

Planungsassistenten für Menschen mit kognitiven Einschränkungen

Jörg Nagengast

13. Januar 2007

Diese Arbeit gibt einen Überblick wie Planungsassistenten für Menschen mit kognitiven Einschränkungen eingesetzt werden können. Im ersten Teil soll die Motivation, die Ziele, sowie die unterschiedlichen Ausprägungen von kognitiven Unterstützungssystemen erläutert werden. Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit Autominder, einem intelligenten kognitivem System, welches für Menschen mit Gedächtnisbeeinträchtigungen entwickelt wurde.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Motivation für kognitive Unterstützungssysteme	3
3	Ziele kognitiver Unterstützungssysteme	4
4	Ausprägungen kognitiver Unterstützungssysteme	4
4.1	Sicherheitssysteme	5
4.2	Kompensationssysteme	6
4.2.1	Navigationunterstützung	6
4.2.2	Terminmanagement	6
4.2.3	Aktivitätslenkung	7
4.3	Beurteilungssysteme	7
5	Autominder	8
5.1	Einführung	8
5.2	Architektur	9
5.2.1	Der Plan Manager (PM)	10
5.2.2	Der Client Modeler (CM)	13
5.2.3	Der Intelligent Reminder Generator (IRG)	14
5.3	Arbeit für die Zukunft	16
6	Zusammenfassung und Ausblick	16
7	Literaturverzeichnis	18

1 Einleitung

Im Moment befinden wir uns in einem schwerwiegenden demographischen Wandel. Diese Veränderung drückt sich dadurch aus, dass unsere Gesellschaft in hohem Maße altert. Zeichnete sich früher die Mehrheit der Bevölkerung durch junges Alter aus, so hat sich dieses Verhältnis in den vergangenen Jahren umgedreht und es gibt nun wesentlich mehr ältere Menschen als zuvor. Es zeichnet sich ab, dass sich dieser Trend in den kommenden Jahrzehnten fortsetzen wird, vor allem in den Industrieländern. Diese Tatsache bietet zugleich große Möglichkeiten und Herausforderungen für den Einsatz von Planungsassistenten, um ältere Menschen in ihrem Alltag zu unterstützen. Hierbei ist vor allem an Personen mit kognitiven Einschränkungen zu denken. Eben genannte Behinderungen beziehen sich vor allem auf Gedächtnisbeeinträchtigungen.

Der folgende erste Teil der Arbeit soll einen Überblick über den aktuellen Stand kognitiver Unterstützungssysteme geben. Kognitive Unterstützungssysteme zeichnen sich dadurch aus, dass sie helfen, kognitive Einschränkungen zu überwinden. Nachfolgend wird Autominder [PBC⁺03] vorgestellt, ein Prototyp eines Systems, welches exemplarisch dafür steht wie KI-Planung eingesetzt werden kann, um Menschen mit kognitiven Einschränkungen zu helfen.

2 Motivation für kognitive Unterstützungssysteme

Die Hauptmotivation kognitive Unterstützungssysteme zu entwickeln ist bereits genannt worden. Der Bedarf nach Systemen die Menschen im hohen Alter unterstützen, ist enorm. Dafür gibt es mehrere Ursachen.

> Age 60	2000	2050
World	10.0%	21.4%
Belarus	19.3%	37.6%
Germany	23.2%	34.5%
Italy	24.1%	40.6%
Netherlands	18.2%	30.7%
Slovenia	19.2%	41.5%
United States	16.1%	25.5%
Mexico	6.9%	26.2%
Brazil	7.8%	25.9%
Columbia	6.9%	22.7%

China	6.9%	22.7%
India	7.5%	20.1%
Japan	23.3%	42.4%
Myanmar	6.8%	20.5%
Australia	16.4%	29.9%
Fiji	5.7%	22.7%
Egypt	6.8%	18.7%
Iran	6.4%	24.8%
Jordan	4.6%	19.0%
Botswana	4.2%	6.0%
Ethiopia	4.6%	7.7%
Mali	3.9%	5.3%

Abbildung 1 — Bevölkerungsstatistik für ausgewählte Länder (Quelle: [UN.02])

Abbildung 1 zeigt wie schwerwiegend der demographische Wandel in dem wir uns gegenwärtig befinden, tatsächlich ist. Waren im Jahre 2000 nur zehn Prozent der Weltbevölkerung 60 Jahre oder älter so werden es im Jahre 2050 schon 21,4 Prozent sein.

3 Ziele kognitiver Unterstützungssysteme

[PBC⁺03] schreiben in ihrer Arbeit, dass unter den sogenannten ältesten Alten (hierunter versteht man Personen die das 80. Lebensjahr oder mehr erreicht haben), eben genannte Entwicklung noch dramatischer ist. Waren zur Jahrtausendwende 1,1 Prozent der Weltbevölkerung 80 Jahre oder älter, so wird für das Jahr 2050 ein Wert von 4,0 Prozent prognostiziert.

Es lässt sich also folgendes feststellen: Zum einen werden die Menschen generell immer älter und zum anderen steigt auch die Anzahl der älteren Personen rapide an. Gleichzeitig stehen aber nicht genug jüngere Menschen zur Verfügung um alle Älteren adäquat pflegen zu können. Zusätzlich korrelieren kognitive Einschränkungen mit zunehmenden Alter. Statistiken zeigen, dass nur 10 Prozent der 60-Jährigen an der Alzheimer Krankheit leiden, während es bei den 85-Jährigen schon 50 Prozent sind. Die Anfälligkeit der Erkrankung an irgendeiner Form von Gedächtnisbeeinträchtigung steigt also mit zunehmenden Alter rapide an.

Auch die Tatsache, dass ältere Erwachsene ihren Lebensabend eher in ihrem gewohnten Umfeld verbringen wollen, als in einem Pflegeheim, wirkt sich positiv auf die Nachfrage nach intelligenten Systemen zur Hilfe von alten Menschen aus. Man verhilft also Patienten dazu, dass sie länger in ihrem gewohnten Umfeld leben können und erhöht dadurch ihre Lebensqualität enorm. Der momentane und in der Zukunft noch wachsende Bedarf an kognitiven Unterstützungssystemen wird so anhand der zuvor genannten Punkte deutlich.

3 Ziele kognitiver Unterstützungssysteme

Dieser Abschnitt soll sich mit den Zielen kognitiver Unterstützungssystemen beschäftigen. Grundsätzliche Intention ist die Unterstützung von Menschen die unter irgendeiner Form von kognitiven Einschränkungen leiden. Solche Einschränkungen können sowohl physischen (z.B. verminderte Mobilität), als auch geistigen (z.B. Gedächtnisbeeinträchtigung auf Grund von Altersdemenz) Ursprungs sein. Betroffenen Patienten soll geholfen werden, die Aktivitäten des täglichen Lebens (wie zum Beispiel Essen, Trinken, Hygiene usw.) so weit wie möglich ohne fremde menschliche Hilfe bewältigen zu können. Dadurch soll die Zeit, die Patienten in ihrem gewohnten Umfeld verbringen, so lang wie möglich ausgenutzt werden. Die somit erhöhte Lebensqualität, fand bereits Erwähnung.

