

Besprechung der Übung am 04.06.2024

Aufgabe 1 (6 Punkte)

In ILIAS finden Sie neue Datensätze zur Übung. In der Datei `INav-Uebung03-A1-IMU.csv` finden Sie Beschleunigungs- und Drehratenmessungen einer inertialen Messplattform (IMU) mit sechs Freiheitsgraden, die zu einer simulierten Flugtrajektorie gehören. Die Messdaten sind **nicht** schwerefeldfrei, sondern verwenden das Somigliana Modell mit Höhenkorrektur. In der Datei `INav-Uebung03-A1-REF.csv` finden Sie die Referenztrajektorie, welche nur für die Startwerte und Plots, jedoch nicht zur Berechnung verwendet werden soll.

- i) Integrieren Sie die Daten mithilfe des Heun Verfahren im n-System
- ii) Integrieren Sie die Daten mithilfe des Heun Verfahren im e-System
- iii) Plotten Sie sowohl die Lösungen und die Referenz.
 - 2D Plot mit Y-ECEF als x-Achse und Z-ECEF als y-Achse
 - Höhe über der Zeit
- iv) Gibt es Unterschiede in der Lösung, wenn ja, erklären Sie.

Hinweise:

- Somigliana Modell: $g = g_0 \cdot k$

$$g_0 = 9.780\,325\,335\,9 \cdot \frac{1 + 1.931\,853 \times 10^{-3} \cdot \sin^2(\phi)}{1 - e^2 \sin^2(\phi)}$$

$$k = 1 - 2\frac{h}{a} \cdot \left(1 + f + \frac{b}{\mu}(\omega_{ie} \cdot a)^2\right) + 3\left(\frac{h}{a}\right)^2$$

- a, b, f, μ sind WGS84 parameter, ω_{ie} die Erdrotation
- ϕ ist die Geographische Breite, h die Höhe über dem Ellipsoid

INAV-U3-IMU

0.02s Datenrate

$a_x \ a_y \ a_z$ $g_x \ g_y \ g_z$
 m/s^2 rad/s

在n系统下

初始数据使用 RK3-temp = y

包括 Lat Lon Alt refv q-n
 rad m NED m/s n下的q

INav-U3-A1-Ref

0.2s Datenrate

Lat Lon Alt $V_h \ V_E \ V_D$ R P Y
 deg m/s deg

2.5

$$\phi = \frac{V_N}{M+h}$$

$$\lambda = \frac{V_E}{(N+h)\cos\phi}$$

$$h = -V_D$$

wobei M ist Meridian
 N ist transverse

} ⇒ 使用Wgs84模型

2.10

$$\dot{C}_P^n = C_n^P (\dot{W}_{\varphi}^P - \dot{W}_{in}^P)$$

→ 因为我们测得数据有地球自转

IMU Data

$$\dot{W}_{in}^n = \dot{W}_{ie}^n + \dot{W}_{en}^n$$

→ Inertialsensoren von S7

$$C_e^n \cdot W_{ie}^e$$

$$\parallel$$

$$C_n^e{}^T$$

$$\begin{bmatrix} \cos\phi \cdot \dot{\lambda} \\ -\dot{\phi} \\ -\sin\phi \cdot \dot{\lambda} \end{bmatrix}$$

Erddrotation + Beschleunigung der Erddrotation

$$\omega_{np}^p \Rightarrow A$$

$$\Omega = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_3 & \omega_2 \\ \omega_3 & 0 & -\omega_1 \\ -\omega_2 & \omega_1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\dot{y} = \begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\chi} \\ \dot{h} \end{bmatrix} \Rightarrow \dot{x}$$

$$C_p^n \cdot a_{ip}^p - (2\Omega_{te}^n + \Omega_{en}^n) \cdot v^n - C_e^n \cdot \Omega_{te}^e \cdot \Omega_{ie}^e \cdot x^e + g^n \quad 2.11$$

$$\dot{z} = Aq \rightarrow \dot{q}$$

$$g^e = g_0 \cdot k$$

$$g_0 = 9.7803253359 \cdot \frac{1 + 1.931853 \times 10^{-3} \cdot \sin^2 \phi}{1 - e^2 \sin^2 \phi}$$

$$k = 1 - 2 \frac{h}{a} \cdot (1 + f + \frac{b}{\mu} (\omega_e \cdot a)^2) + 3 \left(\frac{h}{a}\right)^2$$

$$g^n = C_e^n \cdot g^e$$

Aufgabe 2 (4 Punkte)

In der Datei `INav-Uebung03-A2-IMU.csv` finden Sie Beschleunigungs- und Drehratenmessungen einer inertialen Messplattform (IMU) mit sechs Freiheitsgraden, die zu einer simulierten Flugtrajektorie gehören. Die Messdaten sind **nicht** schwerefeldfrei, sondern verwenden das Somigliana Modell mit Höhenkorrektur. In der Datei `INav-Uebung03-A2-GNSS.csv` finden Sie GNSS Beobachtungen der Position und Geschwindigkeit. Die Datei `INav-Uebung03-A2-REF.csv` dient Ihnen als Referenz und zur Bestimmung der Startwerte, soll aber nicht zur Berechnung herangezogen werden.

Anmerkungen zu den Daten:

- Jede Datei enthält eine Header-Zeile mit Beschreibung der Daten und Einheiten.
- Die IMU Messwerte sind im Platform System, welches mit dem Body System übereinstimmt.

Analysieren Sie die Messdaten.

- i) Untersuchen Sie die aufgezeichneten Beschleunigungen und Drehraten der IMU, sowie die Positions- und Geschwindigkeitsdaten, und ermitteln Sie das Messrauschen.
- ii) Stellen Sie die Daten grafisch als Zeitreihe dar und berechnen jeweils die Standardabweichung.
- iii) Diskutieren Sie die Ergebnisse.