

Kontextbezogene Systeme – die Welt im Computer modelliert

Kurt Rothermel

Institut für Parallele und Verteilte Systeme, Universität Stuttgart

Kurzfassung. Ziel des Sonderforschungsbereichs 627 „Nexus – Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme“ ist die Erforschung von Methoden und Verfahren für die Definition, die Verwaltung und die Nutzung von digitalen Umgebungsmodellen. Existierende Informationsräume werden mit komplexen Modellen der realen Welt verschränkt und erlauben so neuartige Anwendungen. Insbesondere die Klasse der ortsbezogenen Anwendungen und aktuelle Forschungsgebiete wie das Ubiquitous Computing können von solchen Umgebungsmodellen profitieren oder werden sogar durch sie erst ermöglicht.

1 Einleitung

Die rasch fortschreitende Entwicklung und Verbreitung drahtloser Kommunikationsnetze birgt ein hohes Potenzial für ein breites Spektrum innovativer Anwendungen. Weiter unterstützt wird dies durch die Verfügbarkeit mobiler multifunktionaler Endgeräte, die neben Kommunikationsfunktionen auch unterschiedliche Sensoren, beispielsweise zur Positionsbestimmung integrieren. Eine weitere interessante Entwicklung wird unter dem Schlagwort „Ubiquitous Computing“ zusammengefasst: so genannte Sensorplattformen werden in Alltagsgegenstände integriert und machen diese „intelligent“. So ausgestattet können Dinge Informationen über ihren Zustand und den der physischen Umgebung erfassen und kommunizieren. Durch die Zusammenführung von Sensorinformation mit digitalen Modellen der realen Welt entstehen hochdynamische Umgebungsmodelle. In diesen Umgebungsmodellen können nicht nur real existierende Objekte und ihr Zustand abgebildet werden, sondern zusätzliche Informationen mit diesen Objekten verknüpft werden. So entsteht eine Symbiose aus realer Welt und digitalen Informationsräumen.

Auf der Grundlage dieser technischen Entwicklungen ergeben sich eine Reihe neuer interessanter Anwendungsfelder. Wesentlich hier sind die so genannten kontext-bezogenen (*context-aware*) Systeme, die Charakteristika ihrer physischen

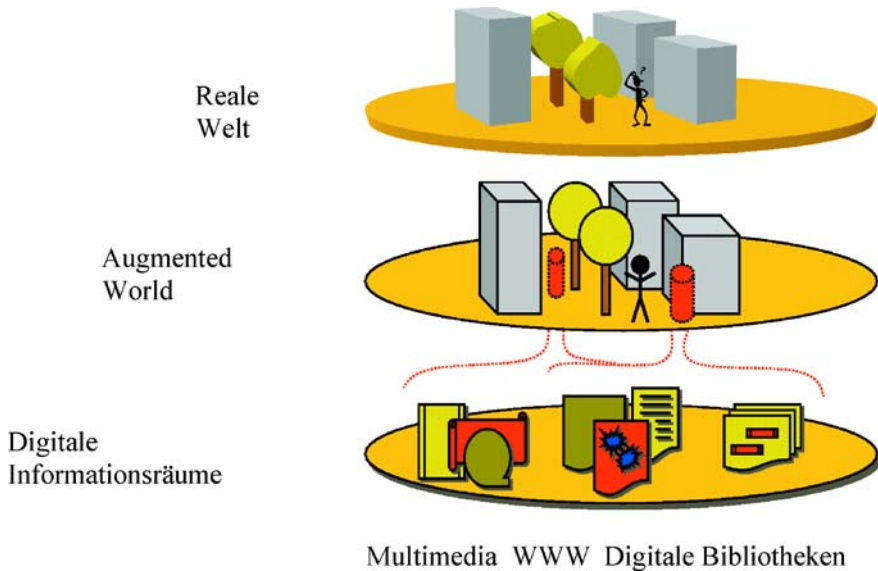


Abb. 1 Das „Augmented World Model“

Umgebung berücksichtigen und sich dadurch der jeweiligen Situation anpassen können. Ein signifikanter Umgebungsparameter, welcher in ortsbezogenen Systemen eine zentrale Rolle einnimmt, ist die aktuelle Position des Benutzers.

Die Interpretation der meisten Kontextparameter setzt ein mehr oder weniger detailliertes Umgebungsmodell voraus. Durch den Zusammenschluss solcher Umgebungsmodelle entstehen globale Umgebungsmodelle. Langfristiges Ziel des Sonderforschungsbereichs Nexus ist die Entwicklung von Methoden und Verfahren zur Realisierung von globalen und detaillierten Umgebungsmodellen für mobile kontextbezogene Anwendungen. Umgebungsmodelle sollen stationäre Objekte wie auch mobile Objekte der realen Welt enthalten. Außerdem sollen sie durch virtuelle Objekte und Dienste angereichert werden können.

