

SFB 627 Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme

Kurt Rothermel, Dieter Fritsch, Paul J. Kühn, Bernhard Mitschang,
Martin Bauer, Christian Becker, Christian Hauser, Daniela Nicklas, Steffen Volz

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
70569 Stuttgart
Kurt.Rothermel@informatik.uni-stuttgart.de

Zusammenfassung: Ziel des Sonderforschungsbereichs 627 „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 durch sie erst ermöglicht.

1 Einleitung

Die rasch fortschreitende Entwicklung und Verbreitung von Mobilkommunikation birgt ein hohes Potenzial für ein breites Spektrum innovativer Anwendungen. Weiter unterstützt wird dies durch die Verfügbarkeit mobiler multifunktionaler Endgeräte, die neben Kommunikations- und Rechnerfunktionen auch unterschiedliche Sensoren, beispielsweise zur Positionsbestimmung integrieren. Eine weitere interessante Entwicklung wird unter dem Schlagwort „Ubiquitous Computing“ zusammengefasst: Systeme werden (in großer Anzahl) in Alltagsgegenstände integriert und machen diese kommunikationsfähig und „intelligent“. Alltagsgegenstände können nun Informationen über ihren Zustand und den der Umgebung erfassen. Durch die Einbettung dieser Informationen in Modelle der realen Welt, die durch dreidimensionale Darstellung heute schon realitätsnah repräsentiert werden können, entstehen digitale Umgebungsmodelle. Innerhalb dieser Umgebungsmodelle können nicht nur real existierende Objekte und ihr Zustand abgebildet werden, sondern zusätzliche Informationen mit diesen Objekten verknüpft werden. Es 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 sogenannten kontext-bezogenen (*context-aware*) Systeme, die Parameter ihrer Umgebung berücksichtigen und sich dadurch der jeweiligen Situation anpassen können. Ein signifikanter Umgebungsparameter, welcher in ortsbezogenen (*location-aware*) 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 potentiell globale Umgebungsmodelle. Langfristiges Ziel des Sonderforschungsbereichs 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.

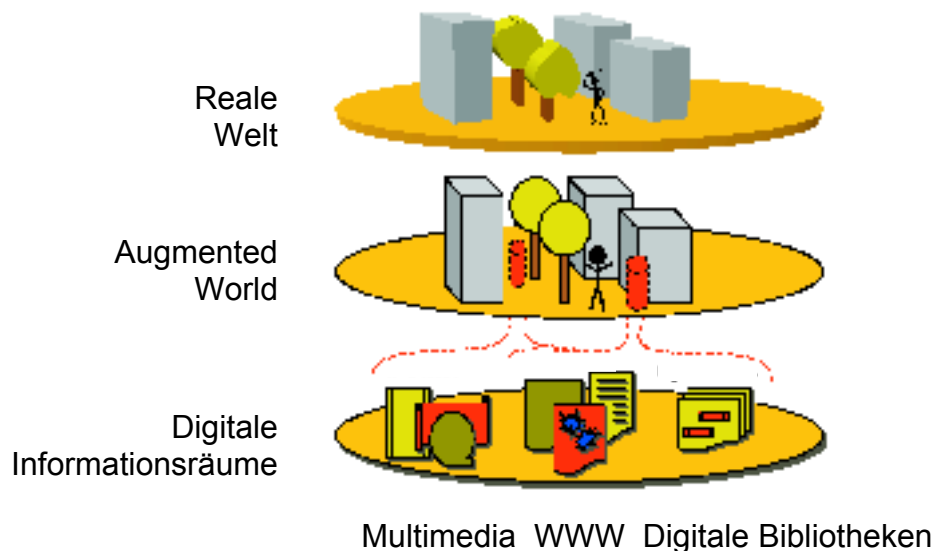


Abbildung 1: Das „Augmented World Model“

Die Modellierung der physischen Welt führt bereits zu einem Umgebungsmodell. Darüber hinaus können Alltagsgegenstände Informationen über ihren Zustand und den der Umgebung erfassen, und in das Umgebungsmodell einbetten. Schließlich können real existierende Objekte mit zusätzlichen Informationen verknüpft werden und virtuelle Objekte hinzugefügt werden. Es entsteht ein „Augmented World Model“, also ein angereichertes Umgebungsmodell, dessen Symbiose aus realer Welt und digitalen Informationsräumen in Abbildung 1 verdeutlicht wird.



