

Aufgabenorientierte und situationsgesteuerte Computerunterstützung für mobile Anwendungen in Indoor-Umgebungen

Gerald Bieber¹, Marcus Bliesze², Thomas Kirste³, Reinhard Oppermann⁴,
gerald.bieber@rostock.igd.fhg.de, bli@iis.fhg.de,
thomas.kirste@rostock.igd.fhg.de,
reinhard.oppermann@fit.fraunhofer.de

^{1,3}Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung, Rostock (IGD),

²Fraunhofer Institut Integrierte Schaltungen A, Erlangen (IIS)

⁴Fraunhofer-Institute for Applied Information Technology FIT, Sankt Augustin (Bonn)

Zusammenfassung

Die heute verfügbare mobile Computertechnologie und Umgebungssensorik erlaubt neuartige Anwenden zur Unterstützung des Benutzers. Neben neuen Interaktionstechnologien spielt die Assistenzfunktionalität eine zunehmende Bedeutung in der Mensch-Maschinen-Schnittstelle. Die Erfassung unterschiedlicher Situationen und das Feststellen der eigenen Position durch ultramobile Endgeräten ermöglicht eine neue Art der Computerunterstützung. Dieser Bericht beschreibt die aktuellen Forschungsarbeiten der Fraunhofer Institute IAQ, IGD, IIS, IPSI, IZM und FIT im Rahmen des Fusionsprojektes Situation Awareness in Motion (SAiMotion¹). Als Schwerpunkte werden neu entwickelte Technologie der Indoor-Navigation durch DECT, innovative Environment- und Situationsmodelle sowie die Entwicklung eines Persönlichen Taskmanagements betrachtet.

1 Einleitung

Mobile Computer ermöglichen eine permanente Unterstützung von Benutzern. Ausgestattet mit den Leistungen von früheren Desktop Systemen sind Handheld PC's der neuen Generation leicht und portabel sowie unter vielen Anwendungsbedingungen verwendbar. Die mobile Nutzung eines Rechners ermöglicht neuartige Benutzerunterstützung, die die Orientierung im Raum (Navigationsfunktion), die persönliche Aufgabebearbeitung (Assistenzfunktion) und die proaktive, situationsbezogene Aufmerksamkeitsunterstützung (Awarenessfunktion) umfasst. Viele Aufgaben eines Benutzers können sinnvoll nur orts- oder situationsbezogen bearbeitet oder gelöst werden. Durch die Betrachtung des Situationsbezuges von Benutzeraufgaben kann die Abarbeitungsreihenfolge individuell erstellt, Tätigkeiten vorgeschlagen und Arbeitstechniken angepasst werden. Dazu können mobile Computer zur Verfügung stehen, die einen ständigen Zugriff auf benutzero-

¹ Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben SAiMotion wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01AK900A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

rientierten Daten erlauben. Durch Einbeziehung von Benutzerprofilen, Umgebungsmerkmalen und weiterer Kontextparameter ist es möglich, dem Benutzer die für ihn aktuell relevanten Aufgaben mit Hintergrundinformationen darzubieten und gegebenenfalls Lösungsvorschläge zu präsentieren. Durch die ubiquitäre Verfügbarkeit kann sich das Anwendungsszenario von der privaten Freizeitnutzung bis über den Einsatz im Arbeitsleben erstrecken.

Das Projekt SAiMotion beschäftigt sich mit der Entwicklung eines geeigneten Situations- und Aufgabenmodells, das die Bestimmung des individuellen Informationsbedarfs auf der Basis von Orts-, Umgebungs-, Benutzer-, Aufgaben- und Aktivitätsmerkmalen erlaubt. Im Vergleich zu bekannten Ansätzen des location-aware computing, bei denen primär der Aufenthaltsort des Nutzers berücksichtigt wird, hat SAiMotion das Ziel, ein umfassendes Gesamtmodell bereitzustellen. Alle relevanten Situationsparameter und Aufgabenparameter werden identifiziert und für die proaktive Informationsbereitstellung und Benutzerinteraktion zur Verfügung gestellt. Weiterhin werden im Projekt Sensorsysteme entwickelt, die dem persönlichen digitalen Assistenten eine selbstständige, autonome Situationswahrnehmung erlauben.

Schwerpunkt dieses Beitrags sind die aktuellen Ansätze im Bereich der Positionsbestimmung mit Hilfe einer DECT-basierten Navigationsinfrastruktur sowie der Aufbau des persönlichen Taskmanagement- und Schedulingssystems und des zugehörigen Aufgabenmodells.

2 SAiMotion-Systemarchitektur

Die Systemarchitektur von SAiMotion ist durch ein Planungs- und Situation-Awareness-Modul gekennzeichnet. Die Interaktion des Benutzers erfolgt durch einen Widget-basierenden Browser. Durch die Funktionalität der Widgets ist die Möglichkeit gegeben, mit dem Assistenzsystem zu interagieren, Wünsche und Aufgaben zu modellieren und System- und Umgebungsinformationen zu visualisieren.

