

Abschlussbericht laut Nr. 8.1 NKBF 98

ZE: Technische Universität Ilmenau	Förderkennzeichen: 16SV4006
Vorhabensbezeichnung: Adaptable Ambient Living Assistant – ALIAS	
Teilvorhaben: Häusliche Navigation im sozialen Kontext betreuungsbedürftiger Bewohner im altersgerechten Umfeld – SENSIBEL	
Laufzeit der Vorhabens: 15.07.2010 – 30.06.2013	
Berichtszeitraum: 15.07.2010 – 30.06.2013	

Der Zwischenbericht wurde nach den Vorgaben des NKBF 98 angefertigt und nutzt die vorgeschlagene Gliederung. Das Projekt ALIAS wird unter der Schirmherrschaft der EU betrieben und vom BMBF und dem Land Thüringen co-finanziert. Dabei werden die hier beschriebenen Leistungen zu 2/3 vom Bund getragen. Leistungen werden im Sinne von Arbeitsstunden erbracht. Die unten genannten sachlichen und dienstlichen Leistungen sind also auch in diesem Sinne zu 2/3 vom Bund finanziert und werden nicht weiter unterteilt.

1. Wichtige wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.

- Hinweis: dieser Abschnitt beschreibt die Fortschritte des oben genannten Berichtszeitraumes. Eine ausführliche Beschreibung der Ergebnisse, die sich an der Teilvorhabensbeschreibung orientiert, folgt in Anlage A
- Upgrade der Oberkörpererkennung für den Personentracker
- Erweiterung der Suche nach einer optimalen Beobachtungsposition durch neue Kriterien (Nähe zur Wand, Vermeidung enger Durchgänge)
- Einbindung der Kommunikationssoftware *Skype* in die Software zur Fernsteuerung des Roboters
- Tests zur autonomen Exploration der Umgebung durch den Roboter

Im Rahmen des Projektes konnten sechs Publikationen bei hochwertigen europäischen und internationalen Konferenzen veröffentlicht werden:

1. Kessler, J., Schröter, Ch., Gross, H.-M. *Approaching a Person in a Socially Acceptable Manner Using a Fast Marching planner.* in: Proc. 2011 International Conference on Intelligent Robotics and Applications (ICIRA 2011), Aachen, Germany, pp. 368-377, Springer 2011

2. Kessler, J., Scheidig, A., Gross, H.-M. *Approaching a Person in a Socially Acceptable Manner Using Expanding Random Trees.* in: Proc. 5th European Conference on Mobile Robots (ECMR 2011), Orebro, Sweden, pp. 95-100

3. Kessler, J., Strobel, J., Gross, H.-M. *Using a Spatio-Temporal FastMarching Planner to Politely Avoid Moving Persons.* in: Proc. Autonomous Mobile Systems (AMS 2012), Stuttgart, Germany, Informatik aktuell, pp. 59-67, Springer Verlag 2012

4. Kessler, J., Strobel, J., Gross, H.-M. *Avoiding Moving Persons by Using Simple Trajectory Prediction and Spatio Temporal Planning.* in: Proc. 35th

German Conference on Artificial Intelligence (KI 2012), Saarbrücken, Germany, LNCS 7526, pp. 85-96, Springer 2012

5. Kessler, J., Iser, D., Gross, H.-M. *I'll Keep You in Sight: Finding a Good Position to Observe a Person.* in: Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2012), Vilamoura, Portugal, pp. 4392-4398, IEEE 2012 (*nominated for CoTeSys Best-paper Award*)

6. Kessler, J., Schmidt, M., Helsper, S., Gross, H.-M. *I'm still watching you: Update on Observing a Person in a Home Environment.* Accepted for presentation on European Conference on Mobile Robotics 2013, Barcelona, to appear

2. *Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglich (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.*
 - Der Stand des Vorhabens ist planmäßig. Es gab im Berichtszeitraum keine Abweichungen von der Planung.
3. *Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?*
 - Alle Deliverables und Meilensteine wurden fertig gestellt. Deliverable D6.5 hat sich um 1,5 Monate verzögert, da der interne Reviewprozess etwas länger gedauert hat, als ursprünglich angenommen, ist aber abgeschlossen.
4. *Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind (auch Darstellung der aktuellen Informationsrecherchen nach Nr. 6.1 NKBF 98)?*
 - Im Berichtszeitraum sind keine FE Ergebnisse bekannt geworden, welche die Durchführung des Projektes erheblich beeinflusst haben.
5. *Notwendige Änderungen in der Zielsetzung*
 - Es sind keine Änderungen an der Zielsetzung notwendig gewesen
6. *Angaben von gemachten Erfindungen, vorgenommenen Schutzrechtsanmeldungen und erteilten Schutzrechten*
 - Es wurden im Berichtszeitraum keine Schutzrechte angemeldet oder in Anspruch genommen
7. *Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans*
 - Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen & erteilte Schutzrechte
 - i. Im Berichtszeitraum wurden keine Erfindungen oder Schutzrechte beantragt oder genehmigt
 - Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende
 - i. Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten sind unverändert und dem Teilvorhabensantrag zu entnehmen
 - ii. Schwerpunkt ist eine evtl. Lizenzvergabe der entstandenen interaktionsorientierten Navigationssoftware und der Software zur Personendetektion an Drittfirmen, insbesondere an den Projektpartner MetraLabs.

