

Sichere Navigation für leistungsgewandelte Personen

Safe Navigation for People with Degenerated Physical and Mental Skills

C. Uhlschmied¹, D. Eck¹, K. Schilling¹, I. Schens² und B. Thomas²

¹ Universität Würzburg, Lehrstuhl für Informatik VII, Am Hubland, 97074 Würzburg,
{uhlschmied, eck, schi}@informatik.uni-wuerzburg.de

² NAVIGON AG, 97080 Würzburg

Kurzfassung

Ein oft genanntes Problem leistungsgewandelter Personen ist das Nachlassen der Orientierungsfähigkeiten in unbekannt und bekannten Umgebungen. Bisher gibt es noch keinerlei technische Hilfsmittel, um diese Personen zu unterstützen. Es blieb nur die Möglichkeit auf PKW-Navigationssysteme zurückzugreifen und diese im Fußgängermodus zu verwenden. Jedoch haben diese Geräte einige elementare Schwächen: Wichtige Informationen wie Gehsteige, Zebrastreifen, Fußgänger-Ampeln, Treppen sowie spezielle Fußwege (wie z.B. innerhalb eines Parks) werden bei der Routenbestimmung nicht berücksichtigt, wodurch keine sichere und an den Benutzer angepasste Route berechnet werden kann. Weiterhin haben leistungsgewandelte Personen oft Probleme mit der Handhabung und Bedienung der Navigationssysteme, da die Menüführung oft sehr kompliziert ist und die Buttons zu klein sind. Daher wird im Folgenden die Entwicklung eines Fußgängernavigationssystems mit einer vereinfachten Menüführung beschrieben, das eine sichere an den Benutzer angepasste Route bestimmen kann.

Abstract

An often mentioned problem of people with degenerated physical and mental skills is the decrease in orientation ability in unknown as well as familiar environments. Up to now there are no technical aids to assist these people. So far they can only rely on car-navigation devices and use these in the pedestrian navigation mode. However, these devices have some operational weaknesses: Important information such as sidewalks, crosswalks, pedestrian traffic lights, stairs and special footpaths (e.g. within a park) are not considered in the route calculation, hence it is not possible to determine a safe and user adapted route. Furthermore, people with degenerated physical and mental skills often have problems with the handling and operation of navigation units, due to the complicated menu and too small buttons. Therefore this paper presents a new navigation system, which is able to calculate safe routes. Furthermore the menu of this device was adapted to the target group.

1 Einleitung

In den nächsten 20 Jahren steigt die Anzahl der über 65-jährigen in Deutschland auf über 25% der Bevölkerung. Ein wichtiger Aspekt um diesen Personen ein selbstbestimmtes und selbstständiges Leben zu ermöglichen ist die Erhaltung und Unterstützung der Mobilität. Durch das Nachlassen der kognitiven Fähigkeiten haben leistungsgewandelte Personen oft Probleme bei der Orientierung in unbekannt aber auch in bekannten Umgebungen. Zusätzlich lassen bei älteren Personen die physischen Fähigkeiten nach. Dadurch wird die Mobilität weiter eingeschränkt, da diese Personen nicht mehr in der Lage sind, z.B. den gewohnten Weg zum Arzt zu nehmen, da sich viele Treppen auf diesem Weg befinden.

Zur Unterstützung der Orientierung konnten leistungsgewandelte bisher nur auf PKW-Navigationssysteme zurückgreifen und diese im Fußgänger-Modus verwenden.

Jedoch wurden diese Geräte ursprünglich speziell für PKWs entwickelt, wodurch sich einige Nachteile für Fußgänger ergeben. Zum einen werden wichtige Aspekte für Fußgänger bei der Routenberechnung nicht berücksichtigt. Informationen über Fußgänger-Ampeln, Zebrastreifen, Gehsteige, Fußgängerüberwege, Treppen, Unterführungen, Wege in Parks usw. sind in den Navigationssystemen für PKWs nicht integriert und können daher weder angezeigt noch bei der Routenberechnung berücksichtigt werden. Zum anderen haben verschiedene Tests im Fit4Age Projekt [1] gezeigt, dass leistungsgewandelte Personen oft Probleme bei der Bedienung dieser Geräte haben, da die Menüführung oft kompliziert und nicht übersichtlich ist. Zusätzlich sind die Buttons und die Schrift auch oft noch zu klein.