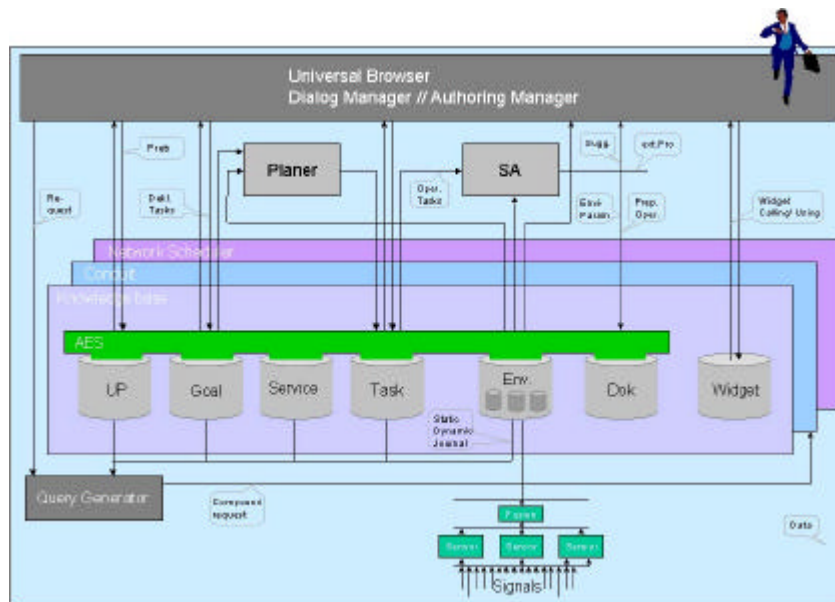


Abbildung 1: SAiMotion Systemarchitektur

Die Sensorinformationen werden über eine Fusionspipeline dem Gesamtsystem zugeführt. Mit Hilfe der Detailinformationen der Situation, beispielsweise dem Benutzerprofil, Ressourcen und Dienstinformationen, Umgebungs- und Ortsinformation etc, werden durch einen Planer Lösungsstrategien für die Ziele des Nutzers generiert. Diese werden durch den Situation Analyzer (SA) entsprechend der aktuell vorliegenden Situation geprüft und die günstigste, ausführbare Handlung wird dem Benutzer vorgeschlagen.

3 Indoor-Navigation

3.1 Lokalisierung in SAiMotion

Durch die Einführung des Global-Positioning-Systems (GPS) der U.S.A. zur Satellitennavigation entstand eine Vielzahl sogenannter Location-Based-Services (LBS) für den Outdoor-Bereich. Nach deren Vorbild entwickelten sich in der vergangenen Zeit erste Ansätze für LBS in Gebäuden. Bei der Entwicklung entsprechender Navigationstechnologien hierfür wurden in vielen Fällen die Anforderungen an die jeweilige Technologie aus den verfügbaren technischen Möglichkeiten und nicht zureichend aus den Bedürfnissen der Benutzer abgeleitet. Sowohl Applikationen der Outdoor-Navigation als auch Applikationen in Indoor-Umgebungen erfordern in vielen Fällen außer der absoluten Position die Aufmerksamkeitsrichtung und weiterführende Informationen über die Situation der zu unterstützenden Person(en).

Je genauer und umfassender die Technologien zur Positionsbestimmung werden, desto interessanter ist die Fragestellung nach der Nutzung und Verarbeitung der zur Verfügung stehenden Information. Die Gewinnung von Ortsinformationen durch Sensoren kann dabei wie folgt unterschieden werden :

- absolute Positionsbestimmung (beispielsweise in WGS84 oder Gauss-Krüger Koordinaten)
- relative Positionsbestimmung (Zellenstandorte, Bakeninformationen, Umgebungsmerkmale etc.)
- Compound Positioning (zusammengesetzte Positionsinformation, z.B. Koppelinformationen, Inertialsensoren, Sensorfusion etc.)

Betrachtet man die Ortssensorik unabhängig von der Anwendungsdomäne, so entspricht der absolute Fehler der Messauflösung des Sensors. Durch die Einbeziehung des Kontextes ist man in der Lage, die Ortssensorik erheblich zu optimieren [OH01]. Ein erfolgreicher und verbreiteter Lösungsweg ist das digitale „Map Matching“. Durch solche Verfahren kann ein logischer Vergleich der zur Laufzeit ermittelten Positionen mit den im Vorfeld bereits bekannten Informationen über das Umfeld durchgeführt werden. Diese Verfahren kommen in der Autonavigation bereits zur Anwendung und vermeiden beispielsweise, dass Autos außerhalb von Straßen fahren.

Bei einer Erweiterung des Location Model ist man in der Lage, den möglichen Positionsraum weiter einzuschränken, um Fehlortung auszuschließen. Als Beispiel sei hierfür die optische Objekterkennung genannt, die sich an Umgebungsmerkmalen orientiert [SC01]. Bei der Berücksichtigung des Handlungsverlaufes kann die Gesamtgrundmenge der zu erkennenden Objekte auf die Anzahl der real möglichen Objekte reduziert werden. Dabei ist es möglich die Position beispiels-

weise nach dem Markovverfahren [MASC] zu verfolgen, um dadurch eine optimale Genauigkeit zu erreichen.