Die Modellierung von Objekten der physischen Welt führt zu einem Umgebungsmodell. Darüber hinaus können real existierende Objekte mit zusätzlichen Informationen verknüpft und virtuelle Objekte hinzugefügt werden. Es entsteht ein „Augmented World Model“, also ein angereichertes Umgebungsmodell, dessen Symbiose aus realer Welt und digitalen Informationsräumen in Abb. 1 verdeutlicht wird.

Die Ausgestaltung solcher Umgebungsmodelle kann von einfachen geometrischen Modellen über Straßenkarten bis hin zu hochkomplexen dreidimensionalen Modellen von Gebäuden reichen. Abbildung 2 zeigt ein automatisch generiertes dreidimensionales Modell, das um die Texturen einiger Häuserfronten ergänzt wurde. Neben der Visualisierung dieser Modelle für Navigations- oder Informationszwecke lassen sich durch Bilderkennungsverfahren auch Rückschlüsse auf die Umgebung eines mobilen Anwenders, wie dessen Blickrichtung, ableiten.

Der Artikel ist wie folgt strukturiert. Im nächsten Kapitel wird der Begriff der kontextbezogenen Systeme definiert und durch einige Beispiele erläutert. Merk-



Abb. 2 Automatisch generiertes 3D-Modell

male kontextbezogener Anwendungen werden dann in dritten Kapitel eingeführt und diskutiert. Es folgen einige Beispiele kontextbezogener Anwendungen im vierten Kapitel, bevor die im Sonderforschungsbereich Nexus behandelten wissenschaftlichen Fragestellungen im fünften Kapitel kurz skizziert werden. Der Beitrag schließt mit einer kurzen Zusammenfassung.

2 Kontextbezogene Systeme

Kontextbezogene Systeme werden durch ihre Nutzung von Kontextinformationen, wie der Ort von Nutzern und Objekten, charakterisiert. Die Vielzahl unterschiedlicher Kontextdefinitionen¹ macht eine Konkretisierung des Begriffs notwendig.

Definition: Kontext

Kontext ist die Information, die zur Charakterisierung der Situation einer Entität herangezogen werden kann. Entitäten sind Personen, Orte oder Objekte, welche für das Verhalten von Anwendungen als relevant erachtet werden. Dabei wird eine Entität selbst als Teil ihres Kontexts betrachtet.

Für das Verhalten einer Anwendung können eine oder mehrere Entitäten relevant sein. Diese Definition folgt im Wesentlichen dem von Dey und Abowd² for-

¹ Dey u. Abowd 1999; Chen u. Kotz 2000; Mitchell 2002.

² Dey u. Abowd 1999.

mulierten Kontextbegriff. Kontextbezogene Anwendungen greifen auf Kontextinformationen zu und nutzen diese.

Definition: Kontextbezogene Anwendung

Eine Anwendung ist kontextbezogen, wenn ihr Verhalten durch Kontextinformation beeinflusst wird.

Als Beispiele für kontextbezogene Anwendungen wollen wir hier eine Navigationsanwendung und ein Flottenmanagementsystem betrachten. In beiden Anwendungen sind Orte – beispielsweise in Form von Straßenkarten – und Fahrzeuge als mobile Objekte relevant. Die Entitäten beider Anwendungen sind also die Fahrzeuge und die durch Straßenkarten modellierten Orte. Während der Kontext des Flottenmanagements sich aus der Gesamtheit der betrachteten Fahrzeuge, deren Position und weiteren Informationen wie Ladung und Zustelltermin ergibt, betrachtet die Navigationsanwendung im Wesentlichen ein Fahrzeug. Der Kontext der Navigationsanwendung wird durch die aktuelle Position des betrachteten Fahrzeugs, das Navigationsziel, das Straßennetz und eventuell zusätzliche Informationen, wie zum Beispiel die aktuelle Verkehrssituation, bestimmt. Hierbei ist zu sehen, dass ein und dieselbe Entität, in diesem Fall Fahrzeuge, in unterschiedlicher Weise Kontext für verschiedene Anwendungen darstellt.