Gleichzeitig soll zu Hause für die nötige Sicherheit gesorgt sein. Sogenannte Sicherheitssysteme bieten Möglichkeiten um im Notfall, (z.B. im Krankheitsfall), Angehörige oder Pfleger benachrichtigen zu können.

Ein weiteres Ziel ist die Erfassung und Beurteilung des kognitiven Status einer Person. Man will herausfinden, ob sich der kognitive Zustand eines Patienten im Laufe der Zeit verändert, um rechtzeitig gewisse Vorkehrungen und Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Im nächsten Abschnitt, in dem es um die verschiedenen Typen von kognitiven Unterstützungssystemen geht, wird detaillierter auf solche Systeme eingegangen.

4 Ausprägungen kognitiver Unterstützungssysteme

Nun werden die unterschiedlichen Typen kognitiver Unterstützungssysteme betrachtet. Es kann hier kein allumfassender Überblick über aktuell relevante Projekte und Forschungen gegeben werden, allerdings sollen die Hauptausrägungen dieser Technologie, die mit künstlicher Intelligenz in Zusammenhang steht, aufgezeigt werden.

4 Ausprägungen kognitiver Unterstützungssysteme

Grundsätzlich lassen sich hier drei verschiedene Arten von kognitiven Unterstützungssystemen abgrenzen. Diese sind die Sicherheitssysteme, die Kompensationssysteme, sowie die Beurteilungssysteme. Die Kompensationssysteme lassen sich weiterhin in die Navigationsunterstützung, dem Terminmanagement und die Aktivitätslenkung unterteilen. Die genannten drei Haupttypen sollen nun in den folgenden Unterabschnitten näher erläutert werden.

4.1 Sicherheitssysteme

Sicherheitssysteme verfolgen, wie der Name bereits vermuten lässt, das Ziel die Sicherheit von Menschen, die unter kognitiven Einschränkungen leiden, zu gewährleisten. Vor allem Angehörigen von Menschen die unter einer Form von Altersdemenz leiden, kann mit solchen Systemen geholfen werden und damit indirekt auch den Erkrankten.

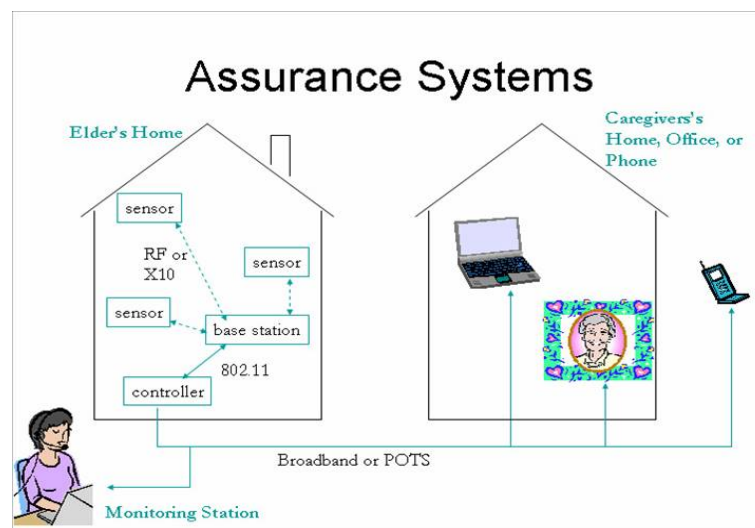


Abbildung 2 — Architektur von Sicherheitssystemen (Quelle: [Pol05])

Abbildung 2 zeigt die typische Architektur von Sicherheitssystemen. Im Haus eines Patienten werden mehrere Sensoren an verschiedenen Orten, (z.B. in den Scharnieren von Türen oder Schränken, an der Toilettenspülung etc.), angebracht. Die Sensoren kommunizieren mittels eines Kurzreichweiten-Protokolls (z.B. X10) mit einer Basisstation. Die Basisstation wiederum sendet die von den Sensoren empfangenen Daten per Wireless LAN an einen Controller. Ein Controller kann Daten von mehreren Basisstationen empfangen und hat nun die Möglichkeit über eine Breitbandverbindung Informationen entweder an eine Monitoring Station in einer Zentrale, oder direkt an Angehörige zu schicken. Die Angehörigen können nun relativ bequem Statusberichte mit dem Computer auf einer Web Seite einsehen. Zusätzlich besteht auch die Möglichkeit im Notfall Warnmeldungen an Mobiltelefone (oder auch Pager) zu schicken.

Des Weiteren verfügen Sicherheitssysteme auch über eine Komponente die die empfangen Sensordaten auswertet und somit auf Verhaltensweisen des Patienten schließt. Über einen längeren Zeitraum werden so Daten gesammelt und auf Basis dieser Daten wird versucht, gewisse Trends zu ermitteln. Beobachtet ein solches System beispielsweise, dass ein Patient jeden Tag zu einer bestimmten Uhrzeit in die Küche geht, (messbar durch Daten die von Sensoren in den Türscharnieren zur Küche eingebaut sind), würde

im Falle eines ausbleibenden Datenempfangs unter Umständen eine Warnmeldung an Angehörige verschickt werden.

4.2 Kompensationssysteme

Während Sicherheitssysteme einen Patienten beobachten und Warnmeldungen und Statusberichte versenden, helfen sie nicht wirklich bei der Bewältigung der täglichen Aktivitäten. Kompensationssysteme wollen die Einschränkungen die auf Grund kognitiver Beeinträchtigungen entstehen wett machen. Solche Systeme unterstützen bei der Navigation im Haus oder in der Wohnung des Patienten, beim Terminmanagement, bei der Bewältigung von Aufgaben die mehrere Schritte umfassen, bei der Gesichtserkennung, oder bei der Lokalisierung von Objekten. Beispielsysteme für die ersten drei eben genannten Formen von Unterstützung sollen im folgenden diskutiert werden.

4.2.1 Navigationsunterstützung

Methoden zur Navigationsunterstützung zeichnen sich dadurch aus, dass Menschen geholfen wird, sich im häuslichen Umfeld zurecht zu finden. Vor allem Personen mit einer verminderten visuellen Wahrnehmung, zum Beispiel wegen einer extremen Kurzsichtigkeit, oder einer eingeschränkten Mobilität kann hier geholfen werden. Ziel ist die Vermeidung von Hindernissen auf dem Weg zu bestimmten Lokalitäten.