- Wissenschaftliche und/oder Technische Erfolgsaussichten nach Projektende
 - i. Die wissenschaftlichen Erfolgsaussichten sind unverändert und dem Teilvorhabensantrag zu entnehmen

- Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit
 - i. Bezüglich der grundlegenden Ziele wird auch hier auf den Antrag des Teilvorhabens verwiesen. An diesen Zielen gibt es keine Änderungen
 - ii. Die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit ist dadurch gegeben, dass langfristig Expertise und aktive Forschung auf dem Gebiet der sozialen Navigation gewonnen wird und somit eine deutlich bessere Voraussetzung geschaffen wird, um Förderanträge für nachfolgende Forschungsprojekte stellen zu können.
 - iii. Schwerpunkt der Anschlussförderung sind Förderungen im Rahmen des FP7 ICT Programms der EU, wie z.B. die Challenges ICT 5.4 (E-Inclusion) oder ICT 5.1 (Personal Health Systems), und des Bundes, wie das IKT 2020 Programm des BMBF.
 - iv. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden im BMBF Projekt (IKT 2020, Förderkennzeichen: 16SV6133) ROREAS weitergeführt.

Anlage A: Ausführliche Beschreibung der wissenschaftlichen und technischen Ergebnisse über die gesamte Projektlaufzeit

Nachfolgend werden alle Ergebnisse des Vorhabens nach Arbeitspaketen geordnet aufgezeigt.

AP 6.1 Bewegungssteuerung

AP 6.1.1 Aufgabenorientierte Bewegungssteuerung

Diese Arbeitspaket unterteilte sich während der konkreten Umsetzung in zwei Teilbereiche: 1. dem Lotsen einer Person und 2. dem höflichen Heranfahren an eine Person.

1. Lotsen einer Person

Ziel: Während der Nutzerbefragungen stellte sich heraus, dass die Funktion, dass der Roboter der Person folgt, von den Nutzern nicht gewünscht wurde. Dafür wurde eine Funktion gewünscht, die den Nutzer (vor allen Dingen in der Nacht) zu vorher definierten Orten führen kann. Dabei sollte der Roboter auch den Boden hinter sich beleuchten, um so dem Nutzer in der Nacht z.B. den Weg zur Toilette zu weisen. Dabei berücksichtigt der Roboter die Laufgeschwindigkeit der Zielperson.

Lösungsmethode: Da der Roboter nicht die Möglichkeit hat, eine Person hinter sich wahrzunehmen, hat der Roboter die Aufgaben, einfach ein Ziel anzufahren. Die dazu nötige Pfadplanung erfolgt über einen E* Standard-Planer (Open-Source: <https://github.com/poftwarestatent/estar>) und versucht dem Pfad über den Dynamic-Window-Approach [3] zu folgen. Zusätzlich kann die Pfadverfolgung in ihrer Folgegeschwindigkeit durch den Nutzer gesteuert werden, indem der Nutzer per Sprachbefehl den Roboter dazu veranlassen kann schneller oder langsamer zu fahren.

Ergebnis: Das Verhalten wurde als funktionsfähig nachgewiesen. Die Sprachkommandos wurden jedoch simuliert, da der vom Projektpartner Fraunhofer IDMT gestellte Spracherkenner die Sprachbefehle „Lansamer“ und „Schneller“ nicht erkennen konnte. Evaluationen mit Endnutzern konnten daher nicht durchgeführt werden und erfolgtem nur auf technischer Ebene.

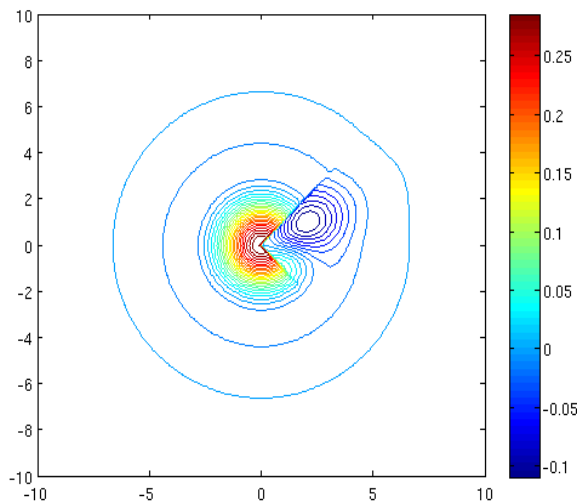
Probleme: Der vorhandene Spracherkenner konnte die nötigen Sprachbefehle nicht erkennen, obwohl er für andere Sprachbefehle korrekt funktionierte. Des Weiteren ist der Nutzer hinter dem Roboter nicht zuverlässig detektierbar. Somit kann der Roboter nicht erkennen, wenn die Person nicht folgt.

Lösungsansatz: In Bezug auf den Spracherkenner wird nun eine kommerzielle Lösung angestrebt. Evtl. kann zu weiteren Testzwecken auch der Google Spracherkennungsservice genutzt werden. Außerdem kann ein Laserscanner in Richtung des Roboterbildschirms verbaut werden, der dann eine lückenlose Personenerkennung rund um den Roboter ermöglicht. Dies ist in unserem Labor bereits erfolgt, konnte aber nicht an alle Partner weitergegeben werden, da die Anschaffungskosten des zusätzlichen Laserscanners finanziell nicht durch jeden Partner tragbar war.

2. Höfliches Heranfahen an eine Person

Ziel: Ziel dieser Teilaufgabe ist das höfliche Heranfahen an sitzende oder stehende Personen. Dabei soll vermieden werden, dass der Roboter zu dicht hinter Personen entlang fährt. Außerdem soll sich der Roboter seitlich vor der Person positionieren.

Lösungsmethode: Im Zuge des Projektes wurden zwei Verfahren getestet. Beide basieren auf der Modellierung einer Kostenfunktion, die den Roboter um die Person herum auf die Vorderseite der Person führen soll (siehe Abb. 1).



*Abb. 1 Kostenfunktion zum Heranfahen an eine Person.
Die Person ist mittig platziert und schaut nach rechts. Rot symbolisiert
Hohe Kosten, während Blau niedrige Kosten darstellt.*

Die Kostenfunktion erzeugt hohe Kosten im Rücken der Person und lässt die Kosten vor der Person wieder niedrig werden. Das Ziel beider Verfahren ist nun das Planen eines Pfades, der mit möglichst geringen Kosten zu einer Zielposition vor der Person führt. Diesem Pfad folgt der Roboter.

