Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement

Band: 108 (2010)

Heft: 1

Artikel: Verbesserte Navigation unter erschwerten Bedingungen dank "invers predicted almana" (IPA)?

Autor: Zogg, Jean-Marie

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-236667

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Verbesserte Navigation unter erschwerten Bedingungen dank «inverse predicted almanac» (IPA)?

Im Strassenverkehr sind Navigationshilfen nicht mehr wegzudenken. In immer mehr Fahrzeugen des öffentlichen und privaten Verkehrs werden GPS-Empfänger eingesetzt, um zum Ziel der Fahrt zu gelangen oder zum Bestimmen bzw. Anzeigen der Haltestellen. Problematisch bleibt eine exakte Bestimmung der Koordinaten in engen Strassenschluchten oder Gebieten mit eingeschränktem Sichtkontakt zu den Satelliten. Diese negative Konstellation ist häufig in Städten oder Bergen zu finden. Um Koordinaten richtig zu bestimmen, benötigt ein GPS-Empfänger eine Funkverbindung zu mindestens drei (wenn die geographische Höhe bekannt ist) oder vier Satelliten. Das Verfahren – inverse predicted almanac (IPA) – könnte eventuell helfen, um bei schwierigen topologischen Situationen trotzdem den Standort zu bestimmen bzw. zu validieren. Das Prinzip wird in diesem Beitrag erklärt und erste viel versprechende Messungen werden vorgestellt.

La circulation routière ne peut plus se passer des aides de navigation. Un nombre croissant de véhicules privés et publics est équipé de récepteurs GPS permettant d'atteindre la destination de la course ou de désigner respectivement indiquer les arrêts. La détermination précise des coordonnées reste toutefois problématique dans des gorges étroites ou des régions à contact visuel restreint des satellites. Cette constellation négative se présente souvent dans les villes ou les montagnes. Pour une détermination juste des coordonnées le récepteur GPS a besoin d'une liaison radio avec au moins trois (si l'altitude géographique est connue) ou quatre satéllites. Dans des situations topologiques difficiles le procédé – inverse predicted almanac (IPA) – pourrait éventuellement aider à déterminer quand-même la position ou la valider. Le princpe est expliqué dans l'article ci-après et des premiers mesurages prometteurs sont présentés.

Non è più pensabile spostarsi nel traffico senza l'ausilio degli strumenti di navigazione. Sempre più mezzi di trasporto pubblici e privati sono dotati di un ricevitore GPS per indicare le fermate o trovare la strada giusta. Continua a restare problematica la definizione precisa delle coordinate sui tratti stradali stretti o nelle aree con contatto visivo limitato col satellite Questa costellazione negativa si riscontra sovente in città o in montagna. Per definire correttamente le coordinate, un ricevitore GPS necessita di un contatto radio con almeno tre (se è nota l'altezza geografica) o quattro satelliti. Il processo – inverse predicted almanac (IPA) – potrebbe eventualmente venire in aiuto per definire o convalidare la posizione in caso di una situazione topologica difficile. Questo principio viene spiegato in quest'articolo, in cui si presenta anche tutta una serie di prime misurazioni promettenti.

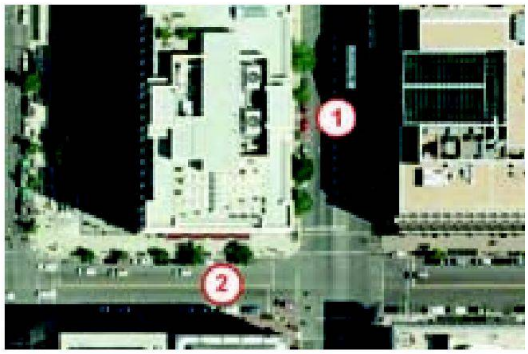

Abb. 1: Welche Position (1 oder 2) ist gültig?

