

INS/GNSS-Navigationssystem

Kalibrierung & Filterung einer IMU zur Integration eines INS/GNSS-Navigationssystems mit Kalman-Filter

Diplomand



Sven Johannes Schlömmer

Einleitung: Die Kombination von inertialer Navigation und Satellitennavigation findet breite Anwendung von zivilen bis militärischen Bereichen. Während eine Inertiale Messeinheit (IMU) Bewegungsdaten erfasst, ermöglicht das Inertiale Navigationssystem (INS) deren Integration zur Positionsbestimmung. INS bieten eine hohe Kurzzeitgenauigkeit, jedoch führen Sensordrifts der IMU zu einer zunehmenden Positionsabweichung im Laufe der Zeit. Global Navigation Satellite System (GNSS) hingegen liefert absolute Positionsdaten, ist jedoch anfällig für Signalverluste und Messrauschen. Die Kombination beider Systeme ermöglicht eine zuverlässigere und genauere Positionsbestimmung als bei bisherigen, indem die Stärken beider Technologien genutzt und deren Schwächen kompensiert werden.

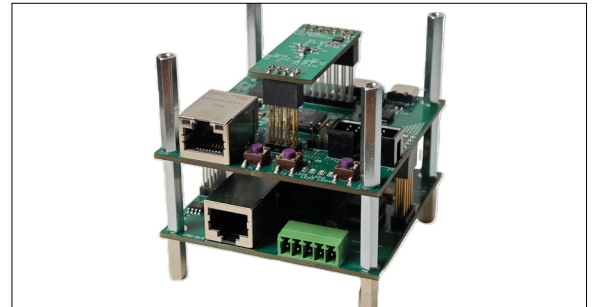
Ziel der Arbeit: Die Herausforderung besteht in der Entwicklung einer zuverlässigen und präzisen IMU. Ein Schwerpunkt liegt auf der Analyse und Modellierung der Fehlerquellen der Sensoren. Ziel ist eine genaue Charakterisierung für den Einsatz in INS- und INS/GNSS-Systemen. Zudem werden Methoden wie Frequenzanalysen und Filter implementiert, um die Datenqualität zu verbessern. Darüber hinaus soll ein INS entwickelt werden, das durch Sensorfusion mit einem GNSS zu einem Loosely Coupled INS/GNSS-System unter Verwendung eines Error State Space Kalman Filters (ESSKF) erweitert wird.

Ergebnis: Für die IMU wurde ein Fehlermodell entwickelt, das deterministische Fehler per Sechsen-Achsen-Kalibration und den stochastischen Bias durch Allan-Varianz-Analyse bestimmt. Anpassungen auf Anwendungsebene optimieren die IMU für spezifische Anforderungen. Es wurde ein Loosely Coupled INS/GNSS-System mit

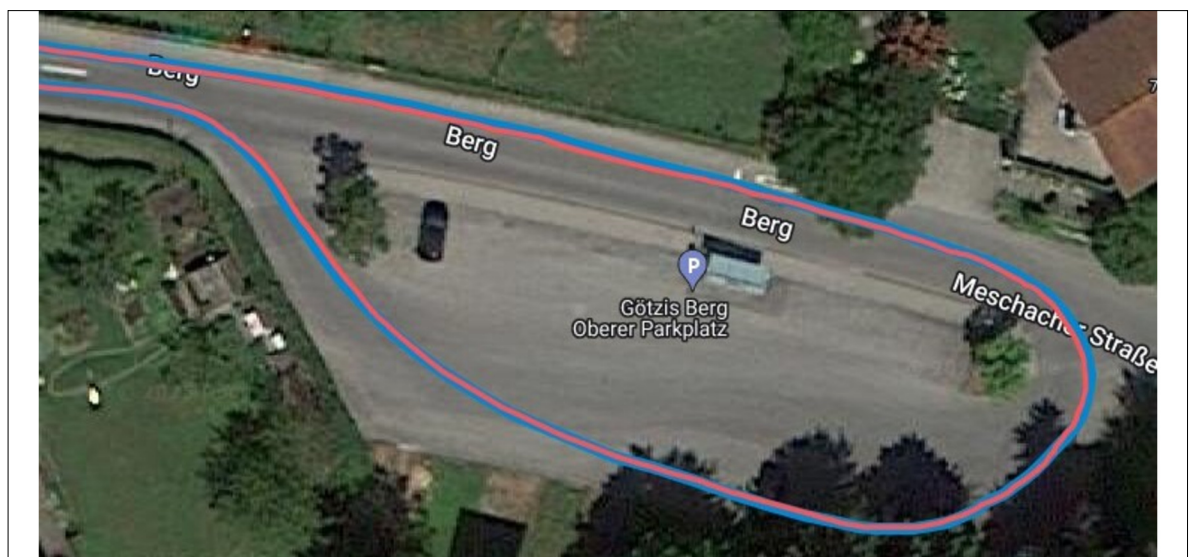
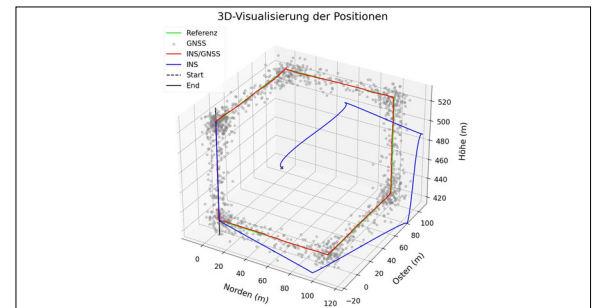
Praktische Verifikation der INS/GNSS-Implementierung mit einer Autofahrt. Blau = GNSS, Rot = INS/GNSS
Eigene Darstellung

einem ESSKF implementiert, und mit Simulationen und realen Sensordaten validiert. Die Ergebnisse zeigen, dass Kalibrierung und Fehlerkompensation die Positionsgenauigkeit erheblich verbessern. Die Arbeit liefert wertvolle Erkenntnisse zur Kalibrierung und Filterung von IMU sowie zur INS/GNSS-Fusion.

Entwickelte Hardware Eigene Darstellung



Theoretische Verifikation der INS/GNSS-Implementierung über eine Simulation Eigene Darstellung



Referent
Prof. Guido Piai

Korreferent
Patrick Morger, Leica Geosystems, Heerbrugg, Sankt Gallen

Themengebiet
Electrical Engineering