Es wurden zwei Planungsverfahren zur Pfadberechnung genutzt:

(1) Die Berechnung über die sog. Fast-Marching-Methode [4], bei der die Wellenausbreitung in einem Medium simuliert wird. Dieses Medium wird durch die Kostenfunktion definiert. Hohe Kosten lassen die Welle langsamer durch das Medium laufen als niedrige Kosten. Damit kann die Welle in einer kürzeren Zeit eine längere Strecke zurücklegen, wenn sie ein sehr durchlässiges Medium passiert. Die resultierenden Pfade umgehen somit die hohen Kosten im Rücken der Person.

(2) Dieser Ansatz beschäftigt sich mit einem baumartigen Planungsverfahren, in dem der aktuelle Zustand des Roboters genutzt wird, um einen Plan im Geschwindigkeits- und Realraum zu erzeugen (siehe Abb. 2). Dieser Ansatz erzeugt im Unterschied zum ersten Ansatz physikalisch plausible Pfade.

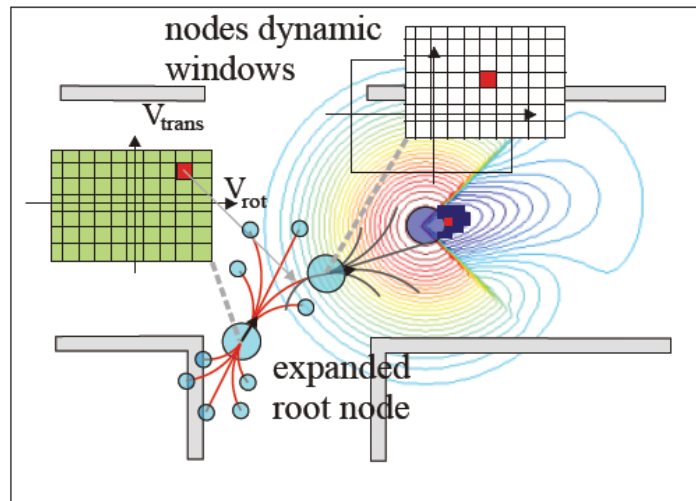


Abb. 2: Einzelschritt in der Erzeugung eines Planungsbaumes

Ergebnis: Beide Verfahren liefern robuste und sinnvolle Pfade, wobei dem ersten Verfahren im Projekt der Vorzug gegeben wurde, da es sehr viel simpler als das zweite Verfahren ist. Alle durchgeführten Tests während der User-Trails wurden mit diesem Verfahren durchgeführt. Die Blickrichtung der Person kann durch den Personentracker prinzipiell nicht erkannt werden, da die eingesetzten Methoden dafür nicht vorgesehen sind. Es wurde angenommen, dass die Person immer zum Roboter schaut (was während der Tests auch der Fall war). Somit wurden dennoch gute Ergebnisse erzielt.

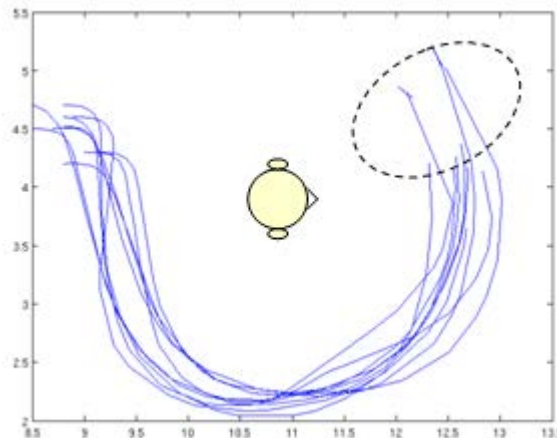


Abb. 3: gefahrene Pfade des Roboters aus dem ersten Verfahren. Man kann gut erkennen, wie der Roboter den rückwärtigen Bereich einer Person großräumig umgeht.

Probleme: Der Personentracker ist methodisch nicht in der Lage, die Blickrichtung der Person zu erkennen. Es wird momentan angenommen, dass die Person immer in Richtung Roboter schaut.

Lösungsansatz: Hier wird auf eine externe Arbeit aus der Graduiertenschule Bildverarbeitung verwiesen. Diese ermöglicht eine bildbasierte Schätzung der Oberkörperpose und wurde nun in einem ersten Prototyp zum Ende des Projektes fertig gestellt. Somit kann diese Funktion in dem Anschlussprojekt ROREAS genutzt werden.

Publikationen:

Kessler, J., Schröter, Ch., Gross, H.-M. *Approaching a Person in a Socially Acceptable Manner Using a Fast Marching planner.* in: Proc. 2011 International Conference on Intelligent Robotics and Applications (ICIRA 2011), Aachen, Germany, pp. 368-377, Springer 2011

Kessler, J., Scheidig, A., Gross, H.-M. *Approaching a Person in a Socially Acceptable Manner Using Expanding Random Trees.* in: Proc. 5th European Conference on Mobile Robots (ECMR 2011), Orebro, Sweden, pp. 95-100

