

Universität Karlsruhe  
Fakultät für Informatik

76128 Karlsruhe

# Forschungs- und Arbeitsgebiete des Instituts für Telematik

Oktober 1996

**Professor Dr. Dr. h.c. Gerhard Krüger**  
**Stefan Dresler (Hrsg.)**

*Universität Karlsruhe*  
*Institut für Telematik*

Interner Bericht 36/96



*Universität Karlsruhe  
Institut für Telematik  
Professor Dr. S. Abeck  
Professor Dr. Dr. h.c. G. Krüger  
Professor Dr. G. Schneider*

# Klausurtagung

in

Rothenburg ob der Tauber

vom 6. bis 9. Oktober 1996



## Kurzfassung

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über aktuelle Forschungsarbeiten des *Instituts für Telematik der Universität Karlsruhe* in den Bereichen Hochleistungskommunikation, verteilte Systeme, Cooperation&Management und Telekooperation. Er ist in zwei Teile gegliedert. Der erste beschreibt die persönlichen Interessensgebiete der wissenschaftlichen Mitarbeiter. Danach folgt eine Darstellung der Kooperationsprojekte des Instituts. Im Anhang finden sich die referenzierten Literaturstellen sowie aktuelle Eigenveröffentlichungen der Mitarbeiter des Instituts.

Im Forschungsbereich Hochleistungskommunikation liegen die Schwerpunkte in der Entwicklung und Implementierung innovativer Protokollarchitekturen, in der Entwicklung fortschrittlicher Subsystemarchitekturen und auf Managementaspekten. Der Teilbereich fortgeschrittene Kommunikationssysteme befaßt sich speziell mit neuartigen Protokollmechanismen zur Unterstützung von Gruppenkommunikation, mit Aspekten der Mobilkommunikation und mit der Definition eines integrierten Dienstgüte-Managements. Im Bereich innovative Subsystemarchitekturen steht die effiziente Realisierung von speziellen Kommunikationsfunktionen in Hochleistungsszenarien im Mittelpunkt (z.B. durch Integration von Hardwarekomponenten). Der Managementbereich umfaßt traditionelles Netzwerkmanagement und Monitoring, insbesondere in Hochleistungsnetzen (FDDI, ATM) sowie qualitätsorientierte Managementfunktionen.

Der Forschungsbereich „Verteilte Systeme“ deckt am Institut für Telematik das verteilte Datenmanagement, spezielle Systemunterstützung für verteilte Anwendungen und Agenten-modellierte Ansätze ab. Im ersten Bereich werden Konzepte objektorientierter Datenbanken unter den Aspekten der Adaptivität von Systemverhalten, der Integration mobiler Benutzer sowie der adaptiven Wissenspropagierung untersucht. Im zweiten Bereich stehen dedizierte Systemmechanismen wie lokationstransparente Aufrufe und dynamische Objektmigrationen in einer verteilten C++-Umgebung sowie Kooperationsmechanismen für gemeinsames Arbeiten im Rahmen verteilter Konferenzsysteme im Mittelpunkt. Im dritten Bereich wird als Erweiterung des objektorientierten Ansatzes der Einsatz von verteilten, kooperierenden Agenten in verteilten Systemen untersucht.

Im Forschungsbereich Cooperation&Management werden Kooperationsaspekte im Management von verteilten Systemen untersucht. Das Management umfaßt sämtliche Maßnahmen und Vorkehrungen, um die Netzkomponenten (z.B. Router, Sternkoppler, Modems) und die daran angeschlossenen Rechensysteme (z.B. Hosts, Workstations, PCs) sowie die darauf laufenden Anwendungen effizient zu betreiben. In einer größeren Umgebung mit vielen tausend Netzanschlüssen benötigt man eine Gruppe von qualifizierten Mitarbeitern, die zur erfolgreichen Erledigung dieser Aufgaben zusammenarbeiten, also kooperieren müssen. Ein Forschungsziel besteht darin, den Kooperationsaspekt durch geeignete Workflow-Managementwerkzeuge zu unterstützen und damit effizienter zu gestalten.

Das TecO konzentriert sich als rein drittmittelgeförderte Technologietransfereinrichtung am Institut für Telematik auf anwendungsnahe Forschung in Kooperation mit einem breiten Spektrum von Partnern. Gegenstand der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten ist die softwaretechnische Unterstützung moderner verteilter Anwendungen mit den Aspekten der Multimedia-Integration, der Kooperation verteilter Teams und der Mobilität von Anwendern und Software. Die Beiträge des TecO reichen dabei von Middleware als Basis solcher Anwendungen über Werkzeuge für Entwicklung, Betrieb und Wartung bis hin zu Demonstratoren innovativer Applikationen.

## Abstract

This report gives an overview of current research topics at the *Institute of Telematics of the University of Karlsruhe*. It covers work in the areas of high performance networking, distributed systems, cooperation&management, and telecooperation, and comprises two parts. After presenting the research interests of the faculty in the first part, a brief description of the cooperation projects of the institute is given.

In the area of high performance communication, the main topics of interest are advanced protocol architectures, innovative subsystem architectures, and management aspects. On the side of advanced communication systems, one deals with protocol support for group communication as well as with mobile communication and forthcoming service models to support Quality-of-Service. In the area of innovative subsystem architectures, the efficient realization of specific communication functions in high performance scenarios (e.g., by integration of hardware components) is of interest. The work in the management area focuses on traditional network management as well as on monitoring, especially in high speed networks (FDDI, ATM), and on management functions related to quality.

The research work of the distributed systems group focusses on data management, system support for distributed applications and agent-based approaches. In the first part the main interests are concepts for building an object-oriented database system as an intelligent information backbone enabling adaptive system behaviour, integrating mobile users, and spreading the knowledge about available data services. Secondly, we investigate an extended distributed object-oriented environment supporting a uniform object model, location independent invocation and dynamic migration of fine-grained objects. Another aspect is a multimedia collaboration system, which allows individuals to participate in an audio and video conference. In the third part, a new effort concerns agent based distributed systems, in which autonomous agent objects cooperate by following their own flow of control.

The area of cooperation&management investigates workflow aspects in IT management. This includes the entire range of steps and precautions to run all network devices (e.g., routers, hubs, modems) and the linked computers (e.g., hosts, workstations, PCs) with their applications. Large environments with several thousands of computer systems and network connections need a group of qualified employees. This group has to work together, i.e., cooperate, to execute IT management efficiently. An important research goal is to analyze how this kind of cooperation can be supported by using customized workflow management tools.

The TecO as entirely third-party funded technology transfer group is focussed on applied research and collaborates with a broad a range of partners in the software and multimedia industries. Research activities are targeted at software technology for advanced distributed applications featuring multimedia-integration, collaborating teams, and mobility of users and software components. Contributions of TecO cover middleware as enabling technology, tools for development, operation and maintenance, and innovative applications.

## Vorwort

Der vorliegende Tagungsband entstand im Rahmen der sechsten Klausurtagung des Instituts für Telematik, die vom 6. bis zum 9. Oktober 1996 in Rothenburg ob der Tauber abgehalten wurde. Er dokumentiert in kurzen Beschreibungen die Forschungsgebiete der wissenschaftlichen Mitarbeiter des Instituts sowie die Beteiligung des Instituts an Kooperationsprojekten.

Die Kürze der einzelnen Beiträge erlaubt einen schnellen, aber prägnanten Einblick in die einzelnen Arbeitsgebiete. Der Preis dafür ist die Vernachlässigung konzeptioneller und technischer Detailinformationen, ohne die allerdings wissenschaftliche Arbeit nie praxisnahe Resultate liefern könnte. Daß auch diese Details existieren, zeigt ein Blick in die zitierten Veröffentlichungen, das Durcharbeiten der Studien- und Diplomarbeiten bzw. Dissertationen in den einzelnen Gebieten oder auch der persönliche Austausch mit den jeweiligen Autoren. Der vorliegende Band kann dabei eine zuverlässige Orientierungshilfe im weiten Feld der wissenschaftlichen Arbeit des Instituts sein.

Dieser Bericht verdankt seine Existenz der gemeinsamen Anstrengung aller Mitarbeiter des Instituts. Viele  $\text{\LaTeX}$ -Abstinenzler haben die Mühe auf sich genommen, ihre Dokumente zu konvertieren und dabei vor allem in die Anpassung der Bildformate viel Arbeit investiert. Dadurch konnte die Zusammenstellung der einzelnen Beiträge zu dem vorliegenden Tagungsband ohne größere Probleme durchgeführt werden. Ohne den Einsatz aller Mitarbeiter wäre das jetzige homogene Bild des Bandes nie zustande gekommen.

Schließlich soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, daß die Planung und Durchführung der Klausurtagung von einem engagierten Team durchgeführt wurde, das sich aus folgenden Mitarbeitern zusammensetzte: Elmar Dorner, Stefan Dresler, Arnd Grosse, Günter Schäfer und Christian Sommer. Nicht zuletzt sei Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. G. Krüger gedankt, ohne dessen Initiative dieser Tagungsband nicht entstanden wäre.

Karlsruhe, im Oktober 1996

Stefan Dresler



# Inhaltsverzeichnis

## I Persönliche Beiträge

*Michael Beigl:*

<b>Eine Architektur zur Unterstützung von Anwendungen in mobilem Umfeld . . . . .</b>	<b>3</b>
---	----------

*Georg Carle:*

<b>Effiziente Erbringung zuverlässiger Gruppenkommunikationsdienste in ATM-Netzen</b>	<b>7</b>
---	----------

*Elmar Dorner:*

<b>Drahtloses ATM – Ein Überblick . . . . .</b>	<b>11</b>
---	-----------

*Stefan Dresler:*

<b>Protokolle für eine geordnete Auslieferung in Multicast-Gruppen . . . . .</b>	<b>15</b>
--	-----------

*Oliver Frick:*

<b>Protokollbasierte Spezifikation von Teamarbeit . . . . .</b>	<b>19</b>
---	-----------

*Hans-Werner Gellersen:*

<b>WebComposition: Softwaretechnik für Entwicklung und Wartung von Web-Anwendungen . . . . .</b>	<b>23</b>
--	-----------

*Stefan Gessler:*

<b>Mobilitätsunterstützung durch flexible Dienstvermittlung für heterogene Endgeräte</b>	<b>27</b>
--	-----------

*Arnd G. Grosse:*

<b>Adaptives Informationsmanagement in vernetzten Systemen . . . . .</b>	<b>31</b>
--	-----------

*Jörn Hartroth:*

<b>Mobile Softwareagenten als Zugriffsmechanismus für datenintensive verteilte Anwendungen . . . . .</b>	<b>35</b>
--	-----------

*Markus Hofmann:*

<b>Skalierbare Multicast-Kommunikation durch Strukturierung von Empfängergruppen</b>	<b>39</b>
--	-----------

*Dietmar A. Kottmann:*

<b>Anwendungsintegration im Mobile Computing . . . . .</b>	<b>43</b>
--	-----------

*Markus Lauff:*

<b>Adaption vorhandener Informationssysteme an heterogene/mobile Umgebungen . . .</b>	<b>47</b>
---	-----------

*Günter Schäfer:*

<b>Integration von Sicherungsmechanismen in ATM-Netze . . . . .</b>	<b>49</b>
---	-----------

*Jochen Schiller:*

<b>Teilautomatisierter Entwurf modularer Prozessorsysteme für die Hochleistungskommunikation . . . . .</b>	<b>53</b>
--	-----------

<i>Claudia Schmidt:</i>	
<b>Integrierte Managementarchitektur für qualitätsorientierte Kommunikationsdienste</b>	57
<i>Jochen Seitz:</i>	
<b>Netzverwaltung – Rollen und Schnittstellen</b>	61
<i>Jörg Sievert:</i>	
<b>Kooperation durch Dokumente</b>	65
<i>Volker Vogelmann:</i>	
<b>Ein deklarativer Ansatz zur Erreichung von Stabilität in der Visualisierung vernetzter Systeme</b>	69
<i>Hajo R. Wiltfang:</i>	
<b>Eine Managementarchitektur für ATM-basierte Netzwerke</b>	73
<b>II Projekte</b>	
<i>Jörn Hartroth, Arnd G. Grosse und Dietmar A. Kottmann:</i>	
<b>SFB 346: Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen</b>	79
<i>Günter Schäfer und Jochen Seitz:</i>	
<b>SFB 1557 — Dynamische und lernfähige Agentennetze für technische Anwendungen</b>	83
<i>Jörg Sievert:</i>	
<b>Teleteaching auf Basis von MMC</b>	85
<i>Markus Hofmann und Claudia Schmidt:</i>	
<b>Multicast-Erweiterungen für das BERKOM-II Projekt MMT</b>	91
<i>Markus Lauff:</i>	
<b>MILLION</b>	95
<i>Stefan Gessler:</i>	
<b>Die Projekte am Web-Kompetenzzentrum</b>	97
<i>Michael Beigl, Hans-Werner Gellersen und Martin Gaedke:</i>	
<b>Internet-Technologietransfer in Zusammenarbeit mit der Microsoft GmbH</b>	101
<i>Michael Beigl:</i>	
<b>AltaVista für T-Online</b>	103
<b>III Anhang</b>	
<b>Literatur</b>	107
<b>Veröffentlichungen des Institutes</b>	117

Teil I

# Persönliche Beiträge



# Eine Architektur zur Unterstützung von Anwendungen in mobilem Umfeld

Michael Beigl

## 1 Einleitung und Übersicht

In den letzten Jahren nahmen nicht nur Rechenleistung und Speicherkapazität mobiler Rechner, sondern auch deren Anwendungsgebiete zu. Diese Entwicklung sowie das Wachsen der (Funk-)Netze führten dazu, daß "Mobile computing" für viele Benutzer immer attraktiver wurde. Neben dem unbestreitbaren Nutzen entstanden durch diese Entwicklung aber auch neue Probleme und Herausforderungen: Ein mobiler Benutzer ist auf vergleichsweise langsame, teure und instabile Netzverbindungen sowie auf die schwächere Rechenleistung mobiler Geräte angewiesen [IB94]. Die Meisterung dieser Nachteile sowie die Integration mobiler Benutzer und ihrer Geräte in existierende, auf Festverbindungen aufbauende Netzwerkstrukturen, erfordert erhebliche Überlegungen. Der unvorhersehbare Aufenthaltsort und Zugangspunkt mobiler Rechner wirft neue Fragen für das Accounting auf und eröffnet potentielle Sicherheitslücken. Trotz dieser Probleme sollte der Benutzer Vorteil aus dem Gebrauch mobiler Geräte ziehen können, ohne sich zu sehr mit fehlender Stabilität oder Sicherheit dieses System auseinandersetzen zu müssen. Mobile Systeme sollten darüberhinaus das gewohnte Verhalten festinstallierter Systeme nachbilden, um Einarbeitungs- oder Umgewöhnungszeiten zu vermeiden. Details, wie zum Beispiel der aktuelle Verbindungsweg, sollten möglichst gut verborgen und gleichzeitig sollte die verfügbare Bandbreite optimal genutzt werden.

Um die Kommunikation verschiedener Netzanbindung zu vergleichen, werden zunächst einige charakteristische Faktoren benötigt. Die hier betrachteten Kommunikationsverbindungen sind die Funknetze GSM [Man91] und MODACOM [KM93] sowie ISDN [Hel91] und analoge Telefonleitungen. Als wichtigste und am meisten limitierende Faktoren für mobile Kommunikation sind Bandbreite und Kosten zu nennen. Dies gilt insbesondere bei der Benutzung analoger Wählnetze beziehungsweise bei Funknetzen. Ein mobiles System muß also Preis und Dauer der Übertragung abhängig von den verfügbaren Kommunikationswegen und der zu übermittelnden Datenrate in Betracht ziehen, um den Benutzer vor "unvernünftigen" Werten zu warnen [RBM96]. Ebenfalls beachtet werden muß, daß jede auf das Netzwerk zurückgreifende Anwendung eine minimale Bandbreite und einen entsprechenden Träger benötigt, um dem Benutzer überhaupt ein sinnvolles Resultat liefern zu können [FZ93].

Im Verlauf dieses Berichts soll ein Rahmenwerk für Dienste gezeigt werden, welches die Integration mobiler Benutzer in einem übergreifenden Szenario beinhaltet. In Abschnitt 2 werden deshalb Mobilitäts-Dienste eingeführt; Abschnitt 3 beschreibt wie diese Dienste in einer Umgebung integriert werden. Abschnitt 4 schließt mit Implementierungsaspekten und einem Ausblick ab.

## 2 Mobilitäts-Dienste

Das einen mobilen Benutzer umgebende System hat bestimmte Aufgaben zu erfüllen, damit den Problemen, welche durch dessen Mobilität entstehen können, begegnet werden kann [Jon95]. Um diese Probleme zu beschreiben, soll hier zunächst der Begriff der Mobilitäts-Dienste (Mobility Services) eingeführt werden. Einen Dienst möchte ich hierbei als eine "Menge von spezifischen Funktionen, welche normalerweise als einzelner Prozeß ausgeführt werden" [Cus93] bezeichnen.

### 2.1 Anforderung an Mobilitäts-Dienste

Für Mobilitäts-Dienste sind insbesondere Anforderung an die Stabilität des Systems, Bandbreiten- und Kostenüberlegungen, die Integration in bestehende Umgebungen, Anwendungstransparenz, Sicherheit und Erweiterbarkeit wichtige Faktoren (siehe [Sea95] [RM95a]). Diese sollen hier näher erläutert werden:

- *Stabilität:* Insbesondere bei Funkverbindungen sind unvorhersehbare und häufige Störungen und Unterbrechungen der Datenübertragung möglich. Der Dienst muß eine solche Situation erkennen und entsprechend reagieren, ohne dabei das laufende System zu beeinflussen oder gar zum Absturz desselben beizutragen.

- *Bandbreite-, Kostenüberlegungen:* Abhängig von der aktuell verfügbaren Verbindung (Funkverbindung unterwegs, Telephonleitung im Hotel oder LAN im Büro, etc.) müssen die Dienste dem Benutzer die Einstellung des zu übertragenden Datenvolumens beziehungsweise der zu verursachenden Kosten ermöglichen.
- *Integration in vorhandene Rechnerumgebungen:* Dieser Dienst sollte so transparent wie möglich für den Benutzer sein. Existierende Anwendungen sollten von einem Wechsel der Kommunikationsstrecke beziehungsweise des Kommunikationsmediums nicht beeinflusst werden. Sie sollten durch Hinzufügen einer neuen Komponenten durch den Benutzer für den mobilen Einsatz erweitert werden können. Diese Erweiterungen sollten ohne Änderung des bisher benutzten Programms erfolgen können. Alle Anpassungen sollten deshalb in der sogenannten Middleware stattfinden, allerdings ohne die Schnittstelle der Middleware und der Anwendung zu beeinflussen.
- *Sicherheit:* Die Dienste dürfen keine neuen Sicherheitslücken entstehen lassen; weder darf der (mobile) Benutzerrechner für Angriffe geöffnet werden, noch darf der Benutzer dieser Dienste ungerechtfertigten Zugang zu Daten erhalten.
- *Erweiterbarkeit:* Die Struktur der Architektur muß offen für Erweiterungen sein, um zusätzlichen Anforderungen und Aufgaben in der Zukunft gewachsen zu sein.
- *Skalierbarkeit:* Im Vergleich zu festinstallierten Systemen sind die Ressourcen (Batterie, Festplatte, Hauptspeicher, Prozessorleistung etc.) mobiler Systeme limitiert beziehungsweise geringer. Auch die Fortentwicklung dieser Systeme wird die entstehende Leistungsschere zwischen mobilen und festinstallierten Systemen nie schließen können. Deshalb muß das System die Möglichkeit besitzen, sich exakt den Erfordernissen und Wünschen des Benutzers beziehungsweise der Leistungsfähigkeit des Systems anzupassen, indem zum Beispiel nicht benutzte Dienste auch nicht ausgeführt werden.

## 2.2 Resultierende Aufgaben

Aus den oben genannten Anforderungen ergeben sich Aufgaben, welche an ein mobiles System zu stellen sind. Diese sind:

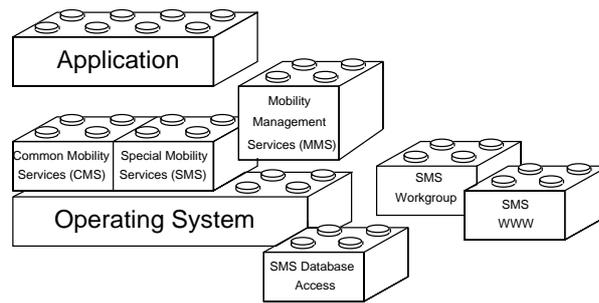
- *Verbindungsmanagement:* Überprüfen von Verbindungswegen, automatisches Auswählen der besten verfügbaren Verbindung, Überwachung der Verbindung und die Erkennung von Verbindungsabbrüchen sowie eine Strategie zum konsistenten Wiederaufsetzen von Verbindungen
- *Verbindungsparameter-Management:* Ermittlung des Quality-of-Service (QoS) und von Kostenparametern, der Vergleich mit (vom Benutzer) gegebenen Anforderungen an selbige, sowie die Benachrichtigung des Benutzers bei Problemen und der Vorschlag alternativer Strategien
- *Caching:* Das Kopieren einer bestimmten Anzahl von Daten auf das mobile Gerät (festgelegt durch den Benutzer oder durch vorhergesagte Zugriffserwartung), sowie das Vorhalten von Strategien zur Behandlung gleichzeitiger Updates oder Inkonsistenzen
- *Authentifikation und Verschlüsselung*
- *Lokalisierungs-Management:* Das Lokalisieren von Ressourcen in fremden Umgebungen sowie das Ermitteln des Benutzerstandorts wenn dies erforderlich ist
- *Accounting:* Aushandeln und Aufzeichnen von Benutzungskosten fremder Ressourcen
- *Profiling:* Automatisches Anpassen des Systems auf die Bedürfnisse des Benutzers

Neben diesen grundlegenden Aufgaben gibt es darüberhinaus eher spezielle Aufgaben, die ein mobiles System zu erfüllen hat, so zum Beispiel die Unterstützung für den "mobilen" Zugriff auf Datenbanken.

## 2.3 Klassifikation der Mobilitäts-Dienste

Mobilitäts-Dienste werden von mir in drei Klassen eingeordnet. Zum ersten die Dienste, welche gegenwärtige Beschränkungen des Einsatzes mobiler Computer umgehen, die insbesondere aus der schlechten Übertragungsrate, der relativ langen Antwortzeit und der Instabilität von Funknetzen oder analogen Festverbindungen resultieren. Diese Dienste werden Allgemeine-Mobilitäts-Dienste (Common Mobility Services, CMS) genannt. Beispiele hierfür sind das Verbindungsmanagement, das Caching oder der Verschlüsselungsdienst. Die zweite Gruppe von Diensten behandelt das Management und die Administration von mobilen Benutzern. Diese Mobilitäts-Management-Dienste (Mobility Management Services, MMS) beinhalten Aufgaben wie die Authentifizierung von Benutzern, Accounting und Abrechnung oder das Profiling der Benutzergewohnheiten. Die Aufgaben, welche notwendig sind, um existierende Anwendungen für die Benutzung im mobilen Umfeld zu erweitern, werden durch die sogenannten Speziellen-Mobilitäts-Dienste (Special Mobility Services (SMS)) geleistet. SMS adaptieren bestehende Dienste für mobile Umgebungen. Um zum Beispiel den entfernten Zugriff auf Datenbanken über Funknetze zu

ermöglichen, müssen, um die Konsistenz der Daten zu gewährleisten, insbesondere Verbindungsabbrüche speziell behandelt werden. Die Modellierung der Dienste als deutlich getrennte Blöcke führt zu meiner unten gezeigten Architektur für ein für "Mobilitäts-Dienste erweitertes System" (Abb. 1).



**Abbildung 1.** Architektur der Mobilitäts-Dienste

Hauptziel meiner Architektur ist es, ein *modulares* und *transparentes* Dienstesystem zu schaffen. Modularität soll hier bedeuten, daß das System leicht an verschiedene technische Umgebungen (zum Beispiel verschiedene Verbindungsleitungen) durch Auswechseln der Module angepaßt beziehungsweise erweitert werden kann. Transparenz bedeutet, daß neue Blöcke, welche zu dem System hinzugefügt werden, dieselben Schnittstellen zu den (bestehenden) Anwendungen besitzen wie das bisherige System selbst. Deshalb ist es mit meinem System dem Benutzer möglich, seine bisherige Software weiterhin unverändert einzusetzen. Die oben gezeigte Architekturzeichnung zeigt das System auf dem mobilen Gerät. Fast alle Dienste beinhalten aber zusätzlich einen Server-Teil. Zum Beispiel benötigt der Dienst, welcher den QoS-Parameter ermittelt, einen Serverteil am anderen Ende der Verbindung. Ebenso benötigt der Authentisierungsdienst einen Server, welcher die Authentisierungsdatenbank enthält. Die Client-Teile der Dienste werden also auf dem mobilen Gerät, die Server-Teile auf einem feststehenden Rechner ausgeführt.

### 3 Das Szenario

Um alle Aspekte einer mobilen Umgebung für mein System in Betracht zu ziehen, soll der Benutzer und das System in einer entsprechend vollständigen und realen Umgebung modelliert werden.

#### 3.1 Architekturmodell im Szenario

Das Modell in diesem Abschnitt stellt die Basis für die oben erwähnten Mobilitäts-Dienste dar. Wie genau die Dienste in der Umgebung plaziert werden, soll im Folgenden näher erläutert werden: Die Netzwerkumgebung besteht aus einem mobilen Gerät, feststehenden Rechnern und dedizierten Anknüpfungspunkten. Die feststehenden Rechner sind innerhalb eines Backbones vernetzt (zum Beispiel über das Internet). Mobile Geräte kontaktieren in der Regel diese feststehenden Server nicht direkt, sondern benutzen physikalisch nähere Rechner als Zugangspunkte zum Backbone, um die Distanz, die durch Funkverbindung zu überbrücken ist, zu minimalisieren [BB94a]. Zusätzlich zu Benutzern mit mobilen Geräten werden in meinem Szenario Benutzer betrachtet, die sich zwischen Rechnern bewegen.

Um mein Szenario von üblichen Client/Server Architekturen beziehungsweise Netzwerk-Tunneling-Systemen besser abgrenzen zu können, habe ich die Bezeichnung *Frontend* für das mobile Gerät, *Backend* für den (feststehenden) Server und *Relais* für den Zugangspunkt zum Backbone gewählt. Das System kann auch als Client/Server System modelliert werden, allerdings nur dann, wenn die volle Konnektivität des Systems garantiert werden kann. Die Betrachtung von schlechten oder gar unterbrochenen Leitungen kann mit traditionellen Client/Server Beschreibungen nicht ausreichend modelliert werden. So muß zum Beispiel bei einer vollständigen Unterbrechung der Übertragungswege das Frontend die Verbindung zum Backend über im Cache vorhandene Daten simulieren. Ähnliches gilt für das Relais in meinem System, welches mehr Funktionalität als ein gewöhnliches Gateway beinhaltet; es bietet darüberhinaus Dienste für mobile Geräte, insbesondere um Authentifikation und Authorisierung zu ermöglichen.

#### 3.2 Komponenten des Szenarios

Die einzelnen Komponenten des Szenarios werden nun näher erläutert.

**Das Backend** Ein Backend ist ein nicht mobiler Rechner, der als Server für bisher schon verteilt arbeitende Anwendungen dient (zum Beispiel Datenbankserver); dort werden Teile der (verteilten) Mobilitäts-Dienste ausgeführt. Im Falle der SMS, welche existierende Dienste erweitern, wird der bestehende "Dienst-Server" von Mobilitäts-Diensten "eingeschlossen". Daten werden hier komprimiert (wenn notwendig verlustbehaftet) oder dekomprimiert; ein Cache ermöglicht auch nach einer Verbindungsunterbrechung das Weiterarbeiten, etc. Solch ein SMS-Server kann als Gateway verstanden werden, welches Daten zwischen dem "originalen" Dienst-Server und dem Frontend umsetzt.

**Das Home-Backend** Zu jedem mobilen Knoten gibt es eine ausgezeichnetes Backend, das Home-Backend. Der Standort des Home-Backend ist in der Regel die physikalische Heimatstation des mobilen Benutzers (z.B. der Arbeitsplatz). Er ist für das Vorhalten von Sicherheits- und Accountinginformationen sowohl des mobilen Geräts als auch des mobilen Benutzers verantwortlich. Bei Aufbau einer Verbindung mit einem Frontend wird jedes andere angesprochene Backend oder jedes Relais zunächst das entsprechende Home-Backend ansprechen, um Authentifizierung und Accounting-Informationen abzufragen. Wenn ein Benutzer zum Beispiel seine Mail lesen will, wird er sich zunächst auf einem Relais einwählen. Ist der Benutzer dem Relais unbekannt, fragt dieses bei dem Backend, welches der Benutzer als sein Home-Backend angegeben hat, nach, um Authentifizierungs- und Kreditinformationen zu erhalten.

**Das Frontend** Dies ist der (mobile) Rechner, auf dem die Anwendungen des Benutzers ablaufen, zum Beispiel Tabellenkalkulationen oder WWW Browser. Die Anwendungen werden normalerweise durch Mobilitäts-Dienste für die Benutzung im mobilen Umfeld erweitert. Diese Dienste sind modular aufgebaut und deshalb skalierbar, zum Beispiel an Umgebungsparameter anpaßbar. Es ist charakteristisch für ein Frontend, daß es seine Position und den Zugangspunkt zum Netz häufig wechselt.

**Das Relais** Wie oben erwähnt, wird der Rechner, welcher dem Frontend als (logischer) Zugriffspunkt zum Backbone dient, Relais genannt. Generell ist er für Aufbau und Überwachung einer Verbindung zwischen Frontend und Backend verantwortlich. Die folgenden Fähigkeiten charakterisieren ein Relais:

- *Proxy-Funktionalität*: Das Relais ist normalerweise physikalisch näher am Frontend platziert als das Backend, um die Distanz für die Mobilkommunikation zu minimalisieren. Es ist dafür verantwortlich, die Benutzung des Backbones zu optimieren, indem z.B. Caching-Techniken verwendet werden; dies kann erhebliche Kosten einsparen [BB94a].
- *Umwandlung* von Daten und Paketköpfen, optimiert auf die verschiedenen Netzwerktypen. So ist zum Beispiel die Umwandlung von IP-Nummern zu Mobitex-Nummern und zurück erheblich effizienter als das einfache Tunneln von TCP/IP-Paketen über ein Mobitex-Netz.
- *Sicherheit*: Authentifikation und Authorisierung ist in einer mobilen Umgebung schwieriger als in einer festverdrahteten zu erreichen. Verschlüsselung und digitale Unterschriften sind insbesondere für Geschäftsanwendungen wichtig.
- *Netzwerk Management*: Im mobilen Umfeld gibt es einen erhöhten Bedarf, komplexe Systeme zu managen. Insbesondere ist hier die Netzlast drahtloser Systeme sowie die Feststellung und Propagierung von Übertragungskosten zu erwähnen.

Diese Funktionen werden als Mobilitäts-Dienste implementiert; Teile davon werden in die Klasse der CMS, andere in die Klasse der MMS eingeordnet.

## 4 Implementierungsstand und Ausblick

Bisher wurden zwei Dienste mobilen Bedürfnissen angepaßt: Open Database Connectivity (ODBC) [Mic94] (siehe [RM96]) und WWW (siehe [RM95b]). Diese sind als Demonstratoren verfügbar. Mobile-ODBC wird als Prototyp bis Herbst 1996 implementiert sein. Obwohl schon Mobile-ODBC und Mobile-WWW eine MMS Komponente enthalten ist derzeit ein getrenntes MMS System in der Implementierung. Anhand dieser Implementierungen wurden und werden die Komponenten der vorgestellten Architektur verifiziert.

# Effiziente Erbringung zuverlässiger Gruppenkommunikationsdienste in ATM-Netzen

Georg Carle

## 1 Einleitung

Im Bereich der Telekommunikation läßt sich zur Zeit ein revolutionärer Umbruch beobachten. Er kann im technologischen Bereich auf eine rapide anwachsende Übertragungs- und Vermittlungskapazität in Verbindung mit einer rasch voranschreitenden Dienstintegration zurückgeführt werden. Im Bereich der Anwendungen beruht der Umbruch auf einer starken Änderung des Benutzerverhaltens. Diese zu beobachtenden Änderungen des Benutzerverhaltens lassen sich zu einem wesentlichen Teil auf die Verfügbarkeit neuartiger kommunikationsbasierter Anwendungen zurückführen.

Unter Ausnutzung der großen Übertragungskapazität von Glasfasern wurden lokale und regionale Hochgeschwindigkeitsnetze eingeführt, die auf den Medienzugriffsprotokollen FDDI und DQDB basieren. Grundlage für eine neue Generation von lokalen Hochgeschwindigkeitsnetzen sowie des Breitband-ISDN ist das zellenbasierte Übermittlungsprinzip des Asynchronen Transfer-Modus (ATM). Dieses Übermittlungsprinzip ermöglicht eine umfassende Dienstintegration, da in einem einheitlichen Netz unterschiedliche Anwendungen mit festen und variablen Datenraten und mit stark variierenden Anforderungen an die Übertragungsqualität kommunizieren können. Gleichzeitig erlaubt ATM eine gute Ausnutzung von Netzressourcen und erleichtert dadurch eine preiswerte Erbringung von Breitbanddiensten. Bei der Entwicklung von ATM-Netzen stand von Beginn an eine Hardware-Implementierung der zeitkritischen Funktionalität im Vordergrund, wodurch eine Vermittlung mit sehr hoher Leistungsfähigkeit sichergestellt wird.

Neben diesem technologischen Wandel führen auch Änderungen der Anwendungen zu neuen Herausforderungen. Während das bisherige Benutzerverhalten durch die Kommunikation zweier Partner geprägt wurde, gewinnt heute in zunehmendem Maße der Informationsaustausch in Gruppen an Bedeutung. Ein großes Spektrum von Anwendungen aus den Bereichen verteilte Systeme, verteilte rechnergestützte Gruppenarbeit, Konferenzsysteme und Verteildienste haben Bedarf an Gruppenkommunikationsdiensten. Zur parallelen Verarbeitung von Programmen werden in zunehmendem Maße vernetzte Arbeitsplatzrechner anstelle von Parallelrechnern eingesetzt, weshalb zu erwarten ist, daß der Einsatz zuverlässiger Gruppenkommunikationsdienste in naher Zukunft stark anwachsen wird. Selbst bei der Verwendung von Hochgeschwindigkeitsnetzen kann der Leistungsbedarf der Anwendungen häufig nicht ausreichend erfüllt werden, da die Kommunikationssysteme der Arbeitsplatzrechner für diese Anwendungsklasse häufig einen Leistungsengpaß darstellen. Konferenzsysteme sind ein weiteres Beispiel für Anwendungen, die Gruppenkommunikationsdienste mit hohen Bandbreiten und geringen Verzögerung benötigen, wobei die Kommunikationssysteme der Endgeräte häufig zu Leistungsengpässen werden. Erst die Beseitigung dieser Engpässe ermöglicht die Realisierung neuartiger anspruchsvoller Anwendungen. Beispiele hierzu sind verteilte Flugsimulatoren oder operative Eingriffe, bei denen Roboter eingesetzt werden, die durch nicht am Ort befindliche Experten gesteuert werden.

## 2 Problemstellung

In der Praxis konnte bereits die prinzipielle Realisierbarkeit von Anwendungen gezeigt werden, bei denen hochleistungsfähige Gruppenkommunikationsdienste eine wesentliche Rolle spielen. Die heute verfügbaren Gruppenkommunikationsdienste weisen aber noch zahlreiche Schwachstellen auf, welche die weitergehende Verbreitung dieser Anwendungen bisher verhinderten. Insbesondere bieten die heutigen heterogenen Netze, bei denen Brücken und Router eingesetzt werden, nur eine ungenügende Unterstützung für die Gruppenkommunikation. In diesen Netzen wird heute überwiegend das verbindungslose Vermittlungsschichtprotokoll IP eingesetzt, dessen Erweiterung Multicast-IP die Erbringung von Gruppenkommunikationsdiensten im Internet erlaubt. Dazu wurde das sogenannte MBONE (virtual Internet Multicast-BackBONE for Multicast IP) realisiert, das ein weltumspannendes Netz von Multicast-fähigen IP-Routern darstellt. Multicast-IP ist allerdings mit den Nachteilen einer hohen Netzbelastung, geringer Leistungsfähigkeit und geringer Zuverlässigkeit behaftet. Daher läßt sich ein Einsatz von Anwendungen mit IP-basierter Gruppenkommunikation in großem Umfang vielfach schon aus Gründen der begrenzten Netzkapazität nicht realisieren. Für Netze mit IP-basierter Gruppenkommunikation wurde

zwar schon eine größere Anzahl von Transportprotokollen für zuverlässige Gruppenkommunikation entwickelt, allerdings ist dabei die erzielbare Qualität sowie die Skalierbarkeit für große Gruppen oder große Entfernungen in der Regel nicht befriedigend.