J.-M. Zogg

Das Prinzip, einfach erklärt

Stellen Sie sich vor, Sie navigieren in einer Stadt, rundherum Hochhäuser, die den Empfang von vier Satelliten unmöglich machen. Sie möchten wissen, ob Sie sich bei Position 1 oder Position 2 befinden (Abb. 1). Für die Gegend, in der Sie sich befinden, kann anhand des gültigen Almanachs für den fraglichen Zeitpunkt eine theoretische Lage aller Satelliten am Himmelsgewölbe (Skyview) vorausbestimmt werden (Abb. 2, links). Ihr GPS-Empfänger empfängt je nach Position 1 oder 2 unterschiedliche Satellitensignale. Obwohl jeweils nur drei Satellitensignale empfangen werden, kann bestimmt werden, ob sich der Empfänger bei Position 1 oder 2 befindet. Bei Position 1 werden Satelliten in Nord-Süd-Richtung (Abb. 2, Mitte) und bei Position 2 Satelliten in West-Ost-Richtung bevorzugt empfangen (Abb. 2, rechts). Die umliegenden Gebäude verhindern den Empfang in den entgegengesetzten Himmelsrichtungen. Anhand dieses konstruierten Beispiels sollte es möglich sein, seine eigene Position bei eingeschränktem Kontakt zu Satelliten zu bestimmen, wenn

- der Satellitenalmanach bekannt ist,
- die Form des sichtbaren Horizonts (Abschattungsprofil, siehe Abb. 3, links) für die möglichen Standorte bekannt ist,
- der GPS-Empfänger nur die Satellitensignale ausserhalb des Abschattungsprofils (in Abb. 3, rechts der blaue Bereich) einfängt.

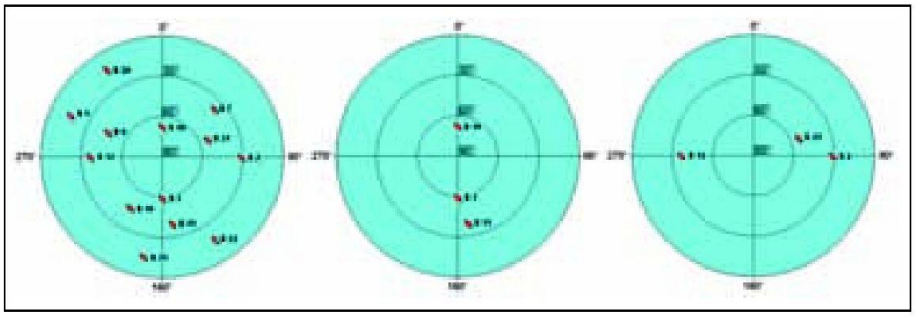

Abb. 2: Gemessener Skyview bei Position 1 (mittleres Bild) oder bei Position 2 (rechtes Bild).

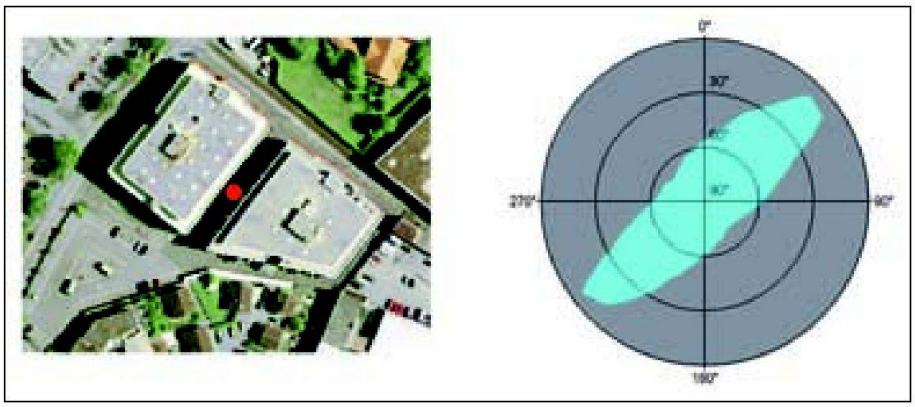

Abb. 3: Beispiel eines Abschattungsprofils für eine SW-NO-Orientierung (Standort zwischen den Gebäuden).

Im Abschattungsprofil werden die Hindernisse grau eingezeichnet und der freie Himmel blau.