AP 6.1.2 Sozial akzeptable Bewegungssteuerung

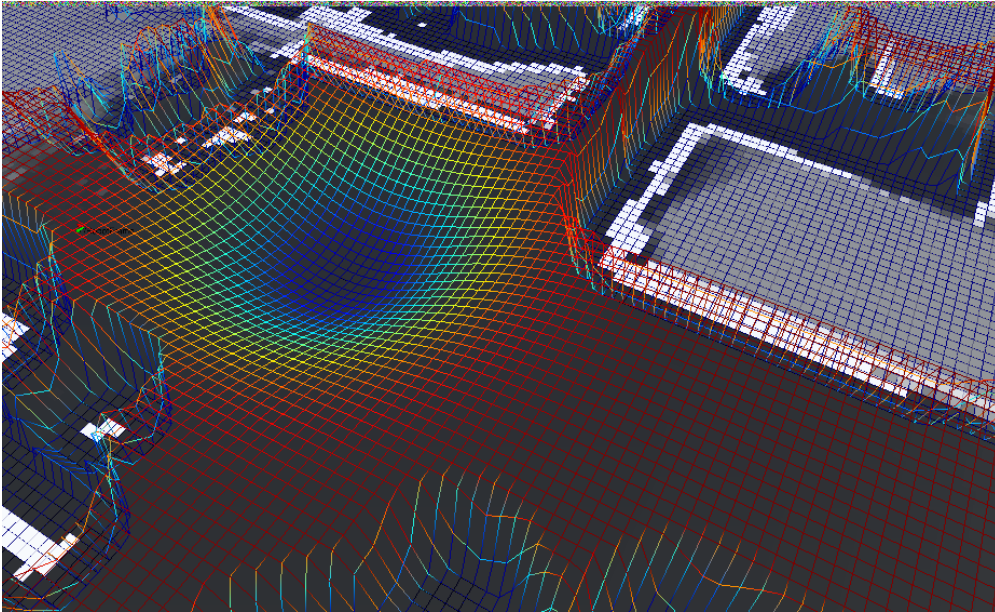
Im Laufe der Projektarbeit stellte sich heraus, dass eine raum-zeitliche Planung ausreichend ist, um frühzeitig einer Person auszuweichen. Eine reaktive Komponente wird dabei nicht benötigt. Daher wurde dieses Arbeitspaket mit dem nachfolgenden Arbeitspaket AP 6.2.1 zusammengelegt. Das geplante „Schieben des Roboters“ wurde durch eine Sprachsteuerung ersetzt, die auf die Befehle „Gehe nach links“, „Gehe nach rechts“ und „Verschwinde“ reagieren kann. Damit ist es möglich, den Roboter nach links oder rechts zu schicken, oder einfach zu sagen, dass der Roboter verschwinden soll. Im letzteren Fall wird das Ergebnis von AP 6.2.2 genutzt, um eine geeignete „Ruheposition“ zu ermitteln.

AP 6.2 Planungsstrategien

AP 6.2.1 Pfadplanung unter Berücksichtigung von Personenhypothesen und Privatsphäre der Person

Ziel: Diese Arbeitspaket beschäftigt sich mit der Erzeugung einer Fahrtstrecke, welche die privaten (nahen) Bereiche einer Person möglichst wenig berührt, um die anwesenden Personen nicht in ihrer Tätigkeit zu stören.

Lösungsmethode: Für diesen Fall wurde eine zweistufige Lösung entwickelt. In der ersten Stufe wird eine statische Umgebung angenommen, d.h. die wahrgenommen Personen bewegen sich nur minimal. In diesem Fall wird (ähnlich zu AP 6.1.1) eine Kostenfunktion generiert, die allerdings sowohl nach vorne als auch nach hinten hohe Kosten erzeugt. Dadurch führt die Pfadplanung aus 6.1.1 zu Pfaden, die diesen Bereich großräumig umgehen.



*Abb. 4: Verursachte Kosten einer statischen Person.
Hier sind rund um die Person die Kosten hoch und die
erlaubte Wellengeschwindigkeit niedrig (blau)*

Komplizierter wird das Problem, wenn Personen betrachtet werden, die sich bewegen. In diesem Fall ist die Kostenfunktion eine zeitlich veränderliche Größe. Um diese korrekt modellieren zu können, muss die Bewegungsspur jeder wahrgenommenen Person prädiziert werden. Im Rahmen des Projektes wurden zwei Prädiktionsarten getestet. Einmal eine lineare Prädiktion, die annimmt, die Person bewegt sich mit gleicher Geschwindigkeit und Richtung weiter. Zum Zweiten wurde eine Prädiktion über Potentialfelder entwickelt, die annimmt die Person bewegt sich mit gleicher Geschwindigkeit weiter, wobei die Richtung der Bewegung durch die umgebenden Hindernisse beeinflusst wird.

Auf der Prädiktion aufbauend, wurde der Fast-Marching Planer so erweitert, dass er mit zeitlich veränderlichen Kostenfunktionen umgehen kann.

Ergebnis: Der Planer ist in der Lage, den Treffpunkt von Person und Roboter in Ort und Zeit zu ermitteln. Um diesen Treffpunkt wird der Pfad in einem sozial akzeptablen Abstand herumgeplant. Dies führt zu einem *frühzeitigen* Ausweichen des Roboters von entgegenkommenden Personen. Er wurde im Laufe des Projektes als Ersatz des Standardplaners eingesetzt. Nur für das Heranfahren an eine Person wird noch der vorherige Planer mit zeitlich unveränderlicher Kostenfunktion eingesetzt.

Probleme: Die Prädiktion der Bewegungstrajektorie fängt sich sehr häufig in lokalen Minima, wodurch der prädizierte Pfad der Person an dieser Stelle stoppt; die Person wird also als zukünftig stehenbleibend angenommen.

Lösungsansatz: Die Prädiktion muss in weiterführenden Arbeiten noch verbessert werden, was auch Ziel des Projektes ROREAS ist. Dabei wird neben statistischen Methoden auch das Modell von Fußgängerbewegungen nach Hoogendoorn [6] getestet werden soll.