ATM-Netze bieten durch die hohe Bandbreite und die üblicherweise in den Netzknoten vorhandene Hardware-Unterstützung für Punkt-zu-Mehrpunktverbindungen eine bessere Ausgangslage für die Erbringung von Gruppenkommunikationsdiensten. Wenn die ATM-Technologie aber in Verbindung mit den heute vielfach verwendeten verbindungslosen Protokollen der Netzwerkschicht und den dazu verfügbaren Transportprotokollen eingesetzt wird, so wirkt sich zwar die hohe Bandbreite der ATM-Netze positiv aus, es bleiben allerdings viele Vorteile der ATM-Technologie ungenutzt. Daher besitzen die auf diese Weise realisierbaren Gruppenkommunikationsdienste deutliche Einschränkungen in Bezug auf Leistungsfähigkeit, maximale Anzahl möglicher Teilnehmer und Skalierbarkeit für weite Entfernungen. Insbesondere führen die heutigen Transportprotokolle häufig dazu, daß Gruppenkommunikationsdienste auf ineffiziente Weise erbracht und dadurch Netzressourcen verschwendet werden.

Da in naher Zukunft in vielen Fällen ATM-Technologie sowohl im lokalen Netz als auch im Weitverkehrsnetz eingesetzt werden wird, ist es unabdingbar, über geeignete Protokolle für zuverlässige Gruppenkommunikation zu verfügen, mit denen sich die in einem homogenen ATM-Netz vorhandene Unterstützung für leistungsfähige Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen in vollem Umfang nutzen läßt.

Die Schwächen der für heterogene Netze entwickelten Kommunikationsprotokolle beim Einsatz in einem homogenen ATM-Netz sind darauf zurückzuführen, daß ATM-Netze gegenüber den bisherigen Netzen in mehrfacher Hinsicht einen Paradigmenwechsel darstellen. Die für heterogene Netze entwickelten Kommunikationsprotokolle für zuverlässige Gruppenkommunikation haben in der neuen Umgebung funktionale und leistungsbezogene Defizite. Die Ursachen dafür werden im folgenden erläutert.

Lange Zeit stellte die Übertragungskapazität des Netzes einen Engpaß dar. Die Einführung von ATM-Netzen hatte zur Folge, daß die vermittelbare Bandbreite im gleichen Zeitraum deutlich schneller angestiegen ist als die Leistungsfähigkeit der Endsysteme. Dadurch wurde die Protokollverarbeitung in diesen Rechnern, die zur Sicherstellung eines zuverlässigen Ende-zu-Ende-Dienstes erforderlich ist, zum potentiellen Leistungsengpaß. Heutige Kommunikationssysteme sind aufgrund der für die Protokollverarbeitung verwendbaren Rechenleistung schon für den einfacheren Fall der Punkt-zu-Punkt-Kommunikation vielfach nicht in der Lage, den Anwendungen die Leistungsfähigkeit des ATM-Netzes verfügbar zu machen. Der dabei beobachtbare Leistungsengpaß vergrößert sich für die Gruppenkommunikation noch weiter und kann mit wachsender Gruppengröße und wachsender Entfernung stark zunehmen. Mit wachsender Anzahl von Empfängern spielt insbesondere das Problem der Quittungsimplosion [HBC95] eine immer wichtigere Rolle.

Ein Leistungsengpaß kann aber nicht nur durch unzureichende Verarbeitungsleistung für die Protokollbearbeitung verursacht werden, sondern kann auch darauf zurückzuführen sein, daß Protokollmechanismen unzureichend an die Eigenschaften des darunterliegenden Netzwerks angepaßt sind. Während die konventionellen Internetworks in der Regel von einer verbindungslosen Netzwerkschicht geprägt sind, ist ATM ein verbindungsorientiertes Protokoll. Aus diesem Grund eignen sich die für eine verbindungslose Netzwerkschicht entwickelten Transportprotokolle nur bedingt für ATM-Netze. Insbesondere die Protokollmechanismen zur Verbindungsverwaltung dieser Transportprotokolle sind für den Einsatz in einem ATM-Netz nur schlecht geeignet, da sie die Funktionalität der ATM-Verbindungsverwaltung nicht ausnutzen. Bei Gruppen, deren Zusammensetzung sich rasch ändert, können dadurch große unerwünschte Verzögerungen entstehen.

In bestehenden paketvermittelten Internetworks treten Pakete variabler Länge auf, die häufig mehreren Kilobyte groß sind. Im Überlastfall treten in den Netzknoten Pufferüberläufe auf, bei denen Pakete verworfen werden. In den Netzknoten bieten diese Pakete variabler Länge die Basiseinheit des Multiplexens zur Zuteilung von Netzressourcen. Im Gegensatz dazu bilden in ATM-Netzen kurze Zellen mit einer Länge von 53 byte die Basiseinheit des Multiplexens. Überlastete ATM-Knoten werfen einzelne Zellen, was üblicherweise zur Folge hat, daß die aus bis zu mehreren hundert Zellen bestehenden Pakete komplett verloren gehen. Daher ist eine Fehlerbehebung in der Transportschicht, wo immer der Verlust ganzer Pakete behoben werden muß, nicht geeignet, Fehler durch beschädigte oder verlorene ATM-Zellen effizient zu beheben. Bei einer Behebung von Zellverlusten in der Transportschicht führt schon eine verhältnismäßig geringe Zellverlustwahrscheinlichkeit zu einem dramatischen Einbruch der Dienstqualität. Um eine ausreichend hohe Auslastung von ATM-Netzen auch bei stoßartigen Quellen zu ermöglichen, ist es wichtig, einen hohen Multiplexgewinn zu erzielen, was sich häufig aber nur bei Tolerierung einer höheren Zellverlustwahrscheinlichkeit realisieren läßt.

Paketvermittelte Netze sind üblicherweise auf die Erbringung eines einzigen Diensttyps ausgelegt, bei

dem keine Dienstqualität garantiert wird. Daher wird in diesen Netzen von den Anwendungen üblicherweise nur eine kleine Anzahl unterschiedlicher Transportprotokolle verwendet. Beim Vermittlungsdienst von ATM-Netzen stehen mehrere Dienstkategorien mit unterschiedlichen Eigenschaften zur Verfügung, bei denen beim Verbindungsaufbau für Bandbreite, Verzögerung und Zuverlässigkeit genaue Vorgaben gemacht werden können. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, den Anwendungen einen geforderten Dienst durch spezielle Protokollmechanismen, die an die jeweiligen Eigenschaften des Vermittlungsdienstes angepaßt wurden, auf effizientere Weise zu erbringen, als dies mit einem universellen Transportprotokoll möglich wäre.

Um zuverlässige Gruppenkommunikationsdienste in ATM-Netzen auf effizientere Weise als mit den bisher vorhandenen Protokollen erbringen zu können, ist die Entwicklung neuer Protokolle erforderlich, die an die spezifischen Randbedingungen in ATM-Netzen besser angepaßt sind. Dabei ist es wichtig, Fehlerkontrollmechanismen zur Verfügung zu haben, die Zellverluste beheben können, ohne die Leistungsfähigkeit des Dienstes wesentlich zu beeinträchtigen. Da bei der Gruppenkommunikation eine Vielzahl unterschiedlicher Randbedingungen möglich sind, ist es wesentlich, Fehlerkontrollmechanismen einsetzen zu können, die an die charakteristischen Eigenschaften eines Kommunikationsszenarios angepaßt sind. Gleichzeitig müssen diese Mechanismen mit geringem Implementierungsaufwand realisierbar sein, um Leistungsengpässe durch die Protokollverarbeitung zu vermeiden. Die Entwicklung geeigneter Protokolle sowie geeigneter Protokollimplementierungen für zuverlässige Gruppenkommunikationsdienste in ATM-Netzen stellt allerdings eine große Herausforderung dar, weil die Parameter für Empfängerzahl, Übertragungskapazität, Entfernung, Verlustwahrscheinlichkeit und Quellencharakteristik über mehrere Größenordnungen schwanken können. Bei der Protokollimplementierung ist es insbesondere wichtig, geeignete Realisierungskonzepte für zellenbasierte Operationen zu finden, da die Zwischenankunftszeiten von Zellen im Mikrosekundenbereich liegen.

### 3 Lösungsansatz und Ergebnisse

Wie eine Analyse bisheriger Konzepte für die Fehlerkontrolle zeigt, stellen Multicast-fähige Protokolle, die für konventionelle Netze entworfen wurden, beim Einsatz in ATM-Netzen häufig einen Leistungsengpaß dar [Car95c, Car95a]. Für zuverlässige Punkt-zu-Punkt-Kommunikation wurden bereits mehrere ATM-spezifische Protokolle vorgestellt. Diese Ansätze zeichnen sich dadurch aus, daß die Fehlerkontrolle in der sich direkt oberhalb der ATM-Schicht befindenden ATM-Adaptionsschicht durchgeführt wird. Allerdings wurde bisher noch kein ATM-spezifischer Ansatz für zuverlässige Gruppenkommunikation vorgestellt.

Ein wichtiges Ziel dieser Arbeit besteht darin, ein Adaptionsschichtprotokoll zu entwickeln, das über multicastfähige Protokollmechanismen hoher Leistungsfähigkeit verfügt. Um bessere Skalierungseigenschaften zu erzielen, soll außerdem nach Verbesserungen des bisher verfolgten Ansatzes gesucht werden, Fehlerkontrolle in ATM-Netzen nur in den Endsystemen durchzuführen. Beim Entwurf der Protokollmechanismen muß berücksichtigt werden, daß Fehler, die bei der Multicast-Kommunikation in ATM-Netzen häufig auftreten, die Leistungsfähigkeit des Gruppenkommunikationsdienstes in möglichst geringem Maße beeinträchtigen. Gleichzeitig ist zu beachten, daß die Verarbeitung der Protokollmechanismen nur wenig Rechenleistung verursacht und eine Implementierung der Protokollmechanismen in Hardware mit möglichst wenig Aufwand möglich ist.

Das in dieser Arbeit vorgestellte Adaptionsschichtprotokoll RMC-AAL (Reliable Multicast ATM Adaption Layer) wurde unter Berücksichtigung dieser Anforderungen entwickelt. Es verfügt über besonders leistungsfähige Fehlerkontrollmechanismen, die für eine große Anzahl von Kommunikationsszenarien und Randbedingungen eine effiziente und preiswerte Erbringung von zuverlässigen Gruppenkommunikationsdiensten ermöglichen. Mit diesen Protokollmechanismen ist es erstmals möglich, bei der Gruppenkommunikation auch für hohe Datenraten, große Entfernungen und stoßartigen Verkehr verhältnismäßig hohe Zellverlustraten zu tolerieren. Die Fehlerkontrollmechanismen sind sowohl für Endsysteme [Car95c], als auch für spezielle Zwischensysteme, sogenannte Gruppenkommunikationsserver [Car95b], geeignet.

RMC-AAL verfügt über einen rahmenbasierten Übertragungswiederholungsmechanismus, der sich durch einen sehr geringen Bandbreitenzusatz aufwand auszeichnet. Mit ihm lassen sich Gruppenkommunikationsdienste insbesondere bei geringen Zellverlustwahrscheinlichkeiten auf sehr effiziente Weise erbringen. Außerdem stellt dieser Mechanismus nur sehr geringe Anforderungen an die Verarbeitungsleistung. Dazu trägt auch ein spezielles Quittungsformat mit Binärfeldern bei, das für eine große Anzahl von Empfängern nur einen verhältnismäßig geringen Verarbeitungsaufwand zur Folge hat und damit das Problem der Quittungsimplosion beherrschbar macht.

Für höhere Zellverlustwahrscheinlichkeiten sowie für Anwendungen, die besonders niedrige Verzögerungszeiten fordern, verfügt RMC-AAL zusätzlich über einen Fehlerkontrollmechanismus mit zellenbasierter Übertragungswiederholung. Durch die Einführung von sogenannten Rahmenfragmenten für die zellenbasierte Übertragungswiederholung lassen sich Zellverluste erstmals auch für Verbindungen mit großer Pfadkapazität effizient beheben. Gegenüber existierenden Vorschlägen für eine zellenbasierte Fehlerkontrolle konnte außerdem der zusätzliche Bandbreitenbedarf deutlich gesenkt werden.

Desweiteren verfügt RMC-AAL über einen Mechanismus zur zellenbasierten Vorwärtsfehlerkorrektur (Forward Error Correction, FEC), der insbesondere in Weitverkehrsnetzen sowie in Fällen, in denen die Skalierbarkeit durch die Anzahl von Übertragungswiederholungen eingeschränkt ist, vorteilhaft eingesetzt werden kann. Das FEC-Verfahren kombiniert einen geringen Verarbeitungsaufwand mit einer großen Robustheit gegenüber den in ATM-Netzen typischen korrelierten Zellverlusten und ermöglicht außerdem eine dynamische Änderung der Redundanz.

Im Gegensatz zu den bisherigen Konzepten für zuverlässige Kommunikation in ATM-Netzen, die Fehlerkontrollmechanismen nur in den Endsystemen vorsehen, konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, daß eine Fehlerkontrolle auch innerhalb des Netzes möglich und vielfach mit deutlichen Vorteilen verbunden ist. Der neuentwickelte Gruppenkommunikationsserver bietet insbesondere im Weitverkehrsbereich und bei großen Gruppen eine wirkungsvolle Unterstützung für Quittungsverarbeitung, Übertragungswiederholung und Vorwärtsfehlerkorrektur. Der Gruppenkommunikationsserver erlaubt zusätzlich eine Leistungssteigerung bei heterogenen Gruppen, bei denen innerhalb der Gruppe große Unterschiede bezüglich der Verbindungseigenschaften sowie bezüglich Funktionalität und Leistungsfähigkeit der Gruppenteilnehmer bestehen können. Außerdem erlaubt er das Multiplexen mehrerer Sender über eine einzige ATM-Verbindung, womit die Skalierbarkeit bei Gruppen mit mehreren Sendern verbessert werden kann.

Unter Verwendung der Sprache SDL wurde eine formale Spezifikation von RMC-AAL für Sender, Empfänger und Gruppenkommunikationsserver erstellt [CS96]. Eine besondere Eigenschaft dieser Spezifikation besteht darin, daß die Protokollbearbeitung durch mehrere, parallel arbeitende Prozesse erfolgt. Damit wurde die Grundlage dafür geschaffen, die ATM-Dienstkomponenten durch parallele Implementierungen hoher Leistungsfähigkeit zu realisieren.

Aus der SDL-Spezifikation wurde durch Einsatz eines Übersetzungswerkzeugs aus einem kommerziellen SDL-Werkzeugpaket automatisch eine Software-Implementierung generiert. Mit dieser Implementierung erfolgte außerdem eine Validierung des Protokolls in zahlreichen Szenarien. Für höchste Leistungsfähigkeit bei der Verarbeitung von RMC-AAL wurden parallele Implementierungsarchitekturen für ATM-Endsysteme und Gruppenkommunikationsserver entwickelt [CD96]. Wesentliche Beiträge zur Leistungssteigerung konnten mit der Entwicklung eines speziellen Hardware-Bausteins zur Quittungsverwaltung [CS95b, CS95] und einer generischen ATM-Protokollverarbeitungseinheit (Generic ATM Protocol Processing Unit, GAPPU, [CS95, CSS96b, CSS96a]) geleistet werden.

Unter Verwendung der vom Bereich Zentrale Forschung und Entwicklung (ZFE) der Firma Siemens zur Verfügung gestellten Laufzeitumgebung Channels wurden die Protokollmechanismen von RMC-AAL in ATM-basierte Arbeitsplatzrechner der Firma Sun, sowie in ATM-basierte PCs unter Linux integriert. Die Laufzeitumgebung Channels ist eine objektorientierte Betriebssystemerweiterung, die Protokollimplementierungen wichtige Basismechanismen wie Zeitgeberunterstützung und Pufferverwaltung bereitstellt. Durch spezielle Scheduling-Mechanismen der Laufzeitumgebung wird ein Einsatz in multimediafähigen Endsystemen unterstützt.

Um den Nachweis zu erbringen, daß mit den Fehlerkontrollmechanismen von RMC-AAL in Endsystemen und in Gruppenkommunikationsservern eine höhere Leistungsfähigkeit als mit bisherigen Ansätze möglich ist, wurde die erzielbare Leistungsfähigkeit für eine Vielzahl unterschiedlicher Randbedingungen untersucht. In diesen Untersuchungen konnte auch ermittelt werden, wie in Abhängigkeit der Randbedingungen die Auswahl und die Parametrisierung der Protokollmechanismen zu erfolgen hat, um die höchste Leistungsfähigkeit zu erzielen.

Basierend auf den zellenbasierten Mechanismus von RMC-AAL zur Vorwärtsfehlerkorrektur wurde ein Vorschlag für eine dienstspezifische Konvergenzteilschicht für AAL5 mit FEC (FEC-SSCS) entwickelt, die sich in einer Vielzahl von Anwendungsfällen einsetzen läßt. Innerhalb des ATM-Forums, einem Zusammenschluß von Herstellern, Netzbetreibern und Anwendern von ATM-Technologie, wurde eine vollständige Spezifikation für FEC-SSCS erstellt [CEG<sup>+</sup>95b]. Außerdem wurden mehrere Beiträge in den Standardisierungsprozeß des ATM-Forums eingebracht, die sich mit der Notwendigkeit neuartiger, leistungsfähiger Fehlerkontrollmechanismen für die Adaptionsschicht [CEG<sup>+</sup>95a, GECD95] sowie deren Bewertung [ECD95b, ECD95a, EC95] befaßten.

# Drahtloses ATM – Ein Überblick

Elmar Dorner

## 1 Einleitung

Das Schlagwort der letzten Jahre, das nicht nur Entwicklungen in der Unterhaltungselektronik und der Computerbranche entscheidend prägte, heißt „Multimedia“. Jetzt scheint es, als ob es von einem neuen Schlagwort abgelöst wird, das nicht zuletzt durch die Benutzer eben dieser Multimedia-Geräte/-Anwendungen mit propagiert wird: „Mobilität“. Die Mobilkommunikation und ihre Anwendungen stecken noch in den Kinderschuhen. Die Mobilität mit dem Computer bringt in vielen Bereichen neue Freiheiten und Möglichkeiten mit sich. Die Leistungskennndaten im Bereich der Mobilkommunikation unterscheiden sich jedoch um Größenordnungen von denen herkömmlicher Festnetze. Die Übertragungskapazitäten in Mobilnetzen sind, bei wesentlich höheren Fehlerraten, wesentlich niedriger als in traditionellen Festnetzen. Aus diesem Grund entsteht sowohl Bedarf an neuen bzw. angepassten Kommunikationsprotokollen für die Mobilkommunikation, als auch an neuen Anwendungen, die den Faktor Mobilität entsprechend berücksichtigen [Ham95].

## 2 State of the Art

Das derzeitige Angebot an drahtlosen Datenübertragungssystemen stellt sich einem unvoreingenommenen Betrachter der Szene als vielfältig dar, wenn man zynisch veranlagt ist, als chaotisch. Ein Teil der Systeme stellt Punkt-zu-Punkt Verbindungen mit unterschiedlichen Bitraten und verschiedenen Betriebsfrequenzen zur Verfügung. Ein anderer Teil umfaßt drahtlose Datenübertragungssysteme auf Basis zellulärer Architekturen, implementiert mit CDMA, SDMA, TDMA/FDMA oder Aloha Techniken [Han96]. Im folgenden werden von der Vielzahl der drahtlosen Datenübertragungssystemen die Punkt-zu-Punkt Systeme nicht weiter betrachtet, da sie in der Regel einen ganz anderen Einsatzzweck haben. Das heißt, nur drahtlose Systeme, die ein sogenanntes Roaming (Wandern) erlauben, werden betrachtet. Tabelle 1 zeigt die aktuell in Betracht kommenden Systeme.

Drahtloses Netz	Datenrate	Backbone Netzwerk
DECT	< 1 Mbit/s (pro Benutzer)	ISDN
GSM	< 144 kbit/s (pro Benutzer)	Internet
ISM-Band WLANs	300 kbit/s - 2 Mbit/s (geteilt)	LAN
HIPERLAN	< 20 Mbit/s (geteilt)	LAN

Tabelle1. Aktuelle drahtlose Netzwerke

### 2.1 Anwendungsbereiche

Vom Anwendungs- und Benutzer-Standpunkt betrachtet, sprechen mobile Datenübertragung und drahtlose LANs orthogonale Märkte an. Mobile Datenübertragung kann man als Ersatz für das Standardmodem sehen und die Hauptanwendung ist momentan immer noch die konventionelle eMail. Drahtlose LAN Systeme sind grundsätzlich für lokale in-house Netzwerke, die Funk oder Infrarot Verbindungen zwischen Computern über kurze Distanzen bieten, gedacht [Mik96].

Das Haupteinsatzgebiet von drahtlosen LANs hat man traditionell darin gesehen, eine flexible und kosteneffiziente Alternative zu LAN Verkabelung zu haben. Neben der Einsparung von oftmals hohen Installations- und Wartungskosten, ist ein weiterer Vorteil von drahtlosen LANs die Einfachheit und Zeitersparnis beim Einrichten von ad-hoc Netzwerken bzw. Hinzufügen von Geräten in bestehende drahtlose Netzwerke. Viele Marktanalysen haben diesem Bereich ein großes Wachstum vorausgesagt, das tatsächliche aber bleibt im Moment hinter den Erwartungen zurück. Das liegt mitunter auch daran, daß die Twisted-Pair-Verkabelung relativ billig durchgeführt werden kann.

## 2.2 Erreichte Leistung und Mobilität

Mobile Datenkommunikation bietet die drahtlose Datenübertragung in WANs – mit niedrigen Bitraten – und der Möglichkeit zum Roaming. GSM Datendienst, als ein Beispiel für Mobile Datenkommunikation, bietet europaweites Roaming und akzeptable Dienstqualitäten. Weiterhin sind Verbesserungen wie GPRS und HSCSD geplant, die die Datendienste in GSM Systemen verbessern.

Drahtlose LANs bieten Mobilität nur in beschränkten, kleineren Bereichen. Die erreichten Bitraten sind wesentlich größer als die in den typischen Mobilkommunikationssystemen. In heutigen drahtlosen LAN Produkten variieren die Bitraten im Bereich zwischen einigen hundert kbit/s und 2 Mbit/s. Proprietäre Systeme erreichen sogar, abhängig von der Qualität der Funkverbindung und der verwendeten Frequenz, noch etwas höhere Bitraten.

## 2.3 Aussichten der Mobilkommunikation

Die dritte Generation der mobilen Telekommunikationssysteme, wie z. B. UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) und FPLMETS (Future Public Land Mobile Telecommunication Systems) haben das Ziel, Bitraten bis zu 2 Mbit/s lokal – in Hot-Spots – und niedrigere Bitraten flächendeckend zu erreichen. Datendienste mit bis zu 2 Mbit/s bedeuten eine signifikante Verbesserung gegenüber den Systemen der zweiten Generation. Der mobile Sprachdienst hat ein größeres Wachstum als je vorhergesagt. Die beschränkten Frequenzressourcen im Bereich unter 2,6 GHz lassen die Befürchtung zu, daß der 2 Mbit/s Datendienst in GSM/DCS1800/UMTS Frequenzbändern vom momentan attraktiveren (gewinnbringenderen) Sprachdienst überrannt wird.

## 3 Warum drahtloses ATM

Mit dem vorhandenen breiten Angebot an drahtlosen Datenübertragungsprodukten stellt sich die Frage, wieso noch ein weiteres drahtloses Datennetzwerk eingeführt werden soll. In diesem Abschnitt werden einige Punkte erläutert, die die Entwicklung einer neuen drahtlosen Zugangstechnik zu ATM/B-ISDN Netzwerken rechtfertigen.

Es können sowohl technologische als auch historische Gründe für die Entwicklung einer neuen drahtlosen Zugriffstechnik gesehen werden. Die wichtigsten Gründe für die Entwicklung von drahtlosen ATM sind:

- Benutzer benötigen den drahtlosen Zugang zu ATM/B-ISDN Netzwerken.
- Multimedia-Anwendungen benötigen eine drahtlose Plattform mit Multimediaunterstützung.
- UMTS und drahtlose LANs können nicht alle zukünftigen Benutzerbedürfnisse befriedigen.

Benutzer neigen dazu, wann immer sie ein Festnetz nutzen, auch die Möglichkeit eines drahtlosen Zugangs zu suchen. Ein kurzer Blick zurück in die Geschichte zeigt, daß es zu jedem populären Festnetz eine drahtlose Erweiterung gibt. ISDN hat durch DECT den drahtlosen Zugang. Das Internet verfügt über verschiedene drahtlose Zugangstechniken. HIPERLAN entwickelt sich zur Zugangstechnologie für LANs.

Es gibt viele Anwendungen, die zusammen die Forderung nach einem sowohl verdrahteten als auch drahtlosen ATM Standard begründen. Aus deren Anforderungen lassen sich zwei generische Typen von Informationen ableiten, die benötigt werden:

- Eine feste Größe von Informationen, die übertragen werden muß.
- Ein Strom von Information, der durch Datenrate und Verzögerung charakterisiert werden kann.

Multimedia schließt beide Arten dieser grundlegenden Datenübertragungen ein. ATM ist der Transportmechanismus, der diese Anforderungen zusammenführt, indem er sehr verschiedene Verbindungsarten mit verschiedenen QoS-Parametern unterstützt.

Eine der fundamentalen Ideen von ATM ist es, Bandbreite nach Bedarf zur Verfügung zu stellen. Bandbreite war traditionell eine teure und knappe Ressource. Dies hatte Einfluß auf die Anwendungsentwicklung und sogar die Erwartungen der Benutzer. Bisher wurde die Anwendungsentwicklung durch die Tatsache beschränkt, daß es nicht möglich war, verschiedene Datenübertragungskanäle mit verschiedenen QoS-Parametern zu unterstützen. Zusätzlich mussten die Anwendungen mit einer relativ geringen maximalen Datenübertragungsbandbreite haushalten. ATM hat das Ziel, diese Beschränkungen zu entfernen. Bandbreite wird billig und es existiert eine gute Unterstützung für verschiedene Verkehrsklassen.

Die Entwicklung hin zu ATM-Transportsystemen hat im Festnetz bereits begonnen. Man kann erwarten, daß neue Anwendungen die Möglichkeiten der ATM-Technologie ausnützen werden. Demzufolge wird der Benutzer sich rasch an die neue Dienstqualität gewöhnen und dieselben Anwendungen auch über drahtlose Verbindungen nutzen wollen. Dies verlangt die Entwicklung einer drahtlosen Zugangsschnittstelle um verschiedene ATM Verkehrsklassen mit QoS-Parametern, bis zu einem vernünftigen Grad, zu unterstützen. Durch den Erhalt der essentiellen Charakteristik einer ATM Übertragung, verspricht drahtloses ATM verbesserte Leistung und Dienstgüte zu bieten, die durch andere drahtlose Kommunikationssysteme nicht erreicht werden können. Zusätzlich bietet der drahtlose ATM-Zugang die Standortunabhängigkeit, die eine der hauptsächlichen Einschränkungen bei der Benutzung von Computern und anderen Kommunikationsgeräten über Festnetze beseitigt.

#### 4 WATM Architektur

Der Entwurf eines drahtlosen ATM Systems beruht teilweise auf Visionen, da er zukünftige Anforderungen der Benutzer von drahtlosen Kommunikationssystemen vorweg nehmen muß. Da bereits drahtlose LANs und schnurlose Systeme existieren, die Datendienste und Mobilkommunikation anbieten, muß das neue System einen Mehrwert für den Endbenutzer bieten, sowie eine flexible Plattform für Entwickler von Anwendungen darstellen.

Das Hauptziel der meisten Vorschläge für drahtlose ATM Systeme ist daher auch der Entwurf eines diensteintegrierenden drahtlosen Netzwerks, das eine möglichst transparente, nahtlose und effiziente Erweiterung der glasfaser-basierten ATM-Netzwerk Fähigkeiten bietet. Dies bedeutet, daß die vorgeschlagenen Systeme einen vernünftigen Bereich von Dienstklassen, Bitraten und QoS-Stufe aus dem ATM-Festnetz unterstützen sollten. Dabei müssen quantitative Unterschiede in den erreichbaren Dienstcharakteristiken, bedingt durch die fundamentalen Beschränkungen des Funkmediums, hingenommen werden.

Abbildung 2 zeigt die vier Aspekte, die Anforderungen bzw. Beschränkungen an den Entwurf eines drahtlosen ATM Systems stellen.

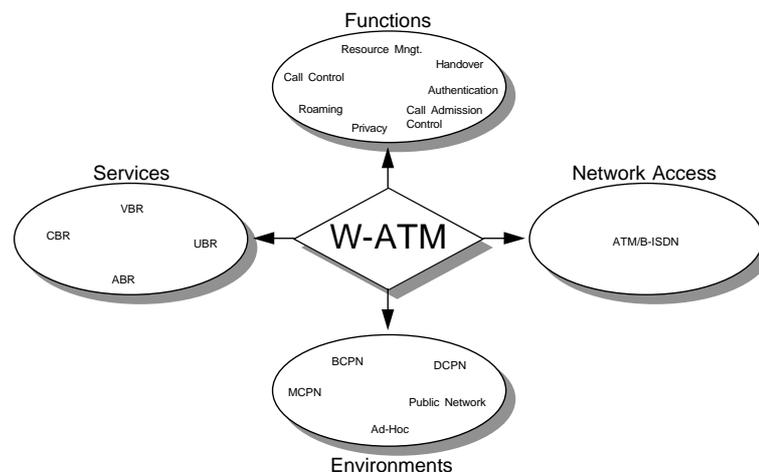


Abbildung 2. Entwurfsaspekte für drahtloses ATM

**Netzwerk Zugang:** Legt man ATM/B-ISDN als das de-facto Backbone-Netzwerk zu Grunde, so reduziert sich das Problem auf zwei Fragen: Wie erweitert man die ATM und B-ISDN- Signalisierung bis zum drahtlosen Endpunkt über einen unzuverlässigen Funklink, und wie bindet man den Mobilitätsaspekt in das drahtlose ATM Netzwerk ein?

**Umgebung:** Mit drahtlosen Übertragungstechniken ist es extrem schwierig eine Luftschnittstelle anzubieten, die eine Mixtur aus Bitraten und QoS Parametern in allen möglichen Einsatzumgebungen unterstützt. Im Allgemeinen wird man ein System so entwerfen, daß es in einer Umgebung den Anforderungen entspricht. Im Rahmen eines RACE-Vorschungsprogramms der Europäischen Union wurden die Zugangsumgebungen in verschiedene Kategorien eingeteilt:

**DCPN:** Domestic Customer Premises Network

**BCPN:** Business Customer Premises Network

**MCPN:** Mobile Customer Premises Network

**PN:** Public Network

**Andere:** Netzwerke, die in keine der oben genannten Kategorien fallen. Dazu zählen z.B. ad-hoc Netzwerke.

Das ideale drahtlose ATM System würde die ganze Welt mit einer einheitlichen Zugangsschnittstelle mit hoher Bitrate abdecken. Da dies in absehbarer Zeit nicht möglich sein wird – und vermutlich auch nie benötigt wird – schränkt man sich auf eine Zielumgebung ein. Die vorgestellten Vorschläge zielen daher auf die Typen DCPN und BCPN.

**Dienste:** Es ist bereits möglich Bitraten bis zu 20 Mbit/s in drahtlosen LANs zu erreichen. HIPERLAN ist derzeit das einzige standardisierte System, das dies erlaubt. Der Unterschied zwischen HIPERLAN und drahtlosem ATM drückt sich in den unterstützten Diensten aus. HIPERLAN ist eine drahtlose Erweiterung eines lokalen Netzwerks und arbeitet mit einem geteilten Medium. Die Unterstützung von zeitkritischen Diensten basiert auf einem best-effort Dienst.

Drahtlose ATM Systeme sollten in etwa die gleichen Bitraten erreichen, jedoch echte Unterstützung für Multimedia-Dienste bieten. Mit ATM/B-ISDN als Backbone-Netzwerk steht für Anwendungen eine flexible Plattform mit verschiedenen Dienstklassen zur Verfügung. Um die bestmögliche drahtlose Plattform für Anwendungen anzubieten, sollten alle Dienstklassen, die im ATM Festnetz definiert sind, auch auf einem drahtlosen Link unterstützt werden.

**Funktionen:** Für die oben genannten Einsatzgebiete von drahtlosem ATM sind die Funktionen, die implementiert werden müssen grundsätzlich die gleichen wie im verdrahteten Fall. Zusätzlich müssen noch weitere Funktionen realisiert werden, die der drahtlosen Verbindung und der Mobilität der Benutzer Rechnung tragen. Dazu zählen Handover, Security, Privacy, Roaming, Ad-hoc Netzwerke.

## 5 Stand der Entwicklung

Zwei Foren – ETSI STC RES 10 und ATM Forum – beschäftigen sich seit Ende 1995 mit der Thematik drahtloses ATM. Das RES 10 Gremium war bereits bei der Standardisierung von HIPERLAN tätig und beschäftigt jetzt hauptsächlich mit der drahtlosen Schnittstelle. Das ATM Forum beschäftigt sich mit der Tatsache, daß in zukünftigen ATM Netzen die physikalische Schicht nicht notwendigerweise aus einem zuverlässigen Medium bestehen muß und daß die Verbindungsendpunkte mobil sein können.

Die ersten Arbeiten beider Gremien beschäftigen sich mit möglichen Einsatzgebieten von drahtlosem ATM und deren speziellen Bedürfnissen. Die Suche nach verfügbaren Frequenzbändern im 5,2 GHz Bereich für drahtloses ATM ist die vordringlichste Aufgabe und wurde deshalb zuerst in Angriff genommen.

Derzeit entstehen sowohl im universitären Bereich, als auch in den Forschungsabteilungen der Industrie, viele Projekte im Bereich drahtloses ATM [LM96b, VPR95, AHR96, Wei96, Ume96]. Die EU unterstützt im Rahmen des ACTS (Advanced Communications Technologies and Services) [ACT] Programms zwei Projekte: The Magic WAND (Wireless ATM Demonstrator) [Fan95] und MEDIAN (Wireless Broadband CPN/LAN for Professional and Residential Multimedia Applications) [Koo96].

## 6 Zusammenfassung

Während drahtlose Kommunikation eine schnelle Evolution erfährt, bewegen sich die Festnetze hin zu B-ISDN – mit ATM als zugrundeliegendem Konzept. ATM bietet Datenraten, die merklich höher liegen als in traditionellen Festnetzen. Das Internetworking mit ATM stellt extrem starke Anforderungen an die drahtlose Luft-Schnittstelle. Es bleibt abzuwarten, ob die weitergehenden Entwicklungen in der Technologie kleinere und weniger Strom verbrauchende Geräte mit einer höheren Leistung und Funktionalität hervorbringen wird.

Die Problematik der beschränkt zur Verfügung stehenden Frequenzen gilt es vordringlich zu lösen. Vermutlich werden die Frequenzen unter 2 GHz weiterhin für Mobilkommunikation genutzt, jedoch nur für Dienste mit niedrigen Bitraten (sowohl Daten als auch Sprache). Verbindungen, die 2 Mbit/s oder mehr benötigen, müssen in höhere Frequenzbereiche verschoben werden. Als mögliche Alternativen sind im Moment die Bereiche um 5,2 GHz und 17,1 GHz im Gespräch.

Die erfolgreiche Einführung von drahtlosem ATM ist stark mit dem Erfolg von ATM/B-ISDN in Festnetzen verbunden. Werden ATM/B-ISDN Netzwerke ein kommerzieller Erfolg, dann kann man drahtlose ATM Netzwerke zwar noch nicht heute, aber mit Sicherheit in der nahen Zukunft sehen.

# Protokolle für eine geordnete Auslieferung in Multicast-Gruppen

Stefan Dresler

## 1 Einleitung

Anwendungen wie verteilte Datenbanken und Shared Whiteboards benötigen ständig oder zu definierten Zeitpunkten eine konsistente Sicht auf ein System. Um dies zu erreichen, verwenden sie geeignete Protokolle zum Austausch von Nachrichten. Die Funktionalität zur Kommunikation kann entweder in die Anwendung selber integriert sein oder durch einen dedizierten Kommunikationsdienst erbracht werden. Dieser Kommunikationsdienst realisiert einen geordneten Multicast — also eine 1:N-Kommunikationsbeziehung, in der alle Empfänger versendete Nachrichten eines Senders in der gleichen Reihenfolge erhalten — oder sogar einen geordneten Multipeer-Dienst — also eine M:N-Kommunikationsbeziehung, in der alle Empfänger versendete Nachrichten mehrerer Sender in der gleichen Reihenfolge erhalten.