Detailinformationen

Die Position der Satelliten (Satelliten-Nr., Azimut und Elevation) am Himmelsgewölbe ist bei GPS dank der gesendeten Almanache über einige Wochen im voraus berechenbar. Die Lage am Himmelsgewölbe der ca. 30 Satelliten wird im Allgemeinen als Skyview bezeichnet. Misst ein Empfänger eine Abweichung vom vorausberechneten Skyview (z.B., dass einige Satelliten fehlen), so muss ein Hindernis (z.B. Gebäude) in der Sichtverbindung vorliegen. Umgekehrt folgt daraus: Anhand der Abweichung zwischen dem gemessenen und dem vorausbestimmten Skyview sollte der aktuelle Standort bestimmt werden können, wenn die Hindernisprofile bekannt sind.
Das Profil der Umgebung muss vorgängig aufgenommen werden. Da dieses Verfahren vor allem für den ÖV gedacht ist und die Fahrstrecken gleich bleiben, ist es ökonomisch und technisch verkraftbar. Ein normales Navigationsgerät kann bei fehlenden Satelliten keine Messungen mehr durchführen. Vier Satelliten sind notwendig, um eine 3D-Position (Länge, Breite und Höhe) zu ermitteln. Gibt man die Höhe vor und fixiert sie auf einen festen Wert (2D-Position), so sind nur drei Satelliten erforderlich.

Stand der Technik: Ortung und Navigation in engen Schluchten

Es existieren viele verschiedene Techniken, um das Problem der Navigation in engen Schluchten zu lösen. Einige Ansätze werden kurz vorgestellt:

Hilfsmittel:
Die Verwendung von Hilfsmitteln an Bord des Fahrzeuges (Inertial Navigation[1], Dead Reckoning[2]) wie z.B. Elektronische Kreisel (Gyratoren), Beschleunigungssensoren und Tachosignale (Radsensoren), um die Messung in erschwerten Bedingungen zu ermöglichen.
Nachteil: Der Nachteil des Verfahrens besteht darin, dass es nur kurzzeitig einsetzbar ist (weil Beschleunigungssensoren usw. driften) und weil damit lediglich eine relative Änderung der Position messbar ist. Dies bedeutet, dass die absolute Position zu Beginn der Messung bekannt sein muss.

Mapmatching:
Die (ungenaue) gemessene Position wird interpoliert und es wird versucht, die errechnete Position auf einer Karte einzupassen, in der Annahme, dass sich das Fahrzeug auf einer Strasse bewegt.
Nachteil: Dieses Prinzip versagt, wenn mehrere Strassen möglich sind. Für Autobahnen meistens geeignet, aber in einem dichten Strassennetz nicht zuverlässig genug[3].

Externe künstliche Signale:
Entlang der Fahrstrecke werden künstliche Signalgeber (Pseudolites, WLAN-Sender[4], ISM-Sender etc.) platziert. Die Positionen dieser Sender sind vermessen. Anhand dieser zusätzlichen Signale kann der Navigationsempfänger seine Position errechnen.
Nachteil: Die zusätzliche Infrastruktur muss aufgebaut und die Navigationsempfänger müssen modifiziert werden.

HGPS, hochempfindliche GPS-Empfänger (High Sensitivity GPS[5]):
Diese Empfänger sind 10 bis 20 dB empfindlicher als konventionelle GPS-Empfänger.
Nachteil: Diese Empfänger werten sehr oft Reflexionen und Mehrwegsignale aus, was zu Fehlmessungen führt[6].

Software-Lösungen:
Eine dieser Möglichkeiten ist im Fachartikel[7] beschrieben.

Verwendung des GSM- und UMTS-Netzes:
Anhand der GSM- bzw. UMTS-Signale

Abb. 4: Messpunkte MP-29 bis MP-33.

