

Navigationssysteme für Menschen mit besonderen Bedürfnissen

Navigation Systems for People with Special Needs

Manfred Wieser und Thomas Moder

Forschung und Entwicklung im Bereich der Navigationssysteme setzen heute den Akzent zunehmend auf Spezialanwendungen. Neben dem autonomen Fahren und der Drohnensteuerung sind vor allem Navigationssysteme für Fußgängerinnen und Fußgänger von großer Bedeutung. In diesem Zusammenhang sind es vorwiegend Menschen mit besonderen Bedürfnissen, wie etwa Blinde und Sehbehinderte oder auch Rollstuhlfahrerinnen und -fahrer, die sehr spezifische Benutzer/innenanforderungen definieren.

In zahlreichen Forschungsprojekten, Masterarbeiten und Dissertationen beschäftigt sich die Arbeitsgruppe Navigation des Instituts für Geodäsie seit bereits mehr als zehn Jahren mit der Entwicklung nutzer/innenspezifischer Fußgänger/innennavigationssysteme und versucht dabei, das gesamte Spektrum von Navigationsaufgaben, von der Positionsbestimmung über die Routenplanung bis zur Zielführung, abzudecken. Im Sinne einer allgegenwärtigen Navigation kommen zunehmend Smartphones zum Einsatz, zumal diese sowohl die entsprechende Sensorik zur Positionsbestimmung als auch die Benutzer/innenoberflächen für Routenplanung und Zielführung aufweisen.

Die Herausforderung besteht jedoch darin, auf Basis von durchwegs preiswerten Sensoren durch ausgeklügelte Signalverarbeitung die erforderlichen Positionsgenauigkeiten zu erzielen und durch effiziente Algorithmen eine zuverlässige Routenplanung und Zielführung in Echtzeit zu bewerkstelligen. Dies hat noch dazu vor dem Hintergrund großer Datenmengen, die für die Modellierung des realen Navigationsumfelds notwendig sind, zu erfolgen. Die Systeme haben, quasi maßgeschneidert, auf die individuellen Benutzer/innenbedürfnisse Bedacht zu nehmen, ohne dass viele Einzellösungen entstehen. Alles in allem sind Genauigkeit, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Integrität die vordringlichsten Qualitätsmerkmale der Systeme. >

Nowadays, in the field of navigation systems, research and development is mainly focused on specific applications. Besides autonomous driving and steering drones, pedestrian navigation is of great importance. In this respect, particularly for people with special needs, such as blind and visually impaired pedestrians or wheelchair users, specific requirements need to be defined.

Within numerous research projects and master's or doctoral theses, the Working Group Navigation at the Institute of Geodesy has been involved in the development of user-specific pedestrian navigation systems for more than ten years. In doing so, the overall spectrum of navigational tasks (positioning, routing and guidance) are covered. In terms of a ubiquitous navigation, smartphones are used more and more, since they feature the corresponding positioning sensors as well as the user interfaces for routing and guidance.

However, in the case of more or less low-cost sensors, achieving the required positioning accuracy using sophisticated signal processing and aiming at reliable routing and guidance by efficient algorithms is a big challenge. All the more so because this has to be performed against the background of a huge data set which is necessary for modelling the real navigation environment. Tailored to the individual user requirements, but without creating single solutions, the systems have to meet main quality features, such as accuracy, availability, reliability and integrity.

Determination of position and trajectory

Besides position, the speed of movement and course are mainly needed for target-oriented guidance along the total trajectory, i.e. the path covered by the person's movement. The position can be determined either absolutely related to a reference frame or relatively with respect to the previous epoch. >



Manfred Wieser ist Leiter der Arbeitsgruppe Navigation am Institut für Geodäsie und beschäftigt sich mit Multisensorsystemen und Spezialanwendungen von Navigationssystemen.

Manfred Wieser is head of the Working Group Navigation at the Institute of Geodesy and deals with multi-sensor systems and specific applications of navigation systems.

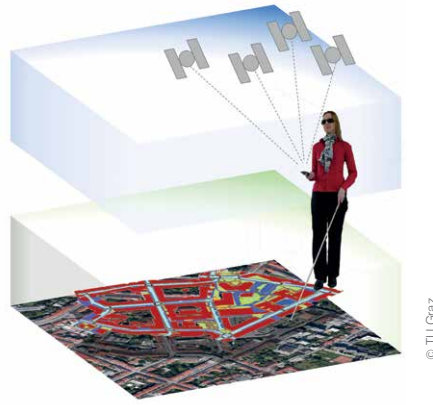


Das Spezialgebiet von Thomas Moder, Universitätsassistent am Institut für Geodäsie, ist die Fußgänger/innen- und Indoor-Navigation.

Thomas Moder is university assistant at the Institute of Geodesy and his specific field of interest is pedestrian and indoor navigation.

Abbildung 1:
Navigationssysteme für Blinde und Sehbehinderte basieren auf einer Modellierung des Navigationsumfeldes und nutzen die in Smartphones bereits vorhandenen Sensoren.