Ein vielfach gewählter Ansatz zur Realisierung des Dienstes [Pow96, SR96] besteht in der Verwendung einer Zwischenschicht zwischen dem Übertragungsdienst und der Anwendung. Damit besteht die Möglichkeit, die Kommunikationsmechanismen aus der Anwendung auszulagern und diese damit zu vereinfachen. Ein anderer, weitergehender Ansatz ist es, das Übertragungsprotokoll so zu wählen, daß es gleichzeitig eine Fehlerkontrolle durchführt und die Ordnung der Nachrichten sicherstellt. Dieser Ansatz soll in Zukunft näher untersucht werden. Insbesondere im Zusammenhang mit Übertragungstechnologien hoher Leistungsfähigkeit, etwa dem ATM (Asynchroner Transfer-Modus), verspricht dieses Vorgehen einen Leistungsgewinn. Darüber hinaus bietet es sich an, die Leistungsfähigkeit des Protokolls durch den Einsatz fehlerkorrigierende Maßnahmen wie der Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC) weiter zu erhöhen.

Ziel dieses Berichts ist es, nach einigen einführenden Bemerkungen in Abschnitt 2 Randbedingungen für die Realisierung eines Dienstes zur geordneten Auslieferung sowie einige existierende Protokolle vorzustellen und in Abschnitt 3 weiterführende Ansätze zu skizzieren.

## 2 Realisierung eines Dienstes zur reihenfolgetreuen Auslieferung in Multicastgruppen

### 2.1 Ordnungssemantiken

In der Gruppenkommunikation lassen sich verschiedene Ordnungssemantiken definieren. Diese Einteilung ermöglicht es, genau den Mechanismus zu verwenden, der den jeweiligen Notwendigkeiten entgegenkommt. In der Regel ist die Realisierung einer mächtigeren Semantik mit einem höheren Verarbeitungs- und Zeitaufwand verbunden.

- Die sicherlich einfachste Semantik stellt die *ungeordnete Gruppenkommunikation* dar. Die beteiligten Instanzen sorgen dabei nur für die Verteilung der Daten an mehrere Empfänger. Es kann einen oder mehrere Sender geben.
- Bei der *einfachen Quellordnung* können ebenfalls mehrere Sender an einer Kommunikationsbeziehung teilnehmen. Für jeden Sender in der Gruppe gilt, daß seine Nachrichten bei allen Empfängern in der Reihenfolge der Übergabe an die dienstbringende Schicht ausgeliefert werden. Nachrichten verschiedener Sender können jedoch bei verschiedenen Empfängern auch in unterschiedlicher Reihenfolge ausgeliefert werden. Ein Beispiel für diese Klasse ist das Local Group Concept (LGC) [Hof96b].
- Noch einen Schritt weiter geht die *globale Ordnung*. Bei ihr werden Nachrichten mehrerer Sender bei allen Empfängern in der gleichen Reihenfolge ausgeliefert, die gleichzeitig der Reihenfolge der Übergabe der Nachrichten an die dienstbringende Schicht bei den Sendern entspricht. Zur Realisierung dieses Dienstes ist es erforderlich, daß sich die Gruppenmitglieder auf eine gemeinsame Zeitbasis einigen, die der Ordnung zugrunde gelegt wird.
- Tritt zu der Forderung nach globaler Ordnung noch der Wunsch, daß entweder alle Empfänger eine Nachricht erhalten oder keiner, gelangt man zu *atomarer Zuverlässigkeit*. Drei Eigenschaften müssen sichergestellt werden:
  - Atomarität (auch Atomizität genannt): Eine Nachricht wird entweder an alle Empfänger ausgeliefert oder an keinen.

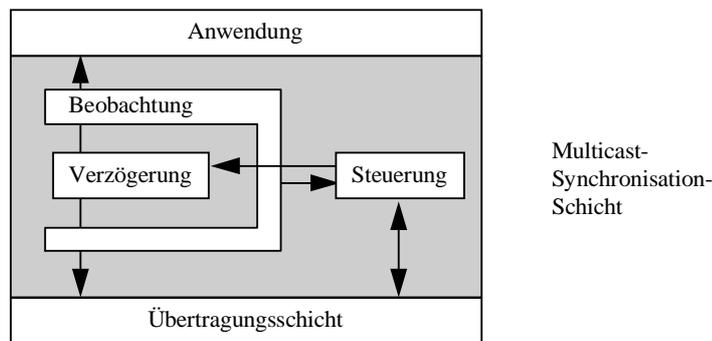
- Totale Ordnung: Alle beteiligten Empfangsinstanzen liefern die Nachrichten in der gleichen Reihenfolge aus.
- Terminierung: Innerhalb einer festen Zeitspanne wird der Dienstanwender benachrichtigt, ob der Dienst erfolgreich erbracht wurde.

Neben diesen Ordnungssemantiken existieren noch weitere, die in ihrer Stärke zwischen ungeordneter Auslieferung und totaler Ordnung liegen.

Bei den vorgestellten Semantiken spielt außerdem die Zuverlässigkeit der Auslieferung eine Rolle. So mag es für Anwendungen beispielsweise ausreichen, daß aus einer Menge von  $n$  Empfängern mindestens  $k$  eine versendete Nachricht empfangen. Man spricht in diesem Zusammenhang von einer  $k$ -Zuverlässigkeit. Ist gefordert, daß mindestens ein Empfänger eine Nachricht bekommt, erhält man entsprechend  $k = 1$  und spricht von 1-Zuverlässigkeit. Bei einer  $n$ -Zuverlässigkeit müssen alle Empfänger die Nachricht erhalten.

Eine etwas andere Form der Ordnungsrelation ist die der *kausalen Ordnung*. Hierbei wird beispielsweise explizit angegeben, welche andere Nachrichten einer gesendeten Nachricht  $M$  vorangehen und gewissermaßen bereits bei den Empfängern als Voraussetzung für die Auslieferung von  $M$  vorhanden sein müssen. [CS93] enthält eine Übersicht über die Grenzen der kausal und total geordneten Kommunikation.

Um die Komplexität der Realisierung eines geordneten Multicast-Dienstes überschaubar zu halten, wird oft unterschieden zwischen der zuverlässigen Verteilung von Nachrichten und einer gegebenenfalls nötigen Umordnung der Nachrichten bei den Empfängern. Im Sinne des ISO/OSI-Schichtenmodells greifen die Mechanismen zur Sicherstellung der Reihenfolgetreue dabei auf einem zuverlässigen Basisdienst zurück. Abbildung 3 zeigt eine Beispiel-Architektur, die an [May92] angelehnt ist.



**Abbildung 3.** Schichtenmodell zur Realisierung einer geordneten Auslieferung in Multicast-Gruppen

In diesem Modell werden die eigentlichen „Nutz-Nachrichten“ von der Beobachtungs- und Verzögerungsinstanzen gegebenenfalls bis zu einer Umordnung gespeichert. Die Steuerung dient der Koordination der beteiligten Schichteninstanzen untereinander bei der Festlegung der Auslieferungsreihenfolge. Für die Erbringung dieses Dienstes existieren bereits verschiedene Protokolle.

Die vorgestellte Architektur läßt eine geringere Leistungsfähigkeit erwarten als die Verwendung eines Protokolls, das gleichzeitig Fehlerkontrolle und Ordnung der Nachrichten sicherstellt [May93].

## 2.2 Entwurfsziele und Optimierungsstrategien

Es existiert eine ganze Reihe von Zielen, der bei dem Entwurf eines Protokolls zur Realisierung eines reihfolgetreuen Multicast-Dienstes mehr oder weniger große Bedeutung beigemessen werden kann. Dies sind:

- Minimierung der maximalen Verzögerung zu den Empfängern.
- Minimierung der mittleren Verzögerung zu den Empfängern (gemittelt für jeden einzelnen Empfänger über die Sender, für jeden einzelnen Empfänger, über verschiedene Kommunikationsszenarien oder über alle Empfänger).
- Erzielung hoher Robustheit (Ausfall von Stationen, Partitionierung der Gruppe).
- Minimierung der Anzahl zu sendender Kontroll-Nachrichten, um die Netzlast gering zu halten, insbesondere für den Fall, daß einige Mitglieder der Kommunikationsgruppe nur über eine Verbindung geringer Bandbreite, beispielsweise eine Funkschnittstelle, erreicht werden können [PRS96].
- Skalierbarkeit hinsichtlich großer Entfernungen.

- Skalierbarkeit mit Blick auf eine große Anzahl an Teilnehmern.
- Möglichkeit des Hinzutretens neuer Mitglieder ohne Neuinitialisierung des Verfahrens bzw. der Instanzen.

Ein Vergleich der Leistungsfähigkeit einiger Protokolle für den einfachen Fall eines einzelnen Senders findet sich in [May92].

### 2.3 Existierende Ansätze

In [Ste94] werden Protokolle zum schnellen, geordneten Multicast diskutiert. [GMS91] berücksichtigt außerdem Aspekte der Zuverlässigkeit und stellt den sogenannten Propagation-Algorithmus vor. Eine ähnliche Ausrichtung findet sich in [ADMSM95]. Das Amoeba-System [KT96] arbeitet Sequenzbasiert und mit negativen Quittungen zur Realisierung einer total geordneten Auslieferung und bietet dem Benutzer die Möglichkeit, den gewünschten Grad an Fehlertoleranz zu wählen. Ein Vergleich von Protokollen zur fehlertoleranten Realisierung eines atomaren Broadcast wird in [Anc93] gegeben. In [GLS96] werden Verfahren zur Vermeidung von eventuellen Blockierungen diskutiert.

Das Totem-System [MMSA<sup>+</sup>96, MMSA<sup>+</sup>94, CMMS96, Aga94, AMMSB94, VMMSS94, Val94, MSMA91, AMMS<sup>+</sup>93] sorgt für die zuverlässige, total geordnete Verteilung von Multicast-Nachrichten. Es nutzt dabei die Möglichkeit eines in einem LAN hardwaremäßig realisierten Broadcasts. Der Transis-Ansatz [DM96, Kra92, Hul96] zur Erbringung eines Multicast-Dienstes verfolgt drei Ziele. Zuerst berücksichtigt es den Fall einer Partitionierung des Netzwerkes zur Laufzeit und bietet Werkzeuge zum Wiederaufsetzen nach der Wiedervereinigung der Teile. Als zweites ist das System skalierbar, indem es eine hierarchische Struktur aufweist. Dadurch eignet es sich auch für Gruppenmitglieder, die sich nicht im gleichen LAN befinden, sondern über weitere Strecken miteinander kommunizieren. Drittens wird die Möglichkeit des effizienten Multicasts in LANs für eine schnelle Cluster-Kommunikation ausgenutzt. Eine hierarchische Struktur findet sich auch im Reliable Multicast Transport Protocol (RMTP) [LP96].

Protokolle zur geordneten Auslieferung können außerdem für „harte“ Realzeit-Anforderungen (synchrone Gruppenkommunikation) ausgelegt sein oder für schwächere Bedingungen (asynchrone Gruppenkommunikation) [Cri96].

Das ISIS-System [ISI96] ist aus der Untersuchung von Fehlertoleranz in verteilten Systemen entstanden. Sein Nachfolger Horus [vRBM96, Hor] hat sich zum Ziel gesetzt, darüber hinaus auf parallelen Prozessoren und in ATM-Netzen einsetzbar zu sein.

Protokolle zur Erbringung des reihfolgegetreuen und zuverlässigen Multicast-Dienstes basieren auf verschiedenen Synchronisationsmechanismen. Entsprechend lassen sie sich in folgende Kategorien einteilen:

- Zeitbasierte Protokolle verwenden eine gemeinsame Zeitbasis, anhand derer sie Nachrichten verschiedener Sender ausliefern. Die Bereitstellung einer Zeitbasis mit der erforderlichen Auflösung bei allen Teilnehmern ist allerdings unter Umständen aufwendig. Neben dem Global Positioning System (GPS) kann hierzu auch das von öffentlich-rechtlichen Fernsehanstalten ausgesendete Signaldienste [Bau95]. In ATM-Umgebungen kann auch auf den Takt eines angeschlossenen öffentlichen SDH-Netzes zurückgegriffen werden.
- „Senderorientierte“ Protokolle lassen die Sender von Nachrichten dafür sorgen, daß die Auslieferungsreihenfolge bei allen Empfängern gleich ist.
- „Empfängerorientierte“ Protokolle überlassen es den Empfängern einer Kommunikationsgruppe, die Auslieferungsreihenfolge festzulegen.

Eine andere Klassifizierung geht etwa von Token-orientierten Protokollen gegenüber symmetrischen Verfahrensweisen aus [RFV96]. Eine Bewertung der Verfahren orientiert sich an ihrer Eignung für große Gruppen, ihrer Leistungsfähigkeit und der resultierenden Netzbelastung.

## 3 Weiterführende Arbeiten

Die existierenden Ansätze bieten noch Potential für Verbesserungen. Dazu zählen sowohl die Ausrichtung auf ATM-Netze als auch generelle Verbesserungen für den Einsatz in Weitverkehrsnetzen. Die vorgestellten Ansätze zielen in der Regel auf die Optimierung eines gewissen Aspekts, der im Zusammenhang mit der jeweils primär betrachteten Anwendung wichtig ist. Nur bei Horus findet sich explizit die Ausrichtung auch auf die ATM-Architektur, [RFV96] legt Wert auf die speziellen Probleme in Weitverkehrsnetzen. Transis, das LCG und RMTP verwenden einen hierarchischen Ansatz.

Steigerungen der Leistungsfähigkeit von Protokollen zur geordneten und zuverlässigen Auslieferung in Multicast-Gruppen können sich durch folgende Techniken ergeben:

- Einsatz von Verfahren zur Vorwärtsfehlerkorrektur (FEC). Gerade in Weitverkehrsnetzen besteht eine nicht zu vernachlässigende Wahrscheinlichkeit für Zellverluste. Der Einsatz von FEC kann eine Leistungssteigerung herbeiführen, indem die Zellverlustrate gesenkt wird, was wiederum die Auslieferung bei den Empfängern beschleunigt und die Häufigkeit von Reinitialisierungsmaßnahmen etwa bei tokenbasierten Verfahren reduziert.
- Einsatz mehrerer Wege, z.B. virtueller Pfade in ATM-Netzen. Eine Möglichkeit, dem Verlust von Nachrichten entgegenzuwirken, ist der Einsatz paralleler virtueller Pfade zur Übermittlung von Nachrichten in ATM-Netzen. Auch im verlustfreien Fall können sich Leistungsvorteile für das Verfahren ergeben.
- Einsatz von Gruppenkommunikationsservern im Netz. Um die beteiligten Endsysteme zu entlasten, bietet sich die Verwendung von Gruppenkommunikationsservern (GKS) [CD96] an. Ein Teil des notwendigen Verwaltungs-Overheads wird damit vom GKS erbracht. Dieser kann auf die Aufgabe hin optimiert werden. Eine weitere Stufe ist der hierarchische Einsatz solcher GKS.

Jede dieser Techniken läßt sich außerdem auf die Verteilung der Nutzdaten oder der Kontrollnachrichten anwenden. Die Verwendung der oben genannten Techniken läßt auf eine Verringerung der Netzlast, eine verringerte (maximale oder durchschnittliche) Auslieferungsverzögerung, eine größere Robustheit gegen den Ausfall von Teilnehmern und gegen Zellverluste sowie eine bessere Skalierbarkeit der Verfahren hoffen.

Geplante Arbeiten umfassen die folgenden Aspekte:

- Analytische Untersuchung der Auswirkungen der Integration von FEC in ein ausgewähltes Protokoll zur geordneten Auslieferung in Multicast-Gruppen sowie gegebenenfalls Simulation eines Szenarios.
- Analytische Untersuchung des Einsatzes redundanter Wege in einem ausgewählten Protokoll zur geordneten Auslieferung in Multicast-Gruppen sowie Simulation dieses Szenarios.
- Implementierung eines neuen, etwa Server-basierten Ansatzes zur Erbringung des Dienstes der geordneten Auslieferung in Multicast-Gruppen.
- Praktischer Einsatz eines angemessenen Dienstes mit einer Anwendung (Datenbank, Whiteboard oder andere).
- Formale Beschreibung eines Protokolls mit SDL oder in einer Prozeßalgebra.
- Klärung von Sicherheitsaspekten.

#### **4 Zusammenfassung**

Zur Realisierung von Protokollen zur geordneten und zuverlässigen Auslieferung in Multicast-Gruppen existiert bereits eine Vielzahl von Protokollen. Sie weisen jedoch noch Potential für Verbesserungen auf. Insbesondere kann eine Optimierung einiger Protokolle mit Blick auf ATM als Ziel-Netzwerktechnologie durchgeführt werden. Die Leistungsfähigkeit heutiger Arbeitsplatzrechner sowie die Charakteristika hochleistungsfähiger Netztechnologien wie ATM verlangen eine adäquate Erbringung von Kommunikationsdiensten. Die hier skizzierten Arbeiten sollen einen Schritt in diese Richtung gehen.

# Protokollbasierte Spezifikation von Teamarbeit

Oliver Frick

Teamarbeit ist das Zusammenwirken mehrerer Einzelpersonen, um ein bestimmtes übergeordnetes Ziel zu erreichen. Basis für Teamarbeit ist das aufeinanderbezogene Handeln der Teilnehmer, daß durch Austausch von Information zwischen den Kooperationsteilnehmern, also durch *Interaktion* erfolgt. Nach Mallone [MC90] ist eine harmonische Zusammenarbeit erst durch *Koordination* der einzelnen Interaktionen möglich. Koordination bedeutet dabei das Steuern der einzelnen aufeinanderbezogenen Interaktionen im Rahmen einer *Policy*, die die Regeln der Koordination definiert. Eine Policy wird implementiert durch ein *Koordinationsprotokoll*, das zwischen den Kooperationspartnern vereinbart ist. Die Definition eines Koordinationsprotokolls erfolgt dabei oft implizit (etwa im Rahmen des sozio-kulturellen Hintergrunds der Kooperationspartner) unter Verwendung von *Rollen*. Die Art der Koordination hängt dabei von der Art der Aufgabe und der Form und Qualität der zur Aufgabenlösung eingesetzten Interaktion ab; bei der Interaktion "Sprechen in kleiner Gruppe" erfolgt z.B. eine hochdynamische Koordination mit stark wechselnden Rollen, wohingegen bei einer Dienstreiseabrechnung klare Rollen existieren und der Ablauf der einzelnen Schritte und Handlungen (weitgehend) klar definiert ist.

Dieser Beitrag analysiert die Methoden zur Rechnerunterstützung von Teamarbeit und stellt einen strukturierten Ansatz zur effizienten Entwicklung von Teamarbeitssystemen vor. Der Ansatz basiert auf der Beobachtung, daß heute geeignete Mechanismen zur Interaktionsunterstützung bereit stehen. Diese müssen um Koordinationspolicies ergänzt werden, um Teams bei ihrer Aufgabenlösung spezifisch zu unterstützen. Der Entwurf von Koordinationsprotokollen erfolgt dabei mehrstufig und basiert auf Erkenntnissen der objektorientierten Analyse/Design und der formalen Spezifikation von Kommunikationsprotokollen.

## 1 Rechnerunterstützte Teamarbeit

### 1.1 Teamarbeitsmodell

Die in der Literatur beschriebenen Modelle zur Rechnerunterstützung von Teamarbeit basieren im Wesentlichen auf dem vorgestellten Modell von Interaktion und Koordination [Rü93]. Ziel der Rechnerunterstützung ist es dabei, die Grenzen, die herkömmlicher Teamarbeit durch Gruppengröße, geographischer Verteilung oder Zeitbedingungen gegeben sind, zu erweitern. Ein verteiltes Rechnersystem kann hier sowohl Interaktion als auch Koordination unterstützen.

**Interaktionsunterstützung:** Aspekte wie geographische Verteilung, Zeitbezug der Handlungen zueinander oder der Typ der ausgetauschten Information definieren unterschiedliche Interaktionsformen wie synchron/asynchron oder textbasiert/multimedial, für die heute eine breite Palette an Interaktionsmechanismen wie strukturierte Mail, gemeinsam nutzbare Informationseinheit, Mehrbenutzereditor, oder Videokonferenz existieren. Diese Mechanismen, die heute auch oft unter dem Begriff Groupware zusammengefaßt werden, stellen ihre Funktionalität auf verschiedenen Abstraktionsstufen zur Verfügung, von OLE oder RPC Schnittstellen [ADH<sup>+</sup>93, ITU94] bis hin zu objektorientierten Klassenbibliotheken [Tee96, RG92, MLF92] reichen. Schwerpunkte sind dabei Kommunikationsunterstützung und Benutzerinteraktion; Koordination ist in der Regel nicht oder nur sehr rudimentär ausgebildet.

**Koordinationsunterstützung:** Die Koordinationsunterstützung erweitert das implizite, soziale Koordinationsprotokoll der Gruppe um ein technisches Koordinationsprotokoll. Die Notwendigkeit einer zusätzlichen Koordination entsteht durch ungewohnte bzw. schlechte Interaktionsmechanismen, durch stark entkoppelte Interaktionen, die das Entstehen von sozialen Protokollen erschwert, oder durch große Teams oder komplexe Probleme. In der Literatur übliche Koordinationsprotokolle basieren auf Metaphern wie Gruppe oder Konferenz [RG92], Rolle als Abstraktion für Rechte und Eigenschaften von Teammitgliedern [Rei92], Aufgaben und Abläufe [Tee96], oder Berechtigungstokens [ADH<sup>+</sup>93]. Die technische Koordination wird (insbesondere im Bereich Vorgangsbearbeitung) so weit getrieben, daß das soziale Protokoll vollständig verdrängt wird. Dieses Vorgehen beruht auf einer vollständigen tayloristischen Aufgabenzerlegung in Teilaufgaben, bis alle Interaktionskonflikte gelöst [Rei93]. Teilkooordinierte Teamarbeit findet sich mehr im Bereich der synchronen Teamarbeit; hier fällt die Koordination jedoch oft sehr einfach aus [Rü93] und vereinfachte Annahmen über Gruppenstrukturen und Gruppenprozesse werden gemacht.

## 1.2 Problemanalyse

Sowohl in der Literatur als auch in in Form von Produkten und Standards [ITU94] finden sich eine große Menge an geeigneten Mechanismen zur Interaktionsunterstützung für Teamarbeit. Beim Einsatz von rechnergestützten Systemen zur Unterstützung von Teamarbeit wurden jedoch bei spezifischen Problemen eine Reihe von Beschränkungen und Defiziten beobachtet, die sich auf inadäquate Koordination zurückführen lassen [MO94, EGR91a] und sich durch Koordinationszusammenbrüche oder kreativitätshemmende Überkoordination [EGR91a] äußern. Eine adäquate Koordination muß eine Reihe von Forderungen genügen:

**Reflexion des Kontextes** Koordination stellt einen massiven Eingriff in das Kooperationsverhalten des Teams dar. Die Erfahrung mit Workflowsystemen hat gezeigt, daß individuelle Teams und Anwendungskontexte eine gruppen- und problemspezifische Koordination benötigen [Rei93]; generische Koordination wie von vielen konferenzorientierten Systemen ist zu allgemein und nicht geeignet.

**Offenheit** Technische Koordination soll das soziale Protokoll *ergänzen*. Bei einer rechnerunterstützten Kooperation existieren zwei parallele und Aktivitätsebenen aus technischer Koordination und sozial koordinierten (bzw. aus Rechnersicht unkoordinierten) Aktionen. Eine vollständige Verdrängung des sozialen Protokolls ist nur bei sehr gut verstandenen statischen Aufgaben und exakter Problemzerlegung möglich; Parallelität kann hier nur entstehen, wenn alle Teilaufgaben entkoppelt sind. Diese Art der Arbeitsaufteilung steht jedoch im Gegensatz zum *Lean Management* und wirkt kontrakooperativ [BB94b]. Die Koordination in rechnerunterstützter Teamarbeit muß offen sein gegenüber der zweiten Aktivitätsebene des sozialen Protokolls, das im Rahmen des technischen Protokolls geführt wird.

**Dynamik** Rechnerunterstützte Koordination geht in der Regel von vereinfachenden Annahmen über die Gruppenstruktur dynamischen Prozesse innerhalb der Gruppe aus [MO94]. Schon eine einfache Sender/Empfänger Interaktion bedingt jedoch eine fortlaufende Änderung des Rollenverhaltens, was sich bei komplexeren Aufgaben und enger Kooperation entsprechend fortsetzt. Statische Rollen lenkt jedoch die Kooperation in starren Bahnen, generalisierte Rollen bedingen eine verallgemeinernde und unpräzise Koordination. Ansatzweise wird Rollenänderungen in der Koordination mit Sprechakten eingeführt [Win86]. Eine adäquate Koordinationsunterstützung reflektiert die Dynamik in der Koordination und unterstützt diese in Form von Rollenänderungen explizit.

## 1.3 Entwicklung von Teamarbeitssystemen

Die Entwicklung von Teamarbeitssystemen kann als Systemintegrationsprozeß angesehen werden, bei dem vorhandene Interaktionsmechanismen in Form von Toolkits oder generischen Bausteinen geeignet kombiniert und um eine Koordinationssteuerung in Form eines Koordinationsprotokolls ergänzt werden. Durch die Forderung nach Reflexion des Anwendungskontextes werden Teamarbeitssysteme zu hoch spezialisierten Systemen, deren allgemeine Wiederverwendung erschwert ist. Anwendungsspezifisch sind dabei vorwiegend die Koordinationsprotokolle, deren Gestaltung aber kritisch für eine effiziente Teamarbeit ist. Hauptaufgabe einer Entwicklungsunterstützung für Teamarbeitssysteme ist also eine effiziente Entwurfsunterstützung für Koordinationsprotokolle.

## 2 Entwurf von Koordinationsprotokollen

Um sowohl den Anwendungsbezug als auch die Einbindung der Interaktionsmechanismen zu erreichen, wird der Entwurf von Koordinationsprotokollen in 4 Entwurfsebenen angegangen, für die je eigene Beschreibungsmittel zur Verfügung stehen. Ausgehend von einer abstrakten, verhaltensgetriebenen Analyse von Anwendungs- und Einsatzszenarien wird eine Spezifikation von Koordinationsprotokollen erstellt, die dann über eine Systemspezifikation in eine Implementierung transformiert wird. Kennzeichnend insbesondere für die ersten Ebenen ist die Verwendung von Rollen als erstrangiges Entwurfsartefakt. Auf allen Ebenen werden für Entwickler lesbare Entwurfsartefakte verwendet, um vorhandene Interaktionsmechanismen auf verschiedenen Ebenen einbinden zu können. Durch die Definition einer Transformationssemantik und einer Entwurfsmethodik für den gesamten Prozeß ist die Semantik der vorigen Ebene in der nächsten Ebene erkennbar. Abbildung 4 skizziert den Entwurfsprozeß und zeigt beispielhaft Beschreibungsmittel für jede Ebene.

**1 Ebene: Kooperations szenarien.** Basis für den Entwurf von Kooperationsprotokollen bilden Teamarbeitsszenarien, die aus Rollen, Interaktionsmechanismus und Koordinationsdienst bestehen (Abbildung 4 a). Rollen beschreiben Klassen von spezifischen und typischen Interaktions- und Koordinati-

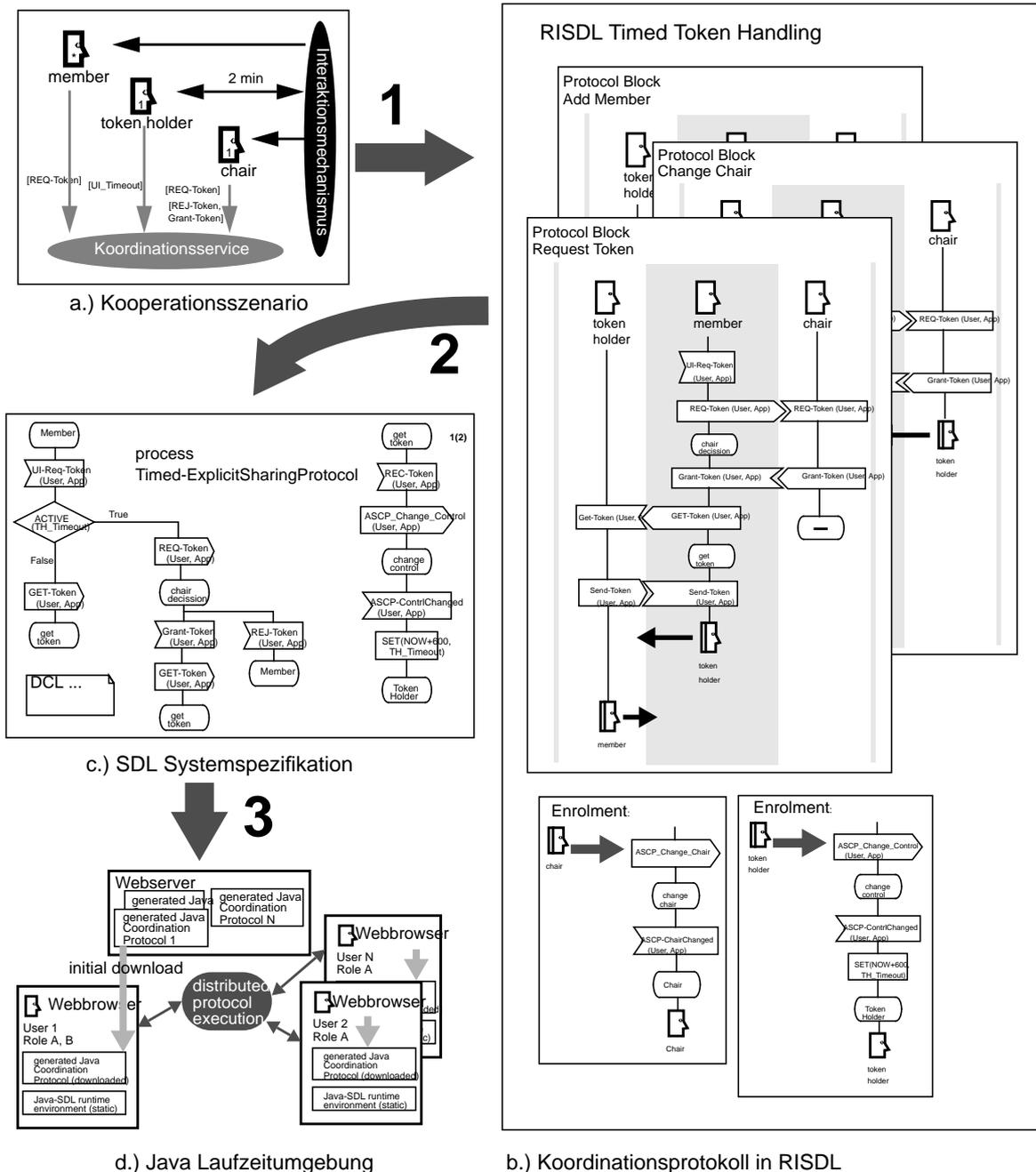


Abbildung 4. 4 stufiger Entwurfsprozeß zur protokollbasierten Spezifikation

onsverhaltens, das unmittelbar auf Teammitglieder abgebildet werden kann. Intendiertes Interaktionsverhalten von Rollen wird durch Interaktions-Service-Parameter (Interaktions-QoS) ausgedrückt (z.B. durch Interaktionsdauer, Interaktionsqualität, Verhältnis der Interaktionsnutzung im Vergleich zu anderen Rollen). Koordinationsverhalten wird als Dienstspezifikation in Form von *Contracts* zwischen Rollen und Koordinationsdienst definiert und erfolgt, ähnlich der von Jacobsen vorgestellten *use cases* [JCJO92] verhaltensgetrieben. Die Zerteilung in Interaktions- und Koordinationsverhalten ermöglicht eine Koordination parallel zur Interaktionsaktivitäten der Rollen und erlaubt so Offenheit der Koordination.

**2 Ebene: Koordinationsprotokoll mit Role Interaction SDL (RISDL).** Ausgehend von den zuvor definierten Rollen und deren contracts mit dem Koordinationsdienst wird das Verhalten des Koordinationsprotokolls spezifiziert. Analog zur Vorgehensweise beider Spezifikation von Kommunikationsprotokollen werden *Message Sequence Charts* pro Rolle gebildet und diese innerhalb eines Protokollblocks in Korrelation zueinander gesetzt. Ein Protokollblock umfaßt jeweils einen sequentiellen Koordinationsablauf; parallele Koordinationsabläufe werden in parallelen Blöcken definiert. Der Aufbau ist rollenzentriert und erfolgt ähnlich zu Role Interaction Networks (RINs) [Rei92]. Da im Gegensatz zu RINs bei einem

Protokoll das Verhalten explizit und vollständig beschrieben sein muß, wird das Koordinationsverhalten jeder Rolle zustandsorientiert mit einer SDL ähnlichen Notation ausgedrückt. Erweitert wurde die Notation um Elemente, die explizit die Dynamik von Rollenwechseln ausdrücken (Abbildung 4 b). Das Koordinationsprotokoll benutzt den Interaktionsmechanismus überwiegend während des Rollenwechsels, diese wurden deshalb in Makros zusammengefaßt. Ein RISDL Block, mit dem sich Protokolleinheiten rollenzentriert und formal beschreiben lassen, stellt das zentrale Entwurfsartefakt der Protokollspezifikation dar, das auch als Konstruktionselement für komplexere Protokolle dient.

**3 Ebene: Systemspezifikation in SDL.** Aus einer RISDL Spezifikation läßt sich nun weitgehen mechanisch die Systemspezifikation des Koordinationsprotokolls ableiten. Die Systemspezifikation erfolgt in SDL, das sich als besonders geeignet zur Spezifikation von Protokollen erwiesen hat. Zur Transformation wird aus jedem RISDL Protokollblock ein SDL Block erzeugt, bei dem das Protokollverhalten der Rollen in einem SDL Prozeß ausgedrückt wird. Der Entwurf der Zustandsautomaten erfolgt rollenzentriert, indem jedes Rollenverhalten in einem eigenen Zustandsautomaten ausgedrückt wird (Abbildung 4 c). Detailliert wird die Transformation Koordinationsprotokollen in SDL Spezifikationen in [Fri96a] erläutert; für die Integration von multimedialen Kommunikationskanälen auf der Basis von COSIMA (siehe Seite 57) in ein SDL spezifiziertes Koordinationsprotokoll sei auf [FS96] verwiesen.

**4 Ebene: Codegenerierung und Laufzeitumgebung.** Wichtig für eine effiziente Teamarbeit ist eine einfache Verfügbarkeit und Instantiierung einer Kooperationsunterstützung. Aus heutiger Sicht ist das in einer WWW basierten Umgebung am besten zu gewährleisten. Die SDL Systemspezifikation des Koordinationsprotokolls wird deshalb in eine Java Klassenbibliothek compiliert, die dann eine Kooperationspolicy in einem Web Browser implementiert. Zur Instantiierung einer Kooperation müssen die im Protokoll verwendeten koordinierenden Interaktionsaktionen in der Java Laufzeitumgebung vorhanden sein (der Interaktionsmechanismus muß also beim entsprechenden Teilnehmer installiert sein). Die vom Team benötigte Policy wird dann beim Kooperationsstart vom Koordinationsserver geladen und als verteilte Anwendung abgearbeitet (Abbildung 4 d).

### 3 Diskussion

Mit Kooperationssszenarien und RISDL Spezifikationen stehen dem Entwickler nun Bausteine zur Verfügung, um verschiedene Kooperationsformen zu modellieren. Ausgehend von generischen Kooperationsbausteinen lassen sich durch Verschmelzung von Kooperationssszenarien ähnlich einer Mehrfachvererbung spezifische synchrone Kooperationsformen einfach erzeugen. Asynchrone, workflowähnliche Kooperationsformen erhält man durch Aggregation von Protokollblöcken in hierarchischen Zustandsautomaten auf der Basis von State Charts, wie in [Tee96] mit HieraStates demonstriert. Ein Ansatz dazu wird in [Fri96b] diskutiert. Der protokollbasierte formale Ansatz zur Spezifikation von Teamarbeit mit RISDL und SDL ermöglicht neben den gängigen Analysen über Erreichbarkeit und Lebendigkeit auch die anwendungsbezogene Verifikation des Teamverhaltens. Während die aus dem Business Process Reengineering stammenden Ansätze auf eine Modellierung fokussieren und keine Form der Verifikation über Simulation hinaus anbieten, erlauben Systeme aus dem CSCW Kontext bestenfalls eine Verifikation auf Basis von Petri-Netzen [Rei92], die durch die mangelnde Intuitivität und den großen Abstand zum ursprünglichen Beschreibungsmittel stark erschwert ist. Die Verifikation von RISDL und SDL Spezifikationen basiert auf den in RISDL verwendeten Message Sequence Charts, die sich aus Kooperationssszenarien ableiten lassen. Diese dienen zur Generierung von Testfällen, die dann der Spezifikation gegenübergestellt werden können. Die umfassende Semantik eines formalen Protokolls erlaubt eine weitgehend mechanische Transformation in eine Implementierung, was durch einen SDL nach Java Compiler gezeigt wird. Der Gewinn des Verfahrens kann am Beispiel der Koordinationssteuerung des Konferenzsystems MMC [ADH<sup>+</sup>93] gezeigt werden, bei dem die im MMC Conference Manager implementierten Koordinationspolicies effizient nachgebildet werden und einfach neue Policies definiert werden können.