Abbildung 2: Automatisch generiertes 3D-Modell

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.

2 Anwendungen von Umgebungsmodellen

Auf Basis solcher Umgebungsmodelle werden neue, innovative Anwendungen möglich, die auf Informationen der realen, durch Sensoren erfassten Umgebungsinformationen und auf zusätzliche aggregierte Informationen zurückgreifen können. Es steht somit eine Fülle von Informationen zur Verfügung, die weit über die in heutigen Systemen bereitgestellten hinausgeht. Darauf aufbauende Informationssysteme können den Ort, die Tätigkeit und die Umgebung eines Benutzers ausnutzen, um Informationen anzubieten und um daraus die für den Benutzer aufgrund seiner Person (Präferenz, Zugangsberechtigung, Identität, etc.) oder Tätigkeit (Einkaufen, Touristentour, Wartungsarbeiten in einem Gebäude, etc.) relevanten Informationen auszuwählen. Zur Interaktion mit dem Benutzer können existierende Technologien, wie Navigationssysteme in Fahrzeugen oder mobile Telefone benutzt werden, aber auch neue Entwicklungen wie Brillen mit eingeblendetem Bildschirm oder in die Kleidung integrierte Anzeigen zum Einsatz kommen.

Umgebungsmodelle ermöglichen weitere Anwendungsfelder. Durch die Miniaturisierung von Computern können Werkstücke und Verbrauchsmaterialien sich in einer "Smart Factory" selbst organisieren und zu einem verbesserten Produktionsablauf führen. Ein weiteres Anwendungsfeld ist beispielsweise die Unterstützung behinderter Menschen. Navigationssysteme für sehbehinderte Menschen können mit den Informationen des Umgebungsmodells Hindernisse, den Zustand von Ampeln, oder Gruppen anderer Menschen feststellen und Hinweise für die Wegwahl geben.

Neben den Anwendungen können auch neue Systemdienste von Umgebungsmodellen profitieren. So werden neue Kommunikationsformen wie zum Beispiel ortsbasierte Kommunikation und räumliche Ereignisse möglich. Ortsbasierte Kommunikation erlaubt das Versenden von Nachrichten an einen Ort, beispielsweise an mobile Anwender auf einer Straße (Stauwarnung). Räumliche Ereignisse lösen Aktionen des Systems in Abhängigkeit bestimmter räumlicher Konstellationen der realen Welt aus (Begegnungen, Betreten eines Raumes, etc.).

3 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 geeignet 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 Zugangsnetze, zwischen denen ein nahtloser Übergang zu gewährleisten

ist, um dem Benutzer entsprechend seiner Bedürfnisse die bestmögliche Netzanbindung zur Verfügung zu stellen. Ein weiteres Problem stellen 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 Akzeptabilität auf dem Schutz der Privatsphäre der Benutzer liegen. Der Entwurf von Sicherheitsmechanismen benötigt eine genaue Untersuchung der Schutzziele aller Beteiligten und deren Spezifikation in definierten Sicherheitsrichtlinien. Die zu entwickelnden Schutzmechanismen erfordert 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.

4 Der Sonderforschungsbereich 627

Der Sonderforschungsbereich 627 „Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme“ an der Universität Stuttgart gliedert sich in 14 wissenschaftliche Teilprojekte aus sechs Disziplinen (Informatik, Elektrotechnik, Photogrammetrie, Verkehrswesen, Fertigungstechnik und Technikphilosophie) mit einem Informatik-Schwerpunkt. Sprecher des Sonderforschungsbereichs ist Prof. Dr. Kurt Rothermel vom Institut für Parallele und Verteilte Systeme. 31 wissenschaftliche Mitarbeiter forschen unter der Leitung von 11 Teilprojektleitern in der ersten Förderperiode von 2003 bis 2006.

