

Úloha 2: Dráha GNSS družice a navigační RINEX

Motivace

Dráhy družic GNSS jsou pro určení polohy nezbytností, neboť z nich můžeme na základě observací určit polohu přijímače. Údaje o poloze GPS družic jsou mimo jiné poskytovány v datech vysílaných družicemi, pomocí tzv. vysílaných (broadcast) efemerid je tedy možno řešit poziční úlohu v metrové přesnosti (dostatečné pro řadu aplikací).

Zadání

Dle čísla zadání použijte navigační data ze souboru RINEX (KSMV0010.14n) a pro konkrétní PRN určete pozici této družice v intervalu 24 hodin od zadaného času t v systému WGS-84. Průběh dráhy družice v tomto intervalu zobrazte na mapě světa. Protože navigační RINEX může obsahovat data pro dílčí PRN ve více epochách, použijte vždy tu nejbližší nižší epochu vůči t .

| Zadání | t (hh-mm-ss) | PRN |
|--------|----------------|-----|
| 1 | 21-1-15 | 1 |
| 2 | 19-1-15 | 3 |
| 3 | 5-1-15 | 5 |
| 4 | 7-1-15 | 7 |
| 5 | 7-1-15 | 9 |
| 6 | 21-1-15 | 11 |
| 7 | 3-1-15 | 13 |
| 8 | 7-1-15 | 15 |
| 9 | 3-1-15 | 17 |
| 10 | 19-1-15 | 19 |
| 11 | 9-1-15 | 21 |
| 12 | 3-1-15 | 23 |

Data viz <http://galaxy.asu.cas.cz/planets/index.php?page=kma-gps>

Popis formátu RINEX:

<http://igsb.jpl.nasa.gov/components/formats.html>

Odhad náročnosti úlohy: cca 200 příkazových řádků v Matlabu.

Určení polohy družice ve WGS-84 z vysílaných efemerid

Vysílané efemeridy ve formě dráhových (Keplerových) elementů jsou doplněny korekcemi k určení dominantních dráhových poruch pro GPS družice. Poloha družice v epoše t se spočítá v několika krocích a až na korekce odpovídá převodu KE na \vec{r}, \vec{v} :

- určení rozdílu zadaného času s časem epochy efemerid: $\delta t = t - t_d$
- střední pohyb $n = \sqrt{\frac{GM}{a^3}}$
- střední anomálie, $M = M_0 + (n + \Delta n)\delta t$
- excentrická anomálie z Keplerovy rovnice (iterační řešení) $E = M + e \sin E$
- pravá anomálie $\nu = 2 \arctan \frac{\tan \frac{E}{2} \sqrt{1+e}}{\sqrt{1-e}}$
- výpočet úhlu $u_0 = \omega_0 + \nu$, $\omega = \omega_0 + C_{uc} \cos(2u_0) + C_{us} \sin(2u_0)$, $u = \nu + \omega$, ...
- délka průvodiče $r = a(1 - e \cos E) + C_{rc} \cos(2u_0) + C_{rs} \sin(2u_0)$
- sklon roviny dráhy $I = I_0 + C_{ic} \cos(2u) + C_{is} \sin(2u) + \dot{I} \delta t$
- zeměpisná délka výstupného uzlu $\lambda_\Omega = \Omega_0 + (\dot{\Omega} - \omega_E)\delta t - \omega_E t_{oe}$
- rotace do WGS-84
$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{WGS}} = \mathbf{R}_3(-\Omega) \mathbf{R}_1(-I) \mathbf{R}_3(-u) \begin{pmatrix} r \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

kde \mathbf{R} jsou matice rotace podle příslušných os ($1 = x, 2 = y, 3 = z$).

Veličiny $a, M_0, \Delta n, e, \omega_0, \Omega_0, I_0, \dot{I}, \dot{\Omega}, C_{uc}, C_{us}, C_{rc}, C_{rs}, C_{ic}, C_{is}, t_{oe}, t_d$ najdete v efemeridách. Dále použijte $\omega_E = 7292115.1467 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$ a $GM = 398.6004418 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$.

Pozor na rozdíly v časových veličinách:

- t - čas epochy, v níž určujeme dráhu družice. Zde zadáno relativně vůči začátku GPS dne.
- t_d - čas efemerid relativně k začátku **GPS dne** (hod/min/sek)
- t_{oe} - čas efemerid vůči začátku **GPS týdne** (půlnoc So/Ne)

K odevzdání a formání náležitosti TZ

- Mezi výsledky bude 1 obrázek dráhy družice promítnuté na zemský povrch (tzv. groundtrack).
- Závěr obsahující popis a diskuzi výsledků včetně popisu toho, co bylo provedeno a jak (vlastními slovy). Případně připojte jakékoli další postřehy z řešení úlohy.
- Uveďte počet iterací použitých pro Keplerovu rovnici.

- TZ ve formátu pdf s uvedeným příjmením a číslem úlohy odevzdejte emailem sebera@asu.cas.cz nebo sebera@ntis.zcu.cz.
- Pokud použijete další zdroj, uveďte jej v seznamu literatury.
- Standardní náležitosti TZ jako hlavička, ..., závěr (neúplná TZ bude bez kontroly vrácena k přepracování).
- V TZ popište použité veličiny (řídte se požadavkem na maximální reprodukovatelnost výsledků za použití jen Vaší TZ), obrázky uvádějte s popiskem (caption), fyzikální hodnoty s fyz. jednotkou atd.

Tipy a poznámky

- V třetí úloze budete transformaci efemerid na kartézské souřadnice ve WGS-84 potřebovat. Vhodné je tedy sestavit funkci, která pro daný okamžik t a efemeridy k danému PRN určí X, Y, Z .
- Data o nízkém rozlišení pro vykreslení topografie, hranic kontinentů najdete pod příkazy `load topo`, `load coast`. K vykreslení topografie zkuste např.

```
load topo; load coast;
[s1 s2]=size(topo); [lonmat latmat]=meshgrid((0:s2-1),-90+(0:s1-1));
lonmat2=[lonmat(:,s2/2+1:end)-360 lonmat(:,1:s2/2)];
h=pcolor(lonmat2,latmat,[topo(:,s2/2+1:end) topo(:,1:s2/2)]);
set(h,'linestyle','none'); hold on;
plot(long,lat,'k');
```

- Namísto triviálního zobrazení, zkuste pro mapu světa sofistikovanější zobrazení dle svého výběru.
- Funkce k plošnému vykreslování gridovaných dat `surf`, `surf1`, `mesh`, `colormap` a další.
- Funkční a volně dostupný balíček pro kreslení map najdete zde <http://www2.ocgy.ubc.ca/~rich/map.html>
- Nejen Matlab poskytuje řadu nástrojů pro práci s (nejen) ASCII daty, kterých můžete s výhodou použít: `fopen`, `fclose`, `fEOF`, `fgetl`, `sscanf`, `strcmp`, `str2num`, `textscan` a další.
- Využijte Matlab help pro hledání podrobností o použitých nástrojích.
- Namísto Matlabu lze použít volně dostupný [GNU Octave](#), který má pro základní operace téměř shodnou syntaxi.