

Umwelt-System-Mensch-Interaktion: Auswahl und Evaluation von Sensorik und Aktuator eines Fußgänger-Assistenzsystems für ältere Menschen im Straßenverkehr

Hasham Shahid Qureshi¹, Youssef Bageri¹, Stefanie Boxhorn¹, Florian Breiting¹,
Janna Protzak¹ und Rebecca Wiczorek¹

Abstract: Vorgestellt wird die nutzerzentrierte und partizipative Entwicklung und Evaluation eines Fußgänger-Assistenzsystems für ältere Fußgänger/innen. Das System soll ihnen dabei helfen, potentielle Gefahren rechtzeitig wahrzunehmen und entsprechend zu reagieren. Dazu detektiert das System die Straßenverkehrsumgebung mittels mehrerer Sensoren und interagiert mit den Nutzern/innen über eine taktile Schnittstelle. Im Rahmen des Beitrags werden ausgewählte Aspekte der Entwicklung, Funktionalität und Evaluation des Assistenzsystems präsentiert.

Keywords: Nutzerzentriertes Design, Ältere Erwachsene, Taktile Schnittstellen

1 Einleitung

Die Entwicklung und Evaluation eines Assistenzsystems für die ältere Zielgruppe erfolgt im Projekt FANS (Fußgänger-Assistenzsystem für ältere Nutzerinnen und Nutzer im Straßenverkehr) partizipativ und nutzerzentriert. Das Vorgehen zeichnet sich dabei durch einen iterativen Charakter aus, bei dem sich Anforderungsanalysen, Entwicklung und Nutzerevaluation abwechseln. Zunächst wurden Gruppendiskussionen mit Experten/innen sowie älteren Fußgänger/innen durchgeführt. Anschließend wurden erste Teile des Prototyps entwickelt, die in einer Laborstudie zwischenevaluiert wurden. Nach einer Überarbeitung des Prototyps soll zunächst eine Evaluation in virtueller Realität (VR) und später im Feld erfolgen. Hier werden ausgewählte Daten zum aktuellen Stand der Forschung und Entwicklung mit Schwerpunkt auf der sensorischen Detektion der Verkehrsumwelt sowie einer thermischen Nutzerschnittstelle vorgestellt.

2 Anforderungsanalyse

Zunächst wurden zwei Gruppendiskussionen durchgeführt und u.a. hinsichtlich der Fragen nach der Akzeptanz und Gestaltung des geplanten Fußgänger-Assistenzsystems ausgewertet. In den Gruppendiskussionen wurde über mögliche Warnmodalitäten, die generelle Bereitschaft sich von technischen Hilfsmitteln im Straßenverkehr unterstützen

¹ TU Berlin, Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft, Sek. MAR 3-2, Marchstr. 23, 10587 Berlin, wiczorek@tu-berlin.de

zu lassen und deren Einsatz in subjektiven und objektiven Gefahrensituationen diskutiert. Im Hinblick auf die Warnmodalitäten hat die Auswertung ergeben, dass die Teilnehmer/innen taktiles Feedback bevorzugen würden, da der Straßenverkehr und die Umgebung bereits mit einer Überfülle an auditiven und visuellen Reizen ausgestattet seien. Die Bereitschaft ein technisches Hilfsmittel im Straßenverkehr zu nutzen, war bei fast allen Teilnehmern/innen sehr hoch. Dies lässt sich vor allem auf die Erfahrungen im Umgang mit technischer Unterstützung beim Autofahren zurückführen. Es wurde allerdings immer betont, dass im Hinblick auf die Zielgruppe der älteren Menschen eine einfache Bedienbarkeit des Assistenzsystems essentiell sei.

3 Schnittstelle Umwelt und System – Auswahl Sensorik

Das Fußgänger-Assistenzsystem soll die älteren Fußgänger/innen bei der Straßenquerung unterstützen, indem es ihnen hilft, ihre Aufmerksamkeit auf potentiell gefährliche Verkehrsteilnehmer/innen und –situationen zu richten. Dazu soll die Fahrbahn aus fußgängerperspektive identifiziert und die Nutzer/innen rechtzeitig gewarnt werden. Das Hauptaugenmerk liegt zunächst auf der Identifikation der Bordsteinkante als relevanter Übergang zwischen Gehweg und Straße. Diese soll mittels Multi-Sensor-Fusion und Integration (MSFI) erfolgen. Das Ziel der MSFI ist es, durch die Nutzung mehrerer Sensoren eine zuverlässige Detektion des relevanten Merkmals zu gewährleisten. Dabei werden die Konzepte von Redundanz und Diversität kombiniert. Verschiedenartige Sensoren messen dasselbe jedoch auf unterschiedliche Weise. Dadurch soll sichergestellt werden, dass sie ihre jeweiligen Schwächen gegenseitig kompensieren und die Zuverlässigkeit der Messungen steigern.