Wir können zwischen zwei Arten von Kontext unterscheiden:

Primärkontext ist Ort, Identität und Zeit. *Sekundärkontext* lässt sich über weitere Attribute von Entitäten ableiten, die beispielsweise angeben, welchen Zustand/Aktivität eine Entität hat. Der Primärkontext dient somit als Index, um Entitäten zu isolieren. Der Sekundärkontext ergibt sich dann aus den weiteren Eigenschaften solcher Entitäten. In der Regel benötigt man eine Kombination aus Ort und Zeit bzw. Identität und Zeit, um sinnvoll auf den Kontext zugreifen zu können, wobei die Zeit durch den aktuellen Zeitpunkt auch implizit gegeben sein kann.

Im Beispiel der Navigationsanwendung ist der Primärkontext durch das Ziel (Ort) und das zu navigierende Fahrzeug (Identität, Ort) und die aktuelle Zeit gegeben. Die Orte werden durch die Straßenkarte modelliert. Das Flottenmanagementsystem wird ebenso auf die räumlichen Daten zurückgreifen, aber dabei mehrere Fahrzeuge (Identität) berücksichtigen. Neben der aktuellen Zeit kann hier auch die Historie bzw. die Prognose/Planung eine Rolle spielen, das heißt, wo waren die Fahrzeuge bzw. wo werden sie sein. Entitäten sind hier also Fahrzeuge und Orte in Form von Positionen und Zielen.

Über diese Primärkontexte ist nun auch ein Zugriff auf Sekundärkontexte möglich. So wird die Navigationsanwendung über das Fahrzeug den aktuellen Aufenthaltsort, wichtige Fahrzeugeigenschaften, wie zum Beispiel die Höchstgeschwindigkeit, den Fahrer und darüber dann wieder dessen Präferenzen usw. ermitteln. Über die Straßenkarte lassen sich mögliche Fahrtrouten ermitteln, für die dann die aktuelle Verkehrssituation berücksichtigt werden kann. (Diese wiederum lassen sich aus der Anzahl und aktuellen Geschwindigkeit von Fahrzeugen und den Wetterinformationen ableiten – Kontextinformation, die wieder aus „einfacheren“ Kontextinformationen wie Sensorwerten ableitbar ist.)

Für das Flottenmanagement stellen die aktuelle Position, die aktuelle Geschwindigkeit, die aktuelle Ladung, der Zustelltermin, der Zustand des Fahrzeugs, der letzte Wartungstermin und der Fahrer wichtige Kontextinformationen dar, die über das jeweilige Fahrzeug (Primärkontext) ermittelt werden können. So kann zum Beispiel über die aktuelle Position die gültige Geschwindigkeitsbeschränkung ermittelt und mit der aktuellen Geschwindigkeit verglichen werden. Somit kann kontextbezogen eine Warnung an den Fahrer ausgegeben werden. Ebenso können für den aktuellen Fahrer (hier dann als Primärkontext) Informationen wie Ruhepausen oder Überstundenkonto erfasst werden. Für das Fahrzeug wiederum können der aktuelle Zustand sowie Wartungsintervalle und die letzte Wartung nachgefragt werden. In Abhängigkeit dieser Informationen sowie der nächsten Werkstatt und der aktuellen Auslastung kann dann eine Wartung durchgeführt werden.

Die Kontextinformation kann dabei von der Anwendung selbst oder einer Infrastruktur zur Unterstützung kontextbezogener Anwendungen erfasst und verwaltet werden.

3 Merkmale kontextbezogener Anwendungen

In Bezug auf den Kontext lassen sich generell bei Anwendungen drei Arten der Verhaltensänderung unterscheiden:

Kontextbezogene Selektion: Bei der Auswahl von Diensten und Informationen kann der Kontext einbezogen werden. Die Klassifikation von Informationen nach ihrem Ort bzw. der Nähe zu einem Benutzer stellt bei vielen Anwendungen ein wesentliches Kriterium für die Auswahl von Diensten oder Informationen dar. Insbesondere, weil Benutzer Informationen über ihre unmittelbare, erreichbare Umgebung (Restaurants, Taxis, Drucker, Busfahrpläne, etc.) benötigen, sind der Ort, die Identität und die Zeit als Primärkontext hier relevant. Sekundärkontext, wie persönliche Präferenzen, können in die Auswahl mit einbezogen werden.

Kontextbezogene Präsentation: In Abhängigkeit des Kontexts verändert sich die Darstellung einer Anwendung. Über den Ort lassen sich mögliche Darstellungsmedien (Audio, Video, etc.) in der Nähe eines Benutzers selektieren, die von einer Anwendung ausgewählt werden können. Weitere Kontextinformationen, wie die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges, können dann herangezogen werden, um die Anzeige auf wesentliche Elemente – einen Richtungspfeil oder Sprachausgabe – zu reduzieren. Im Wesentlichen spielen hier bei der Auswahl und Darstellung von Objekten der Detaillierungsgrad der Informationen und die Wahl des Mediums eine Rolle.