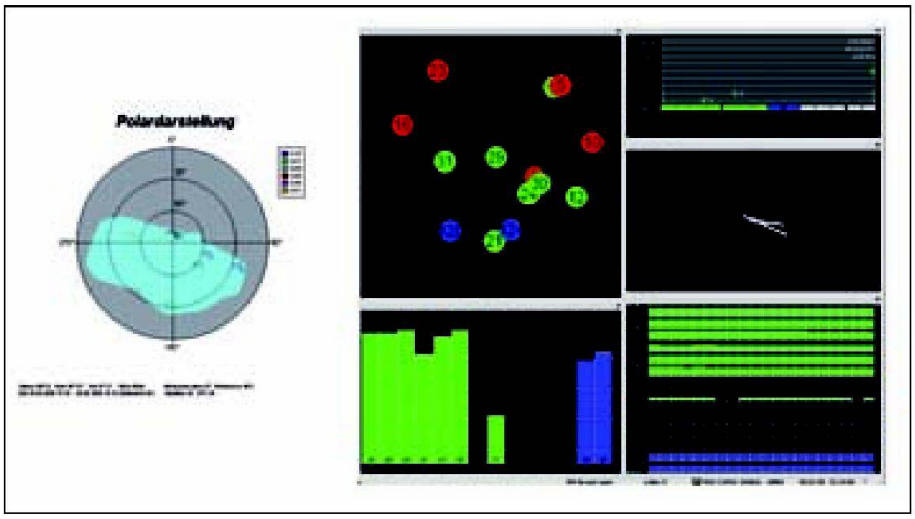

Abb. 5: Messpunkt 32 am 26. August 2009, 15:19 UTC.

kann eine Position ermittelt werden. Zurzeit wird vor allem die Identifikation der Funkzellen (Cell-ID) ausgenutzt. Verfahren, die auf der Messung der Laufzeit basieren, werden fast nicht eingesetzt, da die notwendige Hardware und Infrastruktur bei den Netzbetreibern fehlen.
Navigation und Positionierung in engen Schluchten sind und bleiben ein Problem. Gelöst werden kann die schwierige Aufgabenstellung nur durch Kombination verschiedener Verfahren. Das IPA-Verfahren könnte einen weiteren Baustein darstellen, um hier Abhilfe zu schaffen.

Messverfahren

Mit Outdoor-Messungen wurde das Prinzip des Verfahrens überprüft. Die Messungen wurden um die Fachhochschule Chur herum (Abb. 4) an fünf markanten Punkten (MP-29 bis MP-33), an zwei verschiedenen Tagen (26. und 27. August 2009) und zu zwei unterschiedlichen Tageszeiten durchgeführt. Für die Messpunkte wurden die Abschattungsprofile anhand der Siedlungspläne mit einer Auflösung von fünf Grad aufgenommen und in fünf Dateien abgelegt. Bei der Auswertung wurden die Satelliten 120, 124 und 126 nicht berücksichtigt, da es sich um EGNOS-Satelliten handelt.
Anhand eines Beispiels von zehn soll gezeigt werden, wie die Messresultate ausgewertet wurden (Abb. 5). Die Auswertung ergab: Sechs Satelliten waren für die angegebene Zeit vorbestimmt, sieben Satelliten wurden gesamthaft erfasst, d. h., zusätzlich wurde ein Satellit (Sat. 2) erfasst.

Gesamtauswertung

Bei den Messungen vom 26. und 27. August wurden mehr Satelliten erfasst, als vorbestimmt waren (Tab. 1). In einem zweiten Auswertungsdurchgang wurden die Satelliten eliminiert, bei denen das Verhältnis Signal zu Rauschen um 10 dB kleiner ist als das stärkste Signal (dies ist bei Sat. 2). Bei den meisten Messungen ergibt dies eine Verbesserung. Es kann aber vorkommen, dass das Signal eines «guten» Satelliten durch die 10-dB-Quote eliminiert wird: Dies bedeutet eine Verschlechterung der Messung (Tab. 2). Vergleicht man Tabelle 1 mit Tabelle 2, wird ersichtlich, dass von den 24 zusätzlich erfassten Satelliten noch acht (24–16) Satelliten verbleiben. Tabelle 3 listet diese Satelliten auf.
Wird die Position am Himmel (Skyview) der acht verbleibenden Satelliten analysiert, so kommt man zu folgendem Schluss: Die acht Satelliten befinden sich jeweils am Rande des Abschattungsprofils. Dies führt zu folgender Überlegung: Das Abschattungsprofil kann um einen bestimmten Betrag der Elevation erweitert werden (z. B. um 10° bzw. 20°).
Wie zu erwarten war, sinkt die Anzahl der zusätzlich falsch erfassten Satelliten, so-

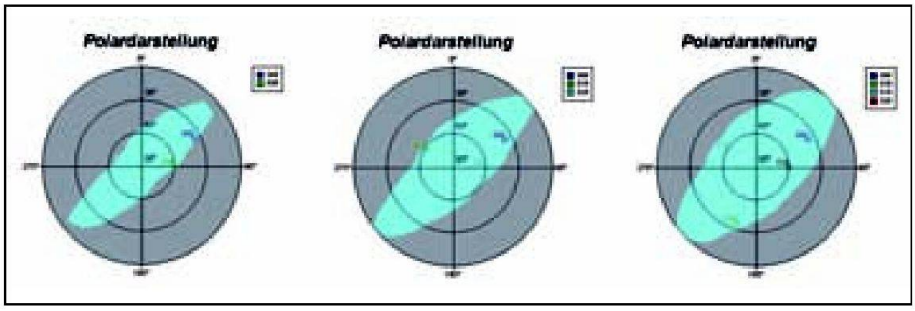

Abb. 6: Skyview mit Original-Profil bzw. einem um +10° und +20° erweiterten Profil.

Messort	MP-29	MP-30	MP-31	MP-32	MP-33	Summe
Zusätzlich erfasst	5	3	3	3	10	**24**

Tab. 1: Zusätzlich erfasste Satelliten.

Messort	MP-29	MP-30	MP-31	MP-32	MP-33	Summe
Verbesserung	4	2	3	3	4	**16**
Verschlechterung	1	1	0	0	0	2
Netto-Verbesserung	3	1	2	3	4	14

Tab. 2: Verbesserung durch die –10-dB-Grenze.

Messort	MP-29	MP-30	MP-31	MP-32	MP-33
26. August	Sat. 31	Sat. 2	–	–	Sat. 30, 2, 24
27. August	–	–	–	–	Sat. 15, 10, 27

Tab. 3: Verbleibende zusätzlich erfasste Satelliten nach der –10-dB-Eliminierung.

bald das Abschattungsprofil erweitert wird. Allerdings besteht dann die Gefahr, dass Satelliten erwartet werden, wo keine zu messen sind.

Fazit und Ausblick

Am Anfang dieser Untersuchung stand die Idee, die Position des Empfängers lediglich anhand der sichtbaren Satelliten zu finden. Ist das Abschattungsprofil bekannt, so sollte es doch möglich sein, mit dem gemessenen Skyview die Koordinaten zu bestimmen. Im Ansatz scheint diese neue Bestimmungsmethode teilweise zu funktionieren. Allerdings verfälschen zwei wesentliche Gegebenheiten das Resultat: Erstens ist die Ermittlung eines genauen Abschattungsprofils arbeitsaufwändig und fehleranfällig und zweitens werden aufgrund von Reflexionen und Beugung des GPS-Signals mehr Signale empfangen, als theoretisch sichtbar wären. Die Methode kann durch Eliminierung von schwachen Signalen und durch Manipulation des Abschattungsprofils optimiert werden. Allerdings müssten noch umfangreiche Versuche und Berechnungen durchgeführt werden. Zurzeit kann die Methode zur Überprüfung der Plausibilität eines angenommenen Standortes verwendet werden.

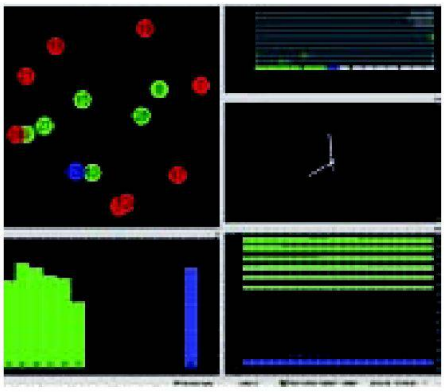

Abb. 7: Gemessener Skyview.

Quellen:

1 GPS World, October 2008, S. 32.

2 www.u-blox.com/technology/dead_reckoning/index.html.

3 European Journal of Navigation, Volume 6, Number 3, November 2008, Page 22: The case against Map-Matching.

4 www.iis.fraunhofer.de/fhg/Images/PM_mueller_verlag_tcm97-75983.pdf.

5 Gesellschaft für Geodäsie, Schriftenreihe Band 49, 2006, S. 251.

6 GNSS Receivers for weak signals, Autor Nesren I. Ziedan, Artech House.

7 Improving GPS Accuracy for Urban Pedestrians, Aug 1, 2008, Jean-Baptiste Prost, Baptiste Godefroy, Stéphane Terrenoir, GPS World.

Jean-Marie Zogg
Hochschule für Technik und Wirtschaft
HTW Chur
Ringstrasse/Pulvermühlestrasse 57
CH-7004 Chur
jean-marie.zogg@htwchur.ch
www.zogg-jm.ch