Auf Basis einer ersten Sensoranalyse entschieden wir uns für die Nutzung eines GPS-Empfängers, einer Inertialmesseinheit (IMU), einer Kammera und eines Leddar-Abstandssensors (16-kanaliger Infrarotsensor). Die Daten werden mittels Microcontroller aufgenommen und verarbeitet, wobei die Aufnahmen mit der Programmbibliothek LabStreamingLayer (LSL) umgesetzt und synchronisiert werden. Der GPS-Empfänger dient der Navigation. Um die Lokalisation zu präzisieren, werden die Messdaten mit denen der IMU fusioniert. Die Fusionierung der GPS- und IMU-Daten erfolgt mithilfe eines Kalman Filter. Zur Analyse der Kameradaten sollen Methoden der Computer Vision genutzt werden. Mit maschinellem Lernen soll aus den Kamera- und Leddar-Daten die Detektion der Straße bzw. des Bordsteines möglich sein. In einem nächsten Schritt wurde eine Anforderungsanalyse durchgeführt, die die Zielfunktion der Umgebungserkennung auf Basis der technischen und nutzerzentrierten Anforderungen definieren sollte. Bei einer durchschnittlichen Laufgeschwindigkeit älterer Personen von 80-130 Schritten pro Minute [Wh14] und einer gesetzlich vorgeschriebenen Mindestbreite der Bürgersteige in Berlin von 2,5m [AV10], wurde zunächst ein Detektionsfenster von 2m +/- 1m definiert. Innerhalb dieser Entfernung von der Bordsteinkante muss die Fahrbahn durch das System erkannt und an die Nutzer/innen gemeldet werden, um ein angemessenes Zeitfenster zum Reagieren (Annäherung, Stehenbleiben, visuelle Gefahrendetektion) zu gewährleisten.

Von entscheidender Bedeutung ist entsprechend der Winkel, in dem sich die Person der Straße nähert sowie der Messwinkel der Sensoren. In systematischen Tests wurden diese Parameter variiert, um die Grenzen der Detektierbarkeit und daraus abgeleitet die Funktionalität und die Restriktionen des Systems zu definieren. Im Folgenden wird ein Set an Messstellen zusammengestellt, welches für Berlin repräsentative Querungsstellen beinhalten soll. Die Messstellen werden so gewählt, dass sie das Vorkommen der verschiedenen Kombinationen typischer Gehweggestaltung systematisch abbilden. Ein weiteres Set aus Messdaten, welches keine Querungsstellen enthält, wird außerdem zusammengestellt. Diese beiden Datensets dienen dazu, einen Algorithmus mit Techniken des „Deep Learning“ insbesondere die Algorithmen „Convolutional Neural Network“ (CNN) und „Support Vector Machine“ (SVM) zu trainieren.

4 Schnittstelle System und Mensch – Auswahl Aktuatorik

Grundsätzlich nehmen alle Sinneswahrnehmungen mit zunehmendem Alter ab bzw. verschlechtern sich. Wobei es hier starke individuelle Unterschiede gibt. Des Weiteren ist jedoch nicht bei allen Modalitäten ein gleich starker Rückgang zu beobachten. Während visuelle und auditive Wahrnehmungen z.B. stark nachlassen, ist das beim Geruchssinn erst in einem späteren Stadium der Fall. Zur taktilen Wahrnehmung gibt es bislang deutlich weniger Befunde, da sie in unserem Alltag häufig eine eher untergeordnete Rolle spielt. Neueste Studien deuten jedoch darauf hin, dass diese wenig genutzte Modalität besonders für ältere Menschen Vorteile in der Anwendung bieten könnte [PS16]. Im Gegensatz zu visuellen und auditiven Nachrichten stellt sie darüber hinaus eine komplett unmittelbare Form der Kommunikation dar, die die Nutzer/innen weder übersehen noch überhören können und die kaum Gefahr läuft, von anderen Umgebungsinformationen desselben Typs überlagert zu werden. Die intuitive Reaktion auf taktile Stimulierung ist eine Hinwendung der Aufmerksamkeit. Wenn es gelingt, diese Aufmerksamkeit für die alarmierten Umgebungszustände zu nutzen, stellt ein Assistenzsystem mit einer taktilen Schnittstelle eine sehr zuverlässige Unterstützung bei gleichzeitig simpler Form der Kommunikation dar. Um einen breiten Erkenntnisgewinn und einen hohen Grad an Innovation im Projekt zu gewährleisten, wurden zwei verschiedene taktile Schnittstellen gegeneinander und gegenüber einem auditiven Interface empirisch evaluiert. Die eine Schnittstelle nutzt Vibration als Kommunikationssignal. Diese wird über in der Haut befindliche Vibrorezeptoren wahrgenommen. Die andere Schnittstelle arbeitet mit Temperatureizen, deren Perzeption durch Thermorezeptoren des Menschen erfolgt. Diese Modalität wird bislang nicht in praktischen Anwendungen genutzt, da es bisher sehr wenig diesbezügliche Forschung gibt. Erste Untersuchungen belegen jedoch das Potential dieser Art der Informationsübermittlung [BJP15]. Potentielle Vor- und Nachteile der thermischen vs. Vibrations-Information sollen experimentell evaluiert werden. Im Gegensatz zur Vibration ist eine thermische Stimulation vollkommen geräuschlos, was die Akzeptanz verbessern könnte. Zudem wird der Reiz direkt auf die Haut appliziert, was die Wahrnehmbarkeit verbessern könnte. Außerdem soll der Frage nachgegangen werden, ob es bei einer der beiden taktilen Warnungen über die Zeit zu einer Adaptation bzw. einer

Überreizung kommt.

5 Evaluation Aktuatorik

Im der durchgeführten Laborstudie ging es darum, die Schnittstellenmodalität für das Fußgänger-Assistenzsystem in Hinblick auf die Leistung in der Gefahrendetektion, das Vertrauen und die Akzeptanz der Nutzer/innen sowie ihre Aufmerksamkeitsverteilung bei der Nutzung des Assistenzsystems mithilfe der Zielgruppe zu evaluieren. Dazu wurden 30 ältere Versuchspersonen (65+) untersucht. Im Zuge der vierstündigen Erhebung absolvierten sie eine Gefahrendetektionsaufgabe, jeweils begleitet von einer visuellen oder einer kognitiven Sekundäraufgabe. Die Probanden/innen nutzten nacheinander aber in unterschiedlicher Reihenfolge drei Assistenzsysteme mit jeweils unterschiedlicher Schnittstellenmodalität (vibro-taktil, thermo-taktil, akustisch). In einer vorangehenden und einer abschließenden Baselinemessung bewältigten sie die Aufgaben zum Vergleich ohne ein Assistenzsystem. Erhoben wurden die Reaktionszeiten und die Fehler sowie das Vertrauen in die Systeme und deren Akzeptanz durch die Nutzer/innen. Zur Untersuchung von Fehlverhalten und Vertrauensentwicklung wurden verschiedene Arten von Fehlern des Assistenzsystems simuliert. Die erhobenen Daten werden derzeit ausgewertet.

Literaturverzeichnis

- [AV10] Ausführungsvorschriften zu § 7 des Berliner Straßengesetzes über Geh- und Radwege (AV Geh- und Radwege). Sensatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2010.
- [BJP15] Bolton, F.; Jalaliniya, S.; Pederson, T.: A wrist-worn thermohaptic device for graceful interruption. *IxD&A* 26, S. 39-54, 2015.
- [PS16] Pitts, B.; Sarter, N.: Two is company, three is a crowd: Age-related differences in processing concurrent visual, auditory, and tactile cues. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2016. (Vol. 60, No. 1, pp. 1544-1544). Sage CA: Los Angeles, S. 1544-1544, 2016.
- [Wh14] Whittle, M. W.: *Gait analysis: an introduction*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2014.