Innerhalb des Fit4Age Projektes soll nun ein Navigationssystem speziell für Fußgänger entwickelt werden. Dabei sollen Informationen über Gehsteige, Ampeln, Zebrastreifen

fen usw. bei der Routenberechnung berücksichtigt werden, so dass ein sicherer Weg (verwenden von Zebrastreifen usw.) zu dem Ziel ermittelt werden kann. Das Gerät soll in der Lage sein, einen Weg unter Berücksichtigung bestimmter Einschränkungen wie z.B. Treppenstufen oder Steigungen zu bestimmen. Zusätzlich soll auch eine neue vereinfachte Menüführung für das Gerät implementiert werden. Dazu wird ein Gerät des Projektpartners NAVIGON AG [2] als Basis verwendet werden. Dieses Gerät wird in Fit4Age auf einem Scooter (Abb. 1) integriert. Aufgrund der Eigenschaften des Scooter müssen bei der Routenberechnung immer Treppenstufen vermieden werden. Der Test des Navigationssystems fand im Projekt auch auf dem Scooter statt.



Abb. 1: Dieser Scooter wurde im Projekt als Testfahrzeug verwendet.

Dieser Beitrag gliedert sich in folgende Kapitel: Zunächst wird das Testfahrzeug, auf dem das Navigationsgerät integriert wird, kurz vorgestellt. Daraufhin wird das verwendete Navigationsgerät des Projektpartners NAVIGON AG beschrieben. In Kapitel 4 folgen die Erweiterungen des Navigationssystems, im Detail: des Routers, der Karte und die Anpassung der Menüführung. Danach werden die durchgeführten Experimente und Evaluation des Systems erläutert. Am Ende folgen eine Zusammenfassung und ein Ausblick über zukünftige Arbeiten.

2 Scooter

Der Trophy 4W des Fit4Age Projektpartners Handicare wurde als Basisfahrzeug verwendet. Das Fahrzeug kann bis zu 15 km/h schnell fahren und hat eine Reichweite von bis zu 60 km. Dieser Scooter wurde im Projekt mit einem Lenkmotor und Sensorik erweitert (Abb. 1). Zusätzlich wurden auch einige Mikrocontroller für die Auswertung der Sensordaten auf dem Scooter angebracht. Mit Hilfe der Sensorik wie Laser Range Finder, Ultraschallsensoren usw. werden im Fit4Age Projekt verschiedene Fahrassistentenfunktionen und autonome Funktionen zur Unterstützung des Operators entwickelt und implementiert [3],[4],[5]. Ziel ist es die Mobilität leistungsgewandelter Personen im näheren Umfeld zu unterstützen und

zu erhalten. Auf Abb. 2 ist die Ablage für das Navigationsgerät und das Gerät selbst während eines Tests im Park abgebildet.



Abb. 2: Das Fußgängernavigationsgerät wurde auf dem Scooter installiert.

3 Navigationssystem

Als Navigationssystem wird ein PNA (Personal Navigation Assistant) der NAVIGON AG [2] mit dem Betriebssystem Windows CE 6 verwendet. Der eingebaute Centrality SiRF III Prozessor mit 600 MHz besitzt einen Arbeitsspeicher von 256 MB RAM. Die Bedienung des Geräts erfolgt über einen Touchscreen mit einer Bildschirmdiagonalen von 5".

Die eigens für den Scooter entwickelte Navigationssoftware ist vollständig modular aufgebaut und besteht unter anderem aus den wichtigen Modulen Karte, Routingkomponente und Benutzerschnittstelle, wie in Abb. 3 dargestellt ist. Grundlage der einzelnen Module bilden Kernkomponenten, die auch in kommerziellen Produkten zum Einsatz kommen.

