

Abgabe bis 18.06.2021 über ILIAS

Mit der inertialen Messeinheit VN100 der Firma VectorNav wurden in einem statischen Messaufbau Beobachtungen mit einer Datenrate von 50 Hz aufgezeichnet. Die IMU wurde grob horizontalisiert und mit ihrer x-Achse nach -118° N ausgerichtet (yaw-Winkel). Ihre Position im WGS84-System war (48.78070192 N, 9.17158708 E, 326.568 m)

In der Datei **vnav-data-static.csv** finden Sie in der Spalte 28 bis 33 vorkalibrierte Beschleunigungs- und Drehratenmessungen in Einheiten von m/s^2 bzw. rad/s . Als Zeitstempel verwenden Sie die in Spalte 4 angegebene IMU-Zeit in Einheiten von ns.

Weitere Annahmen für die Prozessierung:

- Erdrotation $\omega_e = \frac{2\pi}{86400} \frac{rad}{s}$
- Gravitationsvektor $g = (0, 0, 9.8465) \frac{m}{s^2}$, muss ins e-System transformiert werden
- apriori Varianz der Fehler-Zustände: Position = $(100 m)^2$, Geschwindigkeit = $(10 \frac{m}{s})^2$, Orientierung = $(0.1 rad)^2$, Accelerometer Bias = $(1 \frac{m}{s^2})^2$ und Gyro-Bias = $(0.1 \frac{rad}{s})^2$
- Korrelationslänge für Gauss-Markov Prozess $\tau = 10$
- Varianzen für GM Prozess: Accelerometer = $1 e^{-5} \frac{m^2}{s^4}$, Gyro = $1 e^{-8} \frac{rad^2}{s^2}$

Aufgabe 1 (2 Punkte)

Starten Sie mit einer Analyse der Messdaten. Untersuchen Sie die aufgezeichneten Beschleunigungen und Drehraten auf Datenlücken und ermitteln Sie das Messrauschen.

- a) Stellen Sie die Daten grafisch als Zeitreihe dar und berechnen jeweils die Standardabweichung.
- b) Diskutieren Sie die Ergebnisse.

Aufgabe 2 (2 Punkte)

Führen Sie dann eine vorwärts integrierte Navigationslösung im e-System ohne Filter und Rückkopplung durch.

- a) Bestimmen Sie den Geschwindigkeits- und den Positionsverlauf des Sensors, sowie dessen Orientierung.
- b) Stellen Sie Position, Geschwindigkeit und Orientierung grafisch dar und diskutieren Sie das Ergebnis.

Aufgabe 3 (6 Punkte)

Verwenden Sie nun die Fehlergleichung (6.5) aus Vorlesung VO06 zur Schätzung des 15-stufigen Zustandsvektors mit Position-, Geschwindigkeit-, Orientierungsfehler, sowie der Sensorfehler von Beschleunigungsmesser und Gyroskop mithilfe eines Kalmanfilters. Bringen Sie mit der vorgegebenen Update-Rate jeweils die geschätzten Positions- und Geschwindigkeitsfehler als Korrektur vor der Integration an (closed-loop Methode).

- a) Untersuchen Sie die Positionsfehler für folgende Fälle:
- Update mit "wahren" Positionen und Geschwindigkeiten alle 5 Sekunden
 - Update mit "wahren" Positionen und Geschwindigkeiten alle 60 Sekunden
 - Update mit "wahren" Positionen und Geschwindigkeiten alle 120 Sekunden
- b) Stellen Sie Ihre Ergebnisse grafisch dar und diskutieren Sie die Qualität Ihrer Kalman-Navigationslösung, u.a. durch Betrachtung der Kovarianzmatrix. Geben Sie hierzu auch die formellen Fehler der Fehler-Zustände als Funktion über die Zeit aus. Passen diese mit den wahren Fehlern zusammen, d.h. den Differenzen (wahrer Wert - vorwärts integriertem Wert)?

Anmerkungen zur Vorgehensweise:

- Um die Positionsfehler zu "beobachten", berechnen Sie die Differenz zwischen wahrer Position (in ECEF) und der vorwärts integrierten Position. Die Differenz ist dann Ihre "Beobachtung" für den Positionsfehler $\delta\mathbf{x}$. Nehmen Sie eine Messgenauigkeit von 1 mm je Koordinate an.
- Um die Geschwindigkeitsfehler zu "beobachten", berücksichtigen Sie, dass die IMU ruht. Die Differenz Null (wahrer Wert) minus Ihre vorwärts integrierten Geschwindigkeiten ergeben dann Ihre "Beobachtung" für die Geschwindigkeitsfehler $\delta\mathbf{v}$. Nehmen Sie eine Messgenauigkeit von 1 $\frac{mm}{s}$ je Geschwindigkeitskoordinate an.

Wichtig:

Zur Bearbeitung dieser Aufgabe haben Sie 2 Wochen Zeit. Gerne diskutieren wir mit Ihnen während der Bearbeitung konkrete (!) Fragestellungen. Es liegt uns daran, dass Sie verstehen was sie machen und wie die Algorithmen funktionieren.