# **WebComposition: Softwaretechnik für Entwicklung und Wartung von Web-Anwendungen**

Hans-Werner Gellersen

## **1 Motivation und Zielsetzung**

Das Web ist innerhalb kürzester Zeit zu einer Anwendungsplattform von enormer Verbreitung geworden. Während zunächst vor allem statische Informationssysteme ohne Funktionalität auf Webbasis entwickelt wurden, wird die Webplattform zunehmend für komplexe, verteilte Softwaresysteme mit heterogenen funktionalen Komponenten und Datenbanken genutzt.

Wie in allen jungen Anwendungsdomänen steht auch im Web-Bereich zunächst noch die schnelle ad-hoc-Realisierung von Anwendungen im Vordergrund. Diesem Trend folgend konzentriert sich die Softwaretechnik für Web-Anwendungen bisher auf die Entwicklung, während Betriebs- und Wartungsunterstützung noch sehr vernachlässigt werden. Die softwaretechnische Unterstützung der Anwendungsentwicklung ist dabei allerdings auch noch stark eingeschränkt. Sie konzentriert sich primär auf die Bedienoberfläche von Web-Anwendungen losgelöst von weiteren Komponenten wie etwa Datenbanken oder Dienstprogrammen. Ein weiterer Mangel der derzeitigen Werkzeugunterstützung ist die fehlende Unterstützung strukturierter Entwicklung, etwa um Wiederverwendung und Wartbarkeit zu fördern. Derzeitige Werkzeuge erlauben die schnelle Erstellung von Web-Bedienoberflächen mittels WYSIWYG-Editoren, sie unterstützen aber weder die Organisation der Artefakte nach softwaretechnischen Kriterien (Änderbarkeit, Wartbarkeit, etc.) noch die Strukturierung der Oberflächenkomponenten nach Kriterien der Benutzbarkeit (Konsistenz, Aufgabenangemessenheit, etc.).

Allgemeine Zielsetzung des Projekts *WebComposition* ist die Entwicklung von Softwaretechnik für die disziplinierte Erstellung und Pflege von Web-Anwendungen, bestehend aus aufeinander abgestimmten konstruktiven Maßnahmen der Qualitätssicherung. Zu solchen Maßnahmen zählen die grundsätzliche Strukturierung von Entwicklung und Wartung in einem Prozeßmodell, Modelle zur Beschreibung von Artefakten, Werkzeuge zur Automatisierung von Entwicklungs- und Wartungsaufgaben sowie Methoden zur Systematisierung von Entscheidungsprozessen. Ziel ist sowohl die Verbesserung der Prozeßqualität (z.B. Reduktion von Entwicklungs- und Wartungsaufwänden, Durchgängigkeit der Unterstützung, etc.) als auch der Produktqualität (z.B. Änderbarkeit, Strukturiertheit).

Zu den konkreten Zielen des Projekts gehört verbesserte Code-Wiederverwendung in Web-Bedienoberflächen. Wiederverwendung von Oberflächenkomponenten geschieht heute in der Regel durch Kopieren, Einfügen und ggf. Modifizieren. Code-Sharing wird nur durch Sever-Side Includes unterstützt. Offensichtlich liegt hier ein großes Potential für Steigerung der Entwicklungseffizienz durch Nutzung von Objekttechnologie, wie der Stand der Softwaretechnik für Bedienoberflächen belegt. Ein erster Ansatz in dieser Richtung ist *WebObjects*, ein Toolkit mit Bedienelementen für Weboberflächen [YN96]. *WebObjects* zielen allerdings allein auf Wiederverwendung häufig gebrauchter Oberflächenbausteine ab und bieten keine Unterstützung für strukturierte Entwicklung; darüberhinaus sind sie sehr umständlich zu implementieren (z.B. getrennte Files für Objektdaten und Objektoperationen). Als besonderer Aspekt der Wiederverwendung in Web-Software soll im Projekt *WebComposition* die Wiederverwendung von Navigationsstrukturen betrachtet werden. Navigationsstrukturen treten in Web-Sites i. allg. in sich wiederholenden Mustern auf. Unterstützung für ihre Wiederverwendung verspricht somit eine erhebliche Reduktion des Entwicklungsaufwands und trägt zur Konsistenz von Weboberflächen bei.

Ein weiteres konkretes Ziel ist die ganzheitliche Betrachtung von Web-Anwendungen mit Oberflächenkomponenten, Dienstprogrammen und Datenbanken. Grundlage hierfür muß ein Modellierungskonzept sein, daß Anwendungen mit allen Aspekten beschreibt, die für Oberflächen-, Dienste-, und Datenbankentwurf relevant sind. Aufbauend darauf kann durch Methoden und Werkzeuge in einem definierten Prozeß die Integrität der verschiedenen Komponenten unterstützt werden, so z.B. Beziehungen zwischen Modellen in Datenbanken und Sichten in der Bedienoberfläche.

## **2 Ein objektorientierter Ansatz für Web-Anwendungen**

Grundlegender Ansatz in *WebComposition* ist die Anwendung und Erweiterung etablierter Konzepte der Softwaretechnik. Als Stand der Technik wird Objektorientierung aufgegriffen, vor allem in Hinblick

auf Modellierung in Analyse und Entwurf, aber auch zur Implementierung generischer Softwarekomponenten. Ganz konkret wird für die Modellierung das OMT-Objektmodell von Rumbaugh [RBP<sup>+</sup>91] aufgrund seiner hohen Akzeptanz, seiner Mächtigkeit und Kompaktheit und nicht zuletzt seiner Datenbanknähe aufgegriffen.

## 2.1 Skizze des Entwicklungs- und Wartungsprozesses

Der WebComposition-Prozeß, der durch Anwendung in verschiedenen Web-Projekten explorativ entwickelt wird, kann zunächst wie folgt skizziert werden. Initiale Aktivität ist die objektorientierte Analyse der zu entwickelnden Anwendung wie in objektorientierten Methoden üblich. Wichtig ist in dieser Phase die Abstraktion vom Lösungsraum, d.h. von Softwarekonzepten. In der Webdomäne bedeutet das insbesondere auch Abstraktion von Konzepten wie HTML-Seite und Web-Server. Sinn der Abstraktion, d.h. der klaren Trennung von Analyse- und Entwurfsentscheidungen, ist offensichtlich die Vermeidung einer frühen Einengung des Entwurfsraums. Ergebnis einer objektorientierten Analyse ist die Beschreibung der statischen Architektur einer Anwendung, d.h. der in der Anwendungsdomäne existierenden Komponenten und ihrer statischen Beziehungen. Ergänzend ist eine Erfassung dynamischer Anwendungsaspekte wichtig, z.B. informell anhand von Szenarien.

Aus der statischen Architekturbeschreibung einer Anwendung lassen sich im Prinzip nun statische Bedienoberflächen herleiten. In der Literatur gibt es zahlreiche Beispiele für die teils sogar vollautomatisierte Abbildung von Objektmodellen (oder auch ER-Modellen) auf statische Bedienoberflächen, insbesondere für Informationssysteme (z.B. [JWZ93, Bal93]). Die vielen Beispiele zeigen aber auch deutlich die unzureichende Qualität der so erzeugten Bedienoberflächen. Unsere umfassende Anwendungserfahrung in der Webdomäne zeigt weiter, daß im Entwicklungsprozeß eine Schnittstelle zur kreativen Gestaltung durch Grafiker etc. vorgesehen werden muß. Der Teilprozeß der Oberflächenentwicklung in WebComposition wird daher wie folgt konzipiert. Ausgehend von Komponenten des Analysemodells können methodisch unterstützt Komponenten der Oberfläche als Sichten identifiziert werden. Aggregations- und Klassifikationsbeziehungen geben Hinweise auf zusätzliche Komponenten zur Strukturierung der Bedienoberfläche. Auf der Identifikation von Komponenten der Oberfläche setzt der kreative Gestaltungsprozeß auf. Dazu gehört zunächst die Abbildung von Komponenten auf Seiten und dann die Gestaltung der Seitenlayouts, die durch Autorenwerkzeuge wie WYSIWYG-Editoren bereits umfassend unterstützt wird. Ergebnis der Seitengestaltung sind HTML-Artefakte, die für die Rückführung in den WebComposition-Prozeß geparkt und in HTML-Komponenten dekomponiert werden. Die Zergliederung in Komponenten erlaubt dann die objektorientierte Beschreibung von Weboberflächen, insbesondere die Beschreibung von Vererbungsbeziehungen zwischen Seiten. Konkrete Seiten, d.h. instanziierbare Seiten, lassen sich, wie die Betrachtung existierender Websysteme zeigt, in der Regel über mehrere Hierarchiestufen sukzessive abstrahieren, wobei generische Seiten aus Komponenten bestehen, die allen erbenenden Seiten gemein sind. Über die objektorientierte Beschreibung hinaus müssen für die Oberflächenmodellierung auch dynamische Aspekte erfaßt werden, insbesondere die Navigation zwischen HTML-Komponenten. Hierzu wird in WebComposition an einer einfachen Ergänzung des Objektmodells gearbeitet.

Der WebComposition-Prozeß sieht die Abbildung der objektorientiert beschriebenen Artefakte, d.h. der Anwendungskomponenten und der Oberflächenkomponenten auf relationale Datenbanken als Repository für die weitere Entwicklung und Wartung vor. Relationale Datenbanken haben gegenüber objektorientierten Datenbanken den entscheidenden Vorzug der höheren Verbreitung und Akzeptanz. Das grundlegende Konzept sieht vor, alle Änderungen im Rahmen des Betriebs und der Wartung einer Web-Anwendung auf den Datenbanken durchzuführen und aus der Datenbank heraus jeweils aktualisierte Seiten zu generieren. Die Generierung einer Seiteninstanz geschieht dabei durch Verknüpfung der entsprechenden Seitentemplates mit den assoziierten Anwendungskomponenten. Die so erzeugten Seiten sind im Wirkbetrieb dann statisch verfügbar; nur für die Anwendungskomponenten, die sich häufig ändern, müssen dynamische Datenbankabfragen in die Web-Seiten integriert werden. Während bei der initialen Erzeugung das komplette Web-Frontend generiert werden muß, können Aktualisierungen im Rahmen der Wartung anhand von Abhängigkeitsbeziehungen im Modell auf die betroffenen Seiten beschränkt werden.

Die Abbildung von Objektmodellen auf Datenbanken wird ergänzt durch Abbildung der Funktionalität von Objekten auf ein Laufzeitsystem. Neben anwendungsspezifischer Funktionalität bietet das Laufzeitsystem Standardoperationen für die in der Datenbank gehaltenen Oberflächenkomponenten, z.B. für ihre Instanzierung in HTML-Code. Weiter umfaßt das Laufzeitsystem Managementkomponenten für Wartungsvorgänge sowie APIs, über die Systemfunktionalität z.B. wieder in Web-Anwendungen eingebunden werden kann. Aus Gründen der Portabilität und hohen Akzeptanz wird das Laufzeitsystem in Java realisiert.

## 2.2 Objektmodell und Entwurfsmuster

Im WebComposition-Objektmodell werden in einem ersten Ansatz drei Objektkategorien unterschieden: *Contents*, *Components* und *Pages*. *Contents* sind konzeptionelle Objekte der Anwendung, d.h. Objekte des grundlegenden Analysemodells. *Pages* sind Abstraktionen von Web-Seiten und *Components* Abstraktionen von den Elementen, aus denen Web-Seiten sich zusammensetzen. Web-Bedienoberflächen, oder kurz Web-Sites, bestehen aus *Pages*, die wiederum in *Components* dekomponiert werden. *Components* können rekursiv aus elementare *Components* zurückgeführt werden, die in einer Model-View-Beziehung mit *Contents* assoziiert werden. Sowohl *Pages* als auch *Components* werden durch HTML-Code definiert, der Objektreferenzen auf *Components* bzw. bei elementaren *Components* auf *Contents* enthält. Der HTML-Code kann parametrisiert sein, wobei die Parameter als Attribute des Objekts modelliert werden. Die Objektbeschreibung durch HTML-Code ist eine Kurzform zur Beschreibung der Instanzierungsmethode des jeweiligen Objekts.

Durch Generalisierung können sowohl für *Pages* als auch für *Components* Vererbungshierarchien entwickelt werden. In der Vererbungshierarchie der *Pages* erfolgt Spezialisierung durch Konkretisierung oder Überschreiben von *Components* oder HTML-Parametern. Eine abstrakte *Page* kann beispielsweise definiert werden durch Bezug auf die abstrakten *Components* Header, Body und Footer, und spezialisiert werden durch z.B. Bezug auf eine konkrete(re) Header-*Component*. Bei den *Components* erfolgt Spezialisierung zum einen wie bei *Pages* mit Bezug auf Struktur, aber insbesondere auch durch Assoziation mit *Contents*. Hierin gleichen *Components* allgemeinen Interaktionsobjekten. Wie diese können relativ konkrete *Components* wie etwa für Forms und Menüs durch Abstraktion von *Contents* anwendungsunabhängig in Klassenbibliotheken angeboten werden. Neben den offensichtlichen und z.B. auch schon in *WebObjects* realisierten Kandidaten für eine solche Klassenbibliothek werden im WebComposition-Projekt z.B. auch *Components* für die Iteration über *Contents* entwickelt. In Abbildung 5 sind die wichtigsten Beziehungen zwischen *Pages*, *Components* und *Contents* skizziert.

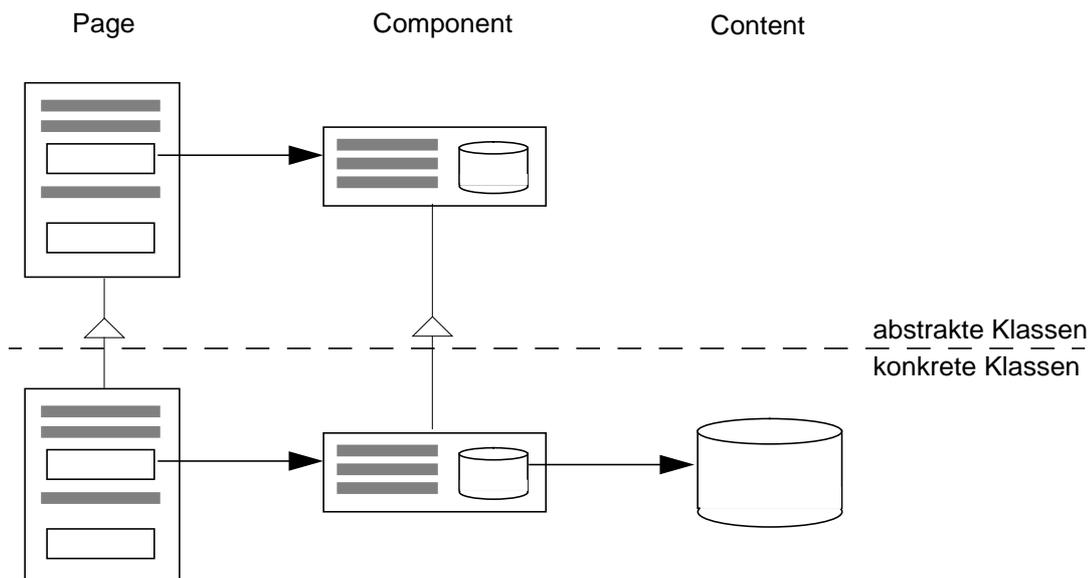


Abbildung 5. Grundlegende Beziehungen im WebComposition-Objektmodell

Neben der Wiederverwendung durch Vererbung auf Klassenebene wird in WebComposition insbesondere die Wiederverwendung von Entwurfsmustern auf Architekturebene betrachtet. Ein Ziel ist z.B. die Bereitstellung von Navigationsmustern für Gruppen von *Pages*. Ein solches Muster bezieht sich jeweils auf ausgezeichnete *Components* in den *Pages*, während von anderen Teilen der *Pages* abstrahiert wird, wodurch das gesamte Muster wiederverwendbar wird.

## 3 Projektagenda und Validierungskonzept

Das Projekt WebComposition befindet sich noch in der Definitionsphase, in der der Gesamtansatz noch konkretisiert werden muß. In dieser frühen Projektphase stehen drei Aktivitäten im Vordergrund. Erstens werden basierend auf der umfassenden Web-Entwicklungserfahrung des TecO Anforderungen

an die Entwicklungs- und Wartungsunterstützung gesammelt. Hierbei kann auf Erfahrungen aus sehr unterschiedlichen Projekten des TecO zurückgegriffen werden, z.B. auf die Entwicklung des sehr umfangreichen Baden-Württemberg-Servers. Zweitens wird die Zielplattform der Entwicklungsunterstützung, d.h. die vorhandene Web-Infrastruktur, systematisch und fortlaufend erfaßt. Als Zielplattformen sollen sowohl eine high-end-Plattform unter Nutzung auch sehr spezieller Technologien als auch eine breite Plattform, die sich auf allgemein verfügbare Technologien beschränkt, unterstützt werden. Drittens wird bereits ein erste explorative Entwicklung basierend auf den in Abschnitt 2 zusammenfassend dargestellten Ideen durchgeführt, wobei auch erste konkrete Werkzeuge realisiert werden.

Für den weiteren Projektverlauf ist eine fortlaufende Validierung anhand eines Entwicklungsprojekts geplant, daß im Auftrag von Daimler-Benz aufbauend auf den Ergebnissen einer früheren Zusammenarbeit [Fis95] durchgeführt werden soll. Bei der Anwendung handelt es sich um einen verteilten Beratungs- und Vermittlungsdienst für Mobilität, der sich aus einer Vielzahl einzelner Dienste zusammensetzt. Die Anwendung integriert existierende Dienste und Datenbanken mit neuen Diensten und Funktionen wie dem Monitoring von Leistungsträgern und der Profilierung von Kunden, wobei das Web die Integrationsplattform darstellt. Besondere Projektanforderungen sind die fortgesetzte objektorientierte Modellierung aller Artefakte nicht zuletzt als Kommunikationsgrundlage zwischen Auftraggeber und Entwickler, sowie die Konsistenz der Bedienoberfläche in Darstellung und Navigation.

# Mobilitätsunterstützung durch flexible Dienstvermittlung für heterogene Endgeräte

Stefan Gessler

## 1 Einführung

Die Entwicklung beim Einsatz von Computern in unserer Gesellschaft wird in dieser Dekade von zwei Trends wesentlich geprägt: die Entwicklung von dedizierten, aber leistungsfähigen Endgeräten und der wachsender Bedarf an Informationsaustausch.

1. Diversifikation (mobiler) Endgeräte: In jüngster Zeit breiten sich neuartige Endgeräten mit großer Diversifikation in Ausprägung und Funktionalität auf dem Markt aus. Es wird hier auf den Begriff 'Computer' verzichtet, weil insbesondere auch Endgeräte berücksichtigt werden, deren Funktionalität extrem beschränkt sind [Ges95]. Darunter fallen auf der einen Seite die inzwischen verbreiteten Organizer bzw. PDAs und die Kiosksysteme, auf der anderen Seite aber auch die heute noch rein kommunikationsorientierten Handys, SMS-Systeme oder gar die sogenannten Active Badges.
2. Wachsender Informationsaustausch: Durch die zunehmende Kommunikationsmöglichkeit wird der Austausch jeder Art von Informationen in naher Zukunft ubiquitär werden - auch im privaten Bereich. Daten wie persönliche Nachrichten oder elektronisches Geld, aber auch das heute schon sehr große Angebot an Informationen durch entsprechende Dienste werden über Datennetze ausgetauscht. Nicht nur der Gebrauch, auch die Anzahl der Kommunikationsanwendungen sind stark im wachsen (vgl. Mehrwertdienste). Auch hier sind völlig unterschiedliche Formen mit spezifischen Funktionalitäten und damit individuellen Anforderungen an das Endgerät zu erwarten.

Diese aufgezeigten Trends werden derzeit meist unabhängig voneinander betrachtet. Es ist absehbar, daß gerade die Einfachstgeräte in Zukunft eine größere Bedeutung für computerbasierte Interaktion bekommen. Eine erste Integration dieser so unterschiedlichen Welten ist durch die Mailfähigkeit der Handys bereits vollzogen. In naher Zukunft werden vollkommen unterschiedliche Endgeräte in der Welt der Computerkommunikation integriert sein, sodaß z.B. mit einem zukünftigen PDA Garagen ebenso geöffnet werden, wie damit im Supermarkt bezahlt oder Briefe verschickt werden.

Markant für die zukünftige Informationsinfrastruktur wird daher die Integration dieser so unterschiedlichen Endgeräteformen mit ihren verschiedenen Kommunikationssystemen in ein einziges Informations- und Rechnernetz sein, das die Adaption der verschiedenen Formen von Informationstypen automatisch vornimmt.

## 2 Informationszugriff mit heterogenen Endgeräten

Heute sind Informationsressourcen wie z.B. das WWW für einen relativ schmalen Anwendungsbereich ausgelegt, sie setzen ein hochentwickeltes Bediensystem voraus und unterstützen lediglich ein Kommunikationsprotokoll. Unterschiedlichen Parametern wie Bandbreite des Kommunikationskanals oder Fähigkeiten der Informationssenden (Clients) können sie sich im Normalfall nicht anpassen.

Realisierungen für derartige Anpassungen finden sich heute nur sehr vereinzelt, meist werden unterschiedliche Speicherungsformate von Daten gleichartiger Anwendungen auf unterschiedlichen Plattformen durch ein einheitliches Austauschformat überbrückt. Die Anpassung wird von der Applikation, also vom Endgerät vorgenommen, normalerweise um eine einheitliche Präsentation zu ermöglichen. Dies setzt natürlich auch gleichartige Endgeräte und Kommunikationskanäle voraus. Für ein Szenario mit unterschiedlichen Endgeräten ist dieser Adaptionsmechanismus ungeeignet.

Erste Ansätze um heterogene Endgeräte zu integrieren finden sich bei den Agenten- bzw. Scriptsprachen basierten Systemen und dem verteilten Client Konzept.

### 2.1 Agentensysteme:

Bei Agentensystemen wird die Information codiert und als ausführbares Programm verschickt, der lokale Interpreter interpretiert den Code und nimmt die notwendige Adaption vor. Hierbei könnten durchaus

unterschiedliche Fähigkeiten des Endgerätes berücksichtigt werden. Allerdings muß auch hier die Adaption in den Informationsszenen selbst vorgenommen werden. Doch gerade diese Einheiten sind sowohl von der Leistungsfähigkeit her, wie auch von den zu erwarteten Kommunikationskosten als dafür ungeeignet zu betrachten. Auch ein gesteigerter Kommunikationsverkehr sowie ein hoher Aufwand zur Bereitstellung der Information ist hier von Nachteil. Schließlich sind auch Sicherheitsanforderungen bei Agentensystemen noch nicht ausreichend berücksichtigt.

## 2.2 Konzept des verteilten Clients:

Ein weiterer Ansatz ist das klassische Konzept des verteilten Clients: Hierbei wird die Funktionalität der Informationsszene (Client) auf mehrere Einheiten verteilt. Die Präsentation kann ein einfaches Endgerät vornehmen, die dazu notwendige Anpassung wird von einer oder mehreren weiteren Instanzen vorgenommen. Das eigentliche Endgerät und diese Instanzen bilden zusammen die Informationsszene, weitgehend transparent zu Benutzer und Informationsquelle. Dieses Konzept kam bei der Entwicklung eines WWW-Browsers für den Newton PDA zur Anwendung [Kot95b].

Es sind verschiedene Ausprägungen von diesem klassischen Konzept sowie weitere Varianten der Funktionalitätsverteilung denkbar [MGG95]. Alle haben den Vorteil, technologisch unterschiedliche Kommunikationssysteme koppeln zu können und das eigentliche Endgerät zu entlasten. Es fehlt bei diesem Konzept allerdings eine Offenheit, gleiche Funktionalität muß für unterschiedliche Aufgaben (Dienste) mehrfach vorgehalten werden.

## 3 Ein Ansatz zur Integration heterogener Endgeräte in ein gemeinsames Datennetz

Wünschenswert ist ein System, das die Ankopplung sehr verschiedener Arten von Endgeräten an ein gemeinsames Datennetz ermöglicht und das die verfügbaren Daten und Funktionalitäten der Dienste im Netz für jedes Gerät implizit oder explizit aufbereitet [Ges96]. Bild 6 veranschaulicht diesen Ansatz.

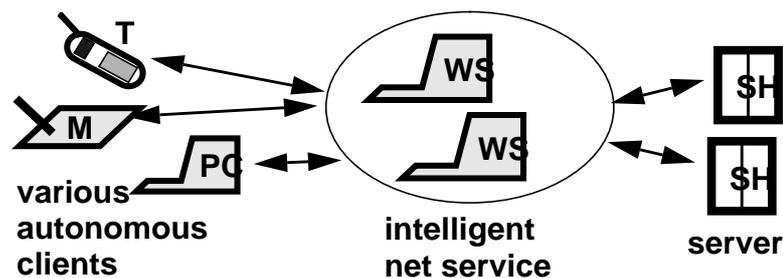


Abbildung 6. gewünschtes System

Dazu müssen die Funktionalitäten, die im klassischen Konzept des verteilten Clients beim (Sub-) Client angesiedelt sind bzw. die bei Agentensystemen von den jeweiligen Agenten und ihren Gastrechnern übernommen werden, von einem spezifischen Dienst im Netz bzw. im Kommunikationspfad übernommen werden.

Für den Entwurf eines solchen Systems muß zunächst die notwendige Funktionalität analysiert werden, um dann eine Modellierung verschiedener Szenarien durch Bereitstellen eines allgemeinen Systemmodells zu ermöglichen.

### 3.1 Analyse der Funktionalität

Bisher wurde sehr abstrakt von einer Dienstfunktionalität gesprochen. Nun gilt es zu klären, welche Funktionalität erbracht wird, wie diese Funktionalität erbracht wird, und welche ausführende Einheit diese Funktionalität repräsentiert.

Bei der Beispielimplementierung des klassischen Konzeptes des verteilten Clients, der PDA-WWW-Realisierung, wurden vom Subclient einerseits die notwendige Datenumformatierung und andererseits die eigentliche Interaktion mit dem Informationsservice vorgenommen. Das Vorgehen wurde bereits beim Entwurf anhand der technischen Anforderungen des PDAs festgelegt, ist daher statisch und implizit.

Ein intelligentes adaptives System dagegen muß auch auf variable Anforderungen dynamisch reagieren können. Variable Anforderungen können zum Beispiel Präferenzen des Benutzers, sich ändernde Kommunikationskosten oder unterschiedliche Sicherheitsanforderungen sein. Die Art der Reaktion und damit

das Vorgehen des Systems sollte -in einem gewissen Rahmen- vom System selbst bestimmt werden. Grundlage für diese Entscheidung können auch Angaben zur Informationsklassifikation durch den Informationsanbieter sein, im Gegensatz zum PDA-WWW Subclient.

Endgeräte bzw. Applikationen fordern Dienste/Informationen an und spezifizieren ihre Vorgaben, das System vermittelt einen adäquaten Informationsanbieter und veranlaßt anhand der Vorgaben des Endgerätes, und der Informationsklassifikation anhand einer Heuristik die Erfüllung der Anforderung.

Das System bietet also folgende Funktionalität:

- Vermitteln von Information (-diensten)
- Aufbereiten und Anpassen der Information für den Endabnehmer
- Auslieferung der aufbereiteten und den Anforderungen entsprechenden Information

## 4 Der Kern des Systems

Der Kern eines solchen Maklers besteht aus dem Wissen um die Anforderungen des Clients und der Ausprägung der Information, sowie einer Heuristik, wie eine Adaption der Information an diese Anforderungen vorgenommen wird. Dieses Wissen kann implizit oder explizit zur Verfügung stehen, d.h. der Makler kann es anhand einer Client bzw. Informationsidentifikation ableiten oder aber Client bzw. Information tragen eine Selbstbeschreibung.

### 4.1 Die Beschreibungsmodelle

Diese Beschreibungen müssen auf abbildbaren Beschreibungsmodellen basieren. Während für Information bereits verschiedene Beschreibungsmodelle existieren (z.B. [Bla93]) und für das System erweitert werden können, fehlt eine Endgerätklassifikation noch völlig. Eine solche Endgeräteklassifikation ist nach verschiedenen Kriterien zu gliedern. Daraus kann dann ein allgemeines Beschreibungsmodell für Endgeräte abgeleitet werden (siehe Bild 7).

Als Klassifikationskriterien sind zunächst folgende wesentliche Bereiche identifiziert:

- technische Möglichkeiten des Gerätes bezüglich der Mediendarstellung
- Kosten der Datenübertragung (Zeit, Gebühren)
- Beschreibung der Interaktion
- Synchronisation nach Offline-Betrieb

Auch für die Informationsmodellierung ist eine geeignete Kriterienauswahl zu treffen. Vorhandene Modelle sind um zusätzliche Kriterien zu ergänzen. Diese Kriterien betreffen zum Teil auch die darüberliegenden Informationsdienste, die in diesem Zusammenhang mitbetrachtet werden müssen. Generell relevante Kriterien für Informationsaustausch sind

- technische Eigenschaften der Information:  
Informationstyp, Datenformate, Dateigrößen, weitere Parameter (Höhe/Breite, Sample Rate, etc).  
Diese Eigenschaften werden von den vorhandenen Modellen bereits abgedeckt.
- logische Eigenschaften der Information:  
Sicherheitsrelevanz, Relevanz der Information im Kontext
- inhaltliche Beschreibung der Information:  
analog zum 'Abstract' für ein Textdokument eine inhaltliche Beschreibung für jeden Informationstyp, als erste Näherung ist auch eine Spezifikation von Alternativdokumenten sinnvoll.
- Beschreibung der Interaktionsform: Interaktions-Protokoll, Kommunikationskosten (Verbindungsparameter), Synchronisation, Initiative.

### 4.2 Korrelation der Beschreibungsmodelle

Betrachtet man die Klassifikationskriterien der beiden Beschreibungsmodellen, so kann man eine Vielzahl von sich interferierenden Kriterien feststellen. Diese Interdependenzen bilden die Basis für den Aufbau eines Korrelationsschemas zwischen Endgerät und Information.

Es sind dazu Relationen zwischen Elementen der Beschreibungsmodelle definierbar. Als naheliegendes Beispiel sei hier die Relation zwischen möglicher Datenübertragungsrates und Informationsvolumen angeführt.

Aus diesen Relationen des Korrelationsschemas sind dann Adaptionshuristiken ableitbar, die zusammen mit den entsprechenden Adaptionswerkzeugen die Funktionalität eines Laufzeitsystems darstellen. Bild 7 veranschaulicht diesen Zusammenhang.

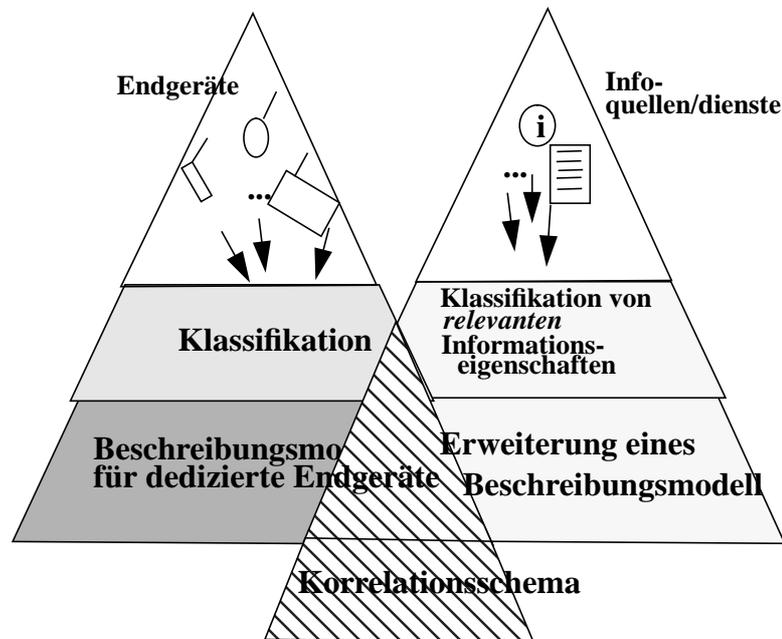


Abbildung 7. Übersichtsschaubild des Systemkerns

## 5 Die Realisierung in einem Laufzeitsystem

Auf dieser theoretischen Grundlage kann eine Realisierung in ein Laufzeitsystem vorgenommen werden. Ein solches Laufzeitsystem hat die Aufgabe, angeforderte Information, zu ermitteln, aufzubereiten und auszuliefern.

Für das Bereitstellen der angesprochenen Funktionalitäten sind zunächst verschiedene Ansätze auf verschiedenen Ebenen denkbar. In Frage kommen Erweiterungen auf der Transport/Kommunikationsebene (IP), eine Lösung innerhalb eines Netzbetriebssystems oder ein expliziter Netz-Dienst.

Das umrissene Maklersystem kann in großen Teilen als Erweiterung des klassischen verteilten Client Konzeptes betrachtet werden, es trägt aber auch wesentliche Züge eines Agentensystems. Die Funktionalität wird nicht durch vom Benutzer ausgesandte nomadisierende, benutzereigene Agenten erbracht, sondern durch eine eigene vom Benutzer unabhängige Instanz. Diese agiert jedoch im Auftrag und nur auf Veranlassung des Benutzer (nicht aber unbedingt in dessen Namen). Insbesondere dient sie vielen Benutzern gleichzeitig. Als Äquivalent zum metaphorisch verwendeten Begriff des Agenten kann das System in gewissem Sinne als Makler (Broker) bezeichnet werden.

Für eine Realisierung dieses Maklers bietet sich insbesondere aus Gründen der Offenheit und hinsichtlich einer adäquaten Validierung eine dienstorientierte Lösung an. Eine Einbettung dieses Netzdienstes in ein Kommunikationssystem wie DCE oder CORBA ist denkbar. Obwohl sich dieser Dienst nach außen als *eine* Instanz präsentiert, kann er als verteiltes System realisiert sein.

Für ein Endgerät ist lediglich eine Dienstzugangskomponente für alle Anwendungen notwendig, die anhand eines zu erstellenden Protokolls den Maklerdienst in Anspruch nimmt.

## 6 Zusammenfassung

Heutige Interaktionsmethoden zwischen Informationsquellen und -senken sind für die Verwendung dedizierter Endgeräte wie PDAs nur begrenzt geeignet. Das vorgestellte System ermöglicht die Integration dieser Endgeräte in die Struktur des heutiger Datennetze.

Mit dem Informationsmodell kann ein Anwendungsentwickler das Angebot seines Informationsdienstes und die Charakteristika der Information hinsichtlich unterschiedlicher Aspekte beschreiben. Mögliche Endgeräte bzw. Anforderungen von Applikationen auf solchen Endgeräten werden durch das Endgerätemodell beschrieben.

Durch Korrelationsauflösung nach dem vorgegebenen Schema kann ein Dienst dann zur Laufzeit die Information entsprechend den Vorgaben zur Präsentation ermitteln, aufbereiten und bereitstellen. Beim einem Endgerät ist lediglich eine Dienstzugangskomponente (für alle Anwendungen) notwendig, die anhand eines zu erstellenden Protokolls den Dienst (Makler) in Anspruch nimmt.

# Adaptives Informationsmanagement in vernetzten Systemen

Arnd G. Grosse

## 1 Einleitung

Den Erfolg eines Unternehmens im heutigen Markt bestimmt neben den klassischen Produktionsfaktoren Boden, Kapital und Arbeit in immer stärkerem Masse als weiterer vierter Produktionsfaktor die Ressource Information bzw. das zugehörige Informationsmanagement, d.h. die Speicherung, Bereitstellung und Verarbeitung von Unternehmensinformationen. Man kann sogar soweit gehen zu sagen, daß die Information und deren Güte hinsichtlich Ausprägungen wie Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit oder Aktualität von erfolgsentscheidender Bedeutung für Unternehmen mit engmaschig verzahnten, jedoch oft weit verteilten, Unternehmensbereichen ist und damit zu dem bedeutendsten Produktionsfaktor sich herauskristallisiert hat [KGH<sup>+</sup>95, GHK<sup>+</sup>96a].

Es ist abzusehen, daß nur solche Unternehmen erfolgreich in den veränderten Märkten operieren werden, welche sich den neuen Anforderungen stellen können, um hiermit Wettbewerbsvorteile durch Realisierung von Differenzierungsvorteilen (monetär, qualitativ bzw. kundenbezogen), der Verkürzung von Produktentwicklungs- und Auftragsdurchlaufzeiten sowie eine Steigerung der Produktqualität bei gleichzeitiger Senkung der Kosten zu erzielen [Ang93].