Der Sonderforschungsbereich geht auf eine Forschergruppe zurück, die vom Institut für Photogrammetrie (Prof. Fritsch), dem Institut für Kommunikationsnetze und Rechnersysteme (Prof. Kühn) und dem Institut für Parallele und Verteilte Systeme (Prof. Rothermel, Prof. Mitschang) gebildet wurde. In drei Jahren erfolgreicher Forschung stellte sich heraus, dass eine Ausweitung des Projekts auf weitere Bereiche notwendig ist, um dieses zukunftssträchtige Forschungsgebiet im internationalen Vergleich adäquat zu besetzen. Die hierfür notwendige Größe hat zu der Bildung des interdisziplinären Sonderforschungsbereichs 627 geführt.

Die umfangreichen Vorarbeiten der Forschergruppe wurden durch internationale Veröffentlichungen dem Fachpublikum zugänglich gemacht. Weiterhin wurde ein Prototyp der „Nexus“-Plattform als Demonstrator entwickelt. Die Praxisrelevanz der erarbeiteten Ergebnisse wurde der Öffentlichkeit auch auf Messen wie der CeBIT und in Kurzberichten in populären Zeitschriften (Bild der Wissenschaft, Focus, etc.) präsentiert.

Im Folgenden werden exemplarisch in der Forschergruppe Nexus erarbeitete Ergebnisse vorgestellt.

5 Modellierung und Verwaltung föderierter Umgebungsmodelle

Die Nexus-Plattform (Abbildung 3) ist eine Infrastruktur für kontextbezogene Dienste und Anwendungen [HKL+99]. Ähnlich wie das World Wide Web soll sie offen für eine Vielzahl von Datenanbietern und Anwendungen sein. Dazu wurde eine Architektur entwickelt, die aus drei Ebenen besteht: der Anwendungs-, der Föderations- und der Dienstebene. [NGS+01] beschreibt den Aufbau der Plattform und ihrer Komponenten.

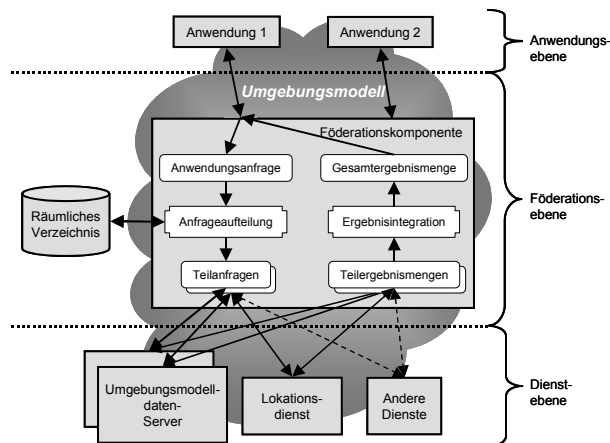


Abbildung 3: Architektur der Nexus-Plattform

Nexus-Anwendungen kontaktieren einen Server der Föderationsebene z.B. über eine drahtlose Verbindung und senden eine räumliche Informationsanfrage. Hierfür wurde eine XML-Anfragesprache namens AWQL mit räumlichen Prädikaten entwickelt, die Anfragen wie z.B. „Gib mir alle Objekte in meiner Nähe vom Typ Restaurant“ ermöglicht. Die Anwendungen erhalten von der Föderationsebene das Ergebnis in einem XML-Austauschformat und visualisieren es in geeigneter Weise dem Benutzer. Für die Anwendungen erscheint die Föderation wie eine einzige, riesige Datenbank, welche sie vor der Verteilung der Daten auf verschiedene Server in der Dienstebene abschirmt.

