z nich používá jiné kódování navržené pro tento účel.

Použité pseudonáhodné kódy CDMA s rozprostřeným spektrem:

1. C/A (*Coarse Aquisition*) - civilní kód používající 1023 bitů dlouhé sekvence pseudonáhodných čísel, která je vysílána rychlostí $1,023\,\mathrm{Mb}\cdot\mathrm{s}^{-1}$ (opakuje se tedy s periodou 1 ms); jeden informační bit obsahuje 20 period sekvence;
2. P (*Precision*) - vojenský kód délky $2,35\cdot10^{14}\,\mathrm{bit}$ rozdělený na 38 sekvencí. Délka jedné sekvence pro jednu družici je $6,1871\cdot10^{12}\,\mathrm{bit}$ a při rychlosti $10,23\,\mathrm{Mb}\cdot\mathrm{s}^{-1}$ se opakuje jednou týdně (délka celého kódu tak je 266 dnů); tento kód se šifruje tzv. šifrou Y, jejíž klíč není veřejně dostupný.

Kód C/A tedy mohou přijímat (a dešifrovat) všichni (civilní) uživatelé, zatímco kód P pouze ti, kteří jej jsou schopni na základě znalosti klíče rozluštit.

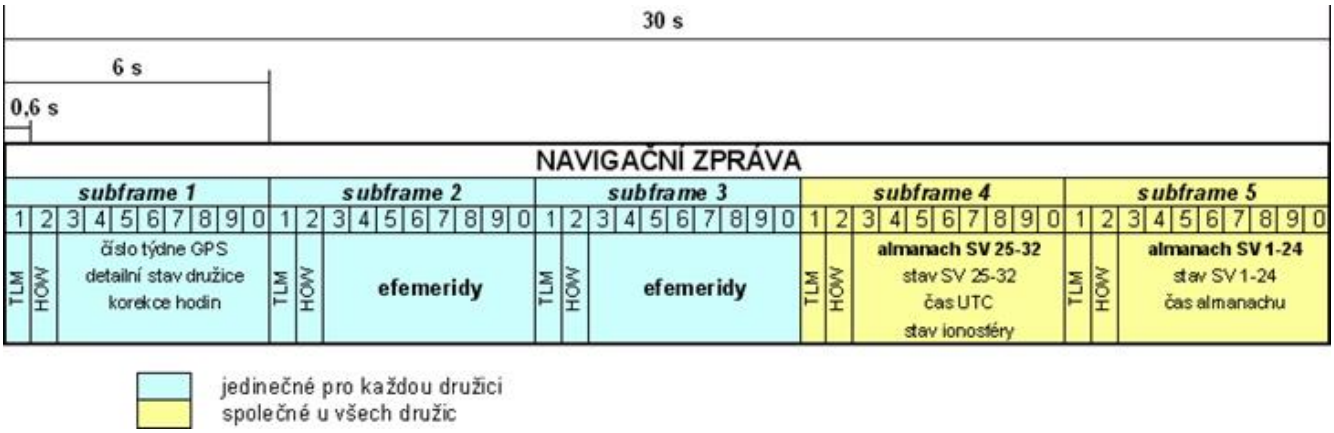
Každý satelit vysílá data uspořádaná ve 25 rámcích. Vysílané sekvence jsou dlouhé 1023 bitů a jsou vzájemně ortogonální (tj. jejich vzájemná korelace se blíží nule, jinými slovy: kódy jednotlivých satelitů jsou navzájem lineárně nezávislé). Celá sekvence je dlouhá 37500 bitů a její vysílání trvá 12,5 minut. Vysílaná data (viz obr. 186) obsahují tyto informace:

1. přesný čas;
2. přesná poloha daného satelitu, který právě vysílá;
3. přibližná poloha ostatních satelitů (tzv. almanach, který aktualizován jednou za šest dní).

Ve vysílaném signálu jsou první tři rámce věnovány danému satelitu, který tento signál vysílá, ostatní rámce jsou pak věnované všem satelitům (včetně informací o tom satelitu, který daný signál vysílá). Perioda jednoho rámce je 30 s a obsahuje 1500 bitů.

Po 30 s od začátku příjmu daného signálu tedy známe přibližné informace o všech satelitech. Ale o některých toho v dané chvíli víme jen velmi málo.

Rámce se pak dělí na podrámce s periodou 6 s a ty na slova s periodou 0,6 s.



Obr. 186

Vysílaná data jsou přitom uspořádána tak, aby důležité informace byly přijaty co nejdříve. Vzhledem k tomu, že je použita metoda CDMA, může jediný přijímač (např. přístroj GPS) přijímat najednou signály od všech satelitů.

Satelity vysílají na frekvencích:

1. L1: $1575,42\,\mathrm{MHz} = 154\cdot10,23\,\mathrm{MHz}$ - kód C/A a P(Y);
2. L2: $1227,62\,\mathrm{MHz} = 120\cdot10,23\,\mathrm{MHz}$ - pouze kód P(Y).

© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.