Prägten dazu in der Vergangenheit Fragestellungen wie Heterogenität von Datenbeständen und die Vernetzung von Rechnersystem die Forschung, so konzentrieren sich neuere Arbeiten — weg von der EDV-zentrierten hin zur anwendungsorientierten Sichtweise — verstärkt auf möglichst durchgängige Prozeß- und Produktionsketten der Unternehmung auf Grundlage von Informationstechniken. Deutlich wird dies bspw. durch den vom SFB346 verfolgten Ansatz einer rechnerintegrierten Konstruktion und Fertigung von Bauteilen. Zentrales Element dieses Ansatzes stellt das Produkt-/Produktionsmodell (PPM) mit seiner zwar integrierenden jedoch statischen Ausprägung hinsichtlich der Verknüpfung von Unternehmensbereichen dar. Dem Verwender des PPM wird hiermit zwar eine semantische Basis für die Modellierung der Unternehmung gegeben, jedoch werden dabei Fragestellungen, die sich mit aufbau- oder ablauforganisatorischen Problemen des Informationsmanagements befassen, bis jetzt aufgrund einer physikalisch zentralen Datenhaltung vernachlässigt [GRZ95] bzw. standen nicht im Zentrum der Betrachtung.

## 2 Unternehmensweites Informationsmanagement

Insbesondere die wachsende Dynamik in der gegenseitigen Informationsverwendung unterschiedlicher funktionaler Bereiche des Unternehmens bei gleichzeitiger räumlicher Verlagerung von Unternehmensbereichen erfordert dedizierte Informationsstrategien, die sowohl aufbau- als auch ablauforganisatorische Gesichtspunkte verstärkt berücksichtigen. Dabei unterliegt eine gesamtheitliche Unternehmensmodellierung und eine zentrale Datenhaltung einem Zielkonflikt zwischen der einerseits möglichst dynamischen und flexiblen Organisation der Unternehmung und dem zur Integration notwendigen Grad der Normung bzw. Festschreibung von Informationssystemen sowie der Definition geeigneter Schnittstellen, Datentypen und Geschäftsprozesse andererseits [SMJ93]. Betrachtet man das Informationsmanagement genauer, so lassen sich folgende, teilweise gegensätzliche Anforderungen aufzählen:

- Informationen sollten im wesentlichen *ortsgerecht* bzw. *anwendungsgerecht* im Sinne ihrer Verwendung gehalten werden, d.h. für Anwendungen, welche die Informationen benötigen, möglichst lokal zur Verfügung stehen [Hv93]. Dieses anwendungsabhängige Management von Informationen besitzt gegenüber der Abteilungs- oder EDV-zentrierten Sichtweise den Vorteil der geringeren Redundanz innerhalb der Informationsverwaltung. Jedoch stellt es höhere Anforderungen an die Informationsinfrastruktur, da Informationen in Abhängigkeit eines sich ändernden Verwendungskontextes seitens des Informationssystems migriert, repliziert oder verfügbar gemacht werden müssen. Als Beispiel seien hier Konstruktionsdaten genannt, welche nach bzw. sogar schon während ihrer Erstellung durch die Konstruktionsabteilung im Rahmen einer schnelleren Fertigungsplanung dieser gleichzeitig zur Verfügung gestellt werden müssen.
- Es muß durch das Informationssystem sichergestellt sein, daß Informationen zum Zeitpunkt ihres Bedarfs auch bereitstehen (*zeitgerecht*) und nicht erst über einen Informationsaquisitionsmechanismus beschafft werden müssen. Informationen sollten am Ort ihrer Verwendung in einer für den Anwender

adäquaten Form verfügbar (d.h. *bedarfsgerecht*) sein. So sind Informationen nicht nur ortsgerecht bzw. anwendungsgerecht, sondern auch in einer für den Anwender geeigneten Form bereitzustellen (d.h. *anwendergerecht*).

Hierbei stellt sich weiter das Problem, daß Informationen mit niedrigem Abstraktionsgrad zwar für die Anwendung jedoch oft nicht für den Anwender geeignet erscheinen, welches unterschiedliche anwendergerechte Bearbeitungsformen für die entsprechenden Informationen notwendig macht. Das Informationssystem sollte dem Verwender der Informationen somit die Möglichkeit (z.B. über Transformationsdienste, welche über das Informationssystem bereitzustellen sind) bieten, den Abstraktionsgrad der Informationen variabel zu gestalten.

- Unterschiedliche Unternehmensbereiche benötigen unterschiedliche Teilinformationen, die möglicherweise nur im Zusammenhang mit anderen Informationen verfügbar sind. Insbesondere die Verwendung objektorientierter Datenhaltungsmethoden im ingenieurwissenschaftlichen Bereichen kann zu komplexen Informationsobjekten basierend auf mehrstufigen Objektklassen führen. Ein Zugriff auf die gewünschten Teilinformationen erfolgt dann mittels Navigation über die Menge möglicher Objekte. Auch erfolgt die Ablage und die Strukturierung von Informationsobjekten auf Basis einiger weniger Objekteigenschaften, welche von dem erzeugenden Unternehmensbereich festgelegt wurden. In der Konstruktionsabteilung kann dies die Sortierung von Konstruktionsobjekten anhand von geometrischen Daten sein, während hingegen die Fertigungsabteilung an der Sortierung anhand von Materialeigenschaften interessiert sein wird. Es ist somit wichtig, die Informationen entsprechend ihrer Zielrichtung und ihres Zweckes strukturieren zu können (d.h. *zielgerichtet*) [Ang93].
- Ein für Unternehmen zunehmend wichtiger werdendes Kriterium stellt die Berücksichtigung von Sicherheitsanforderungen an das Informationsmanagement dar [Kön93]. So sollte für die Informationsverwaltung und -propagierung bspw. eine mehrstufige Sicherheitsstrategie gefahren werden (*sicherheitsgerecht*). Neben der Berücksichtigung von Sicherheitsanforderungen gegenüber Dritten beinhaltet dies auch unterschiedliche Zugriffsrechte auf Informationen innerhalb der Unternehmung seitens unterschiedlicher Anwender und Anwendungen. Insbesondere eine zentrale Datenhaltung wie im Falle des SFB346 stellt hierbei durch vielfältige Zugriffsmöglichkeiten erhöhte Anforderungen, welchen z.B. durch eine Definition von Sichten begegnet werden kann.
- Eine der Grundforderungen wirtschaftlichen Planens stellt die Berücksichtigung der entstehenden Kosten dar. So muß ein erweiterter Ansatz aus Gründen des Investitionsschutzes bereits bestehende Anwendungen und Systeme weitgehend berücksichtigen (*kostengerecht*) bzw. innerhalb einer veränderten Informationsstruktur mit unterstützen.

Dies bedeutet, daß ein Unternehmen zum einen die Vorteile eines globalen Kommunikations- und Informationsangebots zu nutzen verstehen muß, um z.B. Planungsentscheidungen schneller und gezielter treffen zu können, und zum anderen auch, durch geeignete Strukturierung und Verwendung der eigenen Informationsressourcen zusätzliche Differenzierungsvorteile erzielen kann.

### 3 Adaptives Informationssystem

Die Unterstützung der gezeigten Anforderungen erfordert Mechanismen, welche unter Berücksichtigung des zugrunde liegenden Verwendungskontextes bzw. der Organisationsstruktur einen Zugriff auf eventuell benötigte Informationen bieten, und zudem in der Lage sind, mehrere Informationsbestände dynamisch miteinander zu koppeln. Weiterhin müssen z.B. Veränderungen hinsichtlich von Nutzungsschwerpunkten, wie dies z.B. bei Zugriffen auf Konstruktionsdaten seitens der Fertigungssteuerung und seitens der Konstruktionsabteilung der Fall ist, berücksichtigt werden. So werden die Informationen im Rahmen der Erzeugnisentwicklung überwiegend von der Konstruktionsabteilung, innerhalb der Auftragsabwicklung jedoch überwiegend im Fertigungsumfeld benötigt werden. Neben diesem zeitbezogenen, funktionalen Aspekt, existiert ein weiterer administrativer Aspekt eines abteilungs- und ablaufübergreifenden Informationsbedarfs durch die Integration von übergeordneten Controlling-Mechanismen innerhalb der Unternehmung, welches einen gleichzeitigen Zugriff auf unterschiedlichste Informationen einer Vielzahl von Abteilungen und Kontexten erfordert.

Ein solches Informationssystem, das in der Lage ist, sowohl zwischen der Vielzahl dieser teilweisen gegensätzlichen und sich dynamisch ändernden Informationsbedürfnisse und Angebote zu vermitteln, als auch geeignet darauf zu reagieren — ein solches Informationssystem soll als *adaptiv* bezeichnet werden —, untersteht zudem der Forderung nach Skalierbarkeit [SMA<sup>+</sup>95]. Skalierbarkeit bedeutet hierbei, daß Änderungen innerhalb der Organisationsstruktur durch neue Informationsangebote und Anforderungen unterstützt werden. Als hierfür geeigneter technischer Ansatz wurde der Trading-Dienst identifiziert [GKK95b], der als Mittler zwischen Informationsanbietern und Informationsverwendern innerhalb des

vernetzten Informationssystems auftritt. Unter Verwendung des Mechanismus der Kooperation oder Föderation zur Zusammenarbeit (*Trader-Interworking*) mehrerer Trader [BR91, GKK95a] lassen sich zudem auch weiter entfernte Informationsbereiche gezielt lokalen Anwendungen verfügbar machen.

Existierende Ansätze aus dem Bereich des Trader-Interworking beschränken sich auf einen relativ niedrigen Abstraktionsgrad bei der Beschreibung der benötigten Informationen zur Kopplung sowie der Festlegung der Protokolle zum Aufbau von Beziehungen zwischen Tradern [MZP96]. Der niedrige Abstraktionsgrad bei der Dienstbeschreibung drückt sich insbesondere bei der Spezifikation von Diensten mittels einer Schnittstellenbeschreibungssprache (IDL – Interface Definition Language) aus. Dabei werden unter Umständen notwendige semantische Erläuterungen vernachlässigt und damit die Auswahl erschwert [Pud94]. Ein Lösungsansatz hierfür stellt die Verwendung von deklarativen Beschreibungen, sog. *Conceptual Graphs*, dar [PB96]. Des Weiteren fehlt weitergehenden Ansätzen [Bur95] eine Berücksichtigung von aufbau- oder ablauforganisatorischen Informationen zum initialen Aufbau oder der Adaption des Trader-Netzes, welches ihre effiziente Verwendbarkeit im Unternehmenskontext erschwert. Die Adaption bei diesen Ansätzen erfolgt dabei aufgrund dezentraler, lokaler Informationen einzelner Trader. Die Verwendung im Unternehmenskontext ermöglicht es jedoch, auf umfassendere Strukturinformationen zurückzugreifen, um hiermit das Informationsnetz zu steuern.

### 3.1 Informationsbedarf

Unter *Informationsbedarf* sei hier eine Menge von Informationen bezeichnet, welche zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem definierten Ort benötigt wird, um mit der Abarbeitung der Aufgabenstellung fortfahren zu können. Läßt man die zeitliche Komponente außer Betracht, so kann mit der Stelle eines definierten Informationsbedarfs innerhalb einer prozeduralen Anwendung derjenige Punkt bezeichnet werden, an dem die Anwendung eine zum Zeitpunkt der Ausführung nicht verfügbare Information benötigt, um mit der Abarbeitung fortzufahren. Diese Form der Blockade verursacht durch einen Informationsmangel, kann ein Ereignisses auslösen, das geeignete Gegenmaßnahmen, wie z.B. eine Form von Informationssuche bzw. Informationsbeschaffung zur Beseitigung der Blockade auslöst. Im Gegensatz zu Ansätzen bei der Informationssuche in offenen Netzen [Goo95], kann bei einem adaptiven Informationssystem innerhalb eines Unternehmens auf die Informationsmodellierung des Unternehmens zurückgegriffen werden und eine Steuerung zur Erfüllung des Informationsbedarfs durchgeführt werden. Die Modellierung des Informationsverwenders kann innerhalb des Informationsnetzes in Form von *Informationssenken* erfolgen.

Zusätzlich kann ein adaptives Informationssystem dem Anwender Hilfen bieten, die es ihm erlauben, sich unterschiedlichen Anwendungskontexten zuzuordnen, um bereits zuvor sowohl eine Reduktion als auch eine spezifische Zuordnung zu einer bestimmten Informationsmenge zu erreichen. Man denke hierzu z.B. an eine Controlling-Abteilung, welche z.B. Informationen über den Fortschritt innerhalb der Konstruktion eines Produkts oder den Zustand bei der Planung der Fertigung des Produkts benötigt. Durch Beobachtung des Verhaltens der Anwendung bzw. des Anwenders ist ein adaptives Informationssystem zudem in der Lage (bspw. unter Verwendung eines optimistischen Verfahrens), die Menge möglicher Informationsbestände und damit die zu verknüpfenden Informationsflüsse einzuschränken. Dieses kann soweit führen, daß als Folge nur ein einzelner Informationsfluß zur Lösungssuche herangezogen bzw. bereitgestellt wird bzw. im Falle einer sehr genau spezifizierten Anfrage und Verwendungskontextes kein Unterschied zu herkömmlichen direkten Anfragen mehr festgestellt werden kann (Vereinfachend sei hierbei der Aufwand zum Dienstimport vom Trader vernachlässigt). Umgekehrt muß ein Informationsverwender dem Informationssystem mitteilen können, wenn er aus Gründen von unzureichenden Suchresultaten eine Änderung oder Erweiterung seiner Zuordnung und damit eine Ausweitung möglicher Informationsflüsse wünscht (Respektive der hierfür notwendigen Rechte – s.u.).

### 3.2 Informationsangebot

Informationsanbieter innerhalb des Unternehmens stellen im Gegenzug *Informationsquellen* des Informationsnetzes dar. Damit der funktionale Ablauf innerhalb der Unternehmung sichergestellt ist, werden gewisse Befugnisse des Informationsverwenders gegenüber dem Anbieter und umgekehrt bestehen, welche in Form von Rechten modelliert werden können:

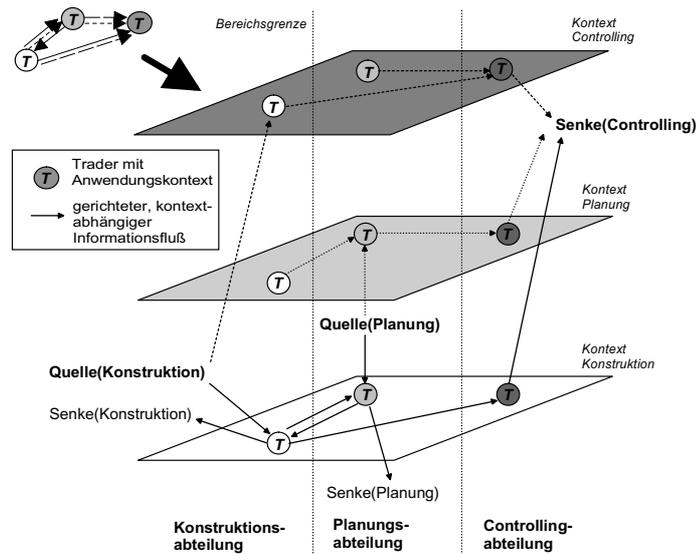
**Verfügungs- und Informationsrecht** Der Zugriff und die Verfügung von Informationen des Anbieters durch den Verwender sei über Dienste modelliert. Dann muß insbesondere eine zustandsverändernde Verwendung des Dienstes entsprechende Rechte zur Verwendung des Dienstes voraussetzen. In klassischen Unternehmensmodellen kann ein solches Recht z.B. über die Zuordnung zu den entsprechenden Gruppenrechten — man denke hierbei z.B. an Gruppenrechten in Unix-Dateisystemen — durchgesetzt

sein. Bereits im Vorfeld der Anfrage kann ein Informationsanbieter durch das Informationssystem vor Verwendern geschützt werden, die keine entsprechenden Rechte zum Zugriff auf die benötigten Dienste besitzen.

**Weisungsrecht** Ein Dienstverwender besitzt hiermit das Recht, einem Dienstanbieter Weisungen zur Durchführung von Aufgaben geben zu können. Über die Vereinfachung der Modellierung mittels Diensten ist diese Funktion identisch mit dem Verfügungsrecht eines Dienstes, wobei durch die Weisung eine rekursive Verwendungsfolge von Diensten entstehen kann. Für eine detaillierte Unterscheidung muß auf [För96] verwiesen werden.

### 3.3 Informationsnetz

Als Mittel zur technischen Umsetzung dieser Problemstellung eines adaptiven Informationsnetzes bietet sich die Verwendung von vernetzten Tradern an. Die innerhalb der Unternehmung zugrunde liegenden Informationsanforderungen und -Angebote modellieren dabei Informationsflüsse zwischen Anbietern und Verwendern der Informationen. Die Modellierung erfolgt mit Hilfe von Diensten bzw. (Dienst-)Objekten. Mittels eines Dienstimport-Aufrufs drückt ein Informationsverwender seinen Informationsbedarf gegenüber dem Informationsnetz aus. Im Gegenzug stellt ein Informationsanbieter durch Verwendung des Dienstexport-Befehls sein Informationsangebot bereit. Sowohl dem Anbieter als auch dem Verwender werden in der aufbauorganisatorischen Phase der Unternehmung spezifische Rechte zugeteilt, welche sie zur Durchführung ihrer Tätigkeiten benötigen und eine Zuordnung zu unterschiedlichen Trader-Anwendungskontexten erlauben. Der Anwendungskontext bezeichnet in diesem Zusammenhang eine Klasse von Informationsflüssen, für deren Zugriff die zugehörigen Rechte notwendig sind. Beispielhaft findet sich eine solche Infrastruktur in Abbildung 8, in welcher unterschiedliche Anwendungskontexte durch unterschiedliche Trader-Teilnetze dargestellt werden. Man erkennt hierin eine Controlling-Anwendung (Senke), welche auf Informationen aus dem Controlling-, dem Planungs- und dem Konstruktionskontext zugreifen kann. Die Betonung liegt hierbei auf der Möglichkeit und drückt nicht einen realen Zugriff aus.



**Abbildung 8.** Kopplung von Trader-Netzen unterschiedlicher Anwendungskontexte

Das Informationsnetz aus Tradern sorgt dafür, daß ein logischer Informationsfluß zwischen dem Ort des Angebots und dem Ort der Nachfrage der Informationen bzw. der Dienste, eingeschränkt durch die Rechte, möglich ist. Hierzu müssen im Falle unterschiedlicher Verwaltungsbereiche von Anbieter und Nachfrager die zugehörigen Trader über bilaterale Verträge sog. *Trader-Kontrakte* miteinander gekoppelt sein. Vereinfachend kann hierbei vorausgesetzt werden, daß sowohl Anbieter als auch Verwender der Information die gleiche inhaltliche Beschreibung der Dienste zugrunde legen. Diese kann z.B. durch das in der Einleitung angeführte PPM oder vergleichbare Produktionsmodelle wie STEP [GAEP94] zugesichert werden. Das Wissen über den Aufbau der benötigten Kontrakte stammt dabei aus Strukturinformationen der aufbauorganisatorischen Modellierung. Exemplarisch wurde bis jetzt eine solche initiale Aufbauorganisation und Ablauforganisation basierend auf Trading-Kontrakten am Beispiel eines Fertigungsprozesses des SFB346 durchgeführt.

# Mobile Softwareagenten als Zugriffsmechanismus für datenintensive verteilte Anwendungen

Jörn Hartroth

## 1 Entwicklung netzwerkbasierter Anwendungen

Im Zuge des fortschreitenden Ausbaus der Infrastruktur für Weitverkehrsnetze und begünstigt durch die heute erfolgte weitgehende Einigung auf die Internet-Protokollfamilie vollzieht sich derzeit ein Phasenübergang bei netzwerkbezogenen Anwendungen. Bislang wurden Anwendungen mit hohem Spezialisierungsgrad und Datenaufkommen fast ausschließlich im Bereich lokaler Netze eingesetzt, der Weitverkehrsbereich war überwiegend bestimmt durch Allzwecknetze mit einer kleinen Zahl von Standarddiensten — vordringlich Dateitransfer und Email im Internet und öffentlichen Netzen. Der aktuelle Trend geht dahin, komplexe Anwendungen und dynamisch veränderliche Dienste aus dem Umfeld lokaler Netzwerke in den Weitverkehrsbereich, konkret in Richtung des weltumspannenden Internets, auszudehnen. Wesentliche Triebfeder hierfür ist das Aufkommen der sogenannten *Intranets* als Weiterentwicklung unternehmensinterner Informationssysteme.

Intranets entspringen der Bestrebung, eine integrierte Informationsstruktur in einem räumlich verteilten Unternehmen zu schaffen. Die bislang existierende Struktur isolierter lokaler Netze an einzelnen Standorten soll über Weitverkehrsnetze zu einem organisatorisch als Einheit auftretenden Subnetz verbunden werden, um einen unternehmensweiten Zugriff auf Daten und Dienste zu ermöglichen. Die Verwendung eines Intranets wird heute überwiegend durch datenbankbasierte spezialisierte Anwendungsprogramme bestimmt, die möglichst ohne Änderung aus dem Umfeld lokaler Netze übernommen werden sollen. Als Präsentationskomponente wird verstärkt auf die Technologie des im Internet entstandenen WWW zurückgegriffen. Neben der Integration lokaler Netze besteht häufig auch der Wunsch nach der Einbindung drahtlos verbundener mobiler Rechner, um z.B. Außendienstmitarbeitern den externen Zugriff auf Unternehmensdaten zu ermöglichen.

Mit dem zunehmenden Wandel des Internet in Richtung kommerzieller Nutzung ist in absehbarer Zukunft mit Kommunikationsgebühren zu rechnen, wie sie in öffentlichen Netzen heute schon erhoben werden. Vor diesem Hintergrund erhebt sich die Frage, welche Form eine geeignete Infrastruktur für eine kosteneffiziente Realisierung von Intranetanwendungen annimmt.

### 1.1 Anforderungen an die Infrastruktur

Im Vergleich zur bisherigen Nutzungscharakteristik der Weitverkehrsnetze treten im Rahmen der Intranets veränderte Anforderungen an die anwendungsunterstützende Infrastruktur auf:

**Individualisierbarkeit** An Stelle der Standarddienste müssen hochspezialisierte Anwendungen aus der betrieblichen oder ingenieurwissenschaftlichen Informationsverarbeitung unterstützt werden. Eine wichtige Rolle spielt die Individualisierbarkeit der Zugriffsfunktionen für komplexe Abläufe.

**Datenminimierung** Die im lokalen Umfeld mögliche breitbandige Kommunikation steht im Weitverkehrsbereich und mehr noch bei der Integration mobiler Teilnehmer nicht zur Verfügung. Diese Disparität zwischen verschiedenen Netzkomponenten zwingt zu einer möglichst effizienten Nutzung der Struktur, um die Datenübertragung über schmalbandige Netze zu minimieren.

**Dynamik** In modernen Unternehmensorganisationen ist die dynamische Veränderbarkeit von Diensten wichtig, um dynamische Geschäftsprozesse und Beziehungen zu Geschäftspartnern in wechselnder Zusammensetzung zu unterstützen. Es muß daher möglich sein, kurzfristig neue Dienste zu installieren, zu verlagern und wieder zu entfernen.

**Grenzüberschreitung** Die Überschreitung physischer (im Fall der Intranets) und administrativer Grenzen (bei Informationsbeziehungen zwischen verschiedenen Unternehmen) erfordert die Behandlung technischer Heterogenität und stellt strenge Anforderungen an Sicherheitsmechanismen, gerade wenn sensitive Unternehmensdaten oder elektronische Zahlungsmittel betroffen sind.

Da sich die Unterschiede zwischen lokalen Netzen und dem Weitverkehrsbereich auf technischer und organisatorischer Ebene in näherer Zukunft (bei Bandbreite, technischer Heterogenität) bzw. aus prinzipiellen Gründen überhaupt nicht (in Latenzzeit, administrativer Heterogenität, Kosten) angleichen werden, muß die Übertragung der Anwendungen aus dem Umfeld isolierter lokaler Netze in den neuen Kontext verbundener Intranets durch geeignete Infrastrukturmechanismen unterstützt werden.

## 1.2 Eignung herkömmlicher verteilter Paradigmen

Der überwiegende Anteil der heutigen verteilten Anwendungen basiert auf dem Client-Server-Ansatz, bei dem ein Datenbestand oder eine Dienstleistung von einem Serverrechner angeboten wird und durch eine auf einem entfernten Clientrechner ablaufende Anwendung genutzt wird. Für die Verwendung dieses Prinzips lassen sich die folgenden drei Kategorien unterscheiden: Verteilte Frameworks für Server mit spezifischen Funktionen, verteilte Datenbanken und WWW-Anwendungen.

**Verteilte Client-Server-Frameworks** wie DCE [Sch93] oder OMA [OHE96] bieten durch die flexible Programmierbarkeit der Anwendungsfunktionen im Server sehr weitreichende Möglichkeiten zur Realisierung spezialisierter und komplexer Dienste. Durch geeignete Abstimmung der Client- und Serverfunktionen kann eine Minimierung des Datenvolumens erreicht werden. Die Behandlung von Heterogenität und Sicherheit über administrative Grenzen hinweg wird weitgehend beherrscht. Klare Defizite bestehen jedoch bei der Individualisierbarkeit von Zugriffen und der dynamischen Veränderbarkeit, da speziell die Server grobgranulare Instanzen mit festen Schnittstellen sind, die nur mit hohem Aufwand verändert werden können und daher keine dynamische Anpassung zur Laufzeit erlauben.

**Verteilte Datenbanken** bieten gute Unterstützung für die Arbeit über administrative Grenzen hinweg und erlauben eine hochgradige Dynamik der Anwendungen. Probleme ergeben sich jedoch bei der gleichzeitigen Erfüllung der Anforderungen an Dateneffizienz und Individualisierbarkeit. Für verteilte Datenbanken existieren zwei verschiedene Zugriffsmodi: Erstens die serverseitige Bearbeitung über eine Abfragesprache (z.B. SQL) und zweitens die clientseitige Bearbeitung nach Übertragung der relevanten Daten vom Server. Die erste Zugriffsart ist durch die Übertragung einer kompakt codierten Abfrage (*Code-Shipping*) kostengünstig, jedoch wegen der geringen Ausdrucksmächtigkeit und der Mengenorientierung existierender Abfragesprachen nur eingeschränkt verwendbar und für objektorientierte Datenmodelle prinzipiell wenig geeignet. Komplexe Anwendungen führen daher heute überwiegend clientseitige Auswertung durch, indem eine Menge potentiell relevanter Daten über das Netz übertragen wird (*Data-Shipping*), von der bei hochselektiven Funktionen jedoch nur ein Bruchteil wirklich benötigt wird. In modernen, für lokale Netze optimierten Implementierungen wird dieser Effekt noch verstärkt [HMNR95], indem die minimal übertragene Granularität ein ganzes Objekt oder eine Speicherseite umfaßt. Bei navigierendem Zugriff führt dies zu erheblichem Mehraufwand.

**WWW-Anwendungen** werden zunehmend als Benutzerschnittstelle für verteilten Anwendungen eingesetzt. Sie sind aufgrund der Konzeption der WWW-Protokollkomponenten auf Präsentation und einfache Benutzerinteraktion beschränkt. Die Kernfunktionalität einer verteilten Anwendung muß gesondert auf Basis der obigen Ansätze realisiert werden, womit auch die dort erkannten Nachteile eintreten.

Eine direkte Übernahme der im lokalen Netzbereich verwendeten Frameworks kann daher die Anforderungen im Weitverkehrsbereich speziell bezüglich Übertragungsminimierung nicht hinreichend erfüllen.

## 1.3 Mobile Agenten

Mobile Agenten [GK94, HK96, Bel95] bilden einen neuen Ansatz einer Kommunikationsinfrastruktur, der speziell auf das Umfeld lose gekoppelter verteilter Systemen zugeschnitten ist. Die zentralen Konzepte sind *Kapselung* von individualisierbaren Anwendungsfunktionen in autonome Einheiten und ihre *dynamische Installation* durch *Code-Shipping*. Bei Verwendung mobiler Agenten als Zugriffsmechanismus auf verteilte Datenbanken kann die Leistungsdisparität der Netzinfrastruktur zur Optimierung des Kommunikationsaufwands ausgenutzt werden, indem ein möglichst großer Teil der Datenzugriffsoperationen einer Anwendung dynamisch zum Ort der Daten verlagert wird. Dieses Verfahren erweitert den Ansatz der DB-Abfragesprachen für allgemeine Funktionen, die auch komplexe navigierende Zugriffe auf objektorientierten Datenbeständen ausführen können. Die geforderten Eigenschaften der Individualisierbarkeit, Dynamik und Datenminimierung können somit erfüllt werden. Um den Anforderungen beim Überschreiten administrativer Grenzen gerecht zu werden, wird eine dedizierte Laufzeitumgebung benötigt, die eine Codierung der Agenten in systemunabhängiger Form erlaubt und ihre Ausführung und den Zugriff auf die Datenquellen kontrolliert. Diese Laufzeitumgebung bildet innerhalb des Wirtsrechners eine neue administrative Grenze gegenüber mobilen Agenten von außerhalb der eigenen Domäne.

Für die nachfolgende Betrachtung wird exemplarisch das Anwendungsumfeld objektorientierter Datenbanken vorausgesetzt, das heute in ingenieurwissenschaftlichen Anwendungen und technischen Informationssystemen verbreitet ist [KLWZ95]. Die Einschränkung allgemeiner mobiler Agenten [CGH<sup>+</sup>95, Whi96] auf diesen Kontext soll als *Stublets*<sup>1</sup> bezeichnet werden.

<sup>1</sup> als Kombination aus RPC-*Stubs* und Java-*Applets*

## 2 Multimodaler Datenzugriff mit Stublets

Eine auf Stublets und Code-Shipping basierende Infrastruktur zur Reduktion des Kommunikationsaufkommens ist im Weitverkehrsbereich sinnvoll. Für Datenbankanwendungen innerhalb schneller lokaler Netze tritt jedoch die Verringerung des Kommunikationsaufwands gegenüber der auf dem Server anfallenden Last in den Hintergrund, so daß dort die herkömmliche Zugriffsmethode (siehe Abbildung 9) Vorteile verspricht. Für unternehmensinterne Intranets ist es daher sinnvoll, einer Anwendung unterschiedliche Zugriffsmodalitäten zur Verfügung zu stellen, je nachdem, an welchen Orten innerhalb einer logischen Netzstruktur die Komponenten der Anwendung angeordnet sind.

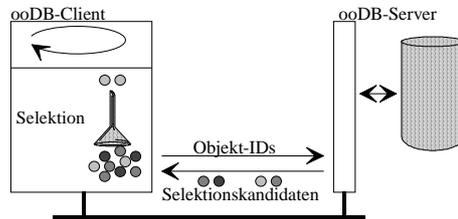


Abbildung 9. Herkömmlicher Zugriff auf ooDBs mittels Data-Shipping

### 2.1 Räumliche Anwendungsstrukturierung

Bestimmend für die Struktur der Netzlandschaft aus Anwendungssicht sind zum einen die Leistungsfähigkeit der Verbindungen und zum anderen die administrativen Grenzen von Organisationen. So können mehrere breitbandig gekoppelte lokale Netze innerhalb einer Organisation logisch als ein Netz betrachtet werden, ein zwischenliegendes schmalbandiges Weitverkehrs- oder Funknetz bildet jedoch eine Grenze ebenso wie ein Übergang zum lokalen Netz einer anderen Organisation. Für die Gestaltung der Zugriffsmodalität ist wesentlich, wie sich der Anwendungsclient, der Datenbankserver und der Entwicklungsort der Zugriffsfunktion auf verschiedene logische Netze verteilen. Die folgende Tabelle veranschaulicht die verschiedenen möglichen Platzierungen der Komponenten.

Typ	Entwicklung	ooDB Client	ooDB Server
A	Netz 1	Netz 1	Netz 1
B	Netz 2	Netz 1	Netz 1
C	Netz 1	Netz 2	Netz 1
D	Netz 1	Netz 1	Netz 2
E	Netz 1	Netz 2	Netz 3

**Typ A&B** beschreibt das Szenario einer verteilten Anwendung innerhalb eines lokalen Unternehmensnetzes. Die Verarbeitung kann hier effizient nach dem in Abbildung 9 veranschaulichten herkömmlichen Verfahren der Auswertung auf Clientseite erfolgen.

In allen anderen Konfigurationen befindet sich zwischen Client und Server eine Netzgrenze, die entweder durch eine schmalbandige Verbindung oder den Wechsel in ein administrativ getrenntes Subnetz markiert wird. In diesen Fällen besteht das Ziel in der Datenminimierung durch Verwendung von Stublets.

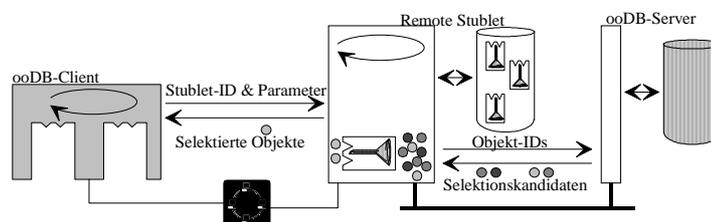
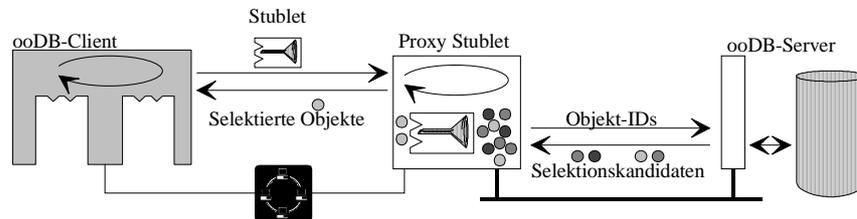


Abbildung 10. Remote-Stublets — Datenzugriff über technische oder administrative Grenzen

**Typ C** beschreibt den Zugriff eines Clients auf einen entfernten Server durch vom Server bereitgestellte Zugriffsfunktionen. Dies tritt z.B. ein beim Zugriff von einem mobilen Rechner auf das Unternehmensnetz oder beim Zugriff einer Anwendung auf einen externen Informationsanbieter über von ihm vorgehaltene Funktionen (siehe Abbildung 10).

Diese Zugriffsart ist besonders effizient, da die Anwendung nur einen Identifikator für das Stublet übertragen muß. Auch Sicherheitsfragen sind unkritisch, da der Server die Kontrolle über die von ihm angebotenen Stublets behält. Vorauszusetzen ist jedoch, daß die vom Server angebotenen Stublets den Bedürfnissen der Anwendung genügen. Für den Zugriff vom Mobilrechner eines Außendienstmitarbeiters ist diese Bedingung sicher erfüllbar, für den freien Zugriff auf einen externen Informationsbestand hingegen u.U. nicht, da nicht alle möglichen individuellen Anforderungen von Clients vorhersehbar sind.

**Typ D&E:** Benötigt die Anwendung individualisierte spezielle Zugriffsfunktionen, so kann in der dritten Zugriffsmodalität ein vom Client oder einer dritten Instanz konfiguriertes Stublet zum Server übertragen und in günstiger Lage zu den Daten ausgeführt werden (Abbildung 11).



**Abbildung 11.** Proxy-Stublets — Dynamischer individualisierter Zugriff in entfernten Domänen

Dies ist der Anwendungsfall für mobile Stublets. Gegenüber der Kategorie C fällt zusätzlicher Aufwand für die Übertragung des Stubletcodes an, so daß hier ein Gewinn immer dann erzielt werden kann, wenn die Reduktion des grenzüberschreitenden Datenvolumens die Codegröße des Stublets übertrifft. Da Agentenprogrammiersprachen wie Tcl [Ous94] oder Java [AG96] sehr kompakten Code verwenden, ist bei einer typischen Übertragungsgranularität objektorientierter Datenbanken von 4kb einer Speicherseite ein Vorteil bereits für wenige eingesparte Objektinstanzen zu erwarten. Als Optimierungsschritt kann ein zum Server übertragenes Stublet in den dortigen Stublet-Pool aufgenommen werden, so daß sich das Verhalten für nachfolgende Verwendungen in den besonders effizienten Typ C wandelt.

Da bei mobilen Stublets Code, der von außerhalb der eigenen administrativen Domäne stammt, im Netz des Servers gestartet wird, treten genau bei diesem Anwendungstyp die eingangs erwähnten strengen Anforderungen an die Sicherheitsumgebung auf.

## 2.2 Integration verschiedener Zugriffsmodi

In der realen Welt können alle vorgestellten räumlichen Verteilungen nebeneinander auftreten, etwa mit einer abteilungsinternen Anwendung (Typ A), Datenzugriffen von Außendienstmitarbeitern (Typ C) und dem Informationsaustausch mit einem externen Geschäftspartner (Typ D).

Für die angestrebte integrierte Lösung des Informationsbedarfs technischer Informationsanwendungen muß ein gemeinsamer Entwurfsprozeß für alle Zugriffsmodalitäten entwickelt werden [GHK96b]. Wünschenswert ist die Erzeugung der Mechanismen für Datenzugriff nach dem herkömmlichen Verfahren und der Delegate-Stublets in einem gemeinsamen automatischen Übersetzungsschritt. Die jeweils optimale Strategie sollte vom Anwender vorgegeben oder vom Laufzeitsystem dynamisch ausgewählt werden können. Das Ziel der Arbeiten ist daher der Entwurf einer Anwendungsumgebung, die die flexible Verwendung der vorgestellten Zugriffsmodi innerhalb einer Anwendung ermöglicht.