Figure 1:
Navigation systems for the blind and visually disabled are based on modelling the navigation environment and make use of sensors already present in smartphones.



Positions- und Trajektorienbestimmung

Neben der Position sind vor allem Fortbewegungsgeschwindigkeit und -richtung für eine zielgerichtete Navigation von Interesse und zwar entlang des gesamten, von der Person zurückgelegten Pfades, der sogenannten Trajektorie. Die Bestimmung der Position kann entweder absolut in Bezug auf ein Referenzsystem oder relativ in Bezug auf die Position der Vorepoche erfolgen.

Für den Fall der absoluten Positionsbestimmung ist zu unterscheiden, ob sie im Außen- oder Innenbereich von Gebäuden stattfindet. Im Außenbereich wird vorwiegend die satellitengestützte Positionsbestimmung eingesetzt, wie etwa GPS (Global Positioning System) der USA, das russische System GLONASS und künftig auch das europäische System Galileo. Aufgrund der Abschattung von Satellitensignalen im Innenbereich greift man dort auf Methoden der terrestrischen Radionavigation zurück. Hier ist vor allem das sogenannte Fingerprinting, basierend auf Signalstärkemessungen mittels WLAN oder BLE (Bluetooth Low Energy), zu nennen. Für die Stockwerkserkennung werden zusätzlich Barometer eingesetzt.

Die relative Positionsbestimmung erfolgt primär mittels inertialer Sensoren (Akzelerometer, Drehratensensoren), beruht auf der Messung der Bewegungsrichtung und des zurückgelegten Wegs und wird als Koppelnavigation bezeichnet. Die Richtungsbestimmung wird zusätzlich durch Magnetometermessungen gestützt, die Distanzmessung beruht auf Schrittzählung und individueller Schrittlänge. Für Letztere ist eine Aktivitätserkennung in Form des Bewegungsmusters (langsames bzw. schnelles Gehen, Stiegensteigen etc.) und die Kenntnis über die Verwendung allfälliger Gehhilfen von Vorteil.

Angesichts hoher Genauigkeitsanforderungen – im Fall von Blinden und Sehbehinderten wird eine Positionsgenauigkeit im Tastbereich des Blindenstocks, das heißt im Submeterbereich, angestrebt – ist die Integration komplementärer Sensoren im

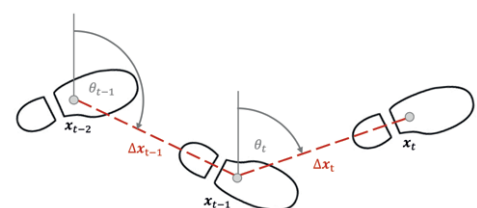
It has to be distinguished whether absolute positioning takes place outside or inside buildings. Outdoors, satellite-based positioning is primarily used, such as the U.S. GPS (Global Positioning System), the Russian GLONASS and the future European Galileo. Due to shadowing of satellite signals in indoor areas, terrestrial radio navigation is applied. Based on signal strength measurements, fingerprinting techniques together with WLAN and BLE (Bluetooth Low Energy) are used. In addition, barometers support floor level detection.

Measuring the direction of the movement and distance covered, relative positioning is mainly carried out by means of inertial sensors (accelerometers, angular rate sensors) and is called dead reckoning. In addition, course determination is supported by magnetometer measurements. The distance computation is based on step counting and estimating the step length. For determining the individual step length, profit is drawn from activity recognition via movement patterns (slow or fast walking, going up/down stairs, etc.) and from the knowledge of whether walking aids are used or not.

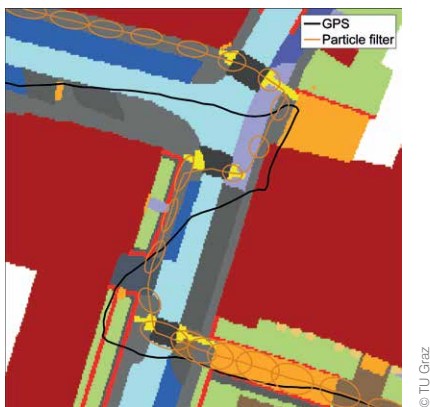
Especially in the case of blind and visually impaired people, accuracy requirements are high and the achieved position accuracy should be in the tactile range of a white cane, i.e., in the sub-meter level. Due to this circumstance, an integration of complementary sensors in terms of a sensor fusion is an indispensable must. Trajectory estimation is based on observation and motion models including the description of measurement and system noise, and is carried out by means of Bayesian statistics. By now, besides applying the common Kalman filter, estimation of the current position is frequently performed via the particle filter which is based on the propagation of a point cloud. Undoubtedly, additional information from digital maps, which are needed for modelling the navigational environment, has to be included in the estimation process. As a rule, in the case of a pedestrian, this so-called map aiding is performed by means of raster charts describing the surface accessibility by a probability value per pixel.

Abbildung 2:
Die Koppelnavigation für Fußgänger beruht auf der Messung von Bewegungsrichtung und zurückgelegtem Weg.

Figure 2:
Pedestrian dead reckoning is based on measuring the direction of the movement and distance covered.