Durch die Betrachtung des Kontextes und der Anwendungsdomäne ist es möglich, die Standortinformation hinsichtlich ihrer Relevanz einzugrenzen. In vielen Anwendungsbereichen ist der absolute Standort, beispielsweise eines Benutzers während eines Museumsbesuches, nicht ausreichend. Vielmehr ist die Kombination der Blickrichtung und der Position entscheidend [OPSP].

Zur Auswahl von Technologien zur Lokalisierung wurde in SAiMotion ein Anforderungsmodell erstellt, das aus zwei Hauptanforderungen besteht. Zum einen soll eine kontinuierliche Lokalisierung zur Verfügung stehen, mit denen eine Ort-zu-Ort-Navigation ermöglicht wird. Zum anderen soll an interessanten Punkten des Raumes eine Feinnavigation eingesetzt werden, die eine Identifizierung von Objekten auf engstem Raum ermöglicht.

Szenario	Genauigkeit	Verfügbarkeit	Infrastrukturkosten
Ort-zu-Ort-Navigation	3-5 Meter	kontinuierlich	Nutzung verfügbarer Umgebungsinfrastrukturen
Lokale Feinnavigation	< 1 Meter	punktuell	Nutzung von Standardschnittstellen an PDA's

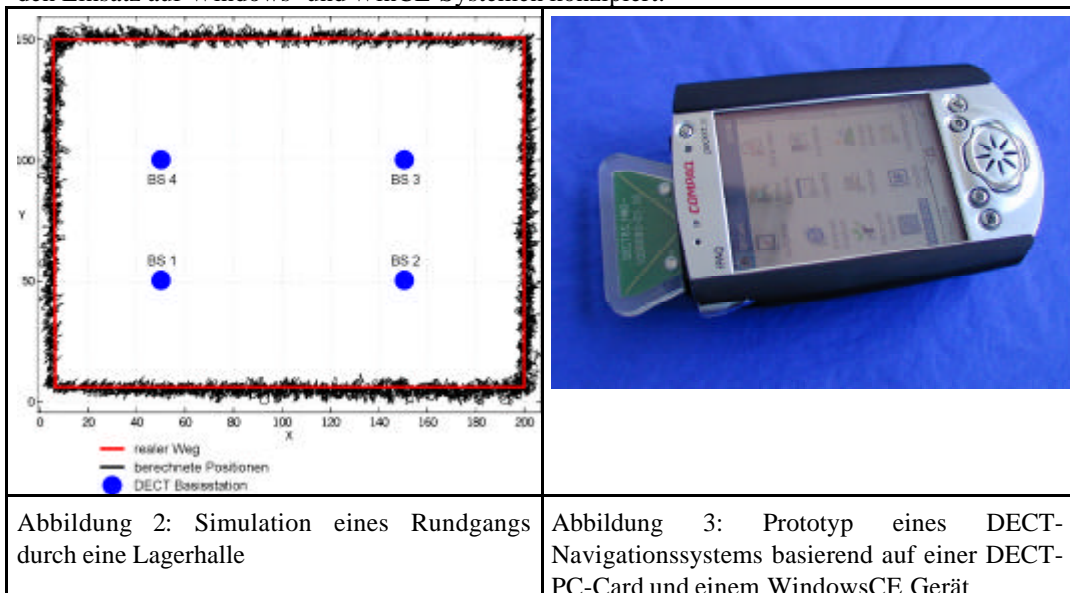
3.2 Kontinuierliche Navigation in DECT-Netzwerken

Zur kontinuierlichen Lokalisierung wurde angestrebt, vorhandene und etablierte Infrastrukturen nutzen zu können. Die Forschungsarbeiten des Fraunhofer Instituts Integrierte Schaltungen (IIS-A) im Rahmen des Projektes SAiMotion konzentrieren sich im Wesentlichen auf die Navigation in drahtlosen Datennetzwerken (WLAN) und DECT-Telefon-Nebenstellen-Anlagen. DECT-Systeme [DECT] sind weltweit in über 110 Ländern im Einsatz. Fast 100% aller Telefon-Nebenstellen-Anlagen verwenden heutzutage diesen Standard. Durch das in SAiMotion entwickelte DECT-Navigationssystem können diese bestehenden Infrastrukturen kostengünstig zur Lokalisierung genutzt werden. Zur Entwicklung der DECT-Navigation wurden im Rahmen von SAiMotion Algorithmen zur Auswertung der Signale eines synchronen DECT-Systems zur Positionierung entwickelt. Die gewonnenen Verfahren sind von den Grundeigenschaften auch auf alternative drahtlose Datennetzwerke (z.B. UMTS) übertragbar.