**Optimierungsperspektiven** Bei der Umsetzung des Stublet-Ansatzes sollen weitere Optimierungsmöglichkeiten untersucht werden. Abhängig von der Nutzungshäufigkeit und der Möglichkeit einer Versionierung kann z.B. gegenüber spezifisch für eine Aufgabe entworfenen und möglichst "schlanken" Stublets die Verwendung von Stublets mit Mehrzweckfunktionalität sinnvoll sein, die nach einmaliger Übertragung im Stublet-Pool des Servers abgelegt und ggf. um neue Funktionen erweitert werden.

**Weitere Einsatzgebiete für mobile Agenten** Über das vorgestellte Szenario des Zugriffs auf Datenbanken im Weitverkehrsbereich hinaus zeigen sich mobile Agenten gegenüber dem Client-Server-Ansatz noch für weitere Anwendungen geeignet. Beispiele sind die Beobachtung von zeitlich ausgedehnten entfernten Vorgängen, etwa von Kursverläufen an einer ausländischen Börse, und die integrierte Bearbeitung auf mehreren getrennten Datenbeständen in gegenseitigem Abgleich. Im ersten Fall ersparen vor Ort installierte Agenten einen periodischen Datenabgleich und ermöglicht rasche Reaktion auf Veränderungen, der zweite Fall ist besonders für schmalbandig verbundene Mobilrechner als Clients vorteilhaft, indem der gegenseitige Abgleich der mobilen Agenten gegenüber einer getrennten Stublet-Auswertung eine weitere Reduktion der schließlich zum Client zu übertragenden Datenmenge bewirkt.

# Skalierbare Multicast-Kommunikation durch Strukturierung von Empfängergruppen

Markus Hofmann

## 1 Motivation

Mit der allgemeinen Verfügbarkeit und der zunehmenden Akzeptanz von Anwendungen im Multicast Backbone (MBone) [Kum95] nimmt die Größe der Kommunikationsgruppen und deren räumliche Verteilung beständig zu. So kann beispielsweise die Anzahl der Empfänger einer Konferenzübertragung durchaus im Bereich mehrerer hundert oder tausend weltweit verteilter Rechnersysteme liegen [CD92]. Auch die Anzahl von Abonnenten einer elektronischen Zeitung kann sich durchaus in diesem Bereich bewegen. In einem solchen Szenario ist die Realisierung eines zuverlässigen Multicast-Dienstes besonders problematisch. Ein (all-) zuverlässiger Multicast-Dienst garantiert die fehlerfreie Übertragung der Daten an alle Kommunikationsteilnehmer. Insbesondere kann der Ausfall einzelner Empfänger erkannt und dem Benutzer des Kommunikationsdienstes mitgeteilt werden. Hierzu muß die sendende Protokollinstanz stets über den Zustand jedes einzelnen Empfängers Kenntnis haben. Dies erfolgt durch das Senden von Statusanfragen mit anschließender Auswertung der erhaltenen Statusmeldungen. Ein solcher Austausch von Statusinformationen ist nicht nur zur Fehlerkontrolle, sondern auch zur Durchführung einer Fluß- oder Ratenkontrolle notwendig. Bei einem rein sender-orientierten Ansatz, wie er in den meisten traditionellen Kommunikationsprotokollen definiert ist, ergeben sich dadurch erhebliche Skalierungsprobleme. Die Überflutung mit Statusnachrichten der Empfänger, auch als Implosionsproblem bezeichnet, führt rasch zu einer Überlastung des Senders und zu einem zusätzlichen Bedarf an Bandbreite. Des Weiteren führen die notwendigen Übertragungswiederholungen zu einer erheblichen Mehrbelastung des Netzwerkes, was insbesondere im Falle weltweit verteilter Empfängergruppen als kritisch anzusehen ist.

Neben dem Implosionsproblem stellt eine effiziente Fehlerkorrektur einen weiteren wichtigen Aspekt im Hinblick auf die Skalierbarkeit von Kommunikationsprotokollen dar. Gemäß herkömmlicher Protokolle fordern Empfänger fehlende Dateneinheiten stets direkt beim Multicast-Sender an. Dabei wird weder die aktuelle Netzlast noch die Struktur der Kommunikationsgruppe berücksichtigt. Im Falle der Gruppenkommunikation können Datenlücken im Empfangsstrom jedoch auch mit Hilfe benachbarter Empfänger geschlossen werden. So kann eine fehlende Dateneinheit von einem unmittelbar benachbarten Gruppenmitglied fehlerfrei empfangen worden sein. In diesem Fall sollte zur Behebung des Fehlers nicht der unter Umständen weit entfernte Sender zur Übertragungswiederholung aufgefordert werden. Vielmehr kann durch einen lokalen Datenaustausch mit dem benachbarten Empfänger die Datenlücke geschlossen werden. Dieses Prinzip wird durch das *Local Group Concept (LGC)* realisiert. Für weitere Informationen hierüber wird auf [Hof96b] und [Hof96a] verwiesen. Der vorliegende Artikel stellt lediglich überblickartig das Konzept vor und befaßt sich darauf aufbauend mit dem Aspekt der hierarchischen Strukturierung globaler Kommunikationsgruppen.

## 2 Hierarchische Strukturierung globaler Kommunikationsgruppen

Das Local Group Concept (LGC) bietet einen zuverlässigen Multicast-Dienst, der in heterogenen Weitverkehrsnetzen auch bei sehr großen Empfängerzahlen eine effiziente Kommunikation erlaubt. Im Unterschied zu bekannten Multicast-Protokollen werden beim Local Group Concept Übertragungswiederholungen auch zwischen Empfängern durchgeführt. Dieser Ansatz ermöglicht eine zur Datenübertragung des Senders parallele Fehlererkennung und Fehlerbehandlung. Die mit LGC definierten Protokollmechanismen sind gemäß der Internet-Architektur [Car96] auf Ebene der Ende-zu-Ende Kommunikation angesiedelt. Es wird lediglich ein unzuverlässiger, multicastfähiger Netzwerkdienst vorausgesetzt. Obwohl diese Anforderungen perfekt von IP-Multicast erfüllt werden und die derzeitige Realisierung von LGC auf IP aufsetzt, ist das beschriebene Konzept nicht auf die Internet-Protokollfamilie beschränkt. Vielmehr können die grundlegenden Mechanismen von LGC auch in eine erweiterte ATM-Adaptionsschicht (AAL) integriert werden.

Die grundlegende Idee des Local Group Concept besteht in dem Aufbau einer hierarchischen Gruppenstruktur, wobei nahe beieinander gelegene Kommunikationsteilnehmer zu lokalen Gruppen zusammengefaßt werden. Jede lokale Gruppe schließt genau ein ausgezeichnetes Endsystem, den lokalen Gruppenverwalter, ein. Dieser wird nicht statisch festgelegt, sondern kann während der Lebenszeit der lokalen

Gruppe dynamisch wechseln. Der Verwalter ist für die korrekte Übertragung der Daten an die Mitglieder seiner lokalen Gruppe verantwortlich und tritt gegenüber dem Multicast-Sender oder einem übergeordneten Gruppenverwalter als ihr Repräsentant auf. Dem Verwalter ist die Identität aller Mitglieder der ihm zugeordneten lokalen Gruppe bekannt. Prinzipiell ist jedes Endsystem in der Lage, die Rolle eines Gruppenverwalters zu übernehmen. Somit ist der Aufbau und die Unterhaltung spezieller Kommunikationsknoten zur Verwaltung der Untergruppen nicht notwendig. Insbesondere müssen auch keine Änderungen an netzinternen Vermittlungssystemen vorgenommen werden. Die Gruppierung der Kommunikationsteilnehmer und die Wahl geeigneter Gruppenverwalter erfolgt dynamisch.

Möchte ein Endsystem an der Gruppenkommunikation teilnehmen, so muß es sich zunächst einem geeigneten Gruppenverwalter und damit einer lokalen Gruppe zuordnen. Wird eine solche nicht gefunden, gründet das Endsystem eine neue lokale Gruppe und ernennt sich selbst zu deren Verwalter. Die Eignung einer lokalen Gruppe bzw. der Begriff der 'Nähe' einer lokalen Gruppe wird bei LGC durch die Anwendung beeinflusst. Sie definiert die zur Distanzbestimmung zugrundegelegte Metrik, wie z.B. die Übertragungsverzögerung zum Verwalter der lokalen Gruppe, den Durchsatz auf der Verbindung zum Verwalter, die geographische Distanz oder die Fehlerwahrscheinlichkeit des Verwalters. Auch die Kombination und unterschiedliche Gewichtung mehrerer Metriken wird von LGC unterstützt. Dadurch kann jede Anwendung eine spezifische Entfernungsfunktion definieren. Beispielsweise wird sich bei gleicher Gruppenzusammensetzung die optimale Gruppenhierarchie für eine interaktive Anwendung von der optimalen Anordnung für einen Multicast-Datentransfer unterscheiden. Im ersten Fall ist oberstes Ziel die Minimierung der Übertragungsverzögerung, wohingegen im zweiten Anwendungsszenario eher der Durchsatz oder die Leitungskosten im Vordergrund stehen. Entsprechend sollte beim Aufbau einer Gruppenhierarchie im ersten Fall die Übertragungsverzögerung zwischen den einzelnen Systemen und im zweiten Fall die dort genannten Parameter verwendet werden. Die Eignung unterschiedlicher Metriken, deren Abhängigkeiten vom zugrundeliegenden Routingprotokoll und Möglichkeiten zur Erfassung unterschiedlicher Metriken ist derzeit Gegenstand der Forschungsarbeiten.

Weitere Informationen zum Ablauf des Datentransfers, lokaler Übertragungswiederholungen oder Mechanismen zur Fehlertoleranz innerhalb von LGC können [Hof96b] und [Hof96a] entnommen werden. Dort sind auch Ergebnisse einer Leistungsbewertung des Local Group Concept zu finden.

### 3 GDS - Ein Dienst zum Aufbau von Gruppenhierarchien

Die Leistungsfähigkeit von Konzepten, die wie LGC eine hierarchische Strukturierung der globalen Kommunikationsgruppe vornehmen, hängen maßgeblich von der etablierten Gruppenhierarchie ab. Entscheidend ist hierbei sowohl die Aufteilung der Gesamtgruppe in mehrere Untergruppen und Hierarchiestufen als auch die Platzierung der Verwaltungseinheiten (d.h. der lokalen Gruppenverwalter). Da je nach Anwendungskontext unterschiedliche Ansätze vorteilhaft sind, wurde das Local Group Concept äußerst flexibel gestaltet. Es erlaubt die Integration lokaler Gruppenverwalter in beliebige Kommunikationssysteme. Prinzipiell ist jedes Endsystem in der Lage, diese Funktion wahrzunehmen. Dadurch kann die Last der Gruppenverwaltung für unterschiedliche Multicast-Assoziationen auf mehrere Kommunikationssysteme verteilt werden. Durch die Installation entsprechender Protokollsoftware können lokale Gruppenverwalter bei Bedarf auch in Vermittlungssysteme integriert werden.

Die Auswahl geeigneter Kommunikationssysteme zur Übernahme der Gruppenverwalter-Funktionalität und deren Konfiguration kann zunächst manuell durch einen Systemverwalter erfolgen. Dies bringt jedoch zusätzlichen Verwaltungsaufwand mit sich und erfordert bei Ausfall eines lokalen Gruppenverwalters den Eingriff eines Operators. Gemäß der Internet-Philosophie sollte das Verfahren zum Aufbau der lokalen Gruppenhierarchie jedoch selbst-organisierend und fehlertolerant ausgelegt sein [Car96]. Zu diesem Zweck wurde der *Group Distance Service (GDS)* entworfen. Er unterstützt den Dienstbenutzer beim Aufbau einer lokalen Gruppenhierarchie und reorganisiert die Struktur automatisch bei Ausfall eines lokalen Gruppenverwalters.

#### 3.1 Die Architektur einer GDS-Instanz

Jeder Teilnehmer an einer Multicast-Kommunikation muß sich gemäß dem Local Group Concept zunächst einer geeigneten lokalen Gruppe zuordnen. Der Group Distance Service unterstützt den Dienstbenutzer hierbei. Dazu ermittelt der GDS die Entfernungen zu naheliegenden lokalen Gruppen gemäß der vorgegebenen Metrik-Gewichtung und wählt eine geeignete lokale Gruppe aus. Der GDS ist als Komponente des Protokollautomaten in jedem Kommunikationssystem vorhanden. Er umfaßt sowohl eine passive als auch eine aktive Komponente. Das passive Element unterstützt entfernte GDS-Instanzen, indem es deren Anfragen beantwortet und ihnen die benötigten Informationen zur Distanzberechnung zukommen

läßt. Die aktive Komponente identifiziert bei Bedarf bereits vorhandene lokale Gruppen im Netzwerk, bestimmt deren Entfernung und wählt schließlich aus der erkannten Menge eine geeignete lokale Gruppe aus. Die Architektur der aktiven GDS-Komponente ist in Abbildung 12 skizziert.

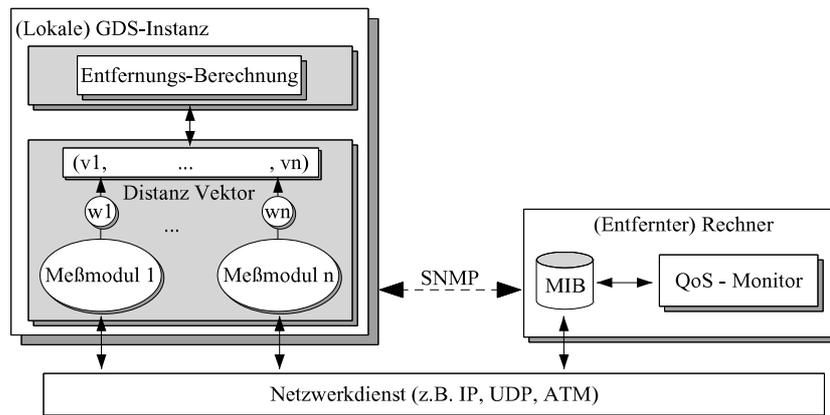


Abbildung 12. Architektur der aktiven GDS-Komponente

Die aktive GDS-Komponente besteht aus mehreren Meßmodulen. Jedes dieser Meßmodule bestimmt die Entfernung zu bereits existierenden lokalen Gruppen gemäß einer bestimmten Metrik. So ist beispielsweise ein Meßmodul realisierbar, welches die Anzahl der Zwischensysteme auf dem Weg zum Verwalter einer lokalen Gruppe durch einen Expanded Ring Search vornimmt. Ein weiteres Meßmodul kann durch Messung der Paketumlaufzeit die Übertragungsverzögerung abschätzen. Der modulare Aufbau der aktiven Komponente ermöglicht die einfache Hinzunahme weiterer Meßmodule, sobald zusätzliche Metriken im Netzwerk erfassbar sind. So kann zu einem späteren Zeitpunkt beispielsweise ein Modul hinzugefügt werden, das mittels SNMP-Abfrage eines Service-Switches die finanziellen Kosten für die Nutzung einer Übertragungsstrecke ermittelt. Wie in Abbildung 12 dargestellt, kann für den Zugriff auf die Management Information Base (MIB) eines entfernten QoS-Monitors ein eigenes Meßmodul realisiert werden. Der QoS-Monitor des Kommunikationssystems speichert in einer solchen MIB alle QoS-relevanten Daten ab [SB96]. Diese sind über SNMP von außen zugänglich. Auf diese Weise kann das Meßmodul einer entfernten GDS-Instanz beispielsweise die aktuelle Fehlerrate eines lokalen Gruppenverwalters ermitteln und diese als weiteres Auswahlkriterium in die Entscheidungsfindung einbeziehen.

### 3.2 Unterschiedliche Gewichtung der Metriken

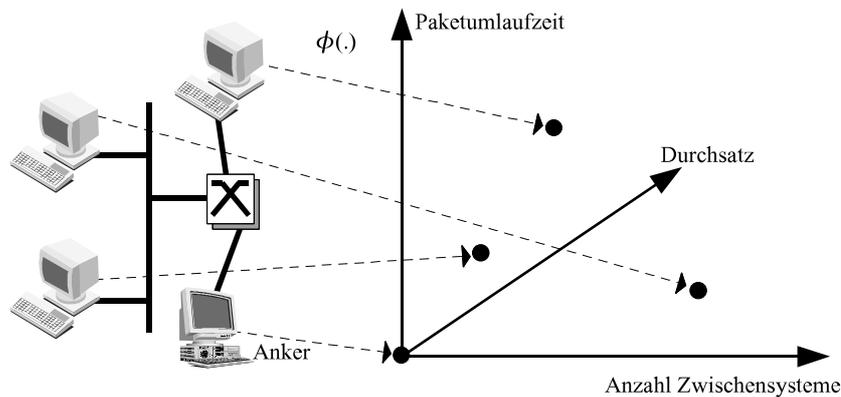
Die von den Meßmodulen ermittelten Entfernungen  $d(i)$  werden mit einem Metrik-spezifischen Gewicht  $w(i)$  multipliziert. Diese Gewichtung wird vom Benutzer gemäß seinen Anforderungen festgelegt. Ist ein Anwender beispielsweise an der Minimierung der Übertragungsverzögerung interessiert, so wird er diese Metrik gegenüber den restlichen Metriken relativ hoch gewichten. Um lediglich eine einzelne Metrik  $m(i)$  bei der Auswahl einer geeigneten lokalen Gruppe zu berücksichtigen, wird mit Ausnahme des Gewichtes  $w(i)$  allen weiteren Gewichten der Wert 0 zugeteilt. Die gewichteten Entfernungen definieren einen Distanz-Vektor  $\vec{v} = [v(1), \dots, v(n)]$ , wobei  $v(i) = d(i) \cdot w(i)$  ist. Die aktive GDS-Instanz berechnet für jede vorhandene lokale Gruppe einen solchen Distanz-Vektor. Diese Vorgehensweise entspricht einer Abbildung

$$\Phi : \Phi(V) = \vec{v} = [v(1), \dots, v(n)] \quad \forall V \in \{\text{Menge der realen Kommunikationssysteme}\}$$

des realen Netzwerkes auf einen  $n$ -dimensionalen Vektorraum  $M$ . Prinzipiell sind auch anders definierte Abbildungen denkbar. In Abbildung 13 ist mit  $\Phi$  eine Abbildung des realen Netzes auf einen 3-dimensionalen Vektorraum dargestellt. Die Achsen des Vektorraumes entsprechen den im Beispiel berücksichtigten Metriken *Paketumlaufzeit*, *Durchsatz* und *Anzahl der Zwischensysteme*. Das Kommunikationssystem, welches die Distanzwerte ermittelt und somit die Abbildung vornimmt, ist in der Abbildung 13 als Anker bezeichnet und wird auf den Ursprung abgebildet.

Zur Auswahl eines geeigneten Gruppenverwalters berechnet die GDS-Instanz den euklidischen Abstand  $d(0, v(i))$  aller Distanz-Vektoren vom Ursprung. Die Distanzvektoren werden daraufhin gemäß der folgenden Ordnungsrelation ' $\leq$ ' geordnet:

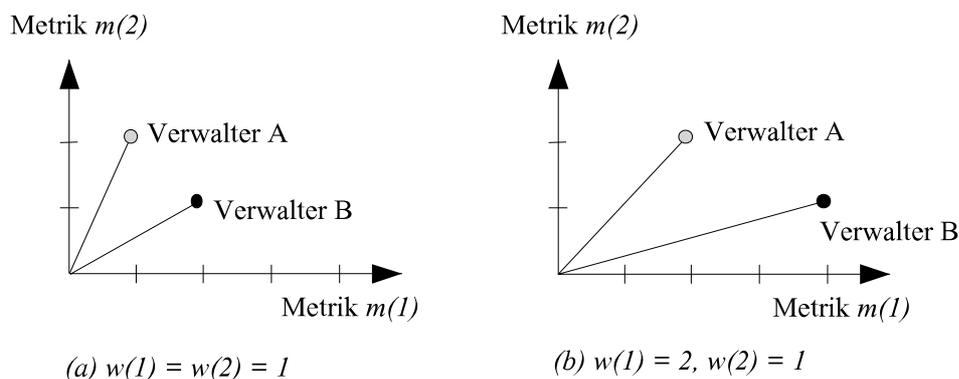
$$v(i) \leq v(j) \quad \Leftrightarrow \quad d(0, v(i)) \leq d(0, v(j)) \quad \forall v(i), v(j) \in M$$



**Abbildung 13.** Abbildung eines realen Netzes auf einen Vektorraum

Ist die Abbildung  $\Phi$  injektiv, liefert die Umkehrabbildung  $\Phi^{-1}$  angewendet auf den ersten Distanzvektor der geordneten Vektorenliste den nächstgelegenen Gruppenverwalter. Ist die Abbildung  $\Phi^{-1}$  nicht injektiv, können mehrere Kommunikationssysteme den gleichen Distanz-Vektor besitzen. In diesem Fall kann aus der Menge der Gruppenverwalter, deren Distanz-Vektor an erster Stelle der geordneten Liste steht, ein beliebiger ausgewählt werden.

Ein Beispiel zur Abhängigkeit zwischen Metrik-Gewichtung und der Auswahl eines geeigneten Gruppenverwalters ist in Abbildung 14 gegeben.



**Abbildung 14.** Einfluß der Gewichtung auf die Distanzvektoren

Die Entfernung von Gruppenverwalter A beträgt gemäß der Metrik  $m(1)$  den Wert 1 und gemäß der Metrik  $m(2)$  den Wert 2. Die Entfernung des Gruppenverwalters B beträgt (2, 1). Ordnet der Dienstnutzer beiden Metriken die gleiche Gewichtung  $w(1) = w(2) = 1$  zu, so beträgt der euklidische Abstand beider Distanz-Vektoren den Wert 3 (siehe Abbildung 14(a)). Somit könnten beide Gruppenverwalter vom GDS als Ergebnis zurückgegeben werden. Bevorzugt der Dienstnutzer eine Minimierung der Metrik  $m(1)$ , so kann er beispielsweise die Gewichtung  $w(1) = 2$  und  $w(2) = 1$  vorgeben. Wie in Abbildung 14 (b) dargestellt, resultiert dies in einem kleineren euklidischen Abstand für den Distanz-Vektor des Gruppenverwalters A. Der GDS wird als Ergebnis demnach die Identität des lokalen Gruppenverwalters A zurückgeben. Gemäß der Anforderung des Dienstbenutzers ist dies der Gruppenverwalter mit dem kleineren Abstand gemäß Metrik  $m(1)$ .

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Zur Unterstützung des Aufbaus einer hierarchischen Gruppenstruktur wurde der Group Distance Service (GDS) vorgestellt. Im Gegensatz zur manuellen Konfiguration, die einen stark statischen Charakter hat und mit großem Aufwand verbunden ist, strukturiert der GDS automatisch beliebige Kommunikationsgruppen entsprechend der Bedürfnisse der Anwender. Der Group Distance Service (GDS) wird derzeit aufbauend auf UDP und IP implementiert. In einer ersten Version werden Meßmodule zur Erfassung der Paketumlaufzeit und der Anzahl von Zwischensystemen realisiert. Eine formale Spezifikation des Dienstes in SDL befindet sich derzeit in der Entwurfsphase.

# Anwendungsintegration im Mobile Computing

Dietmar A. Kottmann

## 1 Einleitung

Die Integration mehrerer Anwendungen in vernetzten Systemen bedarf zunächst einer Möglichkeit zum Datenaustausch. Dies kann sowohl synchron — etwa durch die parallele gemeinsame Nutzung einer Datenbank oder eines Datei-Servers — als auch asynchron — etwa durch Ablage von Daten in einem Datenbestand im Sinne einer Erzeuger/Verbraucher-Beziehung oder durch die direkte Weitergabe, beispielsweise über E-Mail — erfolgen. Möchte man diese Integration über Festnetzgrenzen hinweg auf mobile Teilnehmer ausdehnen, so ist man mit schmalbandigen teuren Kommunikationsmedien geringer Konnektivität konfrontiert. Damit ist weder ständig die Möglichkeit zum Verbindungsaufbau gegeben noch sind kommunikationsintensive Lösungen sinnvoll. Auswege bieten zum einen die Replikation von Daten auf Mobilrechnern (Kapitel 2) oder die Delegation komplexer Verrichtungen vom Mobilrechner auf das Festnetz (Kapitel 3). Neben diesen beiden bereits weit entwickelten Bereichen bietet die Nutzung des Broadcast-Charakters von Funkmedien weitere neue Perspektiven, wie kurz in Kapitel 4 beleuchtet wird. Schließlich sind in Kapitel 5 die ersten Schritte in zu einer integrativen Sicht auf alle drei Bereiche und weitere Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt.

## 2 Replikation: Das System MISTRAL

Für die Replikation von Objekten zwischen Festnetz- und Mobilrechnern wurde das System MISTRAL entwickelt. Im folgenden kann nur ein grober Überblick über die Funktionalität gegeben werden. Weitere Details finden sich in [Kot95a, Kot96b, Kot96a, Kot96c]. Die wichtigsten Eigenschaften des Systems sind:

**Dezentrale Replikatevolution:** Replikate können ohne eine globale Koordination erzeugt und gelöscht werden.

**Starke Konsistenz:** MISTRAL unterstützt primär ein klares theoretisch fundiertes Korrektheitsmodell, das das Auftreten von Anomalien gegenüber den zugreifenden Anwendungen generell verhindert. Dies geschieht durch eine flexible Zuweisung von Rechten an einzelne Nutzer. Ist die aus der Aufrechterhaltung dieses Modells resultierende Kommunikationslast zu hoch, so können nutzerlokale Abschwächungen der Konsistenz vorgenommen werden, d.h. daß eventuell auftretende Anomalien auf den Nutzer beschränkt bleiben, der sie durch eine Überschreitung seiner Rechte auslöst.

**Abgekoppelte Operationen:** Solange ein Nutzer nur im Rahmen der ihm zugeteilten Rechte auf Objekte zugreift, ist keine Kommunikation erforderlich: er kann abgekoppelt arbeiten.

**Berücksichtigung der Objektsemantik:** Die Rechtezuweisung in MISTRAL beruht auf einer einfach vorzunehmenden Modellierung der Semantik der zu replizierenden Objekte. Dadurch ist es beispielsweise möglich, daß mehrere Nutzer das Recht erhalten, einen Lagerbestand abgekoppelt zu erhöhen. Eine Synchronisation der Replikate ist erst dann nötig, wenn auf den kumulierten Lagerbestand zugegriffen werden muß.

**Mixed-Mode-Replikation:** MISTRAL integriert neben der pessimistischen Rechtezuweisung die Möglichkeit zu optimistischer Replikation und zu den bereits oben erwähnten nutzerlokalen Konsistenzabschwächungen, um die Kommunikationslast und -häufigkeit weiter zu reduzieren. Erfolgt ein Zugriff, der nicht durch die Rechte des zugreifenden Nutzers abgedeckt ist, so kann je nach Situation eine der vier folgenden Reaktionen gewählt werden:

**Sofortiger Abgleich:** Die Konsistenz wird durch einen Replikatabgleich und die Neuzuweisung von Rechten erhalten. Diese Reaktion ist sinnvoll, wenn aktuell eine breitbandige Verbindung zur Verfügung steht oder um einen zusammenhängenden Replikatabgleich vorzunehmen, falls die Kommunikation aktuell nach der Verbindungszeit abgerechnet wird.

**Rechtereallokation:** Die Konsistenz wird erhalten, indem Rechte ohne Abgleich der Replikate neu verteilt werden. Der Erfolg dieser Option kann nicht garantiert werden. Doch ist der Versuch der Option in Umgebungen, in denen manche Anwendungen Rechte auf Vorrat allokatieren oder in denen die Abrechnung der Kommunikation anhand Menge der tatsächlich übertragenen Daten erfolgt, sinnvoll.

**Optimismus:** Es kann versucht werden, die Operation optimistisch durchzuführen. Dies ist dann sinnvoll, wenn die Konfliktwahrscheinlichkeit relativ niedrig ist, etwa da es im Rahmen der zu unterstützenden Anwendung generell selten zu Konflikten kommt oder da man sich nur kurzzeitig

in einem Funkloch befindet und in der Zeitspanne bis zum Wiederaufleben der Funkverbindung kaum Konflikte zu erwarten sind.

**Verzögern:** Schließlich kann der Zugriffsversuch bis zur nächsten Kommunikation verzögert werden, was bei hoher Konfliktwahrscheinlichkeit in Umgebungen mit teurer Kommunikation sinnvoll ist.

**Weitgehende Konfliktanalyse:** Wurden einige Zugriffe optimistisch durchgeführt, so kann deren Erfolg nicht garantiert werden. MISTRAL verhindert hier nicht nur das Entstehen von Auswirkungen auf Nutzer, die nur Zugriffe im Rahmen ihrer Rechte durchführten, sondern führt auch eine feingranulare Konfliktanalyse mit genauer Angabe der Konflikursache durch, um eine entsprechende Reaktion der Anwendung oder des Nutzers zu erleichtern.

Der implementierte Prototyp gestattet die Replikation von C++-Objekten. Die dabei notwendige Vorgehensweise bei der Anwendungsentwicklung ist Abbildung 15 zu entnehmen.

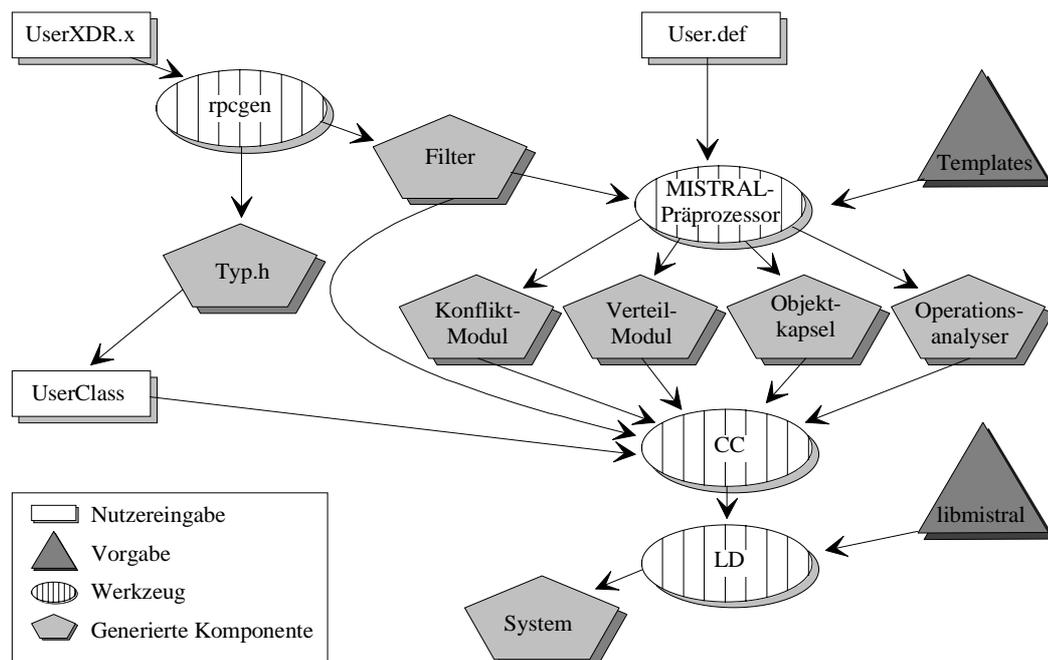


Abbildung 15. Anwendungsentwicklung in MISTRAL.

Neben der Implementierung seiner C++-Klasse (*UserClass*) muß der Anwendungsentwickler eine Beschreibung der Semantik des Objekts (*User.def*) und der Objektschnittstellen (*UserXDR.x*) vorgeben. Im Fall eines Lagerobjekts umfaßt dieser zusätzliche Aufwand 8 Lines of Code. Dafür ermöglicht das System anschließend die automatische Erzeugung neuer Replikat, den Replikatabgleich und die flexible Rechtezuweisung.

### 3 Delegation: Der Trustee/Delegate-Ansatz

Unter Delegation wird die dynamische Installation von komplexen Zugriffsfolgen auf Seiten der Festnetzes verstanden. Muß eine Anwendung Zugriffe auf mehrere Festnetzrechner durchführen, so ist es oftmals günstiger die Zugriffsfolge komplett zu delegieren, als die Zugriffe einzeln von Seiten des Mobilrechners aus vorzunehmen. Ein einfaches Beispiel wäre die Konvertierung einer dvi-Datei in eine PostScript-Datei und das anschließende Drucken dieser Datei. Erfolgen die Zugriffe einzeln durch den Mobilrechner, so muß zunächst die dvi-Datei über das Mobilnetz gesendet werden, worauf der Konvertierungsfilter die PostScript-Datei zurückschickt, die aber sofort wieder an den Drucker übertragen werden muß. Delegiert man die komplette Folge über das Netz, so muß nur die dvi-Datei über das Mobilnetz übertragen werden, während die Handhabung der PostScript-Datei komplett auf Seiten des Festnetzes erfolgt. Diese Delegation ermöglicht das in [KWP96] detailliert beschriebene Trustee/Delegate-Konzept, dessen wichtigsten Eigenschaften kurz vorgestellt seien:

**Beschreibung beliebiger Zugriffsfolgen:** Mit der entwickelten Sprache DIL (Delegate Instruction Language) können bei der Entwicklung beliebige Zugriffsfolgen beschrieben werden, um sie später über Netze aus einem Proxy-Server zu delegieren.

**Flexible Integration in den Client:** Die Nutzung solcher komplexer Zugriffsfolgen geschieht über eine Spracheinbindung, die Möglichkeiten zur synchronen oder asynchronen Koordination mit der delegierten Zugriffsfolge und ein Callback-Interface verbindet, das es der Zugriffsfolge etwa erlaubt, dem Client Ausnahmesituationen anzuzeigen, ohne daß dieser ständig pollen muß.

**Unveränderte Server:** Auf Seiten der Server ist keine Änderung durchzuführen, da der Proxy-Server, auf dem die delegierte Zugriffsfolge installiert wird, dynamisch eine automatische Umsetzung der Zugriffe in die nativen RPC-Protokolle incl. einer korrekten Kodierung der Parameter durchführt.

Auch hier sei mit Abbildung 16 ein kurzer Blick auf die Vorgehensweise bei der Anwendungsentwicklung geworfen.

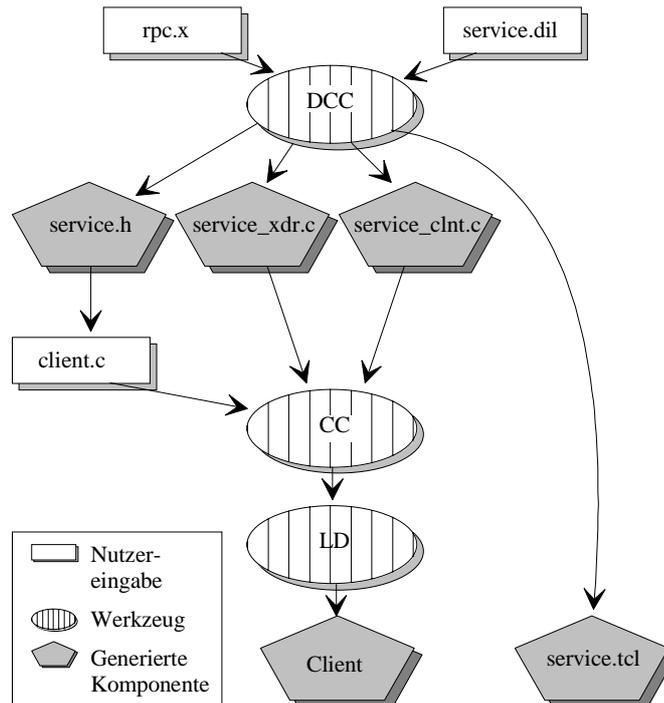


Abbildung 16. Anwendungsentwicklung im Trustee/Delegate-Konzept.

Wiederum ist der Zusatzaufwand gering. Die Schnittstellenbeschreibung (*rpc.x*) wurde i. allg. bereits mit der Entwicklung der Server abgeschlossen. Damit muß der Entwickler nur noch die zu delegierenden Zugriffsfolgen (*service.dil*) und die übliche Entwicklung des Clients vornehmen, wobei allerdings nicht mehr direkt die RPC-Schnittstellen, sondern die Schnittstellen zum Delegate-Laufzeitsystem (*service.h*) zu verwenden sind.

