UE Satellitengeodäsie - Übung 4

Satellite Laser Ranging (SLR)

Vergleich Messung - Berechnung

Gegeben ist eine SLR Beobachtung von der Station Zimmerwald, Schweiz zum Galileo Satelliten mit der PRN E12 am 25.03.2012 im Normalpoint-Format.

Auszug aus dem Normalpoint-Format:
(Quelle: *ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/slr/data/npt/galileo102/2012/galileo102.1203.Z*)

```
Sat.Nr.   YY/doy Stat.ID
1106002|12085|7810|68015321001201190000000030940110160007 1

Aussendezeitpunkt
in 0.1[µs]     Δt [ps](δρsys auf Empfängerseite wurde bereits berücksichtigt)
380716975000|177465271622|0000162092202838059009300000065
3812274750011775002317570000152092202838059006300000050
```

Formatbeschreibung: *http://ilrs.gsfc.nasa.gov/data_and_products/data/npt/npt_format.html*

Die Gleichung (4.2) beschreibt den Zusammenhang zwischen gemessener Laufzeit Δt_E^S, der geometrischen Distanz ρ_E^S und diverser Korrekturen.

$$\Delta t_E^S \cdot \frac{c}{2} = \rho_E^S + \delta\rho_{rel} + \frac{1}{2}\delta\rho_{sys} + \delta\rho_{atm} + c \cdot \varepsilon_E^S \qquad (4.2)$$

GM$_E$ = 3,986005e14 m^3/s^2 c = 299792458 m/s

Die gemessene Distanz Δ_E^S zwischen der SLR Station und dem Satelliten ist das Produkt aus gemessener Laufzeit und dem Faktor $\frac{c}{2}$.

$$\Delta_E^S = \Delta t_E^S \cdot \frac{c}{2} = \qquad\qquad\qquad \text{m} \qquad (4.1)$$

Bestimmen Sie die theoretische Distanz und vergleichen Sie diese mit der gemessenen Distanz. Berücksichtigen Sie dabei relativistische und systematische Korrekturen. Der Einfluss der Atmosphäre $\delta\rho_{atm}$ sowie Messfehler ε_E^S können zunächst vernachlässigt werden. Wie groß ist die Differenz zwischen beiden?

Um die geometrische Distanz berechnen zu können, muss die Position der Station und des Satelliten im selben Koordinatensystem gegeben sein. Erdfeste Koordinaten (ITRF2008) des Galileo Satelliten können dem „Precise orbit file“ entnommen werden. (*ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products/mgex/1681/gfm16810.sp3.Z*).

Zunächst wird der Zeitpunkt t_{refl} (in Galileo-Zeit) bestimmt, an dem der SLR Strahl den Galileo-Satelliten trifft. Dieser Zeitpunkt berechnet sich wie folgt:

$t_{refl} = t_{transm} + \frac{\Delta t_E^S}{2} + t_{Galileo-UTC} =$ sek = h m sek

Am 25.03.2012 betrug die Differenz zwischen Galileo Zeit und UTC __ Sekunden (siehe IERS Bulletin C, *https://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/EarthOrientationData/eop.html*).

Die Satellitenposition zum Zeitpunkt t_{refl} kann aus bekannten Stützstellen interpoliert werden. Für höhere Genauigkeit bietet sich an, das Lagrangesche Interpolationsverfahren 12. Ordnung zu verwenden.

Die Satellitenposition und der Radiusvektor zum Zeitpunkt t_{refl} ergibt sich demnach zu:

$$X^S = \begin{pmatrix} 6743465.613 \\ -21701615.380 \\ 18982304.561 \end{pmatrix} m, \qquad r^S = \qquad \text{m}$$

Die ITRF2008 Koordinaten der Station ZIML (Domes no. 14001S007) zur Beobachtungsepoche können der Webseite *http://itrf.ensg.ign.fr/* entnommen werden. (Search by DOMES number – Add selected points to cart – Get coordinates)

$$X_E = \begin{pmatrix} \quad \\ \quad \\ \quad \end{pmatrix} m, \qquad r_E = \qquad \text{m}$$

Die geometrische Distanz ergibt sich zu:

$$\rho_E^S = |X^S - X_E| = \qquad \text{m} \qquad (4.5)$$

Anschließend wird die CoM (centre of mass) Korrektur angebracht (überlege und begründe: positiv oder negativ?). Für den Galileo Satellit E12 (Galileo-102) beträgt diese m in z-Richtung (Vereinfachung!) (http://ilrs.gsfc.nasa.gov/missions/satellite_missions/current_missions/ga02_com.html).
Daraus folgt die um CoM korrigierte geometrische Distanz:

$$\rho_{E,CoM}^S = \qquad \text{m}$$

Die relativistische Korrektur $\delta\rho_{rel}$ (Gleichung 4.7) ergibt sich aus:

$$\delta\rho_{rel} = \frac{2GM_E}{c^2} \ln\left[\frac{r^S + r_E + \rho_{E,CoM}^S}{r^S + r_E - \rho_{E,CoM}^S}\right] = \qquad \text{m} \qquad (4.7)$$

Nach Anbringen beider Korrekturen beträgt die Differenz zwischen theoretischer Distanz und gemessener Distanz:

$$\Delta_E^S - (\rho_{E,CoM}^S + \delta\rho_{rel}) = \qquad \text{m}$$