

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas Wieser
Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme
E-Mail: andreas.wieser@TUGraz.at
Tel: 0316 876 6323

Department of Geomatics Engineering
University of Calgary, Canada
Tel: +140 321 098 65



Satellitengestützte Positionierung, hochgenau – aber sicher ?!

Quality control for precise GPS positioning

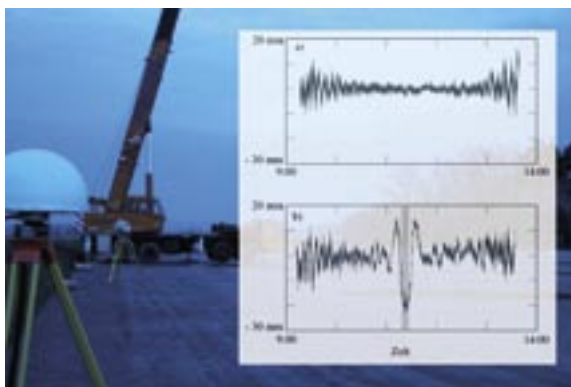
Als die Berufsberater aus der Großstadt ans Gymnasium nach Linz kamen, war ich voller Erwartung. Meine Lieblingsfächer deckten beinahe den gesamten Stundenplan ab, und mein Traumberuf war entsprechend scharf eingegrenzt... Leider änderte sich das an jenem Tag nicht. Eine Reihe von Zufällen führte mich schließlich zum Geodäsie-Studium an die TU Wien. Zugleich studierte ich am Konservatorium Klarinette, was mir zu Konzerten und Reisen verhalf, mich aber von praktischen Erfahrungen im Vermessungsbüro fernhielt. Nach einer Diplomarbeit aus dem Bereich „Digitale Bildverarbeitung“ nahm ich die Gelegenheit wahr, als Assistent an der TU zu bleiben. Ich hatte einen spannenden Beruf gefunden, der meinem Forschungsdrang ebenso entsprach wie meiner schwindenden Freude am Klarinette-Üben.

1998 wechselte ich an die TU Graz, um bei Herrn Prof. Brunner zu dissertieren. Seit damals interessiert mich das Globale Positionierungssystem GPS besonders. Je nach Empfänger, Messstrategie und Auswertemodellen kann man seinen Standpunkt damit auf einige Meter bis wenige Millimeter genau bestimmen, unter Umständen sogar noch genauer. So wird GPS auch in unzähligen Bereichen eingesetzt - von der Segeljacht bis zum Kampfjet, von der Autonavigation bis zur Erforschung der Erdkrustenbewegungen. Die Tücke steckt im Detail: Obwohl „der Millimeter“ erreichbar ist, kann die berechnete Position im Einzelfall um viele Meter falsch sein, ohne dass dies den Messdaten oder berechneten Koordinaten leicht anzusehen wäre.

Die Positionierung mit GPS beruht auf der Laufzeitmessung von Signalen. Während man die großen Fehlereinflüsse, etwa die Uhrfehler, modellieren kann, gelingt das mit einigen anderen nicht, z.B. mit zeitlich stark veränderlichen ionosphärischen Störungen oder Reflexionen an Gebäuden. Bei ungünstiger Verteilung der Satelliten (diese ändert sich ständig) können aber selbst kleine Restfehler in der Laufzeitmessung große Fehler in der berechneten Position bewirken.

GPS ist also zwar potentiell präzise, aber nicht unbedingt „sicher“. Für kritische Anwendungen ist die Zuverlässigkeitskontrolle essentiell, also die Frage, ob sich Fehler rechtzeitig aufdecken lassen, und wie groß eventuell nicht aufgedeckte Fehler sein können. In meiner Dissertation „Robust and fuzzy techniques for parameter estimation and quality assessment in GPS“ habe ich statistische und heuristische Methoden dafür vorgeschlagen, die nur Daten verwenden, welche von (besseren) GPS-Empfängern ausgegeben werden. Es hat sich gezeigt, dass die Arbeit auch auf die Positionierung mit Pseudostrecken anwendbar ist, die selbst der billigste GPS-Empfänger liefert. Die Arbeit wurde mit einem Josef Krainer-Förderungspreis des Landes Steiermark ausgezeichnet.

Nichtsdestotrotz konnte sie das Problem mangelnder Zuverlässigkeit nicht allgemein lösen, denn die Schwachstelle liegt nicht mehr in den Auswertemodellen, sondern ist systemimmanent: Die GPS Daten allein enthalten nicht genug Information. Zusätzliche Information kann zum Beispiel in Form von Differentialgleichungen in die Auswertung einfließen, die die Bewegung des Empfängers beschreiben, oder in Form von Messdaten zusätzlicher Sensoren. Der FWF ermöglicht mir zurzeit, im Rahmen eines Erwin-Schrödinger-Auslandsstipendiums an der University of Calgary zu arbeiten. Das Ziel meines Forschungsprojektes „INS aided fuzzy quality control for precise RTK GPS positioning“ ist es, mit Simulationsrechnungen und Experimenten zu untersuchen, wie und in welchem Maße günstige MEMS Inertial-Sensoren (mikrotechnologisch gefertigte Kreisel und Beschleunigungsmesser) eingesetzt werden können, um die Qualität kinematischer Echtzeit-Positionierung mit GPS nachzuweisen. Solche Sensoren sind nahezu unabhängig von äußeren Einflüssen und über kurze Zeit extrem präzise, akkumulieren allerdings über längere Zeiträume große Abweichungen. Kombiniert man sie mit GPS, so erhält man ein besonders



Einfluss eines einzelnen Objekts (Autokran) auf GPS Trägerphasenmessungen. (a) Messfehler PRN 7, Tag 1, ohne Kran, (b) Tag 2, mit Kran.

zuverlässiges und dennoch kostengünstiges Positionierungssystem für viele Anwendungen.

Im Jahr 1987 hat mir kein Berufsberater empfohlen, Forscher zu werden. Glücklicherweise haben der Zufall und einige Mentoren nachgeholfen.

Im Jahr 1987 hat mir kein Berufsberater empfohlen, Forscher zu werden. Glücklicherweise haben der Zufall und einige Mentoren nachgeholfen.

Quality control for precise GPS positioning

The global positioning system GPS has not only revolutionized navigation. Processing the signal's carrier phase, its real-time kinematic (RTK) mode allows to guide machines with cm-level accuracy, to survey traffic routes precisely while driving along them, to set out points efficiently. Engineering geodesy has become unthinkable without RTK GPS. However, objects close to the antenna may cause signal distortions which can hardly be modelled. These effects may bias the estimated position even by meters. They are extremely difficult to detect while measuring kinematically. Consequently, RTK GPS is of limited use in critical applications, and its potential accuracy is not fully exploited.

Currently, I am working at the University of Calgary as an Erwin-Schrödinger fellow of the FWF. My research aims at investigating the capability of low-cost inertial sensors (IMU) to mitigate the above problem. The errors of low-cost IMU are modelled numerically and used for a statistical analysis of minimum-detectable biases based on Kalman filtering. The resulting algorithms are embedded into a strategy for robust estimation and quality control using fuzzy logic, which I have developed as part of my dissertation.