IMP, die Intelligent Mobility Platform [MDK⁺03], kann hier exemplarisch für ein solches Navigationsunterstützungssystem genannt werden. IMP besteht aus einer normalen Gehhilfe für ältere Menschen, welche zusätzlich mit einem Laserentfernungsmesser, einem Handheld Computer mit Touchscreen Bedienung, einem aktiven Fahrmechanismus und einer intelligenten Navigationssoftware ausgestattet ist. Das Ziel des IMP Projektes war es potenziell orientierungslosen Benutzern den Weg innerhalb von großen Gebäuden, (z.B. betreutes Wohnen in großen Wohnanlagen), zu weisen. Während einer Installationsphase wird die Intelligent Mobility Platform via Joystick durch das Gebäude gefahren um eine Karte, die mittels des Laserentfernungsmessers konstruiert wird, aufzubauen. Bestimmte Lokalitäten müssen anschließend per Hand bestimmt werden. Danach kann der Benutzer über das Onboard Interface einen Bestimmungs-ort auswählen und die Navigationssoftware plant mittels der zuvor aufgebauten Karte die günstigste Route vom aktuellen zum gewünschten Zielort. Mit einem großen roten Pfeil der entweder nach rechts oder nach links zeigt und auf dem Display des an der Gehhilfe angebrachten Handhelds angezeigt wird, wird der Benutzer bei der Wegfindung unterstützt. Zeigt der Pfeil nach hinten, so sollte sich der Benutzer umdrehen und in die entgegengesetzte Richtung laufen.

4.2.2 Terminmanagement

Der zweite Typ von Kompensationssystemen sind die Terminmanagementsysteme. Sie helfen Menschen die eine Verminderung der Gedächtnisfunktionstüchtigkeit hinnehmen müssen, in dem sie Erinnerungen für die Aktivitäten des täglichen Lebens konstruieren. Solche Erinnerungen könnten beispielsweise die Einnahme des Mittagessens, oder einen Arztbesuch als Inhalt haben. Während erste Systeme in diesem Bereich sich herkömmliche Kalender und Wecker zu nutze machten und eher stationär betrieben wurden, ist es heute auch möglich, Terminmanagementsysteme auf mobilen Geräten wie Palmtops oder Mobilfunktelefonen zu betreiben. Sowohl ältere als auch die meisten

4 Ausprägungen kognitiver Unterstützungssysteme

kommerziellen Terminmanagementsysteme heute, haben jedoch eines gemein: Sie sind im Grunde nichts anderes als glorifizierte Wecker. Da Menschen ihr Leben nicht starr nach unveränderlichen Terminplänen führen, fehlt es oft an einer gewissen Flexibilität bei besagten Programmen. Das in Abschnitt 5 detailliert vorgestellte System Autominder [PBC⁺03] geht einen anderen Weg. Autominder nutzt verschiedene Technologien die dem Bereich der künstlichen Intelligenz zuzuordnen sind, um Erinnerungen nicht starr nach einem vorgegebenen Plan zu konstruieren, sondern bietet eine wesentlich höhere Flexibilität, da bestimmte Ereignisse und Bedingungen zusätzlich betrachtet werden. Mehr dazu in Abschnitt 5 dieser Arbeit.

4.2.3 Aktivitätslenkung

Eine letzte Art von Kompensationssystemen die hier vorgestellt werden soll, sind Systeme die die Lenkung von Aktivitäten mit mehreren Einzelschritten zum Ziel haben. Derartige Programme sollen Patienten mit mittelschweren bis schweren Demenzen (z.B. Alzheimer Krankheit) unterstützen, die Aktivitäten des täglichen Lebens ausführen und ebenfalls die Geräte und Werkzeuge die man dazu braucht, bedienen zu können. COACH [MFB01] ist ein Beispiel für ein solches System. COACH nutzt eine Videokamera und ein Armband das der Patient trägt, um ihn bei gewissen Aktivitäten (z.B. das Händewaschen) zu beobachten. Die Aktivität Händewaschen könnte man in drei Einzelschritte, nämlich Wasser anstellen, Seife benutzen und Hände abtrocknen unterteilen. Durch die Videokamera versucht COACH nun die zwei-dimensionalen (x,y)-Koordinaten, die mittels des vom Patienten getragenen Armbands erkannt werden können, zu erfassen und mit einem Planerkennungsalgorithmus auf den aktuellen Einzelschritt der ausgeführten Aktivität zu schließen. Stellt das System ein Problem fest, zum Beispiel, dass beim Händewaschen erst die Hände abgetrocknet und dann die Seife benutzt wird, so wird ein zuvor aufgenommenes verbales Signal ausgegeben. In einem Feldtest bei dem zehn Testpersonen mit mittelschweren bis schweren Demenzen teilnahmen, zeigte COACH sein Potenzial. Der Prozentsatz der Personen, welche die Aktivität Händewaschen erfolgreich ohne menschliche Hilfe von Pflegern absolvierten, konnte um 25 Prozent gesteigert werden.

4.3 Beurteilungssysteme

Mehrere Studien [BNK04] fanden heraus, dass eine Verschlechterung des kognitiven Status einer Person über einen längeren Zeitraum undiagnostiziert bleibt. In den meisten Fällen passiert eine Beurteilung des geistigen Zustandes eher zufällig und unter nichtvollständiger Information bei einem Arztbesuch, oder während eines Klinikaufenthaltes. Zusätzlich können Patienten am Tag der Beurteilung einen „guten“ oder einen „schlechten“ Tag haben. Diagnosen, die außerhalb des gewohnten Umfelds der Patienten gemacht werden, sind mit Vorsicht zu genießen, da der Patient einen etwaigen Arztbesuch als Stress empfinden könnte.

Bei der Entwicklung von Beurteilungssystemen sind dies alles Punkte die es zu berücksichtigen gilt. Durch ein Beurteilungssystem soll eine kontinuierliche lebensnahe Beurteilung des kognitiven Status einer Person vorgenommen werden. Dazu bedienen sich solche Systeme der Kombination aus sensor-basiertem Monitoring und ausgeklügelten Analysealgorithmen um auf den kognitiven Zustand einer Person in ihrem gewohnten Umfeld zu schließen. Wired Independence Square [CR99] ist ein Projekt bei dem Sensoren in der Küche platziert werden und dann versucht wird, durch Messung der Zeit

5 Autominder

die jemand für Routineaktivitäten benötigt auf Veränderungen des kognitiven Status zu schließen. Ein verwandtes Projekt [JPP03] versucht kognitive Veränderungen durch Beobachtung der Interaktion zwischen einem Patienten und seinem Computer festzustellen. Dazu wird eine abgeänderte Version des FreeCell Solitär Spieles genutzt. Ein automatisierter Problemlöser plant im Vorfeld eines Spieles die optimale Lösung. Nachdem der Benutzer sein Spiel beendet hat, wird nun die zuvor berechnete optimale Lösung mit der Lösung des Spielers verglichen. Im Zeitablauf kann man so Rückschlüsse auf die Entwicklung des kognitiven Zustands des Spielers ziehen. FreeCell wurde in diesem Projekt ausgewählt, da zum einen Interviews mit Testpersonen ergaben, dass ihnen dieses Spiel großen Spaß macht und zum anderen in FreeCell verschiedene Aspekte die mit Kognition zu tun haben, wie das Kurzzeitgedächtnis und strategische Planung und Kreativität, eine große Rolle spielen.