Publikationen:

Kessler, J., Strobel, J., Gross, H.-M. *Using a Spatio-Temporal FastMarching Planner to Politely Avoid Moving Persons.* in: Proc. Autonomous Mobile Systems (AMS 2012), Stuttgart, Germany, Informatik aktuell, pp. 59-67, Springer Verlag 2012

Kessler, J., Strobel, J., Gross, H.-M. *Avoiding Moving Persons by Using Simple Trajectory Prediction and Spatio Temporal Planning.* in: Proc. 35th German Conference on Artificial Intelligence (KI 2012), Saarbrücken, Germany, LNCS 7526, pp. 85-96, Springer 2012

AP 6.2.2 Ermittlung einer optimalen Beobachtungsposition des Nutzers unter Berücksichtigung der Privatsphäre der Person

Ziel: Die Aufgabe dieses Arbeitspaketes ist es, dem Roboter zu ermöglichen, eine Person zu beobachten, ohne dabei die Tätigkeit der Person zu stören oder gar während der Beobachtung bedrohlich zu wirken. Der Roboter soll dabei eher wie ein höflicher Butler wirken. Außerdem sollte der Roboter nicht ständig seine Beobachtungsperson ändern, wenn sich der Aufenthaltsort der Person nur leicht ändert.

Lösungsmethode: Die Grundidee zum Finden einer Beobachtungsposition ist recht simpel. Zunächst muss jede in Frage kommende Position zwei Bedingungen erfüllen. (1) Die Person muss von der Beobachtungsposition sichtbar sein und (2) der Roboter muss diese Position auch erreichen können. Dazu benötigt der Roboter seine eigene Position, ein Karte der Hindernisse und die Position der Person (siehe Abb. 5). Die beiden genannten Kriterien (1) und (2) sind harte Kriterien, die in jedem Fall erfüllt sein müssen. Aus der Menge der gültigen Punkte muss nun der Punkt gefunden werden, der alle übrigen Kriterien mit dem bestmöglichen Kompromiss erfüllt.

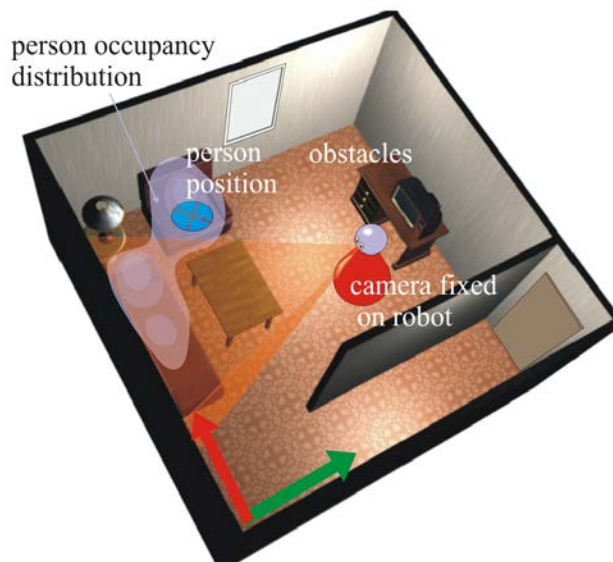


Abb. 5: Prinzipskizze, welche Informationen der Roboter benötigt, um eine Beobachtungsposition zu finden: eigener Standort, alle Hindernisse, momentane Position der Person und ein Liste der wahrscheinlichen Aufenthaltsorte

Diese Kriterien sind z.B. (i) der korrekte Abstand zur Person, (ii) eine Nähe zur Wand, (iii) keine Engstellen oder Gangwege zu blockieren und (iv) möglichst viele wahrscheinliche Aufenthaltsplätze im Blick zu behalten. Diese Kriterien werden weiche Kriterien genannt, und

das Ziel ist es, die Position zu finden, die alle Kriterien möglichst gut erfüllt. Dazu wird nicht jeder mögliche Punkt einfach durchprobiert, sondern es wird ein Partikelschwarm genutzt, um die Suche nach dem besten Punkt effizient durchzuführen. Jedes Partikel repräsentiert dabei einen möglichen Beobachtungspunkt. Der Schwarm tendiert dann iterativ dazu, Positionen nahe dem bisher besten Punkt zu erkunden, ob bessere Punkte gefunden werden können.

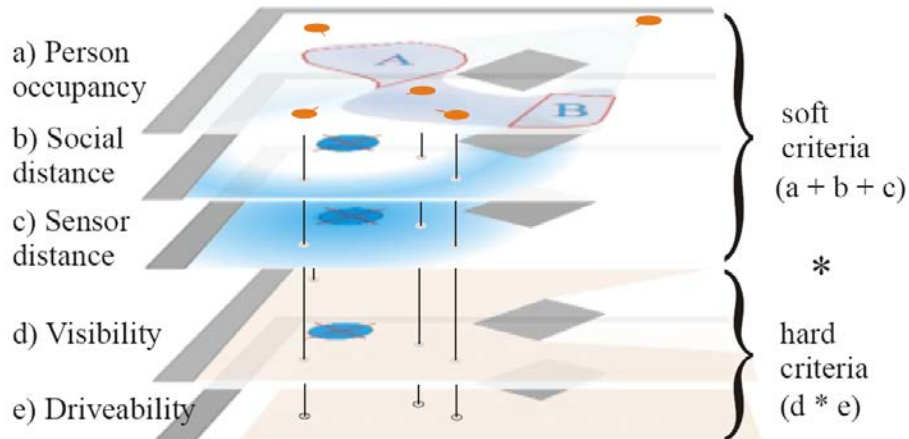


Abb. 6: Skizze zur Optimierung der Beobachungsposition mittels Partikelschwarmoptimierung (PSO). Jedes Partikel ist ein möglicher Standort des Roboters. Das am besten bewertete Partikel ist schließlich die finale Beobachungsposition

Nach einer festgelegten Reihe an Iterationen werden die besten Partikel zur Berechnung der Beobachungsposition herangezogen.