Die statischen Daten des Umgebungsmodells, z.B. Gebäude oder Straßen oder auch Verweise auf ortsrelevante Webseiten, werden von autonomen Umgebungsmodellservern verwaltet, die von verschiedenen Anbietern bereitgestellt werden. In der Föderationsebene werden die Anfragen der Anwendungen an die Komponenten in der Dienstebene verteilt. Dafür sind in einem räumlichen Verzeichnis die Adressen der Umgebungsmodellserver, das von ihnen Daten abgedeckte Gebiet und die von ihnen gespeicherten Objekttypen abgelegt. Damit kann festgestellt werden, welche Umgebungsmodellserver für eine bestimmte Anfrage zuständig sind. Die Föderationsebene leitet evtl. modifizierte Teilanfragen an diese weiter und sammelt die Teilergebnisse. Diese werden in eine Gesamtergebnismenge integriert und an die Anwendung übertragen.

Um mehrfach repräsentierte Objekte zu erkennen und zu verschmelzen, sind weitere Arbeiten nötig. Zudem ist die Einbindung externer Komponenten zur Ergebnismengenaufbereitung, eine effiziente Anfrageverarbeitung und die Erweiterung der Anfrageverarbeitung um z.B. Cursor-Konzepte und Continuous Queries geplant.

Die Daten des Umgebungsmodells, z.B. Gebäude oder Straßen oder auch Verweise auf ortsrelevante Webseiten, werden von autonomen Servern verwaltet, die von verschiedenen Anbietern bereitgestellt und über einen Eintrag im räumlichen Verzeichnis der Nexus-Plattform bekannt gemacht werden. Sie stellen die Daten in einem definierten Format zur Verfügung.

Ausgehend von einer Szenarien-Analyse wurden Basis-Objekttypen identifiziert, die für viele ortsbezogene Anwendungen relevant sind. Aus diesen Basis-Objekttypen wurde das Standard Class Schema zur Darstellung des Umgebungsmodells, d.h. des Augmented World Model (AWM), entwickelt ([NM01]). Das Standard Class Schema ist das globale Datenschema der Föderation. Um die verschiedenen Datenanbieter nicht zu sehr einzuschränken und trotzdem Interoperabilität zu gewährleisten, sind zahlreiche Attribute der Klassen des Standard Class Schemas optional.

Jeder Datenanbieter kann Erweiterungen zum Standard Class Schema definieren, sog. Extended Class Schemas, die über Vererbungsbeziehungen an das Standard Class Schema gekoppelt sind. Die Vereinigung aus Standard Class Schema und allen Extended Class Schemas bildet das globale Datenschema der Föderation. Jede Anwendung kann den für sie relevanten Teil des Datenschemas, d.h. das Standard Class Schema und evtl. eines oder mehrerer Extended Class Schemas auswählen. Die Umgebungsmodellserver stellen ggf. durch Typumwandlung sicher, dass ihre Daten im von der Anwendung gewählten Schema dargestellt werden.

Die Verwaltung des Umgebungsmodells soll an die Anforderungen der Teilprojekte des SFBs angepasst werden. Zu nennen sind hier Anforderungen aus den Bereichen 3D-Daten, Netzinfrastruktur, Sensordaten, Integration von Zeitkonzepten usw.

6 Lokationsmanagement und modellbasierte Kommunikation

Für die hochskalierbare Verwaltung von Positionen mobiler Objekte wurden Konzepte und Verfahren für das Lokationsmanagement entwickelt und in einen Lokationsdienst integriert. Ein wesentliches Merkmal dieses Dienstes ist einerseits die Unterstützung von Gebiets- und Nachbarschaftsanfragen und andererseits die Unterstützung von räumlichen Ereignissen, also die Definition einer räumlichen Konstellation von mobilen Objekten bei deren Eintreten der Benutzer informiert werden möchte, wie beispielsweise, dass ein Benutzer ein bestimmtes Gebiet betritt oder dass zwei Benutzer sich treffen. Existierende hochskalierbare Lokationsdienste im Mobilfunkumfeld unterstützen diese für ortsbezogene Anwendungen wichtigen Interaktionsmöglichkeiten nicht, sondern beschränken sich auf die Abfrage der aktuellen Position eines mobilen Objekts.