5 Autominder

Wurden im ersten Teil dieser Arbeit die Motivation, die Ziele und die verschiedenen Ausprägungen von kognitiven Unterstützungssystemen für Menschen mit kognitiven Einschränkungen vorgestellt, so handelt der zweite Teil der Arbeit ausschließlich vom bereits erwähnten System Autominder.

5.1 Einführung

Autominder [PBC⁺03] ist ein kognitives System aus dem medizinischen Bereich, welches entwickelt wurde um Menschen, die unter leichten bis mittelschweren Demenzen leiden, die Möglichkeit zu geben, weiterhin die Routineaktivitäten des täglichen Lebens zufriedenstellend auszuführen und dadurch länger zu Hause in ihrem gewohnten Umfeld leben zu können. Es bedient sich hierzu Erinnerungen die Aktivitäten des täglichen Lebens als Inhalt haben.



Abbildung 3 — Pearl, eine mobile Roboter Plattform für Autominder (Quelle: [Pol05])

Im Gegensatz zu den meisten vergleichbaren Systemen ist Autominder wesentlich flexibler und anpassungsfähiger. Es modelliert tägliche Ablaufpläne von seinen Nutzern, verfolgt deren Ausführung indem es das Verhalten des Nutzers beobachtet und

5 Autominder

trifft Entscheidungen ob und wann gewisse Erinnerungen generiert werden. Entwickelt wird Autominder im Rahmen der Initiative für Personal Robotic Assistance in einem Projekt das sich Nursebot Project nennt. An dem multi-universitären und multi-disziplinären Projekt, welches 1998 ins Leben gerufen wurde, arbeiten u. a. Wissenschaftler der Universitäten von Michigan und Pittsburgh. Ursprünglich lag die Konzentration auf der Entwicklung eines autonomen Roboters, der im häuslichen Umfeld von älteren Menschen installiert wird und sie mit Erinnerungen an Routineaktivitäten unterstützt. Abbildung 3 zeigt den Roboter Pearl, auf dem das System Autominder als eines der Hauptsoftwarekomponenten genutzt wird. Pearl besitzt neben einem Touchscreen Display, die als GUI für Ein- und Ausgaben für Autominder genutzt wird, zusätzlich ein aktives Fahrsystem, einen Laserentfernungsmesser, Mikrofone für die Spracherkennung, Lautsprecher für die Sprachausgabe und eine Kamera mit dem er das Verhalten des Benutzers beobachten kann. Das Programm wurde vollständig in den Programmiersprachen Java und Lisp implementiert. Zusätzlich wurde ein Web-basiertes Interface für die Initialisierung und Aktualisierung der täglichen Ablaufpläne der Patienten entwickelt. Im folgenden soll die Autominder zu Grunde liegende Architektur näher erläutert werden.

5.2 Architektur

Die Architektur des Autominder Systems kann anhand von Abbildung 4 aufgezeigt werden. Autominder ist unterteilt in die drei Hauptkomponenten: Plan Manager (PM), Client Modeler (CM) und Intelligent Reminder Generator (IRG). Der Plan Manager speichert einen Tagesplan (Client Plan) der mit bestimmten Routineaktivitäten des Benutzers korrespondiert und ist dafür verantwortlich, eventuelle Veränderungen dieses Plans zu managen und Konflikte mit bereits vordefinierten Planfragmenten zu lösen.

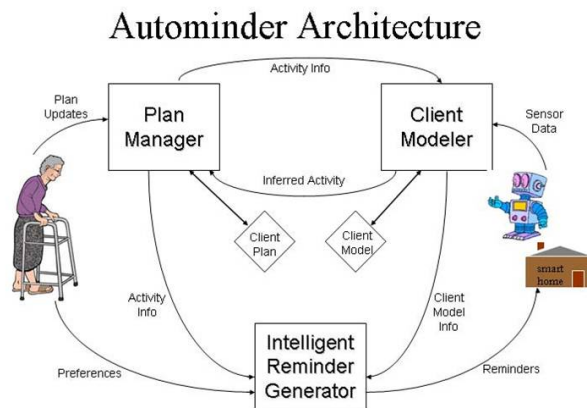


Abbildung 4 — Architektur des Autominder Systems (Quelle: [PBC⁺03])

Der Client Modeler nutzt Informationen über das beobachtbare Nutzerverhalten, um damit die Ausführung eines im Plan Manager gespeicherten Client Plans zu überwachen. Dazu speichert er Annahmen über den Ausführungsstatus des Client Plans im Client Modell. Die dritte Hauptkomponente, der Intelligent Reminder Generator oder auch Personal Cognitive Orthotic [MP02] genannt, beobachtet Abweichungen zwischen dem was ein Benutzer von Autominder laut Client Plan machen soll und was er laut

Client Model wirklich davon ausgeführt hat und trifft danach gewisse Entscheidungen ob und wenn ja, wann eine Erinnerung an eine bestimmte Aktivität generiert wird. Zusätzlich können vom Benutzer gewisse Präferenzen in Bezug auf die Generierung von Erinnerungen dem IRG mitgeteilt werden, die danach dann Berücksichtigung finden. Die folgenden Unterabschnitte beschäftigen sich detaillierter mit den drei Hauptkomponenten PM, CM, und IRG und sollen den Einsatz der jeweils angewandten Planungstechnologie verdeutlichen.

5.2.1 Der Plan Manager (PM)

Der Plan Manager ist also für die Modellierung, die Initialisierung und die Aktualisierung des Client Plans zuständig. Die verwendete Technologie wurde ursprünglich aus einer anderen Arbeit, dem Plan Management Agent (PMA) [PH99], übernommen und weiterentwickelt. PMA ist ein intelligentes Kalenderwerkzeug, bei dem es ebenso wie beim PM darum geht eine große Menge von temporalen Bedingungen zu repräsentieren. Deshalb werden Pläne als Disjunktive Temporale Probleme (DTP) [TP02] definiert. Ein disjunktives temporales Problem ist eine Weiterentwicklung eines Simplen Temporalen Problems (STP) und ermöglicht im Unterschied dazu die Definition von mehreren disjunkten Planfragmenten. Dadurch wird es möglich, sich gegenseitig ausschließende Planfragmente zu definieren. Ein DTP ist definiert durch ein Vier-Tupel $\langle S, O, L, B \rangle$. S bezeichnet die einzelnen Schritte im Plan, auch Planfragmente genannt. O bezeichnet temporale Ordnungsbedingungen zwischen den Planfragmenten eines Plans. L sind kausale Verknüpfungen und B bezeichnet Verknüpfungsbedingungen zwischen den einzelnen Schritten des jeweiligen Plans. Da temporale Bedingungen innerhalb der Anwendungsdomäne der Terminmanagementsysteme, zu denen auch Autominder in gewisserweise zu zählen ist, besonders wichtig sind, wird hier ein DTP formal als konjunktive Menge von disjunktiven Ungleichungen definiert:

$lb1 \leq X1 - Y1 \leq ub1 \vee \dots \vee lbn \leq Xn - Yn \leq ubn$. Die einzelnen X_i und Y_i sind Start- und Endzeitpunkte einzelner Aktivitäten im Plan. Die lbi und ubi sind untere und obere Grenzen (reelle Zahlen). Zusätzlich existiert ein sogenannter Time Reference Point (TRP), der einen zeitlichen Referenzpunkt (z.B. 0.00 Uhr angibt). Durch die Definition eines DTP können nun eine Vielzahl von verschiedenen Bedingungen die absolute Ereigniszeiten, relative Ereigniszeiten und die Dauer von Ereignissen enthalten, innerhalb eines oder mehreren Tagespläne die im Client Plan gespeichert sind kodiert werden. Um besser zu verstehen, wie aus einzelnen Planfragmenten, die in ein DTP übersetzt werden, ein einzelner Tagesplan entsteht, soll folgendes Beispiel dienen. Für einen Patienten sollen die folgenden Aktivitäten innerhalb eines Tags relevant sein.

1. „Mit dem Frühstück soll zwischen 7.00 Uhr und 8.00 Uhr begonnen werden“
2. „Frühstück dauert zwischen 20 und 30 Minuten“
3. „Innerhalb einer Stunde nach dem Frühstück soll eine Medizin eingenommen werden“
4. „Toilettengang zwischen 11.00 Uhr und 11.15 Uhr“
5. „Toilettengang dauert zwischen einer und drei Minuten“
6. „Nachrichtensendung entweder um 18.00 Uhr oder um 23.00 Uhr“
7. „Die Nachrichtensendung dauert genau 30 Minuten“

5 Autominder

8. „Auf Toilette gehen und Nachrichten ansehen, geht nicht gleichzeitig“

Der Plan Manager würde daraus folgende Bedingungen generieren:

1. $420 \leq \text{Frühstück(S)} - \text{TRP} \leq 480$
3. $0 \leq \text{MedizinNehmen(S)} - \text{Frühstück(E)} \leq 60$
4. $660 \leq \text{Toilette(S)} - \text{TRP} \leq 675$
5. $1 \leq \text{Toilette(E)} - \text{Toilette(S)} \leq 3$
6. $1080 \leq \text{Nachrichten(S)} - \text{TRP} \leq 1082 \vee$
 $1380 \leq \text{Nachrichten(S)} - \text{TRP} \leq 1382$
7. $30 \leq \text{Nachrichten(E)} - \text{Nachrichten(S)} \leq 30$
8. $0 \leq \text{Nachrichten(S)} - \text{Toilette(E)} \leq \infty \vee$
 $0 \leq \text{Toilette(S)} - \text{Nachrichten(E)} \leq \infty$

Die Zahlen 420 und 480 in Bedingung 1. bedeuten, dass zwischen 420 und 480 Minuten, also zwischen sieben und acht Stunden, vom Time Reference Point (im Beispiel 0.00 Uhr) vergehen sollen, bis mit dem Frühstück begonnen wird. Das in Klammern geschriebene (S), oder (E), soll den Start und Endzeitpunkt der jeweiligen Aktivität beschreiben. Bedingung 6. macht deutlich, dass die Nachrichten entweder um 18.00 Uhr oder um 23.00 Uhr angesehen werden. Die einzelnen Bedingungen sind deswegen mit einem Oder verknüpft. Die beiden ∞ Symbole in Bedingung 8. zeigen an, dass sich die beiden Aktivitäten Nachrichten ansehen und auf Toilette gehen gegenseitig ausschließen.

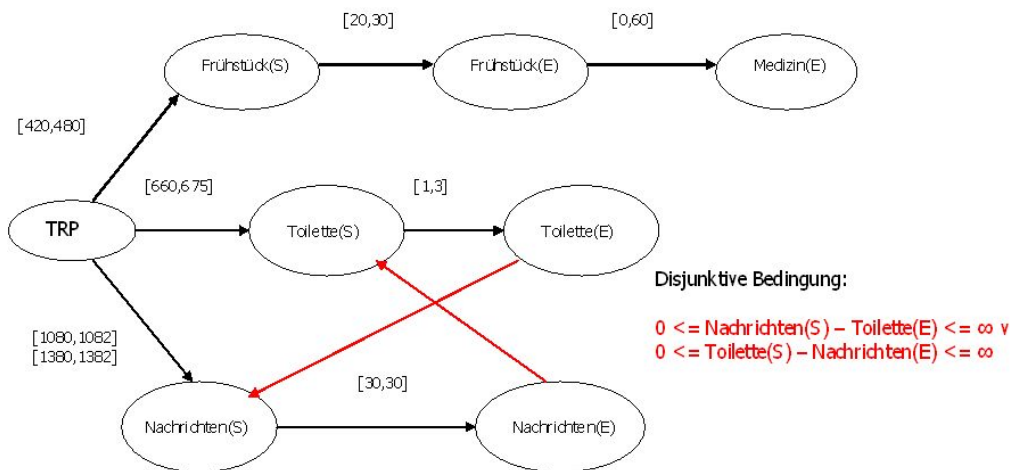


Abbildung 5 — Temporal Network für einen Plan als DTP in Autominder

Eine andere Art und Weise ein DTP darzustellen sind sogenannte Temporal Networks. Abbildung 5 zeigt ein Temporal Network für das oben beschriebene Beispiel.

5 Autominder

Aktivitäten werden als Knoten dargestellt, die temporalen Beziehungen zwischen den Knoten werden an den Kanten angetragen.

Der PM in Autominder wird initialisiert, in dem ein Angehöriger oder Pfleger, möglicherweise in Absprache mit dem Patienten selbst, einen täglichen Ablaufplan spezifiziert. Dazu selektiert man unter bereits vorkonstruierten Routineaktivitäten die Aktivitäten aus, die für den jeweiligen Patienten relevant sein sollen. Zusätzlich werden zeitliche Restriktionen mit angegeben. Nachdem alle Planfragmente und temporale Restriktionen hinzugefügt wurden, prüft der PM die Konsistenz des Tagesplans und löst eventuell entstandene Konflikte. Dazu werden Techniken genutzt, die ebenfalls bei der Planaktualisierung eingesetzt und im Anschluss erläutert werden. Es besteht die Möglichkeit mehrere unterschiedliche Tagespläne zu entwerfen (z.B. ein Plan für Wochentage und ein Plan für Tage am Wochenende).

Im folgenden wird aufgezeigt, wie die Aktualisierung eines Tagesplans abläuft. Es gibt vier verschiedene Ereignisse, die eine Planaktualisierung notwendig machen:

1. Das Hinzufügen einer neuen Aktivität zum Tagesplan (z.B. neuer Arzttermin)
2. Die Modifikation bzw. das Löschen einer Aktivität (z.B. andere Zeitrestriktion)
3. Die Ausführung einer Aktivität (z.B. Medizin wurde eingenommen)
4. Das Überschreiten einer Zeitgrenze im Tagesplan (z.B. Patient sieht sich die Nachrichten nicht um 18.00 Uhr, sondern um 23.00 Uhr an

Generell kann aber zwischen einer Addition eines zusätzlichen Planfragments, bzw. einer Modifikation bestehender Planfragmente unterschieden werden. Abbildung 6 zeigt

```

Update-Plan-for-Addition(existing, new frag)
  E = Convert-to-DTP(existing)
  N = Convert-to-DTP(new frag)
  C = Identify-conflicts(existing  $\cup$  new frag)
  R =  $\emptyset$ 
  For each member c of C
    R = R  $\cup$  a DTP-constraint representing
      the alternative temporal resolutions of c
  P = E  $\cup$  N  $\cup$  R
  P' = Solve-DTP(P)
  Return(Convert-to-Plan-Representation(P'))

```

Abbildung 6 — Algorithmus für das Hinzufügen von neuen Planfragmenten (Quelle: [Pol02])

einen Algorithmus der angewandt wird, wenn zusätzliche Fragmente in den bestehenden Plan eingefügt werden sollen. Sowohl die existierenden, als auch die neuen Fragmente werden in die Sprache der DTP übersetzt. Die Menge C bezeichnet Konflikte die möglicherweise auftreten. Für jeden aufgetretenen Konflikt wird nun die Menge R mit einer alternativen DTP-Repräsentation gefüllt, die nun keinen Konflikt mehr hervorruft. Die Menge P wird durch Vereinigung der existierenden Fragmente, der neuen Fragmente, sowie der Menge der bereinigten Konflikte gebildet. P wird nun einen Problemlöser übergeben, der das eben aufgebaute DTP löst. In Autominder wird ein DTP-Löser mit Namen Epilits verwendet. Epilits integriert eine Menge von effizienten Heuristiken und es wurde bereits demonstriert, dass Epilits schneller als die bisherigen DTP-Löser arbeitet. Für einen Tagesplan der ungefähr 30 Aktivitäten enthält,

5 Autominder

produziert der Epilitis-Löser einen konsistenten Plan in weniger als einer Sekunde. Dem interessierten Leser sei [TP02] empfohlen. Zuletzt wird die Lösung, umgewandelt in eine Repräsentation die leichter zu lesen ist als die DTP Sprache, zurückgeliefert. Wie Abbildung 7 zeigt, läuft eine Modifikation von bereits bestehenden Planfragmenten ähnlich ab. Unterschiede bestehen jedoch beim Zeitpunkt der Umwandlung in

```
Update-Plan-for-Modification(existing, mods)
  plan = Make the modifications in mods to existing
           (i.e., remove and/or replace constraints)
  M = Convert-to-DTP(plan)
  C = Identify-conflicts(plan)
  R =  $\emptyset$ 
  For each member c of C
    R = R  $\cup$  a DTP-constraint representing
           the alternative temporal resolutions of c
  P = M  $\cup$  R
  P' = Solve-DTP(P)
  Return(Convert-to-Plan-Representation(P'))
```

Abbildung 7 — Algorithmus für die Modifikation von bestehenden Planfragmenten
(Quelle: [Pol02])

die DTP-Repräsentation. Bei einer Veränderung der bestehenden Teilschritte eines Plans werden die Modifikationen erst ausgeführt und dann der gesamte Plan in die DTP-Sprache übersetzt. Bei der Konfliktlösung wird genau so vorgegangen wie bei der Addition von Fragmenten. Ebenso wird auch hier Epilitis eingesetzt, um einen konsistenten Tagesplan zu erlangen.

5.2.2 Der Client Modeler (CM)

Nun soll die grobe Funktionsweise der zweiten Hauptkomponente von Autominder, dem Client Modeler, aufgezeigt werden. Die Hauptaufgabe des CM besteht in der Überwachung der Ausführung des Client Plans. Es soll herausgefunden werden, an welcher Stelle des Client Plans man sich zur Zeit befindet. Hierzu werden Informationen über beobachtbare Aktivitäten des Patienten, sowie die Zeitpunkte der Beobachtungen genutzt, die im sogenannten Client Model gespeichert werden. Allerdings ist im Moment die Beobachterkomponente, in Form der am Roboter Pearl angebrachten Kamera, des CM noch recht rudimentär umgesetzt. Die unmittelbare Folge ist, dass nur auf den Ort/Raum an dem sich der Patient aufhält, geschlossen werden kann, jedoch nicht auf die momentan ausgeführte Aktivität. Um nun den aktuellen Zustand des Client Plans zu bestimmen, muss der CM mit temporalen Schließen unter Unsicherheit umgehen können. Dafür gab es bisher zwei Ansätze. Zum einen die Zeitnetze (Time Nets) und zum anderen die Dynamischen Bayes'schen Netze (Dynamic Bayes Nets). Beide Ansätze bedienen sich der Technik der Bayes'schen Netze. Bayes'sche Netze dienen der Repräsentation von unsicherem Wissen und daraus möglichen Schlussfolgerungen. Sie stellen eine spezielle Form der Formulierung von wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellen dar, d. h. mit ihnen können Wahrscheinlichkeiten für das Eintreffen bestimmter Ereignisse ausgerechnet werden. Würde beispielsweise der CM beobachten, dass der Patient in die Küche geht, so würden sich die Wahrscheinlichkeiten für alle Aktivitäten die innerhalb der Küche ausgeführt werden können, erhöhen. Da Zeitnetze sowie Dynamische Bayes'sche Netze gewisse Nachteile aufweisen, entwickelten die Macher von Autominder die sogenannten Quantitative Temporal Bayesian Networks

[Col]. Quantitative Temporal Bayesian Networks kombinieren die Vorteile beider bisherigen Ansätze des temporalen Schließens unter Unsicherheit. Zusätzlich beinhalten sie eine Schnittstelle, mit der Daten zwischen den Zeitnetzen und den Dynamischen Bayes'schen Netzen transferiert werden können.

5.2.3 Der Intelligent Reminder Generator (IRG)

Die letzte der drei Hauptkomponenten von Autominder ist der Intelligent Reminder Generator oder auch Personal Cognitive Orthotic genannt. Der IRG vergleicht den im PM generierten Client Plan mit dem im CM generierten Client Model. Sollte es Abweichungen zwischen den beiden Komponenten geben, so entscheidet der IRG darüber ob und wann eine Erinnerung generiert wird. Dabei sind stets folgende vier Prämissen zu beachten: 1. Der IRG sollte darauf achten, dass der Patient die geplanten Aktivitäten auch ausführt (unterstützt durch von ihm generierte Erinnerungen). 2. Die vom IRG erstellten Erinnerungen sollten so konzipiert sein, dass sie ein hohes Maß an Zufriedenheit für den Patienten erreichen. 3. Es sollte in einer Art und Weise an Aktivitäten erinnert werden, dass es nicht zu Ineffizienzen innerhalb der Patientenaktivitäten kommt. 4. Es muss auf jeden Fall vermieden werden, dass der Patient in irgend einer Weise von den erstellten Erinnerungen abhängig wird, d. h. die Patientenunabhängigkeit soll erhalten bleiben. Die schwierigste Aufgabe für den IRG ist es, eine gewisse Balance zwischen den eben vier genannten Kriterien herzustellen. Um eine Erinnerung zu geben, wird ein Textstring an Pearl geschickt. Pearl leitet anschließend die Meldung per Sprachausgabe an den Patienten weiter.

Der IRG baut für die Generierung der Erinnerungen, ähnlich wie der PM einen Client Plan erstellt, einen Erinnerungsplan auf. Die Frage ist nun, was einen guten Plan für die Erinnerungen auszeichnet. Ein qualitativ hochwertiger Erinnerungsplan sollte folgende Eigenschaften besitzen: 1. Wichtig ist es längere Zeiträume zwischen den einzelnen Erinnerungen vergehen zu lassen, damit der Patient keinen Stress ausgesetzt wird. 2. Sind doch zwei zeitnahe Erinnerungen notwendig, so sollte man diese zu einer Erinnerung aggregieren. Aus zwei Meldungen für zwei unterschiedliche Aktivitäten, sollte eine Meldung für beide Aktivitäten werden. 3. Es muss auf jeden Fall vermieden werden, dass es zu überlappenden Erinnerungen kommt. Hierzu kommt es, wenn der IRG an eine zweite Aktivität erinnert, obwohl der Patient gerade eine erste Aktivität ausführt, an die ebenfalls erinnert wurde. Um diese drei Eigenschaften zu berücksichtigen nutzt Autominder innerhalb seiner IRG Komponente das sogenannte Planning by Rewriting Paradigma (PbR) [MP02]. PbR ist ein Planungssystem, das lokale Suche ebenso wie verschiedene Regeln benutzt, um suboptimale Pläne zu qualitativ hochwertigen Plänen zu transformieren. PbR wird als iterativer Prozess zu jeder Zeit während Autominder ausgeführt wird betrieben und lässt sich grob in folgende vier Phasen einteilen:

1. Die Generierung einer initialen Lösung
2. Die Ausführung von verschiedenen Regeln um neue Lösungskandidaten zu produzieren
3. Die Evaluierung der unterschiedlichen Kandidaten
4. Das Selektieren eines Plans, um eine weitere Entwicklung fortzuführen

Die Abbildung 8 zeigt den Planning by Rewriting Paradigma zu Grunde liegenden Algorithmus. Ein initialer Erinnerungsplan wird gebildet, in dem für jede Aktivität

5 Autominder

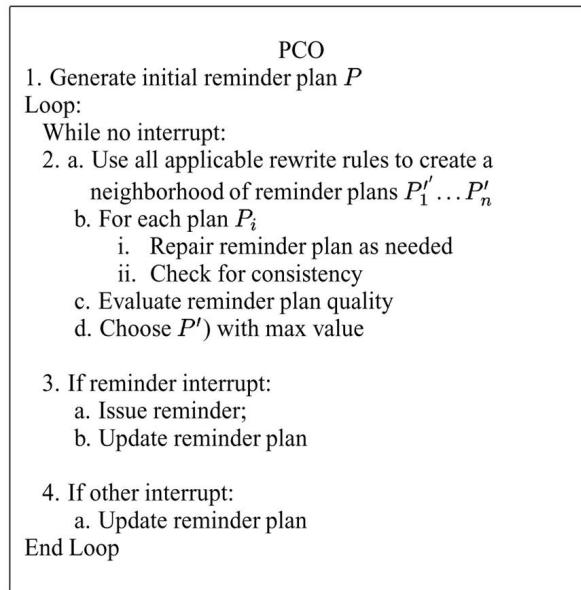


Abbildung 8 — Der Planning by Rewriting Algorithmus (Quelle: [MP02])

aus dem Client Plan eine Erinnerung mit der frühest möglichen Startzeit erstellt wird. Um nun die Qualität des eben erstellten Plans zu erhöhen, werden auf den initialen Plan verschiedene Rewrite Rules angewendet. Beispielsweise berücksichtigen die Rewrite Rules die von einem Angehörigen oder Pfleger präferierte Startzeit für eine Aktivität, oder generell die früheste oder spätest mögliche Startzeit. Es gibt aber auch Regeln für das Löschen von Erinnerungen für Aktivitäten, bei denen auf Grund des CM bekannt ist, dass sie selten vom Patienten vergessen werden, oder Regeln für die Kombination von bestimmten Erinnerungen. All die unterschiedlichen Regeln produzieren Teilpläne $P'_1 \dots P'_n$. Jeder dieser Teilpläne wird anschließend auf Konsistenz geprüft und gegebenenfalls repariert (z.B. auf Grund von sich überlappenden Erinnerungen). Sind alle Teilpläne konsistent, so wird eine Evaluierung durchgeführt. Bei der Evaluierung können Eigenschaften der Teilpläne wie die Anzahl der Erinnerungen, die Zeitpunkte, sowie die Zeiträume zwischen den Erinnerungen als Kriterien benutzt werden. Übertrifft keiner der Teilpläne $P'_1 \dots P'_n$ eine bestimmte Qualitätsschwelle, so wird die Schleife fortgesetzt und es werden wiederum die Rewrite Rules nun aber auf die jeweiligen Teilpläne ausgeführt. Andernfalls pausiert der PbR-Prozess und der Teilplan P' mit der höchsten Qualität wird selektiert. Die Pause, bzw. der Findungsprozess des optimalen Erinnerungsplans kann durch zwei Ereignisse unterbrochen werden. 1. Unterbrechung wegen einer Erinnerung die gerade ausgeführt wird. 2. Unterbrechung weil Autominder anzeigt, dass sich in der Umgebung etwas verändert hat (z.B. es wurde eine neues Planfragment hinzugefügt). Auf beide Unterbrechungen muss der IRG reagieren, um die Validität des Erinnerungsplans aufrecht zu erhalten. Man unterscheidet aber zwischen harten und weichen Bedingungen wenn es zu einer Veränderung des Erinnerungsplans kommt. Harte Bedingungen sind beispielsweise die Addition einer zusätzlichen Aktivität zum Client Plan. Ein Beispiel für eine weiche Bedingung, ist eine Veränderung einer vom Pfleger gegebenen Empfehlung für die Generierung von Erinnerungen. Während harte Bedingungen die Validität des Erinnerungsplans verändern und eine Reevaluierung bzw. möglicherweise eine Modifikation des Plans mit sich brin-

6 Zusammenfassung und Ausblick

gen, wirken sich weiche Bedingungen nur auf die Qualität des Erinnerungsplans aus. Das heißt auf Grund von harten Bedingungen kann es dazu kommen, dass Erinnerungen zur falschen Zeit gegeben werden. Dem gilt es durch Konsistenzprüfungen entgegen zu wirken.