Kontextbezogene Aktionen: In Abhängigkeit von Ort und Identität eines Benutzers können Aktionen wie die Weiterleitung von Nachrichten auf einen Anrufbeantworter (im Falle von Besprechungen) oder ein anderes Telefon (bei Aufenthalt in einem anderen Büro) initiiert werden. Die automatische Konfiguration von Umgebungen (Licht, Temperatur, etc.) nach den Präferenzen von Anwendern ist ebenfalls eine kontextbezogene Aktion.

Diese Einordnung unterscheidet sich von der von *Dey* und *Abowd*,³ indem die Kennzeichnung (tagging) von Kontextinformationen für spätere Verwendung der Information als eine Verwaltungsaufgabe gesehen wird und gegenüber der von *Schilit* und anderen⁴ vorgeschlagen kontextbezogenen Aktion zurücktritt.

4 Beispiele kontextbezogener Anwendungen

Im Folgenden sollen einige existierende kontextbezogene Anwendungen betrachtet werden. Obwohl das Spektrum möglicher Anwendungen sehr breit ist, können wir im Rahmen dieses Beitrags nur einige wenige Anwendungsbereiche skizzieren. Wir gehen davon aus, dass zukünftig die meisten Anwendungen von Kontextinformation profitieren werden.

Industrielle Fertigung: Im Teilprojekt „Smart Factory“⁵ des SFB 627 Nexus an der Universität Stuttgart wird ein digitales Fabrikmodell entwickelt, das nicht nur ortsfeste, sondern auch mobile Objekte, wie etwa Werkzeuge oder mobile Messeinrichtungen, beinhaltet. Mit jedem Objekt kann hochgradig dynamische Information verbunden sein, wie etwa die Position, die Konfiguration oder der Abnutzungsgrad eines Werkzeugs. Im Rahmen dieses Projekts konnte man zeigen, dass viele Anwendungen in diesem Umfeld, wie etwa das Ressourcenmanagement, das Qualitätsmanagement oder die Produktionsplanung und -steuerung von Kontextinformation substantiell profitieren können.

Handel: Der Handelskonzern Metro erprobt in seinem Future Store (Metro Future Store Initiative) den Einsatz und die Akzeptanz neuer Technologien. Im Supermarkt der Zukunft kommen insbesondere Transponder-Technologien und andere Sensoren zum Einsatz, die dem Handel und dem Kunden Vorteile bringen sollen.

Logistik: Der SFB 637 an der Universität Bremen untersucht die Selbststeuerung als ein neues Paradigma für logistische Prozesse (SFB 637). Die Steuerung dieser Prozesse baut auf die Verfügbarkeit von Kontextinformation, wie etwa den Ort, den Inhalt, den Zustand oder die Nachbarschaft eines Containers. Andere Projekte (COBIS) untersuchen die Nutzung von Kontextinformation für die Koordination von Geschäftsprozessen.

Stadt-/Touristen-/Museumsführer: Cyberguide⁶ ist ein lokationsbasierter Führer für Besucher des Graphics, Visualization and Usability Center an der Georgia Tech. Zunächst wurde ein Führer für Innenräume mit infrarot-basierter Positionierung realisiert. Später wurde das System auch für die Benutzung im Freien erweitert,⁷ wobei GPS zur Lokationsbestimmung zur Anwendung kam.

³ Dey und Abowd 1999.

⁴ Schilit et al. 1994.

⁵ Westkämper und Jendoubi 2003.

⁶ Long et al. 1996.

⁷ Abowd et al. 1997.

Neben dem Abrufen lokationsbezogener Informationen stellt das System auch automatisch ein Tagebuch der besuchten Orte zusammen. Das Guide System⁸ wurde als Touristenführer für die Altstadt von Lancaster entwickelt. Der Benutzer bekommt automatisch Informationen über die Sehenswürdigkeiten in seiner Umgebung und kann je nach Interesse weitere Informationen abfragen oder Online-Dienste, wie Hotelreservierungen, nutzen. Die Basis von Guide ist eine Infrastruktur, in der Informationen über die für Touristen interessanten Objekte in erweiterbarer Form vorliegen. Mobile Anwender erhalten durch Funk-LAN und mobile Endgeräte Zugriff auf diese Infrastruktur.