## 4 Broadcast-Nutzung

Die zwei bisherigen Ansätze hatten das Ziel, den Engpaß der Kommunikation im Mobile Computing zu umgehen. Orthogonal dazu hat speziell die Funkkommunikation aber besondere positive Eigenschaften, die bei der Anwendungsintegration entsprechend ausgenutzt werden können. An erster Stelle steht hier ihr Broadcast-Charakter. Dessen Potentiale können durch den Einsatz von Caching-Verfahren auf Client-Seite der Anwendung zugänglich gemacht werden. Der wesentliche Unterschied zu herkömmlichen Caching-Verfahren ist, daß die Aufnahme eines Objekts in den Cache weder das Kommunikationsmedium noch den Server zusätzlich belasten, da alle Objekte zyklisch verteilt werden. Cache-Strategien sollten sich nun nach der Wiederholungsfrequenz der Objekte auf dem Medium (vom Server determiniert) und der Zugriffswahrscheinlichkeit auf die Objekte (vom Client determiniert) richten. Bisherige Lösungen schätzten die Zugriffsfrequenz durch die Messung der Zugriffshäufigkeit. Dies eignet sich i. allg. für automatische Abfragen, nicht jedoch für interaktive Anwendungen. Hier ist es erforderlich, die

Zugriffswahrscheinlichkeit anwendungsspezifisch zu bestimmen. Eine einfache initiale Lösung, die momentan zusammen mit der Firma Sony im Kontext des **Multi-Media-Object-Transfer** Protocols (MOT) im Rahmen des **Digital-Audio-Broadcasting** (DAB) untersucht wird, ist in Abbildung 17 skizziert.

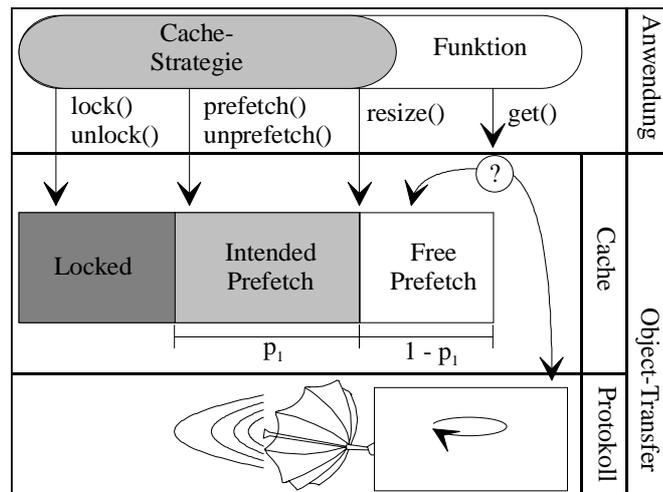


Abbildung 17. Anwendungsabhängiges Caching in Verteilmedien.

Zentrales Entwurfskriterium war die Zweiteilung der Caching-Strategie in eine einfache Schnittstelle zum Cache und einen darauf zugreifenden anwendungsabhängigen Teil. Dabei werden drei unterschiedliche Zugriffswahrscheinlichkeiten unterstützt. Der erste Bereich umfaßt Objekte, die auf jeden Fall im Cache zu halten sind (Primitive `lock()` und `unlock()`). Ein Beispiel für Objekte dieses Bereichs wären den Nutzer interessierende Aktienkurse oder Stauinformationen für eine bestimmte Strecke. Der verbleibende Cache-Bereich wird über ein `resize()`-Primitiv zweigeteilt, womit implizit die relative Zugriffswahrscheinlichkeit für die zu den zwei Bereichen gehörenden Objekte festgelegt ist. In beiden Bereichen werden Objekte nach der Zeit bis zu ihrer Wiederholung auf dem Medium gespeichert. Die Objekte der zweiten Gruppe werden dem Cache über die Primitive `prefetch()` und `unprefetch()` mitgeteilt. Alle anderen Objekte gehören zur dritten Gruppe. In der momentan durchgeführten ersten Implementierung, die auf HTML-Dokumenten basiert, wird ein `prefetch()` für die Objekte, auf die eine URL der momentan angezeigten Seite zeigt, durchgeführt, während die anderen Objekte zum Free-Prefetch-Bereich gehören. Neben dieser Implementierung sind aktuell simulative Validierungen der Strategie, die Untersuchung von Möglichkeiten zum Upcall des Caches für flexible Replacement-Policies und die Entwicklung von Strategien für unbekannte Wiederholungsfrequenzen von Objekten auf dem Verteilmedium geplant.

## 5 Integrations- und Erweiterungsmöglichkeiten

Für die bestmögliche Unterstützung von Anwendungen scheint eine Integration der in den vergangenen Abschnitten isoliert betrachteten Ansätze vielversprechend zu sein. Für die Integration von Replikation und Delegation stellt [KS96] einen ersten Ansatz vor, der auf dem Konzept der Reinterpretation von Primitiven auf Systemebene [CKW96] beruht. Für die Zusammenführung dieser Konzepte mit der Ausnutzung des Broadcast-Charakters von Funkmedien ist natürlich zunächst ein Rückkanal erforderlich. Ist ein solcher verfügbar, so können Broadcast-Eigenschaften bei der semantischen Replikation beispielsweise zur schnellen Verteilung von Änderungen eingesetzt werden. Ein Potential zum Zusammenspiel mit der Delegation eröffnet sich bei der effizienten Verteilung von Informationen an eine Gruppe, die aus Daten eines Client und zusätzlichen Daten auf Seiten des Festnetzes durch ein zu delegierendes Skript berechnet werden.

# Adaption vorhandener Informationssysteme an heterogene/mobile Umgebungen

Markus Lauff

## 1 Motivation

Eines der wichtigsten Einsatzgebiete des Internets oder allgemein von vernetzten Umgebungen ist die Verteilung von Informationen. Unter Informationen werden in diesem Bericht allgemein Daten verstanden, die einem oder mehreren Benutzern zur Verfügung gestellt werden. Diese Informationen sind meistens an eine feste Umgebung gebunden, wie zum Beispiel EMail, World-Wide-Web, FTP oder sogar eigenständige Programme über die diese Informationen abgerufen werden können. Durch die Bindung der Informationen an ihre Umgebung ist deren Format sehr oft vorgegeben. Zum Beispiel liegen Informationen im World-Wide-Web als HTML vor, Informationen die per FTP geladen werden können (Texte, Programme, ...) sind in einem beliebigen Format und Informationen aus Informationssystemen wie sie oft im Intranet Bereich zu finden sind liegen in einem Format vor, daß speziell nur für diese Umgebung definiert ist.

Möchte man von einer Umgebung zu einer anderen Umgebung oder zu einer neuen Version der aktuellen Umgebung wechseln, so müssen alle Informationen neu aufbereitet werden. Da die Aufbereitung der Informationen viel Arbeit beinhaltet werden häufig alte Informationen weggeworfen für die man keinen Bedarf mehr sieht. Ebenso beinhaltet die Aufarbeitung von Informationen immer auch eine Fehlerquelle durch welche die Informationen verfälscht werden können.

Ein anderer Aspekt ist, daß die Informationen und deren Darstellung meistens für eine bestimmte Gruppe von Zielplattformen und Umgebungen erstellt werden. Auf anderen Plattformen können diese Informationen dann nicht oder nur eingeschränkt verwendet werden.

Ein Beispiel das dies verdeutlichen kann, ist ein HTML-Browser auf einem PDA. Ein PDA kann schon wegen seines relativen kleinen Hauptspeichers und seiner geringen CPU Leistung nicht die gleichen Möglichkeiten wie ein Browser auf einem PC oder Workstation besitzen.

Viele HTML Seiten sind jedoch so entwickelt, daß sie alle Möglichkeiten von Netscape verwenden, um eine möglichst attraktive Darstellung zu erreichen. Diese führt jedoch auf einem PDA bis hin zur völligen Unkenntlichkeit der eigentlichen Informationen.

Allgemein wäre es wünschenswert, die Informationen getrennt von ihrer Darstellung (Template) zu speichern.

Damit wäre es möglich mehrere verschiedene Darstellungen für die selben Informationen bereitzuhalten und bei einer Anfrage die optimale Darstellung zu wählen. Bei einer Änderung eines Darstellungsformats müssen nicht alle Informationen, sondern nur das entsprechende Template geändert werden.

Dieser Ansatz verlangt jedoch eine komplette Neustrukturierung der bestehenden Daten in eine Informations- und in eine oder mehrere Layout Komponenten.

## 2 Konzeption

Ziel des hier vorgestellten Konzepts ist es vorhandene Informationen in möglichst vielen Informationssystemen und Umgebungen optimal darzustellen. Ebenso soll es möglich sein die vorhandenen Informationen in neue Informationssysteme einzubinden ohne alle Informationen zu modifizieren. Dies wird mit Hilfe von Templates erreicht die Adaptionen zwischen beliebigen Informationssystemen ermöglichen.

Prinzipiell kann zwischen zwei Stufen der Adaption unterschieden werden:

- Stufe 1: Adaption zwischen verschiedenen Ausprägungen eines Informationssystems, wie zum Beispiel bei WWW Browsern Netscape v2, Netscape v3, MS Explorer oder einem Newton WWW Browser
- Stufe 2: Adaptionen zwischen verschiedenen Arten von Informationssystemen, wie zum Beispiel EMail, WWW und Terminalemulationen

Eine Adaption der Stufe 1 beinhaltet vor allem Änderungen an der Formatierung der Informationen sowie eine Anpassung der genutzten Features an die verwendete Version des Informationssystems.

Bei einer Adaption der Stufe 2 werden grundlegende Änderungen an der Darstellung der Informationen durchgeführt. So werden zum Beispiel bei der Adaption von HTML nach EMail FORM-Elemente in spezielle EMail Formulare umgewandelt, die eine vergleichbare Funktion mit Hilfe von EMail realisieren können.

Eine Adaption der Stufe 2 beinhaltet im allgemeinen auch eine Adaption der Stufe 1.

## 2.1 aProxy

Um diesen Dienst möglichst vielen zur Verfügung stellen zu können, wird er innerhalb eines Proxys realisiert. Ein Proxy hat normalerweise die Aufgabe häufig benötigte Informationen zu speichern oder in Firewall geschützten Netzwerken einen kontrollierten Zugang zu Systemen außerhalb des Sicherheitsbereichs zu ermöglichen.

Der hier entwickelte Dienst wird als adaptiver Proxy bezeichnet, da er im Gegensatz zu einem herkömmlichen Proxy Informationen mit Hilfe von speziellen Templates so verändert, daß sie optimal zu nutzen sind.

Diese Umsetzung verläuft sowohl für den Informationsanbieter und den Nutzer des aProxys völlig transparent. Der aProxy analysiert mit Hilfe der gesendeten Kennung des Clients die Zielplattform und nimmt entsprechende Änderungen an den Informationen beziehungsweise deren Darstellung vor.

## 2.2 aTemplates

Ein Template beinhaltet normalerweise Informationen über die gewünschte Darstellungsweise von Daten. Um also aus einem üblichen Template eine Information zu generieren sind sowohl das Template als auch die Daten nötig.

Die Aufgabe eines adaptiven Templates ist es Informationen die für ein bestimmtes Informationssystem generiert wurden an ein neues/anderes Informationssystem anzupassen.

Dazu wird mit Hilfe von Heuristiken versucht die ursprüngliche Daten aus der Informationsbeschreibung zu extrahieren und für das neue System eine neue Informationsbeschreibung zu generieren.

Beispiele für Templates der Adaptionstufe 1:

- Entfernen von HTML-Frame Elementen
- Entfernen von unnötigen Grafiken innerhalb von HTML Seiten.
- Ersetzen von HTML-Table Konstrukten durch HTML-PRE

Beispiel für Templates der Adaptionstufe 2:

- Umsetzung eines HTML FORM-Elements in ein EMail basiertes Formular
- Änderung der Kompressionsart einer Datei beim FTP

## 3 Zusammenfassung

Mit Hilfe des vorgestellten Systems ist es möglich Informationssysteme an neue Anforderungen anzupassen ohne dabei alle Informationen des Informationssystems zu modifizieren. Diese Anpassung kann sowohl in der Richtung der Auf- und der Abwärtskompatibilität zu neuen und alten Systemen durchgeführt werden. Damit ist es möglich alte Informationen in neuen Systemen und neue Informationen in alten Systemen oder speziellen Umgebungen weiterzuverwenden.

Das System ist modular durch aTemplates aufgebaut, so daß es jederzeit an die jeweiligen Bedürfnisse angepaßt werden kann.

Das größte Anwendungsgebiet des vorgestellten Systems dürfte wohl in der Adaption der Stufe 1 liegen, wenn vorhandene Informationen an andere Umgebungen angepaßt werden müssen.

Eine solche Anpassung kann auch in mobilen Umgebungen sehr gut dazu genutzt werden um Kosten und Zeit bei der Übertragung von Informationen über teure und langsame Verbindungen zu sparen.

# Integration von Sicherungsmechanismen in ATM-Netze

Günter Schäfer

## 1 Einleitung

Mit der zunehmenden Vernetzung sowohl einzelner Rechnern als auch lokaler Netze zu einem globalen Internetzverbund und der Nutzung dieses Netzverbundes für verteilt ablaufende Anwendungen steigt der Bedarf an praktisch einsetzbarer Sicherheitstechnologie für Rechnernetze. Wichtig ist hierbei, daß die Rechner und die auf ihnen lokalisierten Daten und Programme zwar einerseits vor unerwünschten Zugriffen geschützt werden, aber andererseits dennoch miteinander kommunizieren und kooperieren können müssen. Das hat zur Konsequenz, daß physikalische Absicherung der Rechner nur begrenzten Schutz bieten kann, da die Rechner ja über Netzwerkverbindungen miteinander kommunizieren. Darüber hinaus müssen die zwischen den Rechnern stattfindenden Kommunikationsvorgänge vor unberechtigtem Abhören und vor Manipulationen geschützt werden. Insgesamt sollten bei der Sicherung von Netzwerken daher die folgenden Schutzziele verfolgt werden:

1. *Vertraulichkeit*: gespeicherte bzw. übertragene Daten sollen Unberechtigten nicht zugänglich sein,
2. *Integrität*: Daten sollen nicht unbemerkt von Unberechtigten modifiziert werden können,
3. *Verfügbarkeit*: die im Netz angebotenen Dienste sollen von den berechtigten Benutzern jederzeit in Anspruch genommen werden können,
4. *Verhindern unberechtigter Nutzung*: nur berechtigte Benutzer sollen die im Netz angebotenen Dienste nutzen können.

Aus diesem Grund werden Sicherungsmaßnahmen benötigt, welche in der Regel durch den Einsatz kryptographischer Techniken realisiert werden können. Die Integration solcher Maßnahmen in Kommunikationssysteme ist hierbei in unterschiedlichen Varianten denkbar. So existieren sowohl bei der Auswahl und Parametrisierung der kryptographischen Verfahren als auch bei der Platzierung der Verfahren in die einzelnen Schichten der Kommunikationssysteme oft mehrere Möglichkeiten. Gerade bei Hochleistungsnetzen, wie z.B. dem Breitband-ISDN basierend auf dem Asynchronen Transfer Modus (ATM), ist aber darauf zu achten, daß die eingeführten Sicherungsmaßnahmen die erzielbaren Übertragungsraten nicht zu sehr herabsetzen. Deshalb empfiehlt es sich in Hochleistungsnetzen, die Sicherungsmechanismen möglichst in die unteren Schichten des Protokollturms zu integrieren, welche oft durch Hardwareunterstützung effizient realisiert werden können.

Der vorliegende Text gibt eine Einführung in den Themenkomplex *Integration von Sicherheitsmechanismen in ATM-Netze* und diskutiert hierbei zutage tretende Problemstellungen. Insgesamt soll damit ein Arbeitsprogramm für den systematischen Entwurf einer parametrisierbaren Sicherheitsarchitektur für ATM-Netze motiviert werden.

## 2 Sicherheitsdienste und -mechanismen für die Datenkommunikation

Zur Sicherstellung der oben genannten Schutzziele in Kommunikationsnetzen existieren bereits eine Reihe gut entwickelter Techniken. Die *International Organization for Standardization (ISO)* hat diese Verfahren im Rahmen der OSI-Standardisierung (*Open Systems Interconnection*) in der sogenannten *OSI-Sicherheitsarchitektur* [ISO88b] kategorisiert und unterscheidet dabei zwischen Sicherheitsdiensten und Sicherheitsmechanismen zur Erbringung der Sicherheitsdienste.

### 2.1 Sicherheitsdienste nach OSI

**Authentisierungsdienst:** Dieser Dienst dient dem Nachweis der Identität eines Teilnehmers oder eines Systems gegenüber einem Partner. In der OSI-Sicherheitsarchitektur werden hierbei die folgenden Ausprägungen unterschieden:

- *Peer Entity Authentication*: bezeichnet die Authentisierung zweier *Partnerinstanzen* im Sinne des OSI-Modells, also z.B. die Authentisierung zweier Transportschichtinstanzen. Da in offenen Systemen aber auch Instanzen, welche nicht direkt Bestandteil der Kommunikationsarchitektur sind, authentisiert werden müssen, hat sich in den letzten Jahren der Begriff *Entity Authentication* durchgesetzt. Peer Entity Authentication wird in diesem Sinne als Sonderfall von Entity Authentication verstanden.

- *Data Origin Authentication*: dient der Authentisierung der Herkunft einer Nachricht. Anders als bei der Entity Authentication ist die sendende Instanz aber nicht zum gleichen Zeitpunkt an dem Authentisierungsprozeß beteiligt. Die Authentisierung erfolgt zeitlich entkoppelt anhand eines Merkmals der zu authentisierenden Nachricht.

**Zugriffskontrolldienst:** Die Nutzung dieses Dienstes schützt vor unautorisierter Nutzung oder Manipulation von Ressourcen und Diensten. Seine Aufgabe besteht also darin sicherzustellen, daß nur autorisierte Subjekte in der für sie vorgesehenen Weise auf die für sie vorgesehenen Objekte zugreifen können. Diese Vorgaben können beispielsweise in Form von objektbezogenen *Zugriffskontrolllisten* oder subjektbezogenen *Berechtigungsmarken* vorliegen. In der OSI-Sicherheitsarchitektur wird der Zugriffskontrolldienst mit *Access Control* bezeichnet und nicht weiter untergliedert.

**Vertraulichkeitsdienst:** Mithilfe dieses Dienstes schützt man sich gegen das Bekanntwerden vertraulicher Informationen. Die ISO unterscheidet hierbei die folgenden Varianten:

- *Connection Confidentiality*: Alle Nutzdaten, die während einer Verbindung auf der Ebene der betrachteten Schicht übertragen werden, werden vor dem Verlust der Vertraulichkeit bewahrt.
- *Connectionless Confidentiality*: Der Schutz bezieht sich auf die Nutzdaten einer Dateneinheit.
- *Selective Field Confidentiality*: Nur gewisse Teile der Nutzdaten, welche sowohl verbindungsorientiert als auch verbindungslos übertragen werden können, werden vor dem Verlust der Vertraulichkeit bewahrt.
- *Traffic Flow Confidentiality*: Auf der Ebene einer betrachteten Schicht werden Maßnahmen gegen Verkehrsflußanalysen getroffen.

**Datenintegritätsdienst:** Diesen Dienst nutzt man, um der Änderung, Löschung oder Ersetzung von Daten ohne entsprechende Autorisierung vorzubeugen. In der OSI-Sicherheitsarchitektur werden hierbei unterschieden:

- *Connection Integrity With Recovery*: Alle Nutzdaten, die während einer Verbindung übertragen werden, werden vor Änderung, Löschung oder Ersetzung geschützt. Der Schutz besteht darin, daß solche Modifikationen vom Empfänger bemerkt werden können. Zusätzlich wird bei Erkennen einer Modifikation eine Maßnahme (z.B. Übertragungswiederholung) getroffen, um die Original-Daten zu erhalten.
- *Connection Integrity Without Recovery*: Hierbei wird auf das Recovery bei erkannten Angriffen verzichtet. Solche Maßnahmen müssen von einer höheren Schicht oder der Anwendung selbst ergriffen werden.
- *Selective Field Connection Integrity*: Der Schutz erstreckt sich lediglich über einen Teil der während einer Verbindung übertragenen Nutzdaten.
- *Connectionless Integrity*: Alle Nutzdaten einer Dateneinheit werden vor Modifikation geschützt.
- *Selective Field Connectionless Integrity*: Der Schutz erstreckt sich nur über einen Teil der in einer Dateneinheit enthaltenen Nutzdaten.

**Urhebernachweis:** Wird Wert auf die Möglichkeit gelegt, nachträglich beweisen zu können, daß ein Kommunikationsvorgang stattgefunden hat, nutzt man diese Kategorie von Diensten. Die ISO unterscheidet dabei zwischen:

- *Non-Repudiation With Proof Of Origin*: ermöglicht es, die Herkunft einer Nachricht zu beweisen, so daß der Sender nachträglich nicht abstreiten kann, die Nachricht erzeugt zu haben.
- *Non-Repudiation With Proof Of Delivery*: ermöglicht es, nachzuweisen, daß eine Nachricht einen bestimmten Empfänger erreicht hat.

**Erkennung eines Angriffs:** Während die vorgenannten Dienste eher vorbeugenden Charakter haben, kann mittels geeigneter Maßnahmen bei dennoch erfolgtem Angriff oft zumindest noch nachvollzogen werden, auf welche Weise dies gelang. Auch sind Vorkehrungen üblich, bei Eintritt gewisser Ereignisse einen Alarm auszulösen. In der OSI-Sicherheitsarchitektur wird dieser Dienst nicht explizit als Sicherheitsdienst aufgeführt, sondern als ein die Sicherheitsdienste unterstützender Mechanismus interpretiert.

## 2.2 Sicherheitsmechanismen nach OSI

Die oben aufgeführten Sicherheitsdienste werden mit Hilfe sogenannter *Sicherheitsmechanismen* erbracht. In der OSI-Sicherheitsarchitektur werden die folgenden Mechanismen vorgeschlagen:

1. *Encipherment*: bezeichnet Verschlüsselung von Daten im allgemeinen. Verschlüsselung wird darüber hinaus aber auch teilweise bei der Realisierung der anderen Sicherheitsmechanismen eingesetzt.
2. *Digital Signature*: ist die digitale Unterzeichnung von Nachrichten. Hierfür werden in der Regel asymmetrische Verschlüsselungsverfahren eingesetzt.

3. *Access Control*: wird von der ISO sowohl als Dienst als auch als Mechanismus verstanden.
4. *Data Integrity*: dient auch als Oberbegriff für Mechanismen, welche den Datenintegritätsdienst erbringen.
5. *Authentication Exchange*: bezeichnet Dialoge, bei denen Informationen ausgetauscht werden, welche der Authentisierung von Instanzen dienen.
6. *Traffic Padding*: ist die Bezeichnung für die Erzeugung zusätzlicher Datenelemente, die nur zum Schein übertragen werden, um die tatsächlichen Verkehrsmuster zu verschleiern.
7. *Routing Control*: ermöglicht die Beeinflussung der Wegewahl für Datenübertragungen.
8. *Notarization*: bezeichnet die Registrierung von Daten bei einer vertrauenswürdigen Instanz, welche dadurch gewisse Eigenschaften der Daten bestätigen kann, wie z.B. Inhalt, Herkunft, Erzeugungszeitpunkt oder Empfang der Daten.

Zusätzlich zu diesen Mechanismen werden in der OSI-Sicherheitsarchitektur noch sogenannte *verbreitete Sicherheitsmechanismen* aufgelistet, die zwar nicht gezielt für die Erbringung eines bestimmten Sicherheitsdienstes eingesetzt werden können, aber dennoch benötigt werden:

- *Trusted Functionality*: Damit die Sicherheitsdienste wirklich das erwünschte Maß an Sicherheit erbringen können, ist es erforderlich, daß sie mit vertrauenswürdigen Hardware- und Softwarekomponenten realisiert werden.
- *Security Labels*: verwendet man zur Kennzeichnung von Ressourcen (wie z.B. Dateneinheiten) mit sogenannten Sicherheitsattributen (z.B. vertraulich).
- *Event Detection*: ist die Erkennung von sicherheitsrelevanten Ereignissen, wie z.B. „falsches Paßwort“ oder Zugriffsverletzung.
- *Security Audit Trail*: erkannte sicherheitsrelevante Ereignisse werden zur späteren Analyse gesammelt.
- *Security Recovery*: bezeichnet die Maßnahmen, die nach erkannten Beeinträchtigungen der Sicherheit zur Wiederherstellung des ursprünglichen Sicherheitszustandes ergriffen werden.

### 3 Integration von Sicherheitsmechanismen in das B-ISDN-Protokollmodell

Die OSI-Sicherheitsarchitektur gibt einige Empfehlungen, in welchen Schichten des OSI-Modells die einzelnen Sicherheitsdienste angesiedelt werden sollen. Für das B-ISDN-Protokollmodell, welches modernen Hochleistungsnetzen zu Grunde gelegt wird, steht eine solche Empfehlung noch aus. Abbildung 18 zeigt das Protokollmodell. Grundsätzlich ist hierbei eine Integration einzelner Sicherheitsmechanismen in jede der Ebenen denkbar und sollte daher auf Basis einer umfassenden Bedrohungsanalyse und in Abwägung technischer Wechselwirkungen mit anderen Protokollmechanismen diskutiert werden:

1. Die *Benutzerebene (User Plane)* stellt einer Anwendung den Transport von Nutzdaten zur Verfügung. Sollen über das B-ISDN vertrauliche Informationen übermittelt werden, muß daher ein Vertraulichkeitsdienst in diese Ebene integriert werden. Desweiteren werden in dieser Ebene gegebenenfalls der Datenintegritätsdienst und die Möglichkeit, einen Urhebernachweis zu führen, benötigt.

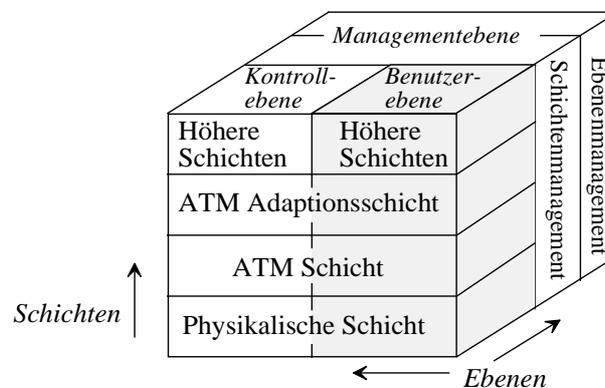


Abbildung 18. Das B-ISDN-Protokollmodell

2. Die *Kontrollebene (Control Plane)* dient dem Aufbau, der Unterhaltung und dem Abbau von Verbindungen in der Benutzerebene. Da Verbindungen im B-ISDN in der Regel Kosten verursachen, werden in dieser Ebene mindestens die Sicherheitsdienste Zugriffskontrolle und Authentisierung (zur Unterstützung der Zugriffskontrolle) benötigt, um einen Mißbrauch der Dienste zur Verbindungskontrolle zu vermeiden.
3. Die *Managementebene (Management Plane)* gliedert sich in die beiden Teilbereiche Schichten-Management (Layer Management), das für die Überwachung und Koordination der einzelnen Schichtenaufgaben (auch zwischen der Benutzer- und Kontrollebene) zuständig ist, und Ebenen-Management (Plane Management), welches netzweite Überwachungs- und Koordinierungsaufgaben übernimmt. Auch in dieser Ebene werden mindestens die beiden Sicherheitsdienste Zugriffskontrolle und Authentisierung benötigt, um einen Mißbrauch der unterstützten Managementoperationen zu verhindern.

Zusätzlich zu den in die drei unteren Schichten des B-ISDN-Protokollmodells zu integrierenden Sicherheitsdiensten kann es erforderlich werden, auch in den höheren Schichten – insbesondere der Anwendungsschicht – Sicherheitsdienste vorzusehen. So kann zum Beispiel die Authentisierung der Benutzer einer Verbindung nur auf Anwendungsebene mit Beteiligung der Benutzer vorgenommen werden. Dennoch sollte aus Effizienzgründen versucht werden, Sicherheitsdienste möglichst in den unteren Schichten des Protokollmodells zu erbringen, da sie dort durch spezielle Hardware unterstützt werden können.

Hierbei sind mögliche Wechselwirkungen mit anderen Protokollmechanismen zu beachten. Ein Beispiel dafür ist die Abhängigkeit, die zwischen dem Sicherheitsmechanismus *Verschlüsselung* und dem Protokollmechanismus *Vorwärtsfehlerkorrektur (Forward Error Correction, FEC)* entstehen kann. Wird beispielsweise ein blockorientierter Verschlüsselungsalgorithmus wie *DES (Data Encryption Standard)* im sogenannten *Plain-and-Cipher Block Chaining Mode (PCBC)* verwendet, so wirkt sich bereits die Änderung eines einzelnen Bits der verschlüsselten Bitfolge auf alle nachfolgenden Bits der entschlüsselten Bitfolge aus [Sta95, Seite 351 f.]. Es ist daher darauf zu achten, daß eine solche Verschlüsselung „oberhalb“ der FEC plaziert wird. Das Problem der Fehleraufweitung besteht grundsätzlich beim Einsatz kryptographischer Verfahren (wenn auch nicht immer in diesem Ausmaß) und muß daher beim Entwurf der zu verwendenden Fehlerkorrekturmechanismen bedacht werden. Das Beispiel zeigt, daß bei der Integration von Sicherheitsmechanismen in Hochleistungsnetze diese sorgfältig mit den verwendeten Protokollmechanismen abgestimmt werden müssen.

#### 4 Ziel: Eine parametrisierbare Sicherheitsarchitektur für ATM-Netze

Da die Erbringung von Sicherheitsdiensten zusätzlichen Verarbeitungsaufwand in den beteiligten Systemen verursacht, empfiehlt es sich, für Hochleistungsnetze, die ein so breites Anwendungsspektrum wie das B-ISDN aufweisen, ein abgestuftes Sicherheitskonzept zu entwickeln, welches abhängig von den möglichen Bedrohungen und den damit bestehenden Risiken jeweils das Maß an Sicherheit bietet, das im konkreten Anwendungsfall benötigt wird. Somit entsteht ein vielschichtiges Optimierungsproblem mit den Zielgrößen Sicherheit, Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit und Kosteneffizienz. Für die Realisierung eines solchen Sicherheitskonzepts im B-ISDN wird eine parametrisierbare Sicherheitsarchitektur für ATM-Netze benötigt.

Das *ATM-Forum*, ein unabhängiges Konsortium aus Herstellern und Forschungseinrichtungen zur Standardisierung von ATM-Technologie, arbeitet seit 1995 an Sicherheitskonzepten für ATM-Netze. So existiert bereits ein Arbeitspapier [San96], in dem neben der Entwicklung einer einheitlichen Terminologie auch Empfehlungen für zu integrierende Sicherheitsdienste und konkrete Algorithmen zu finden sind. Das Dokument ist noch sehr unvollständig und geht bewußt nicht auf Realisierungsvarianten in Hardware oder Software ein, sollte aber Eingang in den Entwurf einer parametrisierbaren Sicherheitsarchitektur finden.

Bei dem Entwurf der Architektur werden auf Basis einer umfassenden Bedrohungsanalyse der Ebenen des B-ISDN-Protokollmodells Alternativen für die Integration von Sicherheitsmechanismen in die einzelnen Protokollsäulen entwickelt. Die konkret zu verwendenden Sicherheitsmechanismen sind anschließend in unterschiedlichen Realisierungsvarianten in Form einer Bausteinbibliothek für die anwendungsspezifische Konfigurierung der Protokollsäulen bereitzustellen. Hierdurch soll die flexible Gestaltung sicherer, auf der ATM-Technologie basierender Hochleistungskommunikationssysteme ermöglicht werden.

# Teilautomatisierter Entwurf modularer Prozessorsysteme für die Hochleistungskommunikation

Jochen Schiller

## 1 Motivation

Der überwiegende Teil zukünftiger kommunikationsbezogener Anwendungen benötigt neben der Unterstützung vielfältiger Kommunikationsdienste vor allem eine hohe Leistungsfähigkeit. Beispiele hierfür sind Telepräsenzsysteme und verteilte Rechnersysteme, die unter anderem eine hohe Übertragungsrate und eine garantierte Obergrenze für die Verzögerung benötigen. Durch die Einführung einer neuen Generation von Netzen (ATM-Netze, Asynchroner Transfermodus) und die Entwicklung neuartiger Protokolle, die eine Vielzahl von Diensten unterstützen, stellt die Netzinfrastruktur heute bereits eine hohe Leistungsfähigkeit zur Verfügung. Bedingt durch die Struktur transport- und anwendungsorientierter Protokolle und die für die Hochleistungskommunikation ungeeigneten heutigen Rechnerarchitekturen und Betriebssysteme kann diese Leistungsfähigkeit jedoch nicht an Anwendungen weitergeben werden. Software-Optimierungen und Parallelverarbeitung konnten bisher keine zufriedenstellenden Resultate liefern. Der erfolgversprechendste Ansatz, die Hardware-Unterstützung leistungskritischer Komponenten, wurde bis jetzt auf sehr kleine und relativ einfache Komponenten beschränkt. Daher konnte auch auf diese Weise nicht die geforderte Leistungsfähigkeit erreicht werden. Die Implementierung komplexer Funktionen in Hardware wurde als nicht sinnvoll erachtet. Hinzu kommt, daß bisher beim Einsatz leistungsfähiger Hardware im Rahmen von Kommunikationssystemen die Implementierung meist vollständig von Hand geschah. Der Einsatz von Synthesewerkzeugen beschränkte sich weitgehend auf elementare Funktionen.

## 2 Ziele

Ziele der vorliegenden Arbeit [Sch96b] sind der Entwurf fortgeschrittener Hardware-Komponenten zur Unterstützung der Kommunikationsaufgabe und die Entwicklung einer systematischen Unterstützung des Entwurfs modularer Hochleistungskommunikationssysteme. Merkmale der Kommunikationskomponenten sind eine flexible Architektur und hohe Leistungsfähigkeit. Weiterhin sollen sie die Implementierung komplexer Protokolle höherer Schichten (Transportschicht und anwendungsorientierte Schichten) unterstützen und die Integration in ein Zwischen- oder Endsystem erleichtern. Der Entwurf eines Kommunikationssystems soll eine formal abgesicherte Abbildung von Protokollen auf eine Implementierungsarchitektur ermöglichen. Hierbei ist vor allem die leistungsfähige Implementierung von Protokollen komplexer Funktionalität basierend auf einer standardisierten Spezifikation von großer Bedeutung.

## 3 Analyse

Basierend auf einer ausführlichen Analyse und Klassifikation aktueller Implementierungen und Ansätze zu Entwurf und Implementierung von Kommunikationssystemen wurde ein flexibles Entwurfsprinzip für hochleistungsfähige Kommunikationssysteme entwickelt. Im Rahmen der Arbeit wird als ein Ergebnis der Analyse aufgezeigt, daß die Anforderungen neuartiger Anwendungen mit heutigen Kommunikationssystemen nur teilweise zufriedengestellt werden können. Als Leistungengpässe wurden traditionelle Rechnerarchitekturen, Kommunikationsprotokolle und Betriebssysteme identifiziert. Vorrangig im Bereich der Netzwerkadapter konnte eine Vielzahl von Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Die Analyse und Bewertung einer großen Anzahl existierender Ansätze für die Realisierung eines Kommunikationssystems wurden anhand der Schwerpunkte Systemintegration, Leistungsfähigkeit, Flexibilität, Modularität und Unterstützung von Spezifikation und Synthese durchgeführt. Dabei wurde eine starke Klassenbildung festgestellt. Auf der einen Seite sind die leistungsfähigen Netzwerkadapter, die jedoch kaum Entwurfsunterstützung bieten oder eine formale Spezifikation erlauben. Auf der anderen Seite gibt es Ansätze, die basierend auf einer Spezifikation die Synthese von Kommunikationssystemen erlauben, jedoch sind die so erzeugten Systeme meist nicht leistungsfähig genug. Bei keinem der untersuchten Ansätze konnte eine ausgewogene Bewertung erzielt werden.

## 4 Entwurfsablauf

Das entwickelte generelle Verfahren zur Konstruktion eines Hochleistungskommunikationssystems aus einer Spezifikation hat folgende Bestandteile. Die Spezifikation besteht aus Konfigurierungsparametern und dem Kommunikationsprotokoll. Konfigurierungsparameter sind unter anderem die Zieltechnologie, Leistungsanforderungen und Kosten. Abhängig von diesen Parametern kann nun eine Rahmenarchitektur zur Integration der Kommunikationskomponenten gewählt werden. Hierbei werden mehrere Alternativen vorgeschlagen. Bei der Implementierung als intelligenter Netzwerkadapter wird lediglich die Leistungsfähigkeit konventioneller Adapter um neuartige Funktionalitäten erweitert. Die auf der Systemarchitektur des Rechners basierenden Nachteile bleiben somit erhalten. Die Kommunikationsaufgabe kann auch einem dedizierten Prozessor in einem Multiprozessorsystem zugewiesen werden. Damit wird die Kommunikationsaufgabe anderen Applikationen bezüglich des Ressourcenzugriffs gleichgestellt, kann jedoch aufgrund spezieller Hardware des Prozessors wesentlich höhere Leistungen erbringen.