Es wurden Konzepte für das Lokationsmanagement entwickelt, die eine hochskalierbare Verwaltung ermöglichen und effiziente Algorithmen für die Bearbeitung der Dienstanfragen entwickelt [LR02b]. Die Konzepte wurden in einer prototypischen Implementierung evaluiert und insbesondere Leistungsmessungen durchgeführt. Ein weiteres Augenmerk dieser Arbeiten lag auf der Energieschonung mobiler Endgeräte. Durch den Einsatz von Koppelnavigationsprotokollen [LR02a] konnte die Nachrichtenlast zwischen mobilen Endgeräten zur Positionsaktualisierung und dem Lokationsdienst um über 90% reduziert werden.

Die bislang entwickelten Konzepte basieren auf der geographischen Bezeichnung von Orten, wie sie im Außenbereich durch Technologien, wie das GPS, vorherrschen. Symbolisch bezeichnete Gebiete (Innenbereich, Funkzellenkennung) können so nicht ohne weiteres im Lokationsmanagement verwaltet werden. In künftigen Arbeiten werden Konzepte für die Verwaltung und Integration symbolischer Koordinaten erarbeitet werden. Weiterhin wird die effiziente Integration von mobilen und stationären Objekten innerhalb der Föderation zur Optimierung von Anfragen untersucht.

Im Bereich modellbasierter Kommunikation wurden Konzepte für das Vorabladen von Daten (Hoarding) entwickelt [KR01]. Diese dienen zur Unterstützung mobiler Anwender in Umgebungen, bei denen nicht durchgängig Netzwerkzugriff besteht oder dieser in seiner Qualität und Kosten schwankt. Hoarding-Verfahren erlauben in Bereichen mit Netzabdeckung Informationsobjekte auf ein mobiles Endgerät vorab zu übertragen. Aufgrund von Historien und Benutzerprofilen lassen sich solche Verfahren dahingehend optimieren, dass die übertragene Datenmenge zum einen möglichst gering ist aber dabei dem zu erwartenden Zugriffsverhalten entspricht.

In den Vorarbeiten wurden zunächst unstrukturierte Daten betrachtet, d.h. die Beziehungen zwischen Informationsobjekten wurden noch nicht in der Auswahl der zu übertragenden Daten berücksichtigt. In aktuellen Arbeiten werden Verfahren zur Klassifikation strukturierter Informationsobjekte untersucht und diese in die Auswahl integriert.

7 Kommunikationsplattform und Sicherheit

In der Nexus-Forschergruppe wurden bereits Grundsteine für eine zugangsnetzübergreifende optimierende Kommunikationsarchitektur gelegt [G102]. Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Mobilitätsverwaltung in IP-basierten Kommunikationssystemen sowie auf die Untersuchung und Einführung erweiterter Kommunikationsfunktionen in die Betriebssoftware mobiler Endgeräte. Hieraus resultierte eine Mobile IPv6-basierte Kommunikationsinfrastruktur, welche Mobilität über Grenzen von Zugangsnetzen hinweg sowie Mechanismen zur kontrollierten Netzwahl, z. B. zwischen WLAN und GPRS, transparent unterstützt.

Weitere Forschungsarbeiten lagen in der Untersuchung und der prototypischen Implementierung von Middleware-Architekturen zur Unterstützung von Endgerätemobilität auf höheren Schichten als der Vermittlungsschicht, in Studien zu Dienstqualität über Mobilfunkkanäle mit zeitlich stark schwankenden Eigenschaften, sowie in der Untersuchung des Einflusses der Eigenschaften der Mobilfunkkanäle auf Transportprotokolle.

Diese Arbeiten werden im Rahmen des SFB 627 ausgedehnt auf den Entwurf einer Kosten-Nutzen-optimierenden Kommunikationsarchitektur. Gleichzeitig wird die im Rahmen der Forschergruppe entstandene Kommunikationsinfrastruktur erweitert. Darüber hinaus erfolgt eine Bewertung und Optimierung der zu Grunde liegenden Systemarchitektur unter Leistungsgesichtspunkten.

Der Fokus der Sicherheitsarbeiten lag auf dem Schutz der Ortsinformation, welcher in der Forschergruppe eine zentrale Rolle zukam. Um den grundsätzlichen Konflikt zwischen dem Wunsch nach Schutz der Privatsphäre der Benutzer und dem Wunsch nach Zurechenbarkeit der Dienstanbieter zu lösen, wurde ein Konzept virtueller Identitäten in Nexus eingeführt. Im Kontext unterschiedlicher virtueller Identitäten kann ein Benutzer mehr oder weniger persönliche Information aufdecken und somit durch die Auswahl der jeweils verwendeten virtuellen Identität die Aufdeckung persönlicher Information gegenüber Kommunikationspartnern steuern.

In [HK01] wurde eine Zugriffskontrolle für den Lokationsdienst vorgeschlagen, die den prinzipiellen Konflikt löst, dass Dritten die Verkettung virtueller Identitäten eines Benutzers untersagt bleiben muss, der Lokationsdienst aber auf diese Information angewiesen ist, um aus Skalierungsgründen eine Duplizierung der zu verwaltenden Ortsinformation zu vermeiden.

Im SFB 627 werden diese Arbeiten hinsichtlich breiterer Unterstützung des Konzepts der virtuellen Identitäten ausgebaut. Ferner werden Lösungen erarbeitet, welche einem Teilnehmer erlauben, gleichartige Aussagen verschiedener Informationsquellen bezüglich ihrer Vertrauenswürdigkeit zu bewerten und zu kombinieren.

8 GIS-Daten und Sensorik

Geoinformationssysteme bilden einen Datenpool für raumbezogene Objekte und stellen zudem Werkzeuge zur Verfügung, um effizient auf Geodaten zugreifen und räumliche Zusammenhänge ableiten zu können. Für einen ortsbasierten Zugriff auf Informationen nimmt die Sensorik innerhalb von Nexus eine Mittlerrolle ein. Dabei wird die gegenwärtige Position eines mobilen Nutzers durch unterschiedliche Sensoren ermittelt.

Im Bereich GIS wurden zunächst dreidimensionale Daten erzeugt und daraus verschiedene Repräsentationen in unterschiedlichen Auflösungsstufen (Levels of Detail) abgeleitet. Die Ableitung der unterschiedlichen Repräsentationen basierte auf einem expliziten Regelwerk. Des weiteren konnte eine einfache, prototypische ortsbezogene Applikation realisiert werden, die den Zugriff auf GIS-Dienste wie Navigation oder Bereichsabfragen erlaubte [VS00]. Neben der Positionierungssensorik wurde auch ein digitaler Kompass am Endgerät installiert, um zusätzliche Dienste für den Anwender zu integrieren. Insbesondere ist hier das Telepointing zu nennen, mit Hilfe dessen der Nutzer durch einfaches Ausrichten seines Endgerätes auf ein bestimmtes Realweltobjekt nähere Informationen zu diesem geliefert bekommt. Im Zentrum des Forschungsinteresses im Bereich GIS stand jedoch die Aufbereitung und Integration von Geodaten zur effizienten Verwaltung innerhalb des generischen Datenmodells der Nexus-Plattform. Beispielsweise wurde ein Verfahren zur Referenzierung mehrfach repräsentierter Straßendaten des Geographic Data File (GDF)-Formats implementiert. Außerdem wurde ein Regelwerk zur Abbildung von Geodaten aus heterogenen Quellen innerhalb des Augmented World Modells entwickelt [VB02].