Aus technischer Sicht eignet sich DECT zur Indoor-Positionierung vor allem durch dessen Eigenschaft der Synchronität von Basisstationen. Hierdurch wird es möglich, mehrere Basis-Stationen auszuwerten und eine Positionsberechnung durchzuführen. Ein elementarer Vorteil von DECT liegt im Vergleich zu anderen Kommunikationsstandards darin, dass der Benutzer des Navigationssystems zur DECT-Telefonanlage einen rein passiven Status besitzt. Das heißt, dass es zu Navigationszwecken nicht erforderlich ist, eine Anmeldung an der Telefonanlage durchzuführen. Ein Besucher einer Firma kann somit durch den Firmenkomplex navigieren, ohne als DECT-Nutzer registriert sein zu müssen.

Die Algorithmen der DECT-Navigation basieren auf der Messung von Signalpegeln verschiedener Basis-Stationen im Empfänger. Aus diesen Messwerten werden durch Verwendung von Kanalmodellen für Signalausbreitung in Gebäuden die Distanzen des Empfängers zu jeder Basis-Station ermittelt. Diese Distanzen werden durch den Einsatz von rekursiven Algorithmen nach dem mathematischen Prinzip der Triangulation in die Position des Benutzers aufgelöst. Erste Messungen mit der entwickelten Soft- und Hardware ergaben eine Positionsgenauigkeit des Navigationssystems von ca. 5 Metern. Abbildung 2 zeigt einen mehrmals durchlaufenen Rundgang durch eine Lagerhalle. Die Lagerhalle hat eine Fläche von 200x150 Metern. In diesem Szenario wurden 4 Basis-Stationen verwendet.

Am IIS in Erlangen wurde ein Demonstrator für Notebooks/PDA's, bestehend aus einer Kombination von Software-Modulen zur Auswertung der DECT-Signale und einer DECT-PC-Card implementiert [BLHU], siehe Abbildung 3. Die Software wurde in C/C++ implementiert und ist für den Einsatz auf Windows- und WinCE-Systemen konzipiert.



Im weiteren Verlauf von SAiMotion ist vorgesehen, die Stabilität und Genauigkeit der DECT-Navigation durch eine Weiterentwicklung der Algorithmen zu verbessern und eine Integration der Positionierungskomponente in das Gesamtsystem durchzuführen.

Darüber hinaus ist die Entwicklung inertialer Sensor-Systeme angedacht, welche eine erhebliche Verbesserung der Positionsgenauigkeit erlauben. Durch die Unabhängigkeit der inertialen Systeme wird eine Erhöhung von Stabilität und Verfügbarkeit erreicht, da im Falle von unzureichenden Signalabdeckungen des DECT-Systems (z. B. Ausfall von Basis-Stationen oder Signalabschattungen) ein redundantes System zur Verfügung steht. Im Rahmen von SAiMotion wurden bereits initiale Forschungsarbeiten durch das IGD Rostock erzielt, die kalibrierungsfreie Navigation [BIKO] bei Inertialsensorsystemen ermöglichen können.

Ein Ausbau der DECT-Navigation in ein aktives System zur Kommunikation ist über SAiMotion hinaus ebenfalls geplant. Das Gerät kann dann seine Position über das Telefonnetzwerk an eine Zentrale durchgeben bzw. zu Telefongesprächen verwendet werden. Dadurch lassen sich z.B. Notfallsysteme realisieren, die im Falle einer besonderen Situation manuell oder automatisch eine Alarmmeldung einschließlich der Positionsinformation übertragen können.

4 Persönliches Taskmanagement

Die Möglichkeit der neuen, mobilen Computertechnologie gestattet die Erschließung von bisher weitgehend „rechnerfreien“ Umgebungen. Ultramobile Rechner erlauben so erstmals eine wirkliche *physische und kognitive Integration* von Rechnerunterstützung in das Alltagsgeschäft jenseits des Desktop, so wie sie Mark Weiser in der Vision des „ubiquitous computing“ skizziert [WEI]. Der Rechner kann nun dem Nutzer auch bei der Interaktion mit der Realität assistieren. Bei dem erweiterten Aufgabenspektrum im mobilen Bereich hängt die Handlungsausführung von der jeweiligen Situation ab, in der sich der Benutzer gerade befindet [KISC]. So kann der Benutzer einige Handlungen nur orts- bzw. situationsbezogen ausführen, beispielsweise eine Bauabnahme als Bauleiter oder der Besuch eines Messestandes. Assistenzsystem im allgemeinen unterstützen den Nutzer durch die Übernahme von Aufgaben, die vom menschlichen Anwender als entweder erheblich aufwändig oder als lästig, ermüdend oder monoton empfunden werden. Der interessante Anwendungsbereich eines mobilen Assistenzsystems liegt insbesondere in der Unterstützung des Benutzers bei der situationsbezogenen Ausführung seiner Aufgaben.

Die Entwicklung eines situationsgesteuerten Assistenzsystems ist Gegenstand der Forschungsarbeiten in SAiMotion.