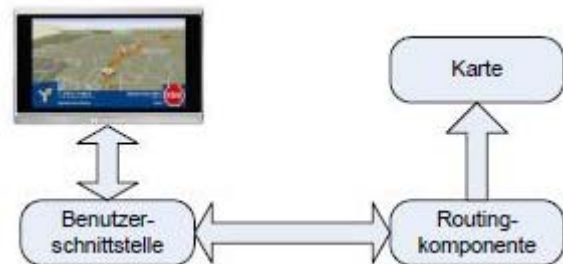


Abb. 3: Modularer Aufbau der Navigationssoftware.

Als Kartenmaterial dient eine Karte des Kartenherstellers Navteq [6], welche mit speziell zur Fußgänger-Navigation benötigten Informationen zur Berechnung sicherer Strecken für den Scooter wie Treppen, Gehsteigen, Zebrastreifen und Fußgänger-Ampeln erweitert wurde. Diese Daten wurden von Navteq für ein Testgebiet in Würzburg erzeugt und für Großstädte als Zusatzprodukt *Discover Cities* angeboten. Das zur Integration dieser zusätzlichen fußgängerrelevanten Kartendaten angewandte Verfahren wird nachfolgend beschrieben.

4 Erweiterung der Navigationssoftware

4.1 Navigationskarte

Zur Integration der neuen Kartendaten (Gehsteige, Treppen, Zebrastreifen, Fußgänger-Ampeln) in die vorhandene Navigationskarte war es zunächst notwendig, die zusätzlichen Informationen in mehreren Verarbeitungsschritten aufzubereiten. Ein Aspekt, der dabei besonders beachtet werden musste, ist die Unterscheidung der für die aktuelle Routenführung verwendeten Straßenseite, da nicht immer auf jeder Straßenseite auch ein Gehsteig vorhanden ist.

In einem ersten Schritt wurden daher alle im Kartenmaterial eingetragenen Straßen dupliziert und in rechte sowie linke Straßenseiten unterschieden. Anschließend konnten den einzelnen Straßen bereits die Eigenschaften *Gehsteig* und *Treppe* zugeordnet werden. Gleichzeitig wurden alle Straßen, welche mit einer Straße A eine gemeinsame Kreuzung besitzen, in einer Liste als benachbarte Straßen von A definiert und dieser Straße zugeordnet. Dies wurde für alle Straßen der Navigationskarte durchgeführt.

Die Integration der Attribute *Zebrastreifen* und *Fußgänger-Ampel* machte ein wesentlich aufwändigeres Verfahren notwendig. Da diese Eigenschaften eine Relation zweier Straßen(seiten) zueinander beschreiben, musste hierbei jede Kreuzung mit ihren zugehörigen Straßen genauer betrachtet werden. Eine Unterscheidung zwischen benachbarten und verbundenen Straßen wurde notwendig. Benachbarte Straßen sind – wie oben bereits erläutert – Straßen, welche mindestens eine gemeinsame Kreuzung haben. Verbundene Straßen dagegen sind durch ein verbindendes Element wie beispielsweise einen Zebrastreifen charakterisiert. Auch gelten zwei Straßen, die zur gleichen Ecke einer Kreuzung gehören und somit ohne eine Straßenüberquerung gegenseitig erreichbar sind, als verbunden. Anhand von Abb. 4 soll dies nochmals verdeutlicht werden. Hier ist zunächst die Duplikation der Straßen in ihre beiden Straßenseiten zu erkennen. Alle gezeigten Straßen sind sich gegenseitig benachbart, da sie die abgebildete Kreuzung gemeinsam haben. Jedoch sind nicht alle Straßen miteinander verbunden. Von Straße A1 kommend kann Straße D1 beispielsweise nicht auf sicherem Weg erreicht werden, da hierzu eine Straße ohne Zebrastreifen oder Fußgänger-Ampel überquert werden müsste. A1 ist hingegen mit D2 verbunden, da sie zur gleichen Ecke der Kreuzung gehören und somit keine

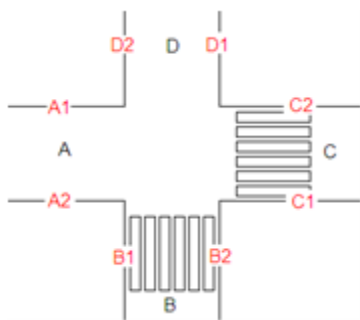


Abb. 4: Unterscheidung der Straßenseite und ermitteln der miteinander verbundenen Straßen.