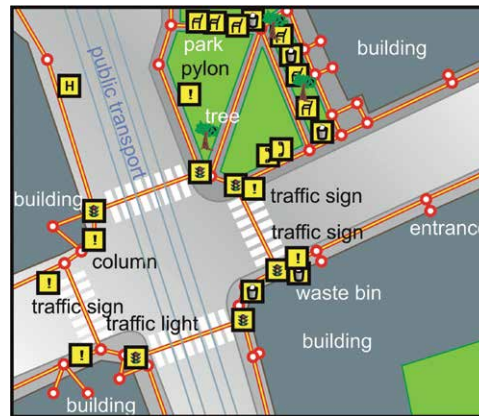
Sinne einer Sensorfusion ein unverzichtbares Muss. Die Schätzung der Trajektorie erfolgt auf Basis von Beobachtungs- und Bewegungsmodellen inklusive Mess- und Systemrauschen vor dem Hintergrund der Bayes-Statistik. Neben dem üblichen Kalmanfilter verwendet man mittlerweile vermehrt den Partikelfilter, bei dem die Schätzung der aktuellen Position aus der Ausbreitung einer Punktwolke hervorgeht. Nicht zu vergessen ist die Einbindung von Zusatzinformation aus digitalen Karten, die das Navigationsumfeld modellieren. Im Fall der Fußgängerin oder des Fußgängers erfolgt dieses sogenannte Map Aiding in der Regel mittels Rasterkarten, in denen pro Pixel das benutzer/innenspezifische Begehen der Fläche mittels Wahrscheinlichkeiten angegeben wird.



© TU Graz

Routing and guidance

Prior to an efficient guidance, optimal route planning is indispensable. Dependent on the user, the optimal route may be defined as the fastest and safest or most barrier-free path. Modelling the navigation environment using a valuated digraph has to be the first step. To include public transport in terms of inter-modality by different transportation means, multi-criteria routing is necessary. Together with the so-called Pareto optimality, a best possible adjustment between diverse criteria (path length, changing the means of travel) can be achieved.



© Günter Pichler – Kleine Zeitung

Abbildung 3: Zum Zweck der Trajektorienabschätzung mittels eines Partikelfilters werden Rasterkarten eingesetzt, welche die Benutzbarkeit von Flächen widerspiegeln.

Figure 3: For the purpose of trajectory estimation using a particle filter, raster charts are applied reflecting the surface accessibility.

Routenplanung und Zielführung

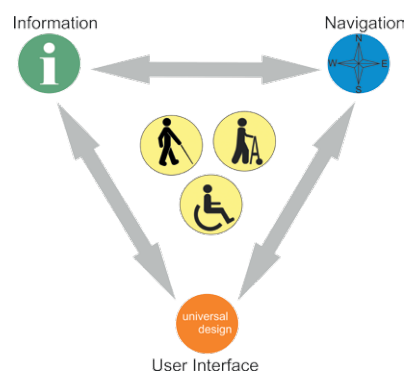
Für eine effiziente Zielführung ist vorab die Planung einer optimalen Route unerlässlich. Dabei kann es sich nutzer/innenabhängig um die schnellste, aber auch sicherste oder um eine möglichst barrierefreie Route handeln. Grundlage ist die Modellierung des Wegenetzes als bewerteter Digraph. Schließt man etwa den öffentlichen Verkehr im Sinne einer Intermodalität auf Basis verschiedener Verkehrsmittel mit ein, läuft dies auf ein multikriterielles Routing hinaus. Im Zusammenhang mit der sogenannten Pareto-Optimalität kann ein bestmöglicher Ausgleich zwischen unterschiedlichen Kriterien (Weglänge, Anzahl der Umstiege etc.) erreicht werden.

Entweder beim Vorabtraining auf Basis einer virtuellen „Reise“ oder bei der Zielführung in Echtzeit werden die entsprechenden Instruktionen je nach individuellem Bedarf akustisch, visuell oder auch haptisch kommuniziert, wobei heutige Smartphones bereits eine Reihe von Benutzer/inneninterfaces zur Verfügung stellen. So gelingt es, ein Informationsdefizit zu verringern, und zwar zugunsten einer gesteigerten Mobilität. ■

In the course of a pre-trip training based on a virtual journey or in the course of guidance performed in real time, there is a need for individual guidance instructions that are communicated acoustically, visually, or even in haptic mode. In this respect, smartphones of today offer a variety of user interfaces and help to reduce a lack of information for the benefit of increased mobility. ■

Abbildung 4: Die metrische, topologische und semantische Beschreibung des Navigationsumfeldes erfolgt mittels graphentheoretischer Modellierung.

Figure 4: The metric, topological and semantic description of the navigation environment is carried out using modelling techniques based on graph theory.



© TU Graz

Abbildung 5: Im Fall von Personen mit besonderen Bedürfnissen bedürfen Positionsbestimmung, Routenplanung und Zielführung einer maßgeschneiderten Lösung.

Figure 5: In case of people with special needs, positioning, routing and guidance require tailored solutions.