Ergebnis:

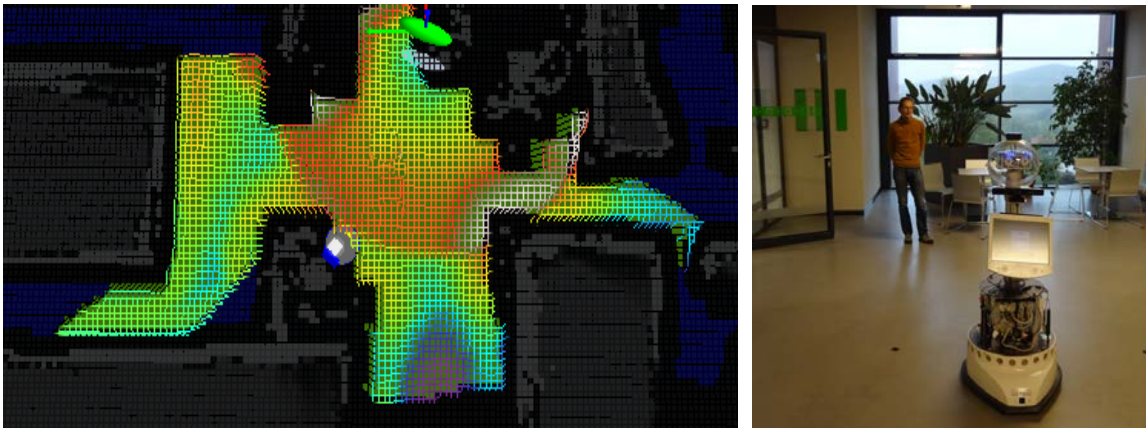


Abb. 7: Praktisches Beispiel im Gebäude des Instituts: Rechts: Die Situation auf dem Hauptgang des Institutes, links und rechts zweigen noch (dem Roboter sichtbare) Gänge ab. Links: Fusionierte Ergebnis aller weichen Kriterien pro erreichbarer Beobachungsposition: blau – sehr niedrige Werte, rot-weiß – gute Werte und somit potentielle Beobachungspositionen.

Das vorgestellte Verfahren ist in der Lage, zuverlässig eine Beobachungsposition zu finden, die der Roboter mit einer Genauigkeit von 20 cm anfahren kann. Es konnte nachgewiesen werden, dass das Verfahren unter gleichartigen Bedingungen (Position der Person) gleiche Beobachungspositionen findet. Ändert sich die Aufenthaltsposition der Person, so wechselt

der Roboter die Position automatisch. Das Verfahren wurde unter realen Bedingungen erfolgreich getestet.

Probleme: Ein Problem ist, wie das System reagieren soll, wenn die Person verloren wurde. Dann können die beiden harten Kriterien nicht mehr geprüft werden und es wird eine alte Personenhypothese genutzt. Ein weiteres Problem ist, wenn mehrere gleich gute Punkte zur Beobachtung gefunden werden. Dann sucht der Roboter zufällig einen dieser Punkte. Wenn er diesen Punkt erreicht hat, verweilt er dann auch dort.

Lösungsansatz: Durch weitere Arbeiten am Personentracker sollte die Häufigkeit, mit der eine Person verloren wird, reduziert werden, z.B. durch das Training einer geringer aufgelösten HOG-Maske, um Detektionen in größerer Entfernung auch bildbasiert zu ermöglichen. Das auftreten gleichguter Beobachtungspunkte ist verfahrensimmanent und kann nicht verhindert werden. Die überlagerten weichen Kriterien können noch weiter optimiert werden, um nur an bestimmten Stellen im Raum eindeutig positive Antworten zu liefern, und so Mehrdeutigkeiten so gering wie möglich zu halten.

Publikationen:

Kessler, J., Iser, D., Gross, H.-M. *I'll Keep You in Sight: Finding a Good Position to Observe a Person.* in: Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS 2012), Vilamoura, Portugal, pp. 4392-4398, IEEE 2012 (**nominated for CoTeSys Best-paper Award**)

Kessler, J., Schmidt, M., Helsper, S., Gross, H.-M. *I'm still watching you: Update on Observing a Person in a Home Environment.* Accepted for presentation on European Conference on Mobile Robotics 2013, Barcelona, to appear

AP 6.3.1 Personendetektion mittels Laserscanner

Ziel: Dieses Arbeitspaket beschäftigt sich mit der Detektion von Personen. Im Titel wurde dazu explizit der Laserscanner benannt. Im Laufe der Arbeit zeigte sich allerdings, dass der Laserscanner nicht ausreichend ist, da noch viele Objekte im Scan als Mensch (oder genauer als Beinpaar) klassifiziert wurden. Daher wurde noch der visuelle Kanal hinzugenommen, da dieser auch einen Rundumblick um den Roboter erlaubt.

Lösungsmethode: Es werden insgesamt drei Detektoren genutzt, um ein möglichst robustes Ergebnis zu liefern. Wie schon erwähnt, wird in den Laserscans nach Beinpaarsegmenten gesucht [1]. Dazu wurde ein Random-Forest Klassifikator trainiert, der im segmentierten Laserscan Beinpaare von Nicht-Beinpaaren unterscheiden kann. Dabei werden allerdings auch viele Segmente fälschlich als Beinpaare detektiert. Um diese Falschklassifikationen zu minimieren wurden daher noch weitere Erkennungskanäle hinzugenommen, die alle im Videobild berechnet werden. Als Standardverfahren wird die Gesichtserkennung nach Viola und Jones [5] genutzt. Es wurde ein Wrapper entwickelt, welcher zusammen mit dem Partner TU München-MMK implementiert wurde. Als dritter Kanal wurde eine Oberkörperdetektion (Histogram of oriented gradients = HOG) [2] aus einem anderen Projekt übernommen und ins System integriert.

Zeitweilig wurde auch eine Kinect-Tiefenkamera zur Personendetektion genutzt, da dort besonders leicht die Oberkörperposition erkannt werden kann. Allerdings lastet die Kinect die

On-Board Rechentechnik des Roboters so stark aus, dass dies die Auswertung der Kamerakanäle verhindert hat. Dadurch war keine Rundumsicht mehr gewährleistet.

Alle erkannten Personenhypothesen werden räumlich und zeitlich aggregiert und über einen Kalman-Filter zeitlich verfolgt.