Straße überquert werden muss. Diese Relation ist symmetrisch, sodass natürlich auch D2 mit A1 verbunden ist. Es zeigt sich weiter, dass – im Uhrzeigersinn gesehen – alle Straßen von D1 bis A2 untereinander verbunden sind. Nun ist leicht ersichtlich, dass diese Relation nicht nur symmetrisch, sondern auch transitiv ist.

Eine Besonderheit ergab sich bei speziellen Fußgängerwegen, die für den Verkehr gesperrt sind, wie beispielsweise Wege im Park oder in Fußgängerzonen. Dort kann innerhalb einer Straße auch ohne Fußgängerüberweg stets die andere Straßenseite sicher erreicht werden. Diese beiden Straßenseiten sind somit per Definition miteinander verbunden.

Die neu hinzugefügten Karteninformationen machten es notwendig, eine neue Schnittstelle für den Routingalgorithmus zu definieren, da nun zusätzliche Informationen aus der Karte abgerufen werden mussten.

4.2 Routingverfahren

Das Routingverfahren musste an die neue Kartendarstellung angepasst werden um unter Berücksichtigung der neuen Informationen für den Scooter sichere Routen berechnen zu können. Dies bedeutet eine bevorzugte Nutzung von Straßen mit Gehsteigen, Zebrastreifen und Fußgänger-Ampeln sowie eine Vermeidung von Treppen.

Als Grundlage für die Routenberechnung wurde der Dijkstra-Algorithmus [7] verwendet, da dieser auch unter Nebenbedingungen, wie sie hier gegeben sind, eine optimale Route zum eingegebenen Ziel findet. Im Normalfall will ein Nutzer möglichst schnell, d.h. auf kürzester Strecke, zum Ziel geführt werden. Daher wurde die Straßenlänge als Basis für die Gewichtung der einzelnen Routenelemente verwendet. Um nun eine möglichst kurze, aber dennoch sichere Strecke zu ermitteln, können die gegebenen Nebenbedingungen anhand von Modifikationen der Gewichtungen eingebracht werden. Dabei bekommen in der hier vorgestellten Lösung Treppen und Straßen ohne Gehsteige eine zusätzliche Gewichtung proportional zu deren Länge. Abbiegemanöver an nicht verbundenen Straßen dagegen führen zur Addition eines festen Wertes auf die Gesamtgewichtung der Route. Die Auswirkungen dieser Gewichtungsanpassung sind in Abb. 5 verdeutlicht. Hier will der Nutzer von Straße 1 in Straße 3 einfahren. Die kürzeste Strecke ist der in der linken Abbildung gezeigte direkte Weg. Das zugehörige Gewicht der

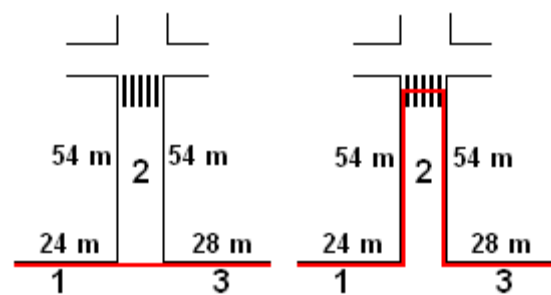


Abb.5:

Gewicht der kürzesten Route (links): $24 + 150 + 28 = 202$
Gewicht der sicheren Route (rechts): $24 + 54 + 54 + 28 = 160$

Strecke ergibt sich aus der Länge der Straße 1 (24), der zusätzlichen Gewichtung durch die Straßenüberquerung ohne Fußgängerüberweg (150) und der Länge der Straße 3 (28). Somit ergibt sich ein Gesamtgewicht für diesen Streckenabschnitt von 202. Wird dagegen der Umweg über Straße 2 genommen, wie in der rechten Abbildung gezeigt, so werden wie zuvor die Längen der Straßen 1 (24) und 3 (28) sowie die doppelte Länge der Straße 2 (2*54) in die Gesamtgewichtung eingerechnet. Die zusätzliche Gewichtung für die Straßenüberquerung entfällt hierbei. Somit ergibt sich ein Gewicht von 160, was dazu führt, dass diese sichere Variante bevorzugt wird. Die zusätzliche Gewichtung kann für die verschiedenen Nebenbedingungen einzeln über Parameter an die Präferenzen des Nutzers angepasst werden.