Im Forschungsbereich Sensorik wurde ein Prototyp entwickelt, der verschiedene Sensoren integriert, um einen intuitiven Zugriff auf Objektinformationen zu ermöglichen. Der genannte Prototyp bestimmt dabei die Position, sowie die Blickrichtung des Nutzers und erzeugt gleichzeitig ein digitales Bild der Umgebung [KF01]. In einer Studie wurde aufbauend darauf untersucht, wie über den Umweg des digitalen Bildes auf Objektinformationen zugegriffen werden kann. Durch die indirekte Auswahl von Objekten (Gebäude) im Bild und deren Identifizierung im 3D-Stadtmodell, besteht im Anschluss die Möglichkeit, auf weiterführende Objektinformation zuzugreifen.

9 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 „Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme“ an der Universität Stuttgart verfolgt wird.

Kontakt und weitere Informationen

<http://www.nexus.uni-stuttgart.de/>

Sprecher: Prof. Dr. rer. nat. Dr. h.c. Kurt Rothermel
Universität Stuttgart
IPVS, Universitätsstr. 38
D-70569 Stuttgart
e-mail: Kurt.Rothermel@informatik.uni-stuttgart.de

Ausgewählte Veröffentlichungen

- [GI02] Gloss, B.: „Ortsbewusste Anwendungen mit Nexus“. ITG-Fachbericht 171: „Neue Kommunikationsanwendungen in modernen Netzen“, 2002, S. 179-180
- [HK01] Hauser, C., Kabatnik, M.: „Towards privacy support in a global location service“. In Proceedings of the IFIP Workshop on IP and ATM Traffic Management (WATM/EUNICE 2001), Paris, September 2001, S. 81-89.
- [HKL+99] Hohl, F.; Kubach, U.; Leonhardi, A.; Rothermel, K.; Schwehm, M.: Next Century Challenges: Nexus - An Open Global Infrastructure for Spatial-Aware Applications. In Proc. of the Fifth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'99), Seattle, Washington, USA, 1999.
- [KF01] Klinec, D.; Fritsch, D.: Nexus – Acquisition of Position Information for Location Aware Applications using Multi Sensors and Mobile Photogrammetry. In: Proceedings of ION '01, Salt Lake City, USA, S. 3112-3118, 2001.
- [KR01] Kubach, U.; Rothermel, K.: Exploiting Location Information for Infostation-Based Hoarding. In Proc. of the 7th Annual ACM Int. Conf. on Mobile Computing and Networking, Rom, Italien, 2001, S. 15-27.
- [LR02a] Leonhardi, A.; Rothermel, K.: A Map-based Dead-reckoning Protocol for Updating Location Information. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Parallel and Distributed Computing Issues in Wireless Networks and Mobile Computing (IPDPSWPIM 2002), Ft. Lauderdale, FL, USA.
- [LR02b] Leonhardi, A.; Rothermel, K.: Architecture of a Large-scale Location Service. In Proceedings of the 22nd International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS) 2002, Vienna, Austria
- [NGS+01] Nicklas, D.; Grossmann, M.; Schwarz, T.; Volz, S.; Mitschang, B.: A Model-Based, Open Architecture for Mobile, Spatially-Aware Applications. International Symposium on Spatial and Temporal Databases (SSTD) 2001.
- [NM01] Nicklas, D.; Mitschang, B.: The Nexus Augmented World Model: An extensible approach for mobile, spatially aware applications. International Conference on Object Oriented Information Systems (OOIS) 2001.
- [VB02] Volz, S.; Bofinger, J.-M.: Integration of Spatial Data within a Generic Platform for Location-Based Applications. In: Proceedings of the Joint International Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, July 9th-12th 2002, Ottawa, Canada, on CD, 2002.
- [VS00] Volz, S.; Sester, M.: Nexus - Distributed Data Management Concepts for LocationAware Applications. In: Proceedings of the International Workshop on Emerging Technologies for Geo-based Applications, Ascona, Switzerland, S. 21-36, 2000.

Weitere Publikationen zum SFB 627 finden sich unter <http://www.nexus.uni-stuttgart.de>.