5.3 Arbeit für die Zukunft

Da sich Autominder im Moment im Zustand eines Prototyps befindet, gibt es für seine Entwickler in der nahen Zukunft noch einiges zu tun. Im folgenden soll kurz erläutert werden, wo es aus Sicht der Autominder-Macher noch Verbesserungspotenzial und Spielraum für weitere Features gibt. Wie bereits erwähnt, ist die GUI innerhalb des Plan Managers zum initialen Erstellen von Tagesplänen zur Zeit noch recht rudimentär umgesetzt. Die Bedienung ist kompliziert und nicht sehr intuitiv. Dies gilt es zu verbessern. Auch innerhalb des Client Modelers gibt es einige Verbesserungsansätze. Durch den Einsatz zusätzlicher Sensoren im Haus bzw. der Wohnung des Patienten würde die Möglichkeit bestehen, das beobachtbare Verhalten besser interpretieren zu können. Denkbar wären Sensoren innerhalb von Tür- oder Schrankcharnieren, oder auch an Wasserhähnen im Bad. Autominder zum lernenden System zu machen, ist ein weiterer Ansatz mit dem sich die Entwickler befassen. Es soll individueller auf das Verhalten des einzelnen Patienten eingegangen werden. Des weiteren gibt es bis jetzt keine wissenschaftliche Evaluierung der Quantitative Temporal Bayesian Networks. Auch innerhalb des IRG bestehen Spielräume um Autominder zu verbessern. Vom IRG generierte Erinnerungen sollen durch gewisse Rechtfertigungen unterstützt werden. So ist eine Erinnerung der Form „Wenn Sie jetzt ihre Medizin einnehmen, so müssen Sie es nicht während Ihrer Lieblingsfernsehsendung tun!“ sicherlich eindringlicher für den Patienten, als die Erinnerung „Zeit für die Medizin!“. Zuletzt wird generell über eine Migration von Autominder von der Plattform Pearl, auf kleinere noch mobilere Geräte wie Handhelds nachgedacht. Solche Geräte könnten dann auch außerhalb des häuslichen Umfelds des Patienten genutzt werden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Diese Arbeit soll einen Überblick über den aktuellen Stand der Nutzung von intelligenten Planungsassistenten für Menschen mit kognitiven Einschränkungen geben. Abschnitt zwei hat belegt, dass der Bedarf nach solchen Systemen im Moment schon sehr hoch ist und basierend auf der demographischen Entwicklung zukünftig noch ansteigen wird. Weiterhin wurden die generellen Ziele von kognitiven Unterstützungssystemen aufgezeigt. Abschnitt vier versuchte die unterschiedlichen Ausprägungen von kognitiven Unterstützungssystemen abzugrenzen. Die Spannweite reicht von den Sicherheitssystemen, über die Kompensationssysteme, bis hin zu den Beurteilungssystemen. Der zweite Teil der Arbeit beschäftigte sich konkret mit einem speziellen Terminmanagementsystem, die den Kompensationssystemen zuzurechnen sind. Es wurde Autominder, ein Softwaresystem für Menschen mit leichten bis mittelschweren kognitiven Einschränkungen vorgestellt. Die drei Hauptkomponenten, sowie der jeweilige Einsatz unterschiedlicher Planungstechnologien innerhalb der jeweiligen Komponente wurde diskutiert. Mit Spannung bleibt zu erwarten, welche weiteren Systeme in Zukunft aus diesem Bereich der Informationswissenschaft hervortreten werden. Beenden möchte ich diese Arbeit mit einem Zitat der Komödiantin Lucille Ball. Sie sagte: „Das Geheimnis jung zu bleiben ist aufrichtig zu leben, langsam zu essen und lügen wenn es um die

6 Zusammenfassung und Ausblick

Höhe seines Alters geht“. Wenn die Forschung weiterhin voranschreitet, so kann man vielleicht folgendes hinzufügen. „Nutze die Technologie der KI-Planung!“.

7 Literaturverzeichnis

Literatur

- [BNK04] L. Boise, M. Neal, and J. Kaye. Dementia assessment in primary care: Results from a study in three managed care systems. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 59: M621-M626, 2004. <http://biomed.gerontologyjournals.org/cgi/content/abstract/59/6/M621>.
- [Col] Dirk Colbry. Execution monitoring with quantitative temporal bayesian networks. citeseer.ist.psu.edu/751613.html.
- [CR99] J. Carter and M. Rosen. Unobtrusive sensing of activities of daily living: A preliminary report. In *Proceedings of the 1st Joint BMES/EMBS Conference*, 678, 1999. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=803833.
- [JPP03] H.B. Jimison, M. Pavel, and J. Pavel. Adaptive interfaces for home health. In *2nd International Workshop on Ubiquitous Computing for Pervasive Healthcare*, 2003. http://www.healthcare.pervasive.dk/ubicomp2003/papers/Final_Papers/11.pdf.
- [MDK⁺03] A. Morris, R. Donamukkala, A. Kapuria, A. Steinfeld, J. Mathews, J. Dunbar-Jacob, and S. Thrun. A robotic walker that provides guidance, 2003. citeseer.ist.psu.edu/morris03robotic.html.
- [MFB01] A. Mihailidis, G.R. Fernie, and J. Barbenel. The use of artificial intelligence in the design of an intelligent cognitive orthosis for people with dementia. *Assistive Technology* 13: 23-39, 2001.
- [MP02] C. McCarthy and M. Pollack. A plan-based personalized cognitive orthotic, 2002. citeseer.ist.psu.edu/mccarthy02planbased.html.
- [PBC⁺03] M. Pollack, L. Brown, D. Colbry, C. McCarthy, C. Orosz, B. Peintner, S. Ramakrishnan, and I. Tsamardinos. Autominder: An intelligent cognitive orthotic system for people with memory impairment, 2003. citeseer.ist.psu.edu/pollack03autominder.html.
- [PH99] Martha Pollack and John F. Horty. There's more to life than making plans. *The AI Magazine*, 20:71-84, 1999. citeseer.ist.psu.edu/pollack99theres.html.
- [Pol02] M. Pollack. Planning technology for intelligent cognitive orthotics, 2002. citeseer.ist.psu.edu/pollack02planning.html.
- [Pol05] M. Pollack. Intelligent technology for an aging population: The use of ai to assist elders with cognitive impairment, 2005. http://www.eecs.umich.edu/~pollackm/Pollack-web_files/distrib/agingtex-preprint.pdf.
- [TP02] I. Tsamardinos and M. Pollack. Efficient solution techniques for disjunctive temporal problems, 2002. citeseer.ist.psu.edu/tsamardinos02efficient.html.

Literatur

- [UN.02] UN.Pop.Div. World population prospects: The 2002 revision population database, u.n. population division. unitet nations population division, 2002. <http://esa.un.org/unpp/>.