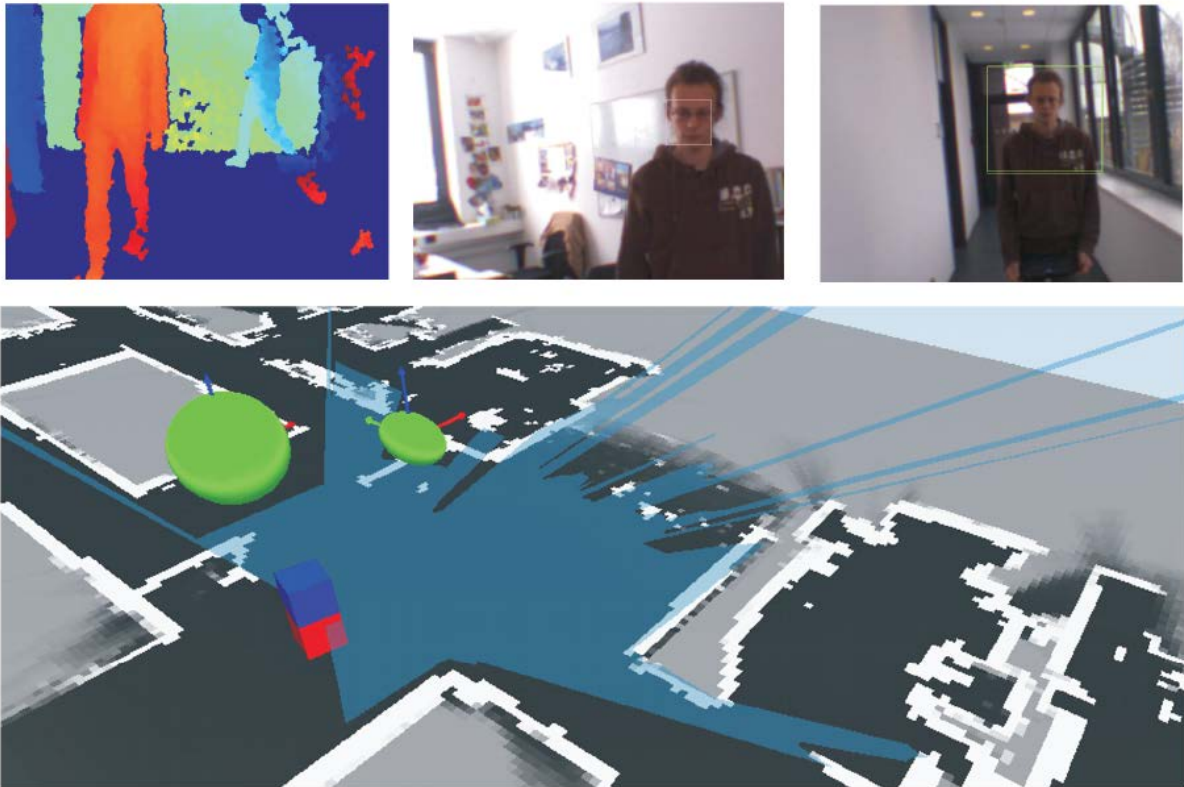


Abb. 8: Oben: die visuellen Erkennungskanäle. Ganz links ein Tiefenbild der Kinect Kamera mit Person (rot). Zu jedem Bildpunkt wird von der Kamera die Tiefe des Punktes ermittelt. In der Mitte: das Ergebnisse des Gesichtsdetektors (rotes Rechteck) und ganz rechts die Ergebnisse des Oberkörperdetektors (grün). Im unteren Bild ist das fusionierte Ergebnis von bildbasierten Hypothesen und dem laserbasierten Beinpaarerkenner zu erkennen. In der Szene waren zwei Personen anwesend (grüne Ellipsoide) und es wird wieder der Hauptgang des Institutes gezeigt.

Ergebnis: Im Ergebnis wurde ein Personentracker entworfen, der unter den während der User-Trials definierten Bedingungen gut funktioniert und weit umfänglicher ist, als im Antrag ursprünglich beschrieben. Die Beschränkungen sind: (1) es dürfen nicht zu viele Personen um den Roboter herumstehen und (2) die Umgebung des Roboters sollte nicht zu viele beinähnliche Strukturen, wie Papierkörbe oder Tischbeine, enthalten. Damit ist der Tracker für Demonstrationen und User-Trials geeignet. Die Orientierung einer Person kann mit den vorgestellten Methoden nicht ermittelt werden.

Probleme: Teilweise werden Personen nicht erkannt, teils Personen an Positionen erkannt, an denen keine Personen stehen, da Bildelemente gesichtsähnlich wirken oder Teile der Umgebung beinähnlich sind.. Damit ist der Tracker nicht uneingeschränkt realwelttauglich.

Lösungsansatz: Hier wird das im Juli 2013 gestartete BMBF Projekt ROREAS weiterarbeiten, um die Robustheit weiter zu verbessern.

AP 6.3.2 Fernsteuerung des Roboters durch Makrokommandos

Ziel: Kollisionsfreie Fernsteuerung des Roboters. Diese erfolgt zum Einen auf einem sehr abstrakten Level, indem der Roboter autonom zu einem vom Remote Nutzer festgelegten Ort fährt. Zum anderen soll der Roboter auf einem sehr direkten Level, auch ohne Kollision, mit einem Controller ferngesteuert werden. Außerdem soll dem Remote Nutzer ein Feedback gegeben werden, wo befahrbarer Freiraum ist und wo sich der Roboter in der Wohnung befindet.

Lösungsmethode: Der Navigator ist während der Laufzeit voll konfigurierbar. Im einfachsten Modus (Handsteuerung) werden die Komponenten abgeschaltet, die autonom einem Pfad folgen können, wobei die Komponenten im Hintergrund aktiv bleiben, die die Hindernisvermeidung realisieren. Außerdem wird die Fernsteuerung aktiviert. Diese Komponente lässt den Nutzer eine Wunschgeschwindigkeit wählen, die dann wenn möglich ausgeführt wird. Ist dies nicht möglich, da es zu einer Kollision kommen würde, wird die nächstmögliche Geschwindigkeit anstelle der ursprünglichen gewählt.

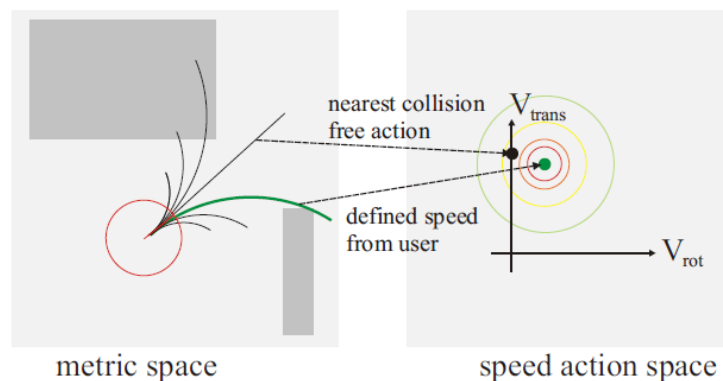


Abb. 9: Idee der einfachen Fernsteuerung.

Das gewünschte Kommando wird untersucht, ob es zu einer Kollision führt (links). Wenn ja, wird ein nahes, kollisionsfreies Kommando gewählt.

Im automatischen Modus agiert der Roboter vollkommen autonom. Der Remote-Nutzer kann das Roboterziel auf einer Karte vorgeben. Der Roboter plant dann den Pfad zum Ziel selbständig und folgt dann diesem Pfad bis zum Ziel.

Ein weiterer Aspekt ist die Information des Remote-Nutzers, wo sich der Roboter in der Wohnung befindet und wohin der Roboter fahren kann. Dazu muss der Roboter die Kameradaten und die Laserdaten an den Remote-Nutzer senden. Damit wird beim Remote-Nutzer die Karte der Umgebung, die Position des Roboters und jeweils ein Kamerabild nach vorne und nach hinten übertragen. Aus Datenschutzgründen ist die Übertragung der Kamerabilder nur in besonderen Ausnahmesituationen (Notfälle) möglich. Zur Steuerung und Übertragung von Daten zum und vom Roboter musste auf der Remote-Seite noch eine Applikation durch uns entwickelt werden, die sowohl den Operationsmodus respektiert, Steuerkommandos an den Roboter schickt, als auch die Daten vom Roboter visualisiert.

Ergebnis: Alle Komponenten arbeiten wie gewünscht und wurden während der Nutzertests verifiziert.

Probleme: Bei schlechter WLAN-Funkverbindung ist es nicht weiter möglich, den Roboter zu steuern. Aus Sicherheitsgründen bleibt er dann stehen.

Zusätzlich durchgeführte Arbeiten

1. Integration

Während der Projektbearbeitung wurde klar, dass das Navigationssystem für den Dialog Manager zu komplex ist. Daher haben wir uns entschlossen, eine Abstraktionsschicht zu schaffen, die den Roboter von außen gesehen in verschiedene Modi setzen kann, die dann den eigentlichen Navigator jeweils so konfiguriert, dass keine Konflikte oder unerwünschte Konfigurationen auftreten können. Diese Arbeit wurde zusammen mit dem Projektpartner TU München – MMK durchgeführt.

2. Autonomes Mapping

Im Zuge der häufigen Teilnahme an Messen, an denen kein Navigationsexperte des Projektes anwesend war, ist der Wunsch aufgetreten, dass der Roboter seine Umgebung von alleine lernen kann, da er sonst nicht fähig ist, autonom zu fahren. Daher wurden Untersuchungen gestartet, wie der Roboter automatisch interessante Navigationspunkte finden kann, die er dann ansteuern kann um sukzessive aus allen Informationen eine umfassende Karte zu erzeugen. Im Ergebnis gibt es eine Ansatz, der gezielt nach Punkten sucht, die es erwarten lassen viel Freiraum zu erkunden und die gleichzeitig markante Punkte in der Nähe haben, um nicht die Lokalisation des Roboters zu verlieren.

Der Roboter ist nun in der Lage, diese Punkte anzufahren. In zukünftigen Arbeiten soll nun noch ein Kartenbauverfahren im Hintergrund arbeiten, was die Beobachtungen zu einer konsistenten Karte zusammenfügt. Hier ist die Schnittstelle zum BMBF Projekt ROREAS zu suchen.

Literaturverzeichnis

- [1]: K. Arras, O. Mozos, and W. Burgard. *Using boosted features for the detection of people in 2d range data*. In Proc. ICRA, pages 3402–3407, 2007.
- [2]: N. Dalal and B. Triggs. *Histogram of oriented gradients for human detection*. In Proc. on Computer Vision and Pattern Recognition, volume 1, pages 886–893, 2005
- [3]: D. Fox, W. Burgard, and S. Thrun. *The dynamic window approach to collision avoidance*. In IEEE Robotics and Automation Magazine, pages 23–33, 1997
- [4]: J. Sethian. *A fast marching level set method for monotonically advancing fronts*. Proc. Nat. Acad. Sci., 93(4):1591–1595, 1996.
- [5]: P. Viola and M. Jones. *Robust real-time object detection*. In 2nd int. workshop on Statistical and Computational Theories of Vision - Modeling, Learning, Computing, and Sampling, pages 1–25, 2001.
- [6]: S.P. Hoogedoorn, P.H.L. Bovy. *Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models*, In Transportation Research Part B, vol. 38, Elsevier, 2004, pp. 169-190

Anlage B: Deliverable 6.5 “Final navigation software module”

Zusätzlich zu diesem Report wird das Deliverable D6.5 mitgeschickt. In diesem Dokument sind alle erreichten Ziele noch einmal sehr ausführliche beschrieben.