4.1 Situationsabhängige Benutzerunterstützung

Die Unterstützungsfunktionalität des Assistenzsystemes für die Ausführung der Handlungsziele eines Benutzers hängt sowohl von dem Assistenzsystem an sich, als auch von der Struktur der Benutzeraufgaben ab. Das Assistenzsystem soll nicht allein als Hintergrundsystem für kritische oder monotone Fälle arbeiten, sondern *aktive kognitive Unterstützung* in allen Bereichen eines Arbeitsablaufes, insbesondere bei räumlich und zeitlich verteilten Aufgaben, bieten und den Benutzer bei der Aufgabenbearbeitung begleiten. Die Hauptfunktionalität kann dabei wie folgt beschrieben werden :

- Task-Management: die Entlastung des Nutzers von dem kognitiven Aufwand, die aktuelle Liste an offenen (Teil-) Aufgaben stets parat zu haben.
- Scheduling: die Unterstützung des Nutzers bei der (situationsgesteuerten) Auswahl der aktuell sinnvollsten (Teil-) Aufgabe.
- Kontextwechsel: Unterschiedliche Aufgaben und Anforderungen mit Hintergrundinformationen treten schnell und häufig auf. Das Umschalten zwischen diesen Aufgaben erfordert hohe Konzentration sowie die Kenntnis über die Begleitumstände.
- Unterstützung des Nutzers bei komplexen Aufgabenstrukturen: Eine Hauptaufgabe setzt sich aus vielen kleineren Teilaufgaben sowie sehr kurzen Interaktionsepisoden zusammen. Dabei können diese Episoden Teile von komplexen, zeitlich und räumlich verteilten Aufgaben sein.

- Wissensbasis: Vorhalten einer Wissensbasis, die alle in Zusammenspiel befindlichen Komponenten des Wirkungsfeldes des Assistenzsystems umfasst, dazu gehören Orientierung, Expertenwissen oder komplexe bzw. schlecht zu merkende Informationen (Standnummern von Ausstellern beim Messebesuch).
- Monitoring: Funktion der Situationsanalyse und Dokumentation (Journalling, Annotation).
- Dialog: situationsangepasster Dialog mit dem Endanwender, mentale Unterstützung, Unterhaltungseffekt.

Das Assistenzsystem kann folgende Aspekte der Situationsabhängigkeit von Aufgaben berücksichtigen: Systemabhängigkeit, Umgebungsabhängigkeit und Benutzerabhängigkeit. Am Fraunhofer IGD wurde mit SAMoA (Situation-Aware Mobile Assistance) [CIK] ein Framework für die situationsgesteuerte mobile Assistenz entwickelt, das ein solches Situationsmodell unterstützt. SAMoA-basierte Assistenzsysteme – wie z.B. MONAD (siehe unten) – unterstützen das Scheduling von persönlichen Aufgaben. Um ein situations- und nutzerangemessenes Scheduling zu realisieren, ist ein Scheduling-Algorithmus erforderlich, der in der Lage ist die situationsrelevanten Parameter einer Aufgabe zu berücksichtigen. Hierbei müssen zunächst erst einmal genau diese relevanten Parameter identifiziert werden. Zu diesen Parametern gehören aus unserer Sicht wie folgt:

- Ortsabhängigkeit (Spatial constraints)
- Zeitabhängigkeit (Temporal constraints)
- Weitere Situationsabhängigkeit (Situation constraint, z.B. Verfügbarkeit von Ressourcen)
- Abhängigkeit von Vorbedingungen (Preconditions)
- Psycho-physische und soziale Bedingungen (mentale, physische, psychische, soziale Parameter)²

Ziel eines Assistenzsystems ist dabei nicht das Scheduling im Sinne der Bestimmung eines starren Workflow, sondern eine *flexible Kooperation* des persönlichen Assistenten mit dem Anwender. Der Schedule (schedule = Ablaufplan), den das System bestimmt, hat hier immer die Form einer *Empfehlung*. Diese Empfehlung wird vom System automatisch und kontinuierlich an die tatsächlichen Aktionen des Nutzers angepasst, ein dynamisches rescheduling ist damit integraler Bestandteil des Assistenzkonzeptes. Zentrales Element ist die Situationsanalyse, die erforderliche Kontextinformationen wie die Umgebung des Nutzers, seine Absichten und Konflikte sowie günstige Gelegenheiten im Hinblick auf die Aufgabenabarbeitung (zu erreichende Ziele) diagnostiziert. Fehler, die der Aufgabenbewältigung entgegenwirken, werden angemerkt, bei Konflikten und geeigneten Gelegenheiten werden Lösungsvorschläge generiert, auf Plausibilität überprüft und dem Anwender situationsangepasst visualisiert. Bei der Feststellung neuer Absichten werden situations- und benutzerangemessene Hilfestellungen zur Erreichung des modifizierten Zieles angeboten. Emotionale Einstellungen, beispielsweise für einen Computer nicht reproduzierbare oder vorhersehbare individuelle Entscheidungen, müssen durch das Assistenzsystem ebenfalls unterstützt werden. Im Freizeitbereich sind hier sicherlich nur schwer exakte Anforderungen definierbar, da die Freiheitsgrade eine Verfolgung von Zielen erschweren; bei Systemen in der Arbeitswelt stehen Zielkriterien eher zur Verfügung, wie z. B. Fragen der Sicherheit, Aufgabenerfüllung und Wirtschaftlichkeit. Die Frage der Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine

² Die Bestimmung der genauen Wirkung der Psycho-physischen und sozialen Parameter und die Bereitstellung praktikabler Verfahren für die Erfassung ihrer aktuellen Werte bleibt jedoch zu untersuchen.

und damit die Delegation von Aufgaben des Menschen an die Maschine nimmt generell einen besonderen Stellenwert in der Anforderungsanalyse ein [GOEL].