Um die Benutzerschnittstelle unverändert zu erhalten, wurde die neu entwickelte Routingkomponente an die bereits vorhandene Schnittstelle angepasst. Die neue Schnittstelle zum Kartenmodul wurde bei der Implementierung der Routingkomponente ebenfalls berücksichtigt.

4.3 Benutzeroberfläche

Wie in der Einleitung bereits erwähnt, haben leistungsgewandelte Personen häufig Probleme bei der Bedienung aktueller technischer Geräte. Aus diesem Grund wurde bei der Anpassung der Benutzerschnittstelle des Navigationssystems auf eine einfache und intuitiv verständliche Menüführung geachtet. So wurde die Menütiefe auf maximal zwei Ebenen reduziert und die Auswahlmöglichkeiten auf das Wesentliche eingeschränkt. Außerdem wurden Bedienelemente wie beispielsweise Buttons vergrößert und mit verständlichen Symbolen sowie großer Schrift versehen. Das Ergebnis ist in Abb. 6 am Beispiel des Startbildschirms zu sehen. Dieser enthält nun nur noch zwei Buttons sowie eine Liste der zuletzt eingegebenen Ziele. Über die beiden Buttons hat der Benutzer die Möglichkeit, eine neue Zieladresse einzugeben oder sich nach Hause navigieren zu lassen. Alternativ kann aus der Liste der letzten Ziele ein Eintrag direkt ausgewählt werden.

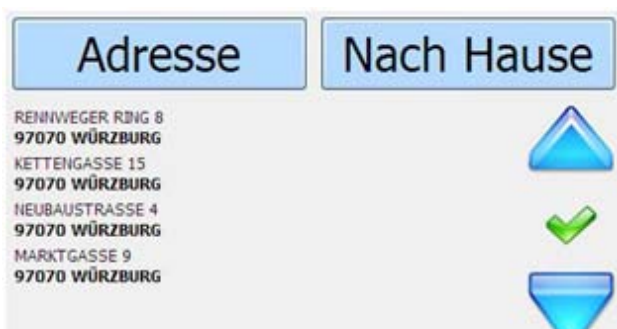


Abb. 6: Startbildschirm des angepassten Navigationssystems.

5 Tests und Experimente

Die vorgestellte Navigationslösung wurde anschließend in verschiedenen Experimenten im Fit4Age Projekt evaluiert. Dazu wurden zu ausgewählten Start- und Zielpunkten die resultierenden Routen bei unterschiedlicher Gewichtung der Nebenbedingungen auf ihre Länge und Sicherheit hin untersucht und verglichen.

Im Verlauf der Experimente konnte festgestellt werden, dass die Änderung eines einzelnen Parameters auch sehr starke Auswirkungen auf die übrigen Nebenbedingungen hat. Wurde beispielsweise die Nutzung von Treppen stark eingeschränkt, so kam es häufig vor, dass stattdessen vermehrt Straßen ohne Gehwege genutzt oder Kreuzungen ohne vorhandene Fußgängerüberwege überquert werden mussten. Im Gegenzug führte eine stärkere Vermeidung von Straßen ohne Gehwege zu einer vermehrten Nutzung von Treppen sowie zusätzlichen Straßenüberquerungen ohne Fußgängerüberwege. Daher kann zur optimalen Konfiguration in der Regel nicht jeder Parameter einzeln eingestellt werden, sondern es muss ein Abwägen der Wichtigkeit einer einzelnen Nebenbedingung gegenüber den anderen stattfinden. Auch führt eine stark restriktive Parametrisierung in den meisten Fällen zu deutlich längeren Routen. Hier muss also ebenfalls ein Abwägen zwischen Sicherheit und Länge der Route stattfinden. Einige der erhaltenen Ergebnisse sind in den beiden nachfolgenden Tabellen gezeigt.