Annotation/Virtuelle Erweiterung: Eine weitere Art von kontextbezogenen Anwendungen ist dadurch charakterisiert, dass die reale Welt durch zusätzliche Information erweitert (augmentiert) wird. Dabei werden reale Objekte mit zusätzlichen Informationen annotiert. Der Anwender erhält Zugriff auf Informationen – virtuelle Objekte – die mit Objekten in der realen Welt verknüpft sind. Das Stick-e Notes System⁹ benutzt als Metapher für die Augmentierung Post-its, sogenannte Stick-e Notes, die virtuell mit einem bestimmten Kontext verknüpft werden können, zum Beispiel mit einer Lokation, einer Person, einem Objekt oder einer Kombination. Tritt dieser Kontext ein, wird der Benutzer darüber informiert oder es wird automatisch eine Aktion ausgeführt. Das VIT System¹⁰ basiert auf der Metapher der virtuellen Litfaßsäule. Eine virtuelle Litfaßsäule wird an einem bestimmten Ort aufgestellt und besitzt einen Sichtbarkeitsbereich. Sie bietet Informationen innerhalb ihres Sichtbarkeitsbereichs in Form von Postern an. Die hierarchisch strukturierten Poster sind Webseiten, die so an einen Ort gebunden werden. Für Poster und Litfaßsäulen können Zeiträume angegeben werden, in denen sie gültig sind.

Navigation: Im REAL-Projekt¹¹ soll die Navigation für Fußgänger adaptiv unterstützt werden. Je nach Situation des Benutzers (Stehen oder Laufen, Außen- oder Innenbereich) und Möglichkeiten seines mobilen Endsystems (Bildschirmgröße, Sprachausgabe) soll er der Situation angepasste Benutzerausgaben erhalten. Zum Beispiel hilft einem schnell laufenden Benutzer eine detaillierte Karte in der Regel wenig – Pfeile, welche die ungefähre Richtung anzeigen, sind hier hilfreicher.

Büroanwendungen: Mit dem Active Badge System,¹² das auf einer Infrarot-basierten Positionierung aufbaut, können Aktionen in Abhängigkeit des Aufenthaltsorts eines Benutzers ausgelöst werden. Eingehende Telefongespräche werden beispielsweise dorthin weitergeleitet, wo der Benutzer sich gerade befindet. Mit dem Active Bat System,¹³ das auf Ultraschallbasis eine genauere Positionierung des Benutzers ermöglicht, ist Teleporting möglich, d. h. die graphische Benutzerführung einer Anwendung benutzt die Ausgabemöglichkeit am aktuellen Aufenthaltsort des Benutzers, die am besten dafür geeignet ist.

⁸ Davies et al. 2002.

⁹ Pascoe 1997.

¹⁰ Leonhardi et al. 1999.

¹¹ Baus et al. 2002.

¹² Want et al. 1992.

¹³ Harter et al. 1999.

5 Wissenschaftliche Herausforderungen

Die Entwicklung globaler Umgebungsmodelle beinhaltet nicht nur Fragen der Modellierung und föderierten Verwaltung von Modellen, sondern auch der Kommunikation, der Integration von Sensordaten sowie der Darstellung von Modellinformation. Im Hinblick auf Fragen der Akzeptabilität sind überzeugende Sicherheitskonzepte sowie die Berücksichtigung gesellschaftlicher Aspekte von zentraler Bedeutung. Forschungsbedarf besteht deshalb insbesondere in den folgenden Bereichen:

- **Modellierungs- und Erweiterungskonzepte**
Wenn kontextbezogene Anwendungen nicht isoliert voneinander, sondern in einer gemeinsamen systemtechnischen und semantischen Umgebung ablaufen sollen, stellt die Modellierung solcher Umgebungsmodelle eine große Herausforderung dar. Es müssen Informationsstrukturen entwickelt werden, die semantische Interoperabilität unterstützen, zugleich jedoch für neue Anwendungen und Umgebungsdaten offen sind. Um die unterschiedlichen Bedürfnisse von Anwendungen berücksichtigen zu können, müssen die Daten in verschiedenen Detaillierungsstufen bereitgestellt werden. Die Integration heterogener topographischer und topologischer Umgebungsmodelle muss ebenso berücksichtigt werden.
- **Föderiertes Modellmanagement**
Die Integration heterogener Umgebungsmodelle kann durch die Anwendung von Föderierungskonzepten erzielt werden, wodurch Anwendungen eine einheitliche Sicht auf die Daten erhalten. Dazu muss Umgebungsinformation, die potentiell verteilt bei verschiedenen Anbietern gespeichert sein kann, aufgrund ihrer geographischen Relevanz ausgewählt und von Föderationsmechanismen in integrierter Form zur Verfügung gestellt werden. Neben räumlichen Anfragen unterschiedlicher Art kann die Föderationskomponente noch weitere Funktionen unterstützen, wie etwa die multimodale Navigation, die spezielle Aufbereitung von Daten (z.B. Berechnung dreidimensionaler Sichten) oder die Verwaltung und Beobachtung räumlicher Ereignisse.
- **Integration von Zeitkonzepten**
Die Ergänzung der Umgebungsmodelle um temporale Aspekte stellt eine große Herausforderung dar. Damit lassen sich zeitabhängige Ereignisse definieren, Anfragen hinsichtlich vergangener bzw. prognostizierter Zustände der Realwelt stellen, oder auch Objekte mit zeitabhängigen Werten definieren (Öffnungszeiten, Messwerte, etc.). Der Zeitaspekt muss natürlich auf der Ebene der Modellierung und Anfragesprache berücksichtigt werden und hat außerdem einen starken Einfluss auf die internen Speicher- und Zugriffsstrukturen.
- **Generische Integration von Sensordaten**
Durch die rasch fortschreitende Verbreitung unterschiedlichster Sensorsysteme zur Erfassung von Kontextinformation ist die Integration der gewonnenen Sensordaten ein zentraler Aspekt. Offene Fragen sind hier, welche Sensoren geeig-

net sind, entsprechende Kontextinformationen für das Umgebungsmodell mit möglichst wenig Redundanz zu liefern. Aufgrund der riesigen anfallenden Datenmenge sind insbesondere Ansätze zur automatischen Integration von Sensordaten von großem Interesse.

- **Konsistenzkonzepte**

Fragen der Konsistenz spielen auf unterschiedlichen Ebenen eine zentrale Rolle. Beispielsweise können Sensorsysteme widersprüchliche Kontextinformation erfassen, die durch geeignete Verfahren vor der Übernahme in das Umgebungsmodell in Übereinstimmung gebracht werden muss. Darüber hinaus können Inkonsistenzen zwischen mehrfachen Repräsentationen desselben Realweltobjekts existieren, welche auf der Ebene der Föderation zu behandeln sind. Schließlich können Inkonsistenzen von Umgebungsmodellen mit der Realwelt selbst auftreten, deren Häufigkeit von der Qualität und Vollständigkeit der sensorisch erfassten Information abhängt. Zu entwickeln sind daher geeignete Konsistenzkonzepte und Methoden der Konsistenzwahrung in Umgebungsmodellen.

- **Kommunikationsplattform und modellbasierte Kommunikation**

Ziel muss es sein, mobilen Benutzern Zugriff auf die Modellinformation an jedem Ort und zu jeder Zeit zu gewährleisten. Ein Problem dabei ist die Heterogenität der drahtlosen Zugangnetze, zwischen denen ein nahtloser Übergang zu gewährleisten ist, um dem Benutzer entsprechend seinen Bedürfnissen die bestmögliche Netzanbindung zur Verfügung zu stellen. Ein weiteres Problem stellt der häufige Verlust der Netzverbindung dar sowie das Nebeneinander von hochverfügbaren teuren Verbindungen (wie UMTS) und nur in bestimmten begrenzten Gebieten verfügbaren günstigen Verbindungen (W-LAN-Hotspots). Diesem Spannungsfeld kann mit adäquaten Caching- oder Hoarding-Verfahren begegnet werden. Auf höherer Ebene stellt sich das Problem geeigneter Kommunikationskonzepte zur Interaktion von Anwendungen mit dem Umgebungsmodell, wobei sowohl Pull- als auch Push-Ansätze relevant sind. Die Existenz globaler Umgebungsmodelle ermöglicht innovative Kommunikationskonzepte, die es zu erforschen gilt. Möglich wird beispielsweise ein feingranulares Geocast-Konzept für die Kommunikation von Nachrichten an Empfänger in einem bestimmten räumlichen Zielobjekt, wie etwa einem Gebäude, einem Raum oder dem Speisewagen eines Zuges. Des Weiteren ergeben sich auf der Grundlage von Umgebungsmodellen verschiedene zusätzliche Optimierungsmöglichkeiten. Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass Caching- und Hoarding-Verfahren durch die Berücksichtigung von Kontextinformation, insbesondere von Ortsinformation, stark profitieren können.

- **Sicherheitskonzepte**

Voraussetzung für die breite Akzeptanz globaler Umgebungsmodelle ist es, die Schutzziele aller Beteiligten in ein ausgewogenes Verhältnis zu bringen. Hierfür werden durch die Verfügbarkeit von Umgebungsmodellen sowohl neue Herausforderungen als auch neuartige Sicherheitskonzepte und -mechanismen erwartet. Das Hauptziel der Sicherheitsforschung sollte aus Gründen der Ak-

zeptabilität der Schutz der Privatsphäre der Benutzer sein. Der Entwurf von Sicherheitsmechanismen benötigt eine genaue Untersuchung der Schutzziele aller Beteiligten¹⁴ und deren Spezifikation in definierten Sicherheitsrichtlinien. Die zu entwickelnden Schutzmechanismen erfordern eine vorsichtige Abwägung des durch sie gewonnenen Nutzens gegenüber den durch sie verursachten Kosten.

- **Automatisches Erfassen von Modelldaten**
Detaillierte räumliche Umgebungsmodelle sind in großem Umfang nur dann möglich, wenn die erforderlichen Modelldaten automatisch erfasst und die räumlichen Modelle automatisch aufgebaut werden können. Gesucht sind daher Verfahren, die geeignet sind, räumliche Modelle initial zu generieren bzw. Modelle bei Änderungen in der Realwelt automatisch nachzuführen. Solche Verfahren müssen den räumlichen und semantischen Kontext von Innen- bzw. Außenräumen berücksichtigen.
- **Methoden der Modellpräsentation und -interaktion**
Adaptivität der Darstellung und Interaktion mit Umgebungsmodellen ist eine Forschungsaufgabe, die sowohl von der dynamischen Entwicklung der Endgerätetechnologie als auch durch Anforderungen der sich ständig erweiternden Benutzerprofile getrieben wird. Hier müssen neue Programmierschnittstellen, neue Algorithmen für Transport und Aufbereitung der darzustellenden Daten und neue Interaktionsmetaphern untersucht werden. Im Hinblick auf die sehr begrenzte Darstellungsfläche bei mobilen Geräten müssen Methoden der Simplifizierung geometrischer Modelle, der semantischen Analyse von Objekten des Umgebungsmodells und der Generierung und Suche von Ersatzdarstellungen untersucht werden.
- **Berücksichtigung gesellschaftlicher Aspekte**
Schließlich sind auch Fragen der Akzeptabilität der durch die auf den Umgebungsmodellen basierenden Anwendungen veränderten Welt- und Selbstverhältnisse der Nutzer (Wirklichkeitserfahrung, Kompetenzentwicklung, Sicherheit und Risikomanagement, Kommunikationsstrategien) zu untersuchen. Dies dient der Evaluierung der neuen Technologie und der daraus resultierenden Anwendungen. Darüber hinaus sind neue Anwendungsvisionen zu erschließen und insbesondere unter dem Gesichtspunkt von Vertrauenswürdigkeit, Datenschutz- und Datensicherheitsbedürfnissen mit der gesellschaftlichen Akzeptabilitätsbasis abzugleichen.

Diese Fragestellungen werden im Sonderforschungsbereich 627 „Nexus – Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme“ an der Universität Stuttgart bearbeitet. Der im Januar 2003 an der Universität Stuttgart eingerichtete Sonderforschungsbereich gliedert sich in 14 wissenschaftliche Teilprojekte aus sechs Disziplinen: Informatik, Elektrotechnik, Photogrammetrie, Verkehrswesen, Fertigungstechnik und Technikphilosophie.¹⁵

¹⁴ S. Roßnagel/Jandt/Müller/Gutscher/Heesen 2006.

¹⁵ Weitere Informationen zum SFB und seinem Forschungsprogramm finden sich unter <http://www.nexus.uni-stuttgart.de>.

6 Zusammenfassung

Kontextbezogene Anwendungen sind in ihren Anfängen bereits in den ersten Stadien ihrer kommerziellen Nutzung angelangt. Die weiterhin fortschreitende Entwicklung in Bereichen der eingebetteten Systeme und Kommunikationstechnologien wird aber zu weit darüber hinausgehenden Anwendungsfeldern führen. Dieser Beitrag hat die Vision globaler digitaler Weltmodelle als Basis kontextbezogener Anwendungen vorgestellt. Insbesondere existieren noch keine abschließenden Erkenntnisse in vielen relevanten Bereichen, wie der Modellierung, Sicherheit, Konsistenz und der Modellrepräsentation. Weitere Forschungsfragen ergeben sich aus der Anwendung solcher digitalen Weltmodelle. Neben neuen Kommunikationsparadigmen, wie dem Geocast, und neuartigen kontextbezogenen Anwendungen ergeben sich aber auch Fragestellungen nach der gesellschaftlichen Akzeptabilität. Die Breite an wissenschaftlichen Fragestellungen erfordert einen interdisziplinären Ansatz, wie er im Sonderforschungsbereich 627 Nexus an der Universität Stuttgart verfolgt wird.

7 Literatur

- Abowd GD, Atkeson CG, Hong J, Long S, Kooper R, Pinkerton M (1997), Cyberguide: A mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks* 3(5): 421–433.
- Baus J, Krüger A, Wahlster W (2002), A resource-adaptive mobile navigation system. In: *Proceedings of International Conference on Intelligent User Interfaces*, San Francisco, ACM Press, pp 15–22.
- Chen G, Kotz D (2000), A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381, Dartmouth College.
- COBIS Collaborative Business Items, <http://www.cobis-online.de/>.
- Davies N, Cheverst K, Friday A, Mitchell K (2002), Future wireless applications for a networked city: Services for visitors and residents. *IEEE Wireless Communications*: 8–16.
- Dey AK, Abowd GD (1999), Towards a better understanding of context and context-awareness. Georgia Tech GVU Technical Report, GIT-GVU-99-22.
- Harter A, Hopper A, Steggles P, Ward A, Webster P (1999), The anatomy of a context-aware application. In: *Proceedings of the fifth annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, Seattle, WA, ACM Press, pp 59–68.
- Leonhardi A, Kubach U, Rothermel K (1999), Virtual Information Towers – A metaphor for intuitive, location-aware information access in a mobile environment. In: *Proceedings of the third International Symposium on Wearable Computers*, San Francisco, CA, pp 15–20.
- Long S, Kooper R, Abowd GD, Atkeson CG (1996), Rapid prototyping of mobile context-aware applications: the Cyberguide case study. In: *Proceedings of the second annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, White Plains, NY, ACM Press, pp 97–107.
- Metro Future Store Initiative, <http://www.future-store.org>.
- Mitchell K (2002), A Survey of Context-Awareness. Internal Technical Report, <http://www.comp.lancs.ac.uk/~km/papers/ContextAwarenessSurvey.pdf>.
- Pascoe J (1997), The stick-e note architecture: Extending the interface beyond the user. In: *Proceedings of the 1997 International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp 261–264.

- Roßnagel A, Jandt S, Müller J, Gutscher A, Heesen J (2006), Datenschutzfragen mobiler kontextbezogener Systeme, Wiesbaden.
- Schilit B, Adams N, Want R (1994), Context-aware computing applications. In: Proceedings of the first International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp 85–90.
- SFB 637, <http://www.sfb637.uni-bremen.de/>.
- Want R, Hopper A, Falcao V, Gibbons J (1992), The Active Badge Location System. ACM Transactions on Information Systems, 10(1): 91–102.
- Westkämper E, Jendoubi L (2003), Smart Factories – Manufacturing Environments Of The Future, 36th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Prof. H. Bley, Saarbrücken 2003, pp 13–16.

Prof. Dr. Dr. h.c. Kurt Rothermel wurde im Jahre 1985 an der Universität Stuttgart zum Dr. rer. nat. im Fach Informatik promoviert. Im Rahmen seiner Dissertation hat er sich mit verteilten Transaktionssystemen befasst. Von 1986 bis 1987 war er „Post-Doctoral Fellow“ im IBM Almaden Research Center in San Jose, U.S.A., wo er in der Datenbankforschung mitwirkte. Nach einem mehrmonatigen Aufenthalt als Gastwissenschaftler in einem IBM-Labor in Stuttgart wurde Kurt Rothermel Mitarbeiter des IBM European Networking Center in Heidelberg, wo er für verschiedene Projekte im Bereich der verteilten Anwendersysteme verantwortlich war.

Seit 1991 hat Kurt Rothermel eine Professur im Fach Informatik an der Universität Stuttgart inne und leitet die Abteilung „Verteilte Systeme“ am Institut für Parallele und Verteilte Systeme. Seine Forschungsinteressen liegen auf dem Gebiet der Verteilten Systeme und Rechnerkommunikation. Er hat in diesem Themengebiet mehr als 120 wissenschaftliche Artikel publiziert und ist Herausgeber mehrerer wissenschaftlicher Zeitschriften. Aktuell leitet er verschiedene Projekte in den Bereichen Mobile Computing und Ubiquitous Computing. Seit Januar 2003 ist er Sprecher des DFG-Sonderforschungsbereichs 627 „Digitale Weltmodelle für mobile kontextbezogene Systeme“, eines großen interdisziplinären Forschungsverbunds an der Universität Stuttgart.

Digitale Visionen

Zur Gestaltung allgegenwärtiger

Informationstechnologien

Roßnagel, A.; Sommerlatte, T.; Winand, U. (Hrsg.)

2008, XI, 194 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-77021-3