4.2 Scheduling von persönlichen Aufgaben

Das Assistenzsystem soll den Anwender beim Erreichen seiner Ziele unterstützen. Insbesondere soll es ihm dabei helfen, die für das Erreichen der Ziele notwendigen Aktionen zur richtigen Zeit und am richtigen Ort – insgesamt: in der richtigen Situation – auszuführen. Die konkrete Menge von Aktionen, die zum Erreichen eines bestimmten Ziels erforderlich sind, und die Bedingungen an die Ausführungsreihenfolge dieser Aktionen wird als *Strategie* bezeichnet. Das Assistenzsystem verwaltet die aktiven Strategien des Nutzers und empfiehlt dem Nutzer auf Basis der aktuellen Situation welche Aktion(en) aus welcher/n Strategie(en) jeweils am sinnvollsten ist/sind, um die Menge der Ziele am effektivsten zu erreichen. Aktionen können atomar oder zusammengesetzt sein. Für zusammengesetzte Aktionen existieren typischerweise Bedingungen an die Ausführungsreihenfolge der Komponentenaktionen (z.B. sequentielle oder parallele Ausführung). Atomar sind dagegen solche Aktionen, die innerhalb einer einzigen Situation ausgeführt werden können und für die das Scheduling-System konsequenterweise keine Situationsänderungen beobachten kann, um Teilaktionen zu schedulen.

Dieses Task-Management- und Scheduling-Modell wurde am Fraunhofer IGD Rostock bereits in verschiedenen Anwendungsprototypen experimentell eingesetzt. Ein Beispiel ist das MONAD-System [KR98] (**MO**bile **N**etwork **AD**ministration assistant). Dieses System unterstützt Netzwerktechniker bei der simultanen Durchführung komplexer Änderungsaufgaben an räumlich verteilten Netzwerkinfrastrukturen, wie etwa der Rechnerinstallation, bei der neben dem Setup des Rechners selbst auch in unterschiedlichen Verteilerräumen Änderungen erforderlich sind. Für dieses Tätigkeitsprofil wurde durch das Fraunhofer IGD Rostock eine exemplarische Strategie mit einer geeigneten Zerlegung in Teilaktionen entwickelt. Für das Scheduling der Strategie wurde ein Produktionssystem eingesetzt, (in diesem Fall OPS5 [COWO]). Einzelaktionen der Strategie wurden als Produktionen (eine spezielle Form von WENN-DANN-Regeln) formuliert. Der Regelselektionsmechanismus des Produktionssystems realisierte dabei das Scheduling-Verfahren. Das Scheduling-System bezog damit nur die aktuelle Situation in die Auswahl der Handlungsempfehlung mit ein (opportunistisches Scheduling). Eine in die Zukunft gerichtete Planung auf Basis einer Effektivitätsbewertung des *gesamten* resultierenden Handlungsablaufs – insbesondere im Hinblick auf die erforderliche Zeit – ist hierdurch nicht gegeben.

Erweitert man das Szenario um die zeitlich verteilten Aufgaben, so lassen sich auch Strukturen unterstützen, wie sie ein Bauleiter durchzuführen hat. Eine typische Aufgabe eines Bauleiters besteht darin, eine Bauabnahme mit verschiedenen auszuführenden Firmen durchzuführen. Die Tätigkeit, den Hauptanschluss im Keller sowie die Brandschottung zum Erdgeschoss oder die Unterverteilung im Nebenraum zu prüfen, beinhaltet ortsgebundene Tätigkeiten. Eine Zeitabhängigkeit liegt vor, wenn die Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) nur zu einem vordefinierten Zeitraum getestet werden kann; personelle Abhängigkeit herrscht, wenn der Bauherr bei der Prüfung der Außenanlagen anwesend sein möchte. Ressourcenabhängigkeit kann vorliegen, wenn zum Prüfen der Beleuchtungssituation, d.h. der ausreichenden Leuchtdichte im Bürobereich, ein entsprechendes Messgerät (Luxmeter) vorliegen muss.

Für dieses Szenario wurde vom Fraunhofer IGD Rostock im Rahmen des BMWi-Leitprojektes MAP, Multimedia Arbeitsplatz der Zukunft [MAP21], ein Assistenzsystem auf der Java Expert

Shell implementiert und die relevanten, persönlichen Aufgaben abgebildet („Task-Sequencer“). Die Umgebungsinformationen, d.h. in welchem Raum sich der Nutzer gerade befindet, wurden durch Infrarot-Baken repräsentiert. Der für dieses Szenario erweiterte Scheduling-Algorithmus berücksichtigt dynamische Änderungen der physischen Umgebung (in der Raumzeit) wie auch den Aufwand zur Aufgabenausführung (durch Kosten quantifiziert). Zusätzlich ist die Verletzung von Constraints mit „Penalties“ – Zusatzkosten – versehen. Dies betrifft insbesondere die Verletzung von Zeitconstraints, also das überschreiten von Deadlines. Weitere Constraints schränken die mögliche Parallelität bzw. den Ausführungsort von Aufgaben ein. Auf Basis dieser Kosten und Constraints versucht der Scheduling Algorithmus diejenigen Ausführungssequenzen zu bestimmen, die minimale Kosten und Penalties verursachen. Die jeweils ersten Aufgaben dieser Ausführungsstrategien werden dann dem Nutzer empfohlen. Der Task-Sequencer versucht Leerlaufzeiten des Benutzers zu vermeiden und die in Zukunft eintreffenden Assistenzaufgaben vorzubereiten (Prefetching etc.).

Eine situationsabhängige Regel, beispielsweise zur Betrachtung von Ortszuständen kann dabei in einer Expert Shell wie folgt modelliert werden :

(defrule caDoPlaceConstraint		(modify ?p
(stage EvaluateCosts)		(actions \$?a (create\$ goto ?l))
?p <- (plan (id ~nil)		(curtime (+ ?t ?traveltime))
(steps ?tid \$?rest)	=>	(cost (+ ?c ?traveltime))
(actions \$?a)		(curplace ?l)))
(curconstraint ?ct)		
(cost ?c&~nil))		

Durch die vollständige Betrachtung der möglichen Handlungen im Task-Sequencer konnte nicht nur die für die aktuelle Situation günstige Handlung vorgeschlagen werden, sondern die im Hinblick auf das *Gesamtziel* günstigste Handlung³. Das Konzept bietet zusätzlich durch die Vorausplanung die Möglichkeit des Prefetching oder Sensibilisierung von Umgebungssensoren, was wir in Zukunft betrachten und einsetzen werden. In Hinblick auf die Erweiterung des Scheduling-Modells werden wir uns vor allem auf die Entwicklung domänenspezifischer Ressourcen und Constraintmodelle konzentrieren.

4.3 Assistentsfunktionalität in SAiMotion

Im Rahmen von SAiMotion sollen bestehende Konzepte und Technologien erweitert und vertieft werden. Als Anwendungsszenario wird das Umfeld von Messen, Ausstellungen und Tagungen gewählt, um die Facetten der situationsabhängigen Parameter untersuchen zu können. Der einstige, früher ausgedruckte Anreiseplan eines Messebesuchers wird z.B. auf einem Handy in der Form verschmelzen, dass nur die notwendigen und prägnante Einzelinformation in der richtigen Situation dargestellt werden. In die Situationsanalyse fließen neben Benutzermerkmalen und Systemressourcen die Umgebungs- und Positionsinformationen entsprechend des beschriebenen DECT-Indoor-Navigationssystems ein. Die Verarbeitung des Situationsbezuges eines persönlichen Assistent kann mit wenigen Regeln durch die Erweiterung von planungsbasierten Ansätzen, bei-

³ Hierbei ist ein interessanter Tradeoff zu betrachten im Hinblick auf die Qualität der Empfehlung (bezüglich der Effektivität für das Gesamtziel) und auf den Aufwand für die *Berechnung* dieser Empfehlung: Linear im Fall von MONAD, schlimmstenfalls exponentiell für den Task-Sequencer.

spielsweise der Technologie von Produktions- und Schedulingssystemen [BR95] (OPS5, CLIPS, ASPEN, etc.) erreicht werden. Damit der Benutzer die von dem System vorgeschlagene Aufgabenausführung bearbeiten kann, werden Aufgabendefinitionssprachen benötigt, die einfach und intuitiv zu erlernen sind („end-user-programming“). Darüber hinaus sollen diese noch so mächtig bleiben, dass beliebige Aufgabenstrukturen und -beziehungen modelliert werden können. Es sind Aufgabenbeschreibungsmuster zu entwickeln, die es ermöglichen, dass der Nutzer Teilaufgaben ändern, hinzufügen, oder löschen kann, ohne dazu vorher unbedingt neue Kenntnis der Gesamtstruktur der Strategie haben zu müssen (inkrementelle Modifikation).

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsprojektes SAiMotion wird eine Technologie zur situationsbezogenen Unterstützung des mobilen Benutzers entwickelt. Im Rahmen dieses Beitrags haben wir uns dabei auf zwei wichtige Ansätze konzentriert:

- Die modernen Ortungstechnologien im Indoorbereich ermöglichen eine präzise Navigation und Identifizierung von Umgebungsinformationen. Die im Rahmen von SAiMotion entwickelte DECT basierende Positionstechnologie setzt auf bereits bestehender und verbreiteter Infrastruktur auf und ermöglicht bereits jetzt zahlreiche Anwendungen im privaten sowie im medizinischen Umfeld (Krankenhäuser), in Lager- oder Messehallen sowie in Einkaufszentren oder Flughäfen. Ortsinformationen geben wichtigen Aufschluss über die Situation, in der sich der Benutzer befindet und ermöglichen eine persönliche Assistenz.
- Für die situations- und aufgabengesteuerte, persönliche Unterstützung des Nutzers bei der Ausführung seiner Tätigkeiten entwickeln wir in SAiMotion ein Task-Management- und Scheduling-System. Unsere bisherigen Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass auf Basis von strukturierten Aufgabenmodellen, die insbesondere Situationsconstraints und Ausführungskosten berücksichtigen, tatsächlich eine recht präzise Assistenz des Nutzers bei der Durchführung strukturierter, räumlich und zeitlich verteilter Aufgaben erreicht werden kann. Insbesondere ist das System in der Lage, dem Nutzer proaktiv Begleit- und Hintergrundinformationen für den aktuellen Aufgabenkontext anzubieten, auch wenn *mehrere* Aufgaben mit überlappenden Situationen aktiv sind. Herausforderungen und Gegenstand weiterer Arbeiten sind vor allem die Fragen nach einem geeigneten Kosten- und Constraintmodell, das die Realität der Ausführung von Aktionen durch den menschlichen Nutzer in der physischen Umwelt wieder spiegelt, sowie die Frage nach einem Aufgabenmodell, das eine leichte, inkrementelle Modifikation von Aufgabenstrukturen durch den Nutzer erlaubt. Weiterhin sind Mechanismen bereitzustellen, die dem Assistenzsystem erlauben, Fehlhandlungen des Nutzers zu erkennen und darauf geeignet zu reagieren. Hierzu gehören auch die Funktionen für das Monitoring und das Journaling bzw. die Dokumentation der Benutzeraktionen.

Der persönliche, digitale Assistent (PDA) begleitet den Benutzer in Sonderbereichen des beruflichen Alltages bereits heute. Der Einzug des persönlichen Taskmanagements in unseren persönlichen Alltag wird wahrscheinlich sehr unaufdringlich aber umfassend erfolgen. Der Benutzer wird in Zukunft vielleicht sogar unzertrennlich von seiner elektronischen, mit Situationssensorik ausgestatteter Begleitung sein, ähnlich wie wir es bereits heute von dem Handy oder dem Tamagotchi kennen.

6 Literaturverweise

- [OH01] O'Hare, G., Personalized and contextualized content delivery for mobile users. In: C. Stephanidis (ed.) *Universal Access in HCI: Towards and Information Society for All. (Proceedings of 1st International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, New Orleans, LA, August 8-10, 2001)* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, pp. 845-849, 2001.
- [SC01] Schiele B., *Sensory Augmented Computing and its Potential for Human-Computer Interaction*. To appear in: *HCI International 2001, New Orleans, USA, August 2001*.
- [MASC] Marmasse N., Schmandt, C., *Location Modeling –position paper, workshop proceedings Location Modeling for Ubiquitous Computing, Ubicomp'2001, Atlanta, U.S.A., 2001*.
- [OPSP] Oppermann, R. and M. Specht, "A Context-Sensitive Nomadic Exhibition Guide," in *Handheld and Ubiquitous Computing (Proc. 2nd Int'l Symp., Bristol, UK, Sep. 2000)*, P. Thomas and H. W. Gellersen (eds.), Springer Verlag, Berlin, p. 127-142, 2000.
- [DECT] DECT Common Interface, European Telecommunications Standards Institute, ETSI EN 300 175-1 V1.5.1
- [BLHU] Bliesze M, Hupp J., *Indoor-Navigation in DECT-Netzwerken, Design & Elektronik 02/2002*
- [BIKO] Bieber G., Korten M., *User tracking by sensorfusion for situation aware systems, proceedings ACRS2001, ISBN 981-04-5032-x, Singapore 2001*
- [WEI] Weiser M. *Some Computer Science Problems in Ubiquitous Computing. Communication of the ACM 36, 12, 75-85*
- [KISC] Kirste, T., Schumann, H. *Die Herausforderungen des Mobile Computing: Die Anwenderperspektive. Proc. AAA'97, Darmstadt, Germany*
- [CIK] Chávez E, Ide R, Kirste T. *Interactive applications of personal situation-aware assistants. Computers & Graphics, 23(6):903-915, 1999*
- [GOEL] Gong, R. & Elkerton, J. *Designing minimal documentation using the GOMS model : A usability evaluation of an engineering approach. CHI 90 Proceedings, Association for Computing Machinery, New York 1990.*
- [KR98] Kirste, T., Rieck, A. *A mobile network administration system: Conception and realization. Proc. AKIDA'98. Aachen, Germany. Jun 3--4 1998*
- [COWO] Cooper, T., Wogrin N., *Rules-based Programming with OPS5, Morgan Kaufmann Publishers, ISBN 0-934613-51-6, 1988*
- [MAP21] *Mobiler Arbeitsplatz der Zukunft, BMWi Leitprojekt, www.map21.de*
- [BR95] Bruckner, P., *Scheduling Algorithms, Springer, ISBN 3-540-60087-6, 1995*
- [CGKL] Chalupsky, Gil, Knoblock, Lerman, *Electric Elves: Applying agent technology to support human organizations, Information Sciences Institute and Computer Science Department, University of Southern California, CA 90292, 2001*