Nr.	Länge [m]	ohne Gehweg [%]	ohne Fußgängerüberweg [%]
1	959	21,17	65,38
2	1083	0,92	50,00
3	734	15,67	44,44

Tab. 1: Routenberechnung ohne Einschränkungen durch die Parameter

Nr.	Länge [m]	ohne Gehweg [%]	ohne Fußgängerüberweg [%]
1	1598	0	0
2	1631	0	3,57
3	800	14,38	10,00

Tab. 2: Routenberechnung bei restriktivster Parametrisierung

Wie deutlich zu erkennen ist, können unsichere Streckenelemente in den meisten Fällen, jedoch nicht immer vollständig vermieden werden. Dies wäre nur dann möglich, wenn der Nutzer bereit wäre, jeden beliebig langen Umweg in Kauf zu nehmen um eine durchweg sichere Strecke zu erhalten. Dies ist im Allgemeinen nicht der Fall. Insbesondere nicht im städtischen Gebiet, wenn an manchen Kreuzungen zwar keine Fußgängerüberwege, jedoch zumindest abgesenkte Bordsteine vorhanden sind und die Straßenüberquerung bei Beachtung der Verkehrssituation problemlos möglich ist.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem beschriebenen Verfahren ist es gelungen, eine sichere Navigation für leistungsgewandelte Personen zu realisieren. Mit der neu gestalteten und bewusst einfach gehaltenen Benutzerschnittstelle ist es nun auch diesen Personen möglich, ein Navigationssystem effizient zur Zielfindung einzusetzen. Zusätzlich wurde die Sicherheit der berechneten Strecke durch die um zusätzliche Informationen (Treppen, Gehsteige, Fußgänger-Ampeln und Zebrastreifen) erweiterte Navigationskarte sowie das speziell entwickelte Routingverfahren deutlich erhöht. So konnte in den durchgeführten Experimenten im Durchschnitt bei entsprechend eingestellter Parametrisierung der Anteil von Kreuzungen ohne Fußgängerüberweg von über 40% auf unter 3% reduziert werden. Weiterhin konnte auch der Anteil der Strecke ohne Gehweg von 3,7% auf 1,7% verringert werden.

Wünschenswert zur weiteren Verbesserung der neuen Navigationssoftware wäre eine Anpassung der Routendarstellung auf dem Display, sodass die Unterscheidung der jeweils genutzten Straßenseite auch für den Benutzer sichtbar ist. Eine zusätzliche Anpassung der akustischen sowie graphischen Fahrhinweise könnte dem Benutzer anzeigen, an welcher Stelle die Straße am sichersten überquert werden kann. Dies erhöht zum einen die Sicherheit und zum anderen die Benutzerfreundlichkeit des gesamten Systems.

Durch einfache Änderungen der Konfigurationseinstellungen kann das hier vorgestellte Navigationssystem auch für Fußgänger sichere Routen berechnen und somit als Grundlage für eine zuverlässige und sichere Fußgänger-navigations dienen.

Danksagung

Wir möchten uns für die Beiträge unserer Fit4Age Projektpartner bedanken. Weiterhin gilt unser Dank der Bayerischen Forschungstiftung für die finanzielle Unterstützung des Forschungsverbundes Fit4Age.

7 Literatur

- [1] „Fit4Age: Zukunftsorientierte Produkte und Dienstleistungen für die demographischen Herausforderungen“, Januar 2007, www.fit4age.org
- [2] NAVIGON AG: www.navigon.com
- [3] Eck, D.; Schilling, K.: *Entwicklung eines teil-autonomen Scooters zur Unterstützung der Mobilität leistungsgewandelter Personen*, AAL Berlin, 2009
- [4] Eck, D.; Leutert, F.; Schilling, K.: *Entwicklung einer Kollisionsvermeidung für einen teil-autonomen Scooter zur Unterstützung der Mobilität leistungsgewandelter Personen*, AAL, Berlin, 2010
- [5] Eck, D.; Biedermann, S.; Schilling, K.: *Adjustment of the hand throttle of a mobility scooter for elderly people*, Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, 2010
- [6] Navteq: www.navteq.com
- [7] Dijkstra, E.W.: *A note on two problems in connexion with graphs*, Numerische Mathematik, Vol. 1, pp. 269-271, 1959