Bei der Integration in Form eines Koprozessors kann die engste Kopplung mit einer Vielzahl-CPU erfolgen. Dieser Ansatz ist mit dem Einsatz spezieller Fließkommaarithmetik-Einheiten vergleichbar und hat den Vorteil, daß von Software-Maßnahmen zur Optimierung von Kommunikationsprotokollen und ausgefeilten Speicherhierarchien weiterhin profitiert werden kann. So ist dieser Ansatz als ideale Ergänzung zu dem derzeit international intensiv erforschten sogenannten Integrated Layer Processing (ILP) zu sehen. Hierbei wird versucht, die Nutzdaten bei der Abarbeitung eines Kommunikationsprotokolls möglichst selten zu kopieren und alle Datenmanipulationen mit Hilfe des Prozessor-Cache durchzuführen. Ein Koprozessor kann nun helfen, auch komplexere Funktionen unter Nutzung des Cache durchzuführen und somit die Effizienz des ILP-Ansatzes zu steigern.

Der am weitesten fortgeschrittene Ansatz überträgt die den lokalen Netzen (LAN, local area network) zugrundeliegenden Konzepte auf ein Endsystem, das hier nur noch aus mehreren autonomen Komponenten (CPUs, Plattenlaufwerke, Speicher etc.) besteht, die über eine LAN-ähnliche Verbindungskomponente miteinander kommunizieren. Auch dieser Ansatz wird derzeit weltweit intensiv unter dem Stichwort Desk Area Network (DAN) erforscht. Ein wesentlicher Vorteil der im Rahmen dieser Arbeit entworfenen Kommunikationskomponenten ist, daß sie sich gewinnbringend in alle vorgestellten Alternativen der Systemintegration einbringen lassen.

Funktionen, die eine Protokollarbeitung unterstützen, werden in protokollabhängige und protokollunabhängige unterschieden. Kommunikationskomponenten, die Funktionen der ersten Kategorie implementieren, sind beispielsweise die Steuereinheiten der Protokollautomaten. Sie müssen dem jeweiligen Protokoll angepaßt werden und sind daher frei programmierbar. Protokollunabhängige Funktionen können weiter in Protokollunterstützungs- und Systemfunktionen gegliedert werden. Ein Beispiel für die erste Gruppe sind Funktionen zur Manipulation dynamischer Datenstrukturen, in die zweite Gruppe fallen unter anderem traditionellerweise vom Betriebssystem zur Verfügung gestellte Funktionen wie Betriebsmittelzuteilung oder Speicherverwaltung. Bausteine, die diese Funktionen realisieren, müssen anpaßbar und parametrisierbar sein, damit sie einen weiten Bereich verschiedener Kommunikationsprotokolle abdecken.

## 5 Architektur

Die im Rahmen dieser Arbeit entworfene Implementierungsarchitektur CHIMPSY (Communication oriented High-performance Modular Processor System) adressiert genau die oben angesprochenen Bereiche, da sie die Flexibilität für eine Implementierung sowohl von Teilkomponenten als auch von ganzen Systemen aufweist. Beim Systementwurf können einzelne Komponenten konfiguriert, vor der Inbetriebnahme des Systems können die Komponenten parametrisiert und während des Betriebs können die Komponenten den aktuellen Bedürfnissen angepaßt werden. Einzelkomponenten besitzen prinzipiell gleichartige Schnittstellen und können beliebig um eine zentrale Verbindungskomponente herum gruppiert werden. Eine wesentliche Eigenschaft dieser Verbindungskomponente ist ihre Fähigkeit, vorab angeforderte Dienstqualitäten zu garantieren. So wird durch ein hierarchisches Zuteilungsverfahren die Gesamtbandbreite der Verbindungskomponente unter den angeschlossenen Komponenten aufgeteilt. Weiterhin bietet diese Komponente die Möglichkeit der Gruppenkommunikation, das heißt, daß eine Komponente gleichzeitig und ohne Zusatzaufwand Daten an verschiedene Empfänger innerhalb der CHIMPSY-Architektur senden kann.

Alle Komponenten arbeiten unabhängig voneinander und kommunizieren durch Nachrichtenaustausch. Zur Entkopplung besitzt jede Komponente eine Eingangswarteschlange, in die alle eingehenden Signale eingefügt werden. Beispiele für Komponenten sind Protokollautomaten, Kodierer, ALUs oder Zeitgeber.

Jeder Protokollautomat besteht wiederum aus einer Eingangswarteschlange, dem Zustandsübergangssystem und einer lokalen ALU, in der alle lokalen Variablen gespeichert und manipuliert werden können. Damit bietet diese Implementierungsarchitektur eine leistungsfähige Basis, um erweiterte endliche Automaten einer Protokollspezifikation (z.B. in der von der ITU standardisierten Sprache SDL, Specification and Description Language, Z.100) auf eine Realisierung abzubilden. Die gesamte Implementierungsarchitektur wurde mit Hilfe der Sprache VHDL (Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language, IEEE Standard 1076) beschrieben, simuliert und synthetisiert. Die Synthese umfaßt hierbei unter anderem die werkzeugunterstützte Abbildung einer Verhaltensbeschreibung auf eine Transistornetzliste. Als Werkzeuge wurden im Rahmen dieser Schritte kommerzielle Entwurfswerkzeuge eingesetzt, die eine weite Verbreitung in der Industrie haben.

## 6 Validierung

Die Validierung der angestrebten Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten wurde mittels verschiedener prototypischer Implementierungen durchgeführt. Als eine der komplexesten Einheiten zur Unterstützung von Protokoll- und Systemfunktionen wurde ein Baustein zur Verwaltung dynamischer Listen als ASIC (Application Specific Integrated Circuit) in  $0,7\mu\text{m}$  CMOS-Technologie entworfen und zum Vergleich auf einem FPGA (Field Programmable Gate Array) implementiert. Dieser Baustein kann beispielsweise zur Überwachung der Übertragungswiederholung von Paketen eingesetzt werden. Hierbei muß bei einer angenommenen Übertragungsrate von 622 Mbps und einer Paketlänge von 600 byte in weniger als 8 ms eine Liste aktualisiert werden. Diese Aufgabe kann nur mittels dedizierter Hardware ausgeführt werden, wenn nicht die gesamte Leistungsfähigkeit des Zentralprozessors ausschließlich für die Kommunikation verwendet werden soll. Ein besonderes Merkmal der so entworfenen Komponente sind spezielle Komparatoren zur Unterstützung der Suche von Elementen einer Liste. Ein solcher Komparator kann die beiden Vergleiche  $a \leq b \leq c, b \leq c \leq d$ , ( $a, b, c, d \in \text{Integer}$ ) innerhalb von 45 ns durchführen, wohingegen beispielsweise ein Alpha-Prozessor allein für den Vergleich  $a \leq b \leq c$  72,6 ns benötigt (bei 150 MHz). Der Flächenbedarf für die Steuerlogik beträgt lediglich 115200 Transistoren, was im Vergleich zu heutigen Vielzweckprozessoren (ca. 2-5 Millionen Transistoren) in eindrucksvoller Weise den Koprozessoransatz untermauert. Die Flexibilität der Komponente wird durch Anpassungen an verschiedene Protokolle wie XTP (Xpress Transport Protocol) und ein Protokoll zur Gruppenkommunikation in ATM-Netzwerken aufgezeigt. Hierbei kann die direkte Auswirkung eines Protokolls auf den Flächenbedarf und die maximale Taktfrequenz des Chips angegeben werden.

Auf die gleiche Weise wurde die Implementierungsarchitektur eines frei programmierbaren Protokollautomaten entworfen und als ASIC synthetisiert. Hier ergab sich als maximal mögliche Taktfrequenz 100 MHz. Weiterhin wurde eine Einheit zur Verwaltung einer Vielzahl von Zeitgebern entworfen und auf ein FPGA abgebildet. Die anschließenden Leistungsmessungen der Implementierung zeigen auch hier die Überlegenheit dieser an die Datenstruktur angepaßten Komponente im Vergleich zu einem Standardprozessor. So ist die FPGA-Lösung trotz der niedrigen Taktfrequenz von lediglich 20 MHz mehr als doppelt so schnell wie ein Alpha-Prozessor mit 175 MHz.

## 7 Werkzeuge

Zur Gewährleistung der einfachen Programmierbarkeit der Protokollautomaten wurde ein speziell auf die Protokollarbeit ausgerichteter Mikrocode entworfen und implementiert. In Ergänzung dazu wurde ein passender Compiler erstellt, der außer der Umsetzung einer für einen Anwender lesbaren Datei in den Mikrocode des Protokollautomaten auch die Einbindung von Testdaten erlaubt. So kann anschließend mit einem VHDL-Simulator der fertig konfigurierte Protokollautomat getestet werden.

Zur Unterstützung des Systementwurfs wurde weiterhin ein speziell auf diese Implementierungsarchitektur ausgerichteter SDL-nach-VHDL-Compiler entwickelt. Eine besondere Eigenschaft dieses Compilers ist, daß die erzeugte VHDL-Beschreibung nicht nur simulierbar, sondern auch voll synthetisierbar ist und somit die weitgehend durch Werkzeuge unterstützte Abbildung von Protokollen auf leistungsfähige Hardware gewährleistet ist. Beide Werkzeuge können ergänzend eingesetzt werden, da das eine einen schnelleren Entwurf basierend auf der standardisierten Sprache SDL erlaubt, das andere jedoch mehr Möglichkeiten bietet, die volle Leistungsfähigkeit der Architektur auszunutzen. Die damit erstellten Komponenten sind vollständig kompatibel.

## 8 Verifikation

Ein wesentlicher Schwachpunkt bisheriger Ansätze zur leistungsfähigen Implementierung von Kommunikationsprotokollen ist die Nachweisbarkeit spezifizierter Eigenschaften (z.B. Lebendigkeit) in der realen Implementierung. Im Rahmen dieser Arbeit wurden vielfältige Merkmale der Implementierungsarchitektur und der Implementierung von Protokollen auf der Architektur nachgewiesen. Dazu wurde die den Protokollautomaten zugrundeliegende Architektur sowie eine Implementierung eines Transportprotokolls auf dieser Architektur in der Eingabesprache eines symbolischen Modellprüfers beschrieben. Somit konnte unter anderem nachgewiesen werden, daß die Architektur mit dem gegebenen Protokoll garantiert einen Verbindungsaufbau durchführt und daß keine Verklemmungen auftreten können. Wichtig ist hierbei festzustellen, daß auf diese Weise gleichzeitig das Protokoll und die Implementierungsarchitektur überprüft wurden. Eine getrennte Überprüfung von Eigenschaften kann keine Korrektheit des Gesamtsystems gewährleisten.

## 9 Simulation

Basierend auf den durch die prototypische Implementierung gewonnenen Leistungsparametern wurden umfangreiche Simulationsmodelle zukünftiger Multimedia-Endsysteme für ein kommerzielles Simulationswerkzeug (BONeS, Block Oriented Network Simulator) erstellt. Diese umfassen sowohl durch Markov-Ketten modellierte Lastquellen verschiedener Applikationen und Endgeräte (Videokonferenzen, Plattenspeicher etc.) als auch die gesamte CHIMPSY-Architektur in der Ausprägung der autonomen Systemkomponenten mit leistungsfähigen Protokollen. Mit diesen Modellen können in einfacher Weise aussagekräftige Szenarien zukünftiger Systeme erstellt und bewertet werden.

Als ein beispielhaftes Ergebnis wird in der Arbeit aufgezeigt, wie Dank der durch Hardware gegebenen Dienstgarantien eine Datenübertragung mit konstanter Bitrate nicht von einer starken Belastung des Systems mit weiteren Quellen schwankender Bitrate beeinflusst wird. Für einen Anwender bedeutet dies, daß die ihm garantierten Dienste auf jeden Fall eingehalten werden. Es könnte also in diesem Fall eine bei einem Netzbetreiber gekaufte Dienstqualität tatsächlich bis zum Anwender durchgereicht und nicht im Endsystem zerstört werden.

## 10 Zusammenfassung

Als Ergebnis dieser Arbeit konnte gezeigt werden, daß mit Hilfe der entwickelten Entwurfsmethodik und der Komponentenbibliothek Implementierungen mit einer bisher nicht möglichen Leistungsfähigkeit teilautomatisch aus einer Spezifikation abgeleitet werden können. Zusammenfassend versucht die Arbeit durch den systematischen Aufbau komplexer Kommunikationssysteme basierend auf Bausteinen mit bestimmten verifizierten Eigenschaften einen wichtigen Schritt hin zur Beherrschung dieser Systeme zu leisten. Die hier vorgestellten Konzepte wurden bereits erfolgreich auf mehreren einschlägigen internationalen Konferenzen der Fachwelt vorgestellt. Hierbei wurden erstmalig VLSI-Komponenten präsentiert, die Grundlage für ein großes Spektrum zukünftiger Zwischen- und Endsysteme darstellen. Anhand vielfältiger Beispiele wird im Rahmen der Arbeit gezeigt, daß es mit dem entworfenen System gelungen ist, die Kluft zwischen Ansätzen hohen Leistungsfähigkeit und Ansätzen mit Unterstützung eines formalen Vorgehens deutlich zu verkleinern.

Die Arbeit stellt eine breite Basis für weiterführende Arbeiten in den Bereichen Unterstützung von Gruppenkommunikation in ATM-Netzen und der Synthese leistungsfähiger Protokollimplementierungen dar. So sind bereits basierend auf der Implementierungsarchitektur CHIMPSY erste Ansätze zur Unterstützung der Gruppenkommunikation durch dedizierte Zwischensysteme in ATM-Netzwerken in der Arbeit ausgeführt worden. Eine stets wachsende Bedeutung werden dedizierte Hardware-Komponenten in zukünftigen mobilen Rechnersystemen erlangen, da hier im Rahmen von multimedialen Anwendungen eine hohe Rechenleistung bei gleichzeitig niedrigem Stromverbrauch erwünscht ist. Dies kann mit gängigen Standardprozessoren nicht erreicht werden.

# Integrierte Managementarchitektur für qualitätsorientierte Kommunikationsdienste

Claudia Schmidt

## 1 Motivation

Aktuelle Analysen des Kommunikationsverhaltens zeigen, daß neben der klassischen Datenkommunikation die audio-visuelle Kommunikation eine immer größere Verbreitung findet. Bedingt durch diese grundsätzliche Entwicklung entsteht die Forderung nach diensteintegrierenden Kommunikationssystemen, die in der Lage sind, gleichzeitig eine Vielzahl an Kommunikationsdiensten mit stark unterschiedlichen Dienstqualitäten zur Verfügung zu stellen. Heutige Kommunikationssysteme benötigen dazu nicht nur eine Erweiterung ihrer Funktionalität, sondern zusätzlich ein *Dienstmanagement* zur Steuerung, Verwaltung und Überwachung der Kommunikationsfunktionen im Hinblick auf die geforderte Dienstqualität. Aufgaben, die in diesem Zusammenhang zu erfüllen sind, betreffen eine erweiterte Dienstspezifikation, die Dienstabildung zwischen den Spezifikationen unterschiedlicher Schnittstellen sowie die Aushandlung der Kommunikationsdienste zwischen allen involvierten Instanzen. Eine weitere neue Aufgabe besteht in der Dienstkontrolle, welche die Konfiguration von Kommunikationsfunktionen zur Diensterbringung und die kontinuierliche Überwachung der resultierenden Dienstqualität umfaßt.

Der Bereich des Dienstmanagements wird durch zwei Entwicklungslinien geprägt. Das *Ressourcenmanagement* [SZ95b] nutzt Anforderungen an den Kommunikationsdienst zur dynamischen Reservierung und Zuteilung von Kommunikationsressourcen wie beispielsweise Übertragungsbandbreite oder Prozessor Kapazität. Ein Kommunikationsdienst kann damit in Bezug auf die betrachteten Ressourcen qualitativ garantiert werden, diese Garantien reichen aber nicht für die Kommunikation von Anwendung-zu-Anwendung. Insbesondere stellt in diesem Zusammenhang das unterschiedliche Abstraktionsniveau, auf dem Anwendungen und Ressourcenverwaltung operieren, ein Problem dar. Hier setzen Ansätze zum *integrierten Dienstmanagement* an, welche die Koordination aller Kommunikationsfunktionen innerhalb des Netzwerkes und der Endsysteme behandeln. Da die Architektur bereits existierender Ansätze stark durch die klassische Schichtenarchitektur von Kommunikationssystemen geprägt ist, ergeben sich allerdings im Hinblick auf die Funktionen des Dienstmanagements redundante Managementfunktionen auf den einzelnen Schichten sowie eine hohe Komplexität des Managements und in der Regel eine fehlende Diensteintegration. Weiterhin fehlt den heutigen Dienstmanagementsystemen eine flexible anwendungsorientierte Schnittstelle, über die Anwendungen die Managementfunktionen nutzen können. Die negativen Auswirkungen redundanter Funktionen zeigen sich besonders deutlich bei der hohen Anzahl von Dienstabildungen in schichtenorientierten Modellen. Jede Dienstabildung ist mit einer Abschätzung für den schlechtesten Fall verbunden und erhöht somit die Dienstanforderungen sowie die reservierte Ressourcenkapazität, obwohl die eigentlich benötigte Ressourcenmenge oft viel geringer ist.

## 2 Die COSIMA-Architektur

Diese Arbeit stellt eine neue Dienstmanagementarchitektur vor, die automatisch und für die Anwendung transparent anwendungsorientierte Kommunikationsdienste durch eine umfassende Koordination sowie eine dynamische Konfiguration und Überwachung der Ressourcenverwalter erbringt (siehe Abbildung 19). Im Gegensatz zu den existierenden Architekturen orientiert sich das Dienstmanagement nicht an der traditionellen Schichtung von Kommunikationssystemen, sondern siedelt die gesamte Funktionalität in zwei Verwaltungsebenen an, welche die zeitlichen Anforderungen der Funktionen sowie die Beziehung zum Ressourcenmanagement charakterisieren. Damit werden die geforderten Kommunikationsdienste nicht über die Verwaltung von Protokollen, sondern direkt über die Steuerung des Ressourcenmanagements erbracht. Die gesamte Managementarchitektur ist strikt vom Datentransfer getrennt und ermöglicht Anwendungen die Nutzung des Dienstmanagements über eine flexible, diensteintegrierende Schnittstelle, die anwendungsorientierte Parameter anbietet. Die Kommunikation zwischen verteilten Anwendungen wird über einen Pfad aus Ressourcenverwaltern modelliert, deren Zusammenspiel für den Kommunikationsdienst von Anwendung-zu-Anwendung koordiniert wird.

Ausgehend von den Bereichen des Ressourcen- und des integrierten Dienstmanagements wurden Konzepte für *COSIMA* (Communication Systems with Integrated Services Management), eine Architektur zum Management von qualitätsorientierten Kommunikationsdiensten basierend auf der Verwaltung

von Kommunikationsressourcen, erarbeitet. Das Dienstmanagement ist über eine erweiterte Anwendungsschnittstelle nutzbar. Intern werden Kommunikationsressourcen logisch in die drei Bereiche *Netzwerk*, *Kommunikationssystem* und *Betriebssystem* gruppiert und innerhalb eines Bereiches gemeinsam durch eine *Kontrollinstanz* verwaltet. Die Netzkomponente umfaßt das eigentliche Netz und den Netzzugang, die zusammen eine Kommunikationsverbindung zwischen Endsystemen herstellen [SZ95a]. Das Kommunikationssystem repräsentiert alle kommunikationsorientierten Funktionen, die nötig sind, um den Netzdienst so zu erweitern, daß der von der Anwendung gewünschte Dienst erbracht wird. Und damit Dienste von Anwendung-zu-Anwendung garantiert werden können, ist schließlich in den Endsystemen eine geeignete Betriebssystemunterstützung erforderlich.

Oberhalb der Ebene der Kontrollinstanzen operiert die zentrale Instanz der Architektur, der sogenannte *QoS-Manager*, der die Kommunikation mit den Anwendungen, die Dienstaushandlung von Anwendung-zu-Anwendung sowie die Koordination der Bereiche übernimmt. Das Architekturmodell berücksichtigt, daß die im kritischen Datenpfad angesiedelten Ressourcenverwalter insbesondere bei Hochleistungsübertragung (Mbit/s bis Gbit/s) hohe zeitliche Anforderungen besitzen und sie von Managementaufgaben entlastet werden müssen. Die autonomen Kontrollinstanzen übernehmen die Steuerung, Überwachung und Kontrolle der zeitkritischen Ressourcenverwalter und müssen daher schritthaltend arbeiten, damit rechtzeitig Kontrollmaßnahmen getroffen werden können [HS96]. Der QoS-Manager realisiert die restlichen Managementaufgaben, die keine so hohen Zeitanforderungen besitzen.

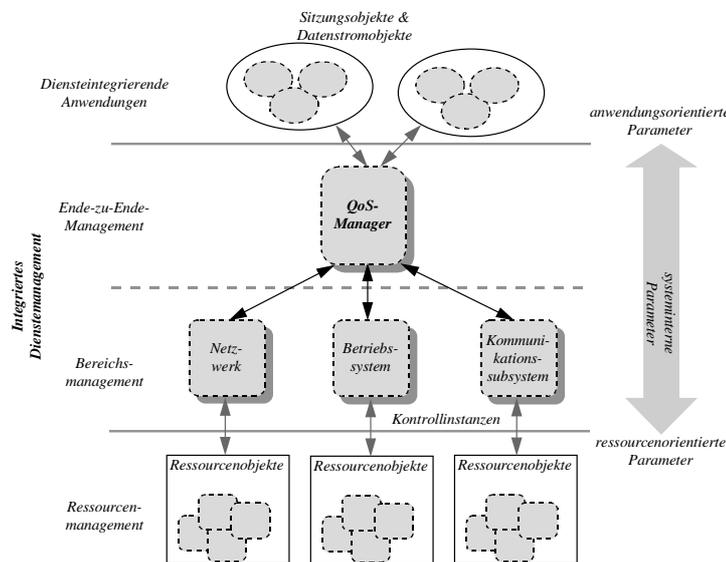


Abbildung 19. Die COSIMA-Architektur

### 3 Die Anwendungsschnittstelle

Die in dieser Arbeit entworfene *Anwendungsschnittstelle* erlaubt eine Dienstspezifikation in einer anwendungsorientierten Syntax und Semantik. Dienste beziehen sich dabei auf *Datenströme*, die unidirektionale Kommunikationsbeziehungen zwischen Anwendungen bezeichnen, sowie *Sitzungen*, die mehrere in Beziehung stehende Datenströme zusammenfassen. Zum Entwurf einer flexiblen und allgemeingültigen Dienstschnittstelle wurden Anwendungsanforderungen klassifiziert und basierend darauf eine Strukturierung der kommunikationsbezogenen Parameter entwickelt. Neben den Inter-Datenstrombeziehungen, die für eine Sitzung Relevanz besitzen, existieren alle weiteren Parameter separat für jeden Datenstrom (siehe Abbildung 20). Insbesondere beziehen sich die Dienstqualität und die Teilnehmerinformation auf einen Datenstrom, damit Ströme unterschiedlicher Dienstqualität zwischen beliebigen Teilnehmern aufgebaut werden können. Die kommunikationsbezogenen Parameter eines Datenstromes sind weiter klassifizierbar als allgemeine Parameter, die für alle Datenströme Gültigkeit besitzen, sowie medien-spezifische Parameter, die spezielle Charakteristiken eines Medientyps beschreiben. Beispielsweise betrachten die medien-spezifischen Parameter einer Videoanwendung die Größe, Rate und Farbinformation des Videofensters sowie die verwendete Kompressionsart.

Anwendungen können über diese Dienstparameter einerseits sehr flexibel und detailliert ihre Kommunikationsanforderungen spezifizieren, aber andererseits auch einfach und schnell über bereits vordefinierte

Standardklassen typische Dienstparameter selektieren sowie charakteristische Datenströme und Sitzungen etablieren.

Neben dem Sitzungsaufbau existiert für eine bestehende Sitzung die Möglichkeit, Datenströme dynamisch aufzunehmen oder zu entfernen sowie die Charakteristiken der etablierten Datenströme zu modifizieren.

Zusätzlich zu den kommunikationsbezogenen Dienstanforderungen kann die Funktionalität des Dienstmanagements über Managementparameter (z.B. Kosten, Priorität der Datenströme, Meldungsverhalten, Managementstrategien bei Qualitätsänderungen) von einer Anwendung beeinflusst werden.

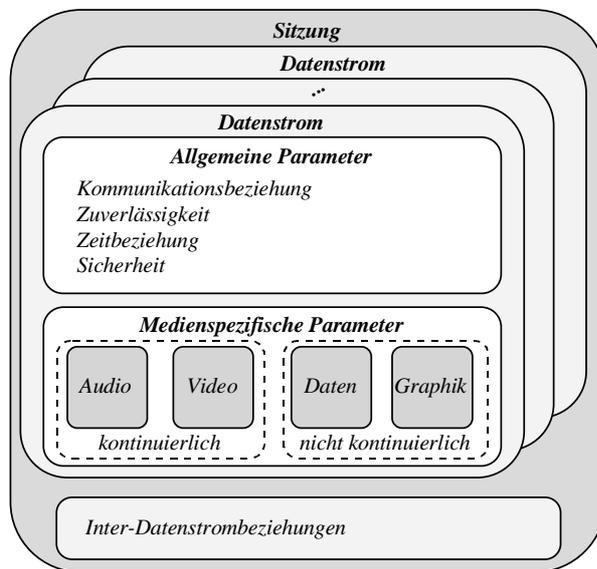


Abbildung 20. Die COSIMA-Anwendungsschnittstelle

## 4 Der QoS-Manager

Der *QoS-Manager* stellt als die zentrale Instanz der COSIMA-Architektur den Anwendungen an der beschriebenen Dienstschnittstelle die Funktionen des Dienstmanagements zur Verfügung [SZ95c]. Dazu steuert er die Diensterbringung und die Dienstaushandlung zwischen allen beteiligten Komponenten. Im Rahmen der Dienstaushandlung übernimmt er außerdem die Dienstabbildungen zwischen der anwendungsorientierten Dienstspezifikation an der Schnittstelle und der systemorientierten Dienstspezifikation, auf der alle Komponenten des Dienstmanagements operieren. Dazu wurde ein Modell des QoS-Managers entwickelt, in dem die einzelnen Aufgaben auf drei funktionale Teilkomponenten: den Koordinator, den QoS-Mapper und den QoS-Makler verteilt werden. Alle drei Komponenten arbeiten auf einer gemeinsamen Datenbasis, der Internen QoS-Struktur (IQS).

Der *Koordinator* übernimmt die Kommunikation mit den Anwendungen und verteilt, kontrolliert und koordiniert die Aufgaben des Dienstmanagements innerhalb der Bereiche. Mit den Anwendungen kommuniziert der Koordinator über die beschriebene Anwendungsschnittstelle der COSIMA-Architektur. Basierend auf den Anwendungsanforderungen und internen Konfigurationsregeln legt er fest, wie die Bereiche für die Diensterbringung kooperieren. Weiterhin leitet er Modifikationen der Diensterbringung ein, falls die Anwendung das Dienstmanagement dazu autorisiert hat. Zur Durchführung seiner Aufgaben nutzt der Koordinator die Funktionen der beiden restlichen Komponenten, des QoS-Mappers und des QoS-Maklers.

Der *QoS-Mapper* zeigt eine zweigeteilte Struktur, entsprechend seiner Aufgaben bezüglich der Hin- und die Rückabbildung zwischen anwendungs- und systemorientierten Dienstspezifikationen. Die Abbildungsfunktionen des QoS-Mappers werden von den beiden anderen Komponenten genutzt. Nach jeder durchgeführten Dienstabbildung aktualisiert der QoS-Mapper die entsprechenden Parameter der internen QoS-Struktur, auf denen alle Komponenten des QoS-Managers operieren.

Der *QoS-Makler* realisiert die Kommunikationsfunktionen des QoS-Managers. Diese wurden in lokale und entfernte Kommunikationsaufgaben unterteilt. Innerhalb eines Endsystems führt der QoS-Makler

die lokale Kommunikation mit den Kontrollinstanzen der Bereiche über das *Lokale Kommunikationsprotokoll* (LCP, Local Communication Protocol) durch. Die Ende-zu-Ende-Kommunikation erfolgt über zwei Protokolle. Das *QoS-Management-Protokoll* (QMP) definiert die Regeln für die Kommunikation zwischen den QoS-Managern und das Netzwerk-Reservierungsprotokoll (NRP, Network Reservation Protocol) regelt die Ressourcenreservierung innerhalb des Netzwerkes. Im Rahmen dieser Arbeit wurden das QMP- und das LCP-Protokoll definiert. Für die Netzwerkreservierung ist der QoS-Makler in der Lage, auf bestehende Reservierungsprotokolle wie beispielsweise ST-II oder RSVP aufzusetzen.

## 5 Kontrollinstanzen

Die zeitkritische, aber für die Dienstgarantie wichtige Steuerung und Überwachung des Ressourcenmanagements wird für jeden Bereich über eine *Kontrollinstanz* bestehend aus einem Kontrollagenten und einem QoS-Monitor realisiert. Diese muß für die Aufgaben der Dienstkontrolle die zeitlichen Anforderungen der Ressourcenzuteilung im kritischen Datenpfad berücksichtigen.

Innerhalb einer Kontrollinstanz übernimmt der Kontrollagent die Konfiguration, indem er über vordefinierte Regeln alle Ressourcen selektiert, die für den geforderten Kommunikationsdienst benötigt werden, und anschließend Kontrollalgorithmen bestimmt, nach denen die Ressourcenverwaltung erfolgen soll [BSSZ95]. Reale Ressourcen und ihre Verwalter sind dabei hinter einer definierten Schnittstelle, dem Ressourcenobjekt, verborgen. Damit stellt das Ressourcenobjekt der Kontrollinstanz die managementrelevante Information der Ressourcenverwaltung zur Verfügung.

Der *QoS-Monitor* überwacht kontinuierlich die resultierende Dienstqualität und meldet Qualitätsverletzungen an den Kontrollagenten, der über eine Rekonfiguration Maßnahmen zur Verbesserung der Situation einleiten kann. Der entwickelte QoS-Monitor für Kommunikationsprotokolle [SB96] kann die Qualitätsparameter Durchsatz, Verzögerung, Jitter und mehrere Zuverlässigkeitsparameter berechnen und für die deterministische und statistische Dienstklassen überwachen. Bedingt durch die Wahl eines ereignisgesteuerten Monitorings und der asynchronen Kommunikation mit der Protokollinstanz operiert der Monitor weitgehend unabhängig und hat einen sehr geringen Einfluß auf das überwachte Protokoll. Durch eine initiale Konfigurationsphase sind die Metriken zur Berechnung der Qualitätsparameter flexibel konfigurierbar [Sch96c].

Für das Kommunikationssystem wurde eine spezielle Kontrollinstanz zur Steuerung und Überwachung von qualitätsorientierten Endsystemprotokollen entworfen, welche auf die Aufgaben des Dienstmanagements zugeschnitten ist, da sie die erweiterte Dienstspezifikation sowie die statistische und deterministische Dienstklassen bei ihren Aufgaben berücksichtigen.

## 6 Stand der Arbeiten

Der QoS-Manager und die Kontrollinstanz des Kommunikationssubsystems wurden als erweiterte endliche Automaten modelliert, die über asynchronen Nachrichtenaustausch miteinander kommunizieren. Für die Realisierung wurden die Automatenmodelle auf eigenständige Prozesse abgebildet. Die gewählte Protokollarchitektur besteht aus dem Hochleistungsprotokoll XTP (Xpress Transfer Protocol) über einem ATM-Netzwerk. Den unterschiedlichen Zeitanforderungen der Managementaufgaben wird dabei durch eine geeignete Priorisierung der Prozesse Rechnung getragen. Zu Demonstrationszwecken verfügen die Anwendungsschnittstelle sowie der QoS-Monitor über eine grafische Schnittstelle, über welche die Managementarchitektur gesteuert und die erreichte Dienstqualität angezeigt werden kann. Die aktuelle Realisierung ist ausgehend von der anwendungsorientierten Dienstspezifikation in der Lage, automatisch die Aushandlung, die Konfiguration und die dynamische Verwaltung der Kommunikationsdienste zu erbringen. Die dazu erforderlichen Dienstabbildungen wurden reduziert und realisieren neben den Hinabbildungen von anwendungsorientierten Parametern auch Rückabbildungen, die teilweise über Skalierungsmechanismen von einem systeminternen Parameter auf mehrere anwendungsorientierte Parameter abbilden. Tests, bei denen vom Monitor Datenraten von mehr als 100 Mbit/s gemessen wurden, haben gezeigt, daß die Dienstkontrolle auch unter den hohen Datenraten in Hochleistungsszenarien korrekt und schritthaltend operiert.

# Netzverwaltung – Rollen und Schnittstellen

Jochen Seitz

## 1 Motivation unterschiedlicher Rollen

Die Verwaltung von Netzen dient zur Lokalisierung und Behandlung von Fehlern, zur Sicherung gegen Manipulation oder Sabotage, zur Erkennung von Leistungsgpässen oder zur Erfassung von benutzten Ressourcen zur Rechnungsstellung und somit als Grundlage zur effizienten Planung der Netzerweiterung. Diese allgemeinen Ziele lassen sich beliebig fein granular in Aufgaben unterteilen, die dann von Managementanwendungen in Angriff genommen oder dem Netzoperator übersichtlich präsentiert werden sollen. Waren bislang die Welten der lokalen und der öffentlichen Netze weitestgehend getrennt, kommt es durch die Breitbandtechnologie immer mehr zu einer Verschmelzung. Das bedeutet für die Netzmanagementsysteme jedoch, daß sie an Schnittstellen zwischen diesen Welten arbeiten müssen.

Genauer betrachtet bleibt es jedoch nicht bei der (einzigen) Schnittstelle zwischen dem Benutzer respektive dem lokalen Netz und dem öffentlichen Netz, es sind vielmehr weitere Schnittstellen zu berücksichtigen, die mit der Einführung von und Spezialisierung auf folgende Rollen entstehen (siehe auch Abbildung 21):

- Der *Anwender* benutzt Dienste, die auf einem anderen Rechner angeboten werden.
- Der *Anwendungsdienstanbieter* bietet Anwendungen an, welche die Dienstbenutzung aus dem vorigen Punkt ermöglichen.
- Die Programme des Anwenders und des Anwendungsdienstanbieters bauen auf anwendungsspezifischen Kommunikationsdiensten auf, die ein oder mehrere *Kommunikationsdienstanbieter* zur Verfügung stellen.
- Zusätzlich müssen unter Umständen die Dienste von *Mehrwertdienstanbietern* in Anspruch genommen werden.
- Den reinen Kommunikationsdienst, d.h. die Konnektivität, übernimmt dann ein oder mehrere *Netzanbieter*.

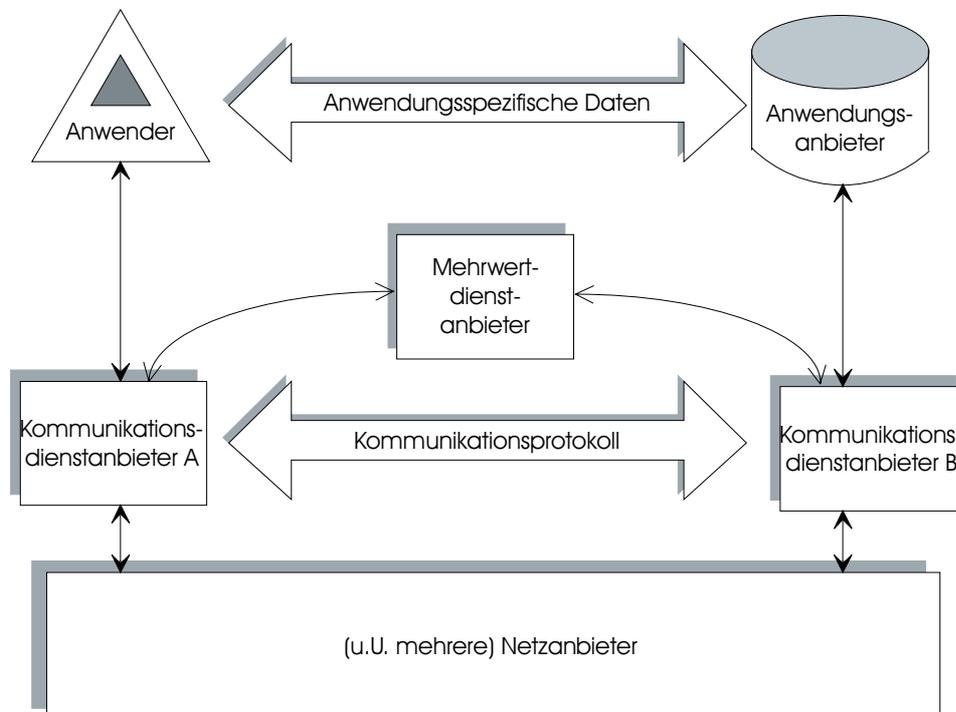


Abbildung 21. Die verschiedenen Rollen in einer Kooperationsbeziehung

Zur Verdeutlichung der Rollen soll hier als Beispiel der Zugriff auf einen Elektronik-Katalog folgen. Der *Anwender Hans Mustermann* benötigt dringend ein CD-Laufwerk, so daß er auf den Katalog der

Firma „Electