

Kontextsensitive Technologien und Intelligente Sensorik für Ambient-Assisted-Living-Anwendungen

Dr. Christophe Kunze, Dr. Carsten Holtmann, Andreas Schmidt, Dr. Wilhelm Stork
FZI Forschungszentrum Informatik, Karlsruhe, Deutschland

Kurzfassung

Die Realisierung von AAL-Szenarien ist technologisch sehr aufwändig: Einerseits werden für die Erfassung von physikalischen Signalen eingebettete Sensoren und hardwarenahe Software-Funktionen benötigt, andererseits müssen Kontext-Informationen auf einer viel höheren Abstraktionsebene modelliert und interpretiert und über geeignete Mechanismen verschiedenen Anwendungen zur Verfügung gestellt werden. Für die Realisierung von AAL-Szenarien müssen diese Ergebnisse nun nahtlos integriert und zu nutzbaren Anwendungen umgesetzt werden. Im Beitrag wird beschrieben, wie verschiedene Technologien und Ansätze am FZI im interdisziplinären Forschungsfeld „Kontextsensitive Dienste und Intelligente Umgebungen“ integriert werden und so neue Forschungsperspektiven für Ambient Assisted Living Anwendungen eröffnen.

1 Einführung

1.1 Technische Umsetzung von AAL-Szenarien

Die Unterstützung kranker und pflegebedürftiger Menschen im Alltag sowie bei der Kommunikation mit dem sozialen Umfeld durch „Ambient Assisted Living“ (AAL) - Anwendungen stellt einen wichtigen Lösungsansatz für zukünftige gesellschaftliche Herausforderungen dar, die sich aus dem demographischen Wandel ergeben.

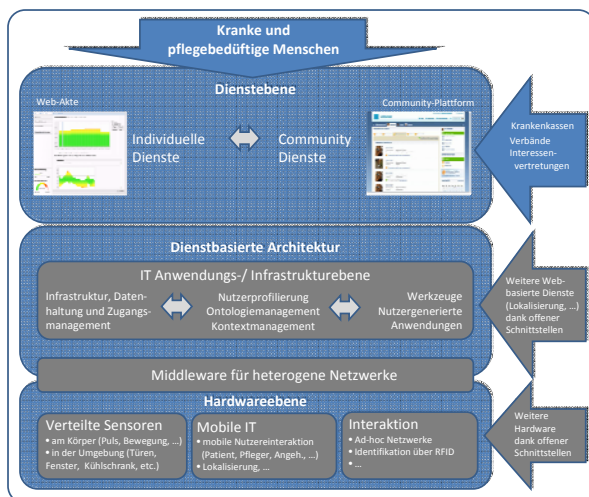


Bild 1 Strukturierung von AAL-Umgebungen

Bisher sind AAL-Anwendungen jedoch kaum über den Status einer Vision hinausgekommen. Zum Teil liegt dies an der großen Komplexität kontextsensitiver Intelligenter Umgebungen, wie sie in AAL-Anwendungen benötigt werden. Die Realisierung solcher Umgebungen ist technologisch sehr aufwändig

und erfordert eine Verknüpfung und Integration sehr verschiedener Forschungsfelder.

Prinzipiell können AAL-Umgebungen in drei technische Ebenen strukturiert werden (siehe **Bild 1**):

- Eine Hardware- und Vernetzungsebene mit Forschungsfragen wie Sensorik, Mikro-Integration, Biosignalverarbeitung, Funknetzwerke und Interaktionsmechanismen
- Eine Middleware- und Architekturebene (heterogene Netzwerke, Datenhaltung, Zugangsmanagement, Datensicherheit, Kontextmanagement, Ontologien, IT-Integration)
- Eine Dienstebene (anwendungsspezifische Prozess- und Geschäftsmodelle, Community-Dienste, etc.)

Für die Realisierung von AAL-Szenarien müssen Lösungsansätze in allen Ebenen nahtlos integriert und zu nutzbaren Anwendungen umgesetzt werden.

1.2 Kontextsensitive Dienste und Intelligente Umgebungen

Die verschiedenen Bereiche des FZI Forschungszentrum Informatik sind in vielen der in den drei Ebenen genannten Einzelproblemfeldern aktiv. Für diese wurden und werden in nationalen und internationalen Forschungsprojekten Lösungen erarbeitet. Im interdisziplinären Forschungsfeld „Kontextsensitive Dienste und Intelligente Umgebungen“ werden diese nun für ausgewählte Anwendungsszenarien zu vollständigen Anwendungsdemonstratoren integriert. Im Folgenden werden Lösungsansätze für ausgewählte, für AAL-Szenarien relevante Einzelfelder vorgestellt.

2 Sensorik und Vernetzung

2.1 Innovative Sensoren für AAL-Anwendungen

Im Bereich Sensorik sind zum einen am Körper tragbare Vitalsensoren zum Monitoring des Gesundheitszustands von Bedeutung. Ziel aktueller Forschungsarbeiten ist dabei meist ein praktikables kontinuierliches Monitoring. So wurden u.a. im Rahmen der Projekte PHMon und CALM Sensoren zur Überwachung wichtiger Parameter des Herz-Kreislauf-Systems (EKG mit textilen Trockenelektroden, Atmung, Blutdruck relativ) in textile Träger integriert, so dass ein belastungsfreies Monitoring dieser Parameter möglich ist [1] (siehe **Bild 2**). Dabei werden Mechanismen zur Erkennung und Unterdrückung von Bewegungsartefakten vorgesehen, die bei einem kontinuierlichen Monitoring in Bewegung zwangsläufig auftreten können.



Bild 2 Kleidungsintegriertes EKG-Monitoring

Für viele medizinische Fragestellungen ist der Bewegungszustand selbst eine wichtige Information. Die körperliche Aktivität beeinflusst wichtige Vitalparameter der Herz-Kreislauf-Systems und der Atemwege, und ist auch gerade bei älteren Menschen ein guter Indikator für das allgemeine Wohlbefinden. Sensorik zum Monitoring des Aktivitätszustands gewinnt daher zunehmend an Bedeutung. Hierzu werden am Körper tragbare Sensoren (vor allem Beschleunigungssensoren) genutzt und mit Hilfe von Biosignalverarbeitungsmethoden (z.B. Neuro-Fuzzy-Klassifikation) Aktivitätsinformationen wie Energieumsatz extrahiert und eine Klassifikation verschiedener Bewegungsarten (gehen, laufen, Treppensteigen, etc.) vorgenommen [2]. Erste Evaluierungen der Anwendung solcher Sensoren im Monitoring von Herz-Kreislauf-Patienten und von Multiple-Sklerose-Patienten zeigen vielversprechende Ergebnisse [3][4].

Neben den am Körper tragbaren Vitalsensoren sind in AAL-Szenarien in die Infrastruktur integrierte Sensoren wichtig, wie zum Beispiel Fenster- und Türkon-

takte, Lichtschalter, etc. Solche Sensoren sind technologisch sehr einfach und aus der Gebäudeautomation verfügbar. Problematisch ist hierbei aber eine einfache Installation und Integration in bestehende Wohnungen (s. Abschnitt 2.2).

2.2 Lokale Funknetzwerke und Vernetzung

Mit den verfügbaren Sensortechnologien können eine Fülle von relevanten Informationen für AAL-Dienste erfasst werden. Für eine sinnvolle Verarbeitung dieser Informationen ist eine durchgängige Vernetzung der Sensoren Voraussetzung. Hierzu stehen vielfältige Vernetzungstechnologien zur Verfügung, von leitungsgebundenen Verfahren wie Gebäudeautomationsbussen über lokale Funknetzwerke bis hin zur Mobilfunkkommunikation. Im Allgemeinen lassen sich die vielfältigen Anforderungen aus realen Szenarien nur mit heterogenen Netzwerkstrukturen mit verschiedenen Kommunikationstechnologien erfüllen. Einerseits werden für batteriebetriebene Sensoren Funktechnologien mit extrem niedriger Leistungsaufnahme (wie z.B. Zigbee, siehe **Bild 3**) benötigt, wobei oft besondere Anforderungen wie eine Lokalisierung im Funknetzwerk und die Synchronisation von Funkknoten zu beachten sind. Andererseits sind für eine einfache Anwendungsintegration leistungsfähige Selbstkonfigurations- und Diensterkennungsmechanismen aus der Internetkommunikation (z.B. Web-Services und Standards wie OSGi) wünschenswert. Daher sind entsprechende Kommunikationsgateways und Middleware-Komponenten erforderlich, die einfache Erfassung und Verwaltung von Kontext-Informationen aus verschiedenen Datenquellen und -Flüssen (Ereignisorientierter, kontinuierliche Daten, Polling, etc.) ermöglichen (siehe auch Abschnitt 3).



Bild 3 Kontextsensorik mit Zigbee-Interface

Bei der Realisierung von solchen kontextsensitiven Umgebungen in bestehenden Wohnungen sind die Gegebenheiten in jedem Einzelfall verschieden. Daher ist gerade bei der Anwendung in AAL-Szenarien auch eine einfache Installation und Konfiguration von solchen heterogenen Netzwerken notwendig. Eine vielversprechende Methode hierfür ist die Kombination von Sensornetzwerkknoten mit Nahfeld-Kommuni-

kationstechnologien (RFID, NFC), die über „Point-and-Do“-Mechanismen die direkte Auswahl einzelner Knoten ermöglichen. Über die Nahfeldkommunikation können dann Informationen wie Knotenadresse, Dienstbeschreibung etc. ausgetauscht werden. Auf diese Weise lassen sich auch komplexe heterogene Kommunikationsnetzwerke mit vertretbarem Aufwand installieren.

3 Ambient Middleware

Kontextsensitive Systeme erfordern eine flexible Middleware, die vernetzte Sensoren und Aktuatoren nutzen kann. Sie muss in der Lage sein, flexibel eine Vielzahl von Sensoren für unterschiedliche darauf aufsetzende Dienste verfügbar zu machen. Kern einer solchen Infrastruktur ist das Kontextmanagement, das die gesammelten Sensordaten zusammenführt, aggregiert und mit Hilfe von domänenspezifischen Anwendungswissen interpretiert und so Kontextinformationen auf höherem Abstraktionsniveau bereitstellen kann. So lässt sich aus einer Kombination von Vitalparametern und Lokalisierung erkennen, ob eine Person hingefallen ist, ohne dass hierfür ein dedizierte Falldetektor erforderlich wäre. Ein solches Kontextmanagement muss dabei mit unsicheren und ungenauen Daten genauso wie mit Historien umgehen können. Im Gegensatz zum klassischen Datenmanagement ist dabei besonders auf den Umgang mit Unvollkommenheit (unsichere, ungenaue, oder widersprüchliche Daten) und der unterschiedlichen Änderungsdynamik zu achten.

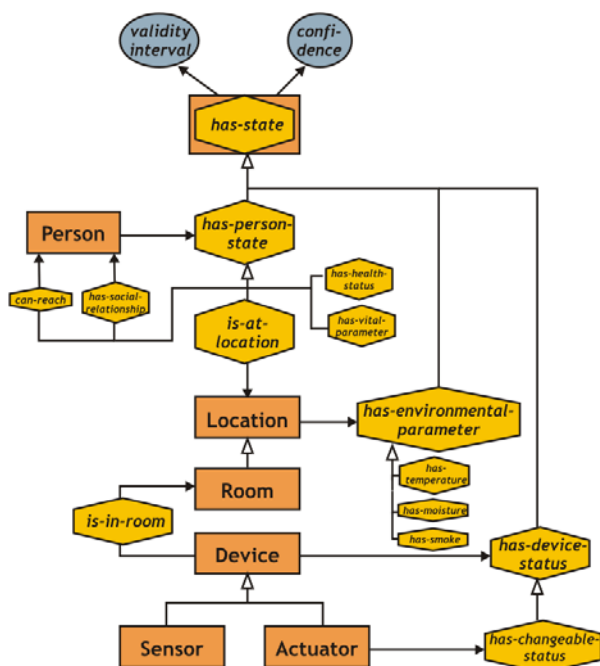


Bild 4 Kern der SOPRANO-Ontologie [5]

Wie sich in Projekten wie dem Integrierenden Projekt EU-Projekt SOPRANO [5] (<http://www.soprano-ip.org>) gezeigt hat, eignen sich für eine solche Middleware besonders ontologiegestützte Techniken. Mit Ontologien lassen sich komplexe Zusammenhänge, wie sie für den Umgang mit Kontext unumgänglich sind, so repräsentieren, dass die entstehenden Modelle zwischen unterschiedlichen Kontextquellen und Diensten (als Nutzern der bereitgestellten Kontextinformationen) interoperabel und leichter zu warten sind. Ein Beispiel für eine solche Ontologie findet sich in Bild 4.

Neben der reinen Darstellung des Kontextes können mit Hilfe von auf Ontologien aufsetzenden Regelformalismen auch kontextbewusste Verhaltensmuster von Anwendungen beschrieben werden. In SOPRANO werden hierfür Regeln benutzt, deren Grundstruktur sich in Event (auslösende Kontextänderung.), Condition (zusätzliche Kontextbedingungen, die erfüllt sein müssen) und Action (zusammengesetzter Dienst) aufgliedern lassen. Will man ein skalierbares System, das auch in einer Vielzahl von Haushalten ohne übermäßigen Konfigurationsaufwand installiert werden kann, so müssen die Regeln möglichst abstrakt gehalten werden. Statt konkreter Dienstaufrufe wie „Sprachausgabe über Avatar über ein Fernsehgerät“ sollten hier abstrakte „Benachrichtigungen“ repräsentiert sein, für die dann zur Laufzeit ein geeigneter Aktuator ausgewählt werden kann – was auf der Basis der verfügbaren Aktuatoren in einem konkreten Haushalt erfolgt.

4 Dienstorientierung, Prozess- und Geschäftsmodelle

Genauso wie auf Ebene der grundlegenden Infrastruktur ist die Dienst- oder Service-Orientierung auch auf der Leistungsangebotsebene ein vielversprechendes Gestaltungsparadigma. Grundidee ist es dabei, komplexere Leistungsangebote aus granulareren, aber jeweils eigenständig funktionalen Diensten konfigurieren zu können.

Wie Bild 5 illustriert, setzt Dienst- bzw. Dienstleistungsgestaltung ein zielorientiertes Vorgehen auf unterschiedlichen Ebenen voraus:

- Auf konzeptioneller Ebene ist die Frage zu beantworten, welcher Dienst (für einen gegebenen Verwendungszweck, eine spezifische Benutzergruppe, unter spezifischen Rahmenbedingungen etc.) angeboten werden soll und zu welchem Preis dies möglich ist.
- Auf Prozess-Ebene ist die Frage zu beantworten, wie der konkrete Leistungserstellungs- und -angebotsprozess gestaltet sein muss, um die zuvor definierten Ziele effektiv und effizient zu erreichen.

- Auf Architekturebene ist dann die Frage zu beantworten, welche technischen Dienste bzw. welche durch diese ggf. gekapselten Sensoren zum Einsatz kommen müssen.

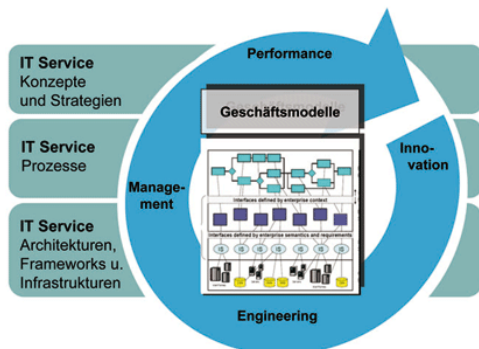


Bild 5 Ebenen der Dienstleistungsgestaltung.

Eine möglichst eng aufeinander abgestimmte Beantwortung dieser Fragen sichert eine zielgerichtete Dienstleistungsgestaltung auch im AAL-Kontext und ermöglicht es, die existierenden gescheiterter Einführungsversuche zu reduzieren.

Das FZI setzt sich mit dieser integrierten Betrachtung technischer und ökonomischer Aspekte bereits in laufenden Projekten auseinander.

4.1 Technologieberatung für Politik und Gesundheitsdienstleister

Die ständige und allgegenwärtige Verfügbarkeit kleiner und kleinster, untereinander vernetzter Systeme der Informations- und Kommunikationstechnik gehört zu den aktuell intensiv diskutierten Entwicklungen – auch außerhalb rein technischer Fragestellungen.

Im Vordergrund dieser erweiterten Diskussion stehen die immensen Auswirkungen aus

- gesellschaftlicher Sicht: Die unsicheren Folgen, die sich für den Einzelnen aber auch für die Gesellschaft ergeben (z.B. der noch ungeklärte Umgang mit persönlichen Daten) und aus
- ökonomischer Sicht: Die hohen Potenziale, die ein Einsatz mobiler Kleinstsysteme für die Analyse und Steuerung von
 - Ressourcen und
 - Prozessen
 sowie die Gestaltung innovativer
 - Produkten und
 - Dienstleistungen

in der medizinischen Versorgung bietet (z.B. Therapie, Logistikketten). Die erhofften Kosteneinsparpotentiale können letztlich entscheidender Treiber für einen Einsatz dieser Technologien im Gesundheitswesen sein. Die möglichen Innovationsschritte aber zu-

dem auch neuen oder etablierten Anbietern die Option auf neuartige Geschäftsmodelle bieten.

Allerdings sind Technologien des Pervasive Computing/ AAL für die Wirtschaft derzeit noch ein vornehmlich unsicheres Betätigungsfeld, d.h. für die politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsträger herrscht Informations- und Handlungsbedarf: Die in den einzelnen Anwendungsbereichen gegenwärtig nicht valide untersuchten Chancen und Risiken der Technologien müssen frühzeitig identifiziert und realistisch bewertet werden, um die technologische Entwicklung zu lenken und den wirtschaftlichen Einsatz in Richtung wichtiger sowie gesellschaftlich akzeptierter Anwendungsfelder zu forcieren.

Den Aufgaben der Technikfolgenabschätzung nimmt sich das FZI im BMBF-geförderten Projekt PerCo-Med (www.percomed.de) an [6]. Im Rahmen des Projektes dient die Offenlegung der Chancen und Risiken hier vor allem der Beratung von politischen Entscheidungsträgern zum akuten oder mittelfristigem Handlungsbedarf. Gegenüber den Technologieherstellern und Dienstleistern kann sie konkrete Handlungsempfehlungen bezüglich Markteintrittsstrategien, Positionierung aber Preis- und Betriebsmodellen bieten.

4.2 Identifikation, Definition und Analyse von tragfähigen Geschäftsmodellen

Die Methoden der Prozessmodellierung, -analyse und ggf. -simulation können im AAL-Kontext helfen,

- die Dienstleistungserstellung konkret zu definieren (siehe z.B. XXXShostack),
- die Orchestrierung einzelner Dienste zu komplexeren Dienstleistungen zu unterstützen, aber auch
- Effekte der Einführung neuer Lösungen auf die bestehenden Prozesse zu analysieren und damit den Effekt zu dokumentieren.

In den Projekten VitaBIT (www.vitabit.de) und Stroke Angel (www.stroke-angel.de) setzt das FZI die Prozessmodellierung und Analyse zum erst- und zum letztgenannten Zweck ein. Im Stroke Angel Projekt wurden dazu die kompletten Leistungsschritte in der Rettungskette der Schlaganfallrettung und -versorgung aufgenommen und modelliert, um auf dieser Basis konkrete Laufzeiten vor und nach Einführung einer mobilen Lösung zu analysieren. Auf Basis einer Vorher-/ Nachher-Vergleiches konnten die konkreten Effekte der Einführung eines Entscheidungsunterstützungssystems im Rettungswagen auf die präklinischen und klinischen Elemente der Rettungskette verdeutlicht werden [7]. Auf Basis dieser exakten Daten ist der Rhön-Klinik-Konzern bereit, eine konkrete Investitionsentscheidung zu treffen.

Im Rahmen des Projektes VitaBIT dient die Prozessmodellierung einerseits als Input für die Gestaltung der technischen Infrastruktur (s.o.) und andererseits als Ausgangspunkt für die Ableitung tragfähiger Geschäftsmodelle und Anreizsysteme.

Gerade letztere spielen im Kontext von AAL eine zentrale Rolle, denn stärker noch als in anderen Bereichen des Technologieeinsatzes, werden Nutzer von AAL-Lösungen (oder deren Angehörige) nur dann bereits sein, sich „überwachen“ zu lassen, wenn geeigneter Nutzen in Form von höherer Sicherheit, höherem Maß an Selbstbestimmung, reduzierten direkten Kosten o.ä. zu erwarten ist und die Leistungsanbieter zielgruppenspezifisch und ggf. entwicklungsabhängig in der Lage sind, diesen Nutzen zu gestalten und zu realisieren.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Erfolgreiche Ambient-Assisted-Living-Lösungen erfordern ganzheitliche Lösungen, die Fachwissen aus den Bereichen Elektrotechnik (Sensorik), Informatik (Middleware) und Ökonomie (Dienstleistungsgestaltung) kombinieren (Bild 1). Diese Lösungen müssen sich speziell mit den Problemstellung rund um Kontextinformationen auseinandersetzen: vernetzte Sensorik liefert Kontextinformationen, die von einer semantischen Middleware aufbereitet wird und von entsprechenden kontextsensitiven Diensten genutzt werden kann. Im vorliegenden Artikel wurde ein Überblick über einen solchen ganzheitlich-interdisziplinären Ansatz gegeben, wie er am FZI Forschungszentrum Informatik in Karlsruhe auf der Grundlage einer Vielzahl von nationalen und internationalen Forschungsprojekten verfolgt wird.

Die daraus entstehenden entstehenden Infrastrukturlösungen und Dienstleistungskonzeptionen können weit über das Anwendungsfeld AAL hinaus eine Lösung für eine generelle stärkere Verbindung von Web und Realwelt mit Hilfe von sensorgestützt ermittelten Kontext-Informationen schaffen, die – wie unlängst vom Web-Visionär O’Reilly angekündigt – eine der wesentlichen Entwicklungen im Bereich des Internes der Zukunft sein kann.¹

6 Literatur

- [1] Ottenbacher, J.; Romer, S.; Kunze, C.; Grossmann, U.; Stork, W.: Integration of a Bluetooth based ECG system into clothing. In: Proceedings of the Eighth International Symposium on Wearable Computers (ISWC’04), pp. 186-187, IEEE, October 31, 2004
- [2] Kunze, C; Stork, W; Müller-Glaser, K.D.: Context-aware personal health monitoring using body wearable sensors. In: Intern. Conference on Medical Physics (ICMP2005), Nürnberg, 2005
- [3] Jatobá, L; Ottenbacher, J.; Großmann, U; Stork, W.; Müller-Glaser, K.D.: Physical-Activity as Context-Information for Long-term Monitoring of Cardiovascular Diseases. In: The World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering (WC2006), Seoul, 2006
- [4] Rashid, A.; Schlüfter, F; Holtmann, C.; Kunze, C.; Thaler, K.; Daumer, M.; Schlesinger, S.; Griewing, B.: Usage of Accelerometers in the Home Care for multiple sclerosis patients. In: Proc. 2. European Conference on eHealth 2007, 11. – 12. Oktober 2007, Oldenburg, 2007
- [5] Klein, M.; Schmidt, A.; Lauer, R.: Ontology-Centred Design of an Ambient Middleware for Assisted Living: The Case of SOPRANO. In: Thomas Kirste and Birgitta König-Ries and Ralf Salomon (eds.): Towards Ambient Intelligence: Methods for Cooperating Ensembles in Ubiquitous Environments (AIM-CU), 30th Annual German Conference on Artificial Intelligence (KI 2007), Osnabrück, September 10, 2007, 2007
- [6] Rashid, A.; Holtmann, C.; Gräfe, A.; Griewing, B.; Scheermesser, M.: Pervasive Computing im Gesundheitswesen - Technologiebeurteilung durch interdisziplinäre Forschung. In: Krankenhaus IT-Journal, Ausgabe 02/2006, Antares Computerverlag, Dietzenbach 2006.
- [7] Holtmann, C.; Müller-Gorchs, M.; Rashid, A.; Weidenhaupt, K.; Ziegler, V.; Griewing, B.; Weinhardt, Ch.: Medical Opportunities by Mobile IT Usage – A Case Study in the Stroke Chain of Survival. In: Tagungsband des zweiten European Conference on eHealth 2007, 11. – 12. Oktober 2007, OFFIS Oldenburg.

¹ siehe <http://derstandard.at/?url=/?id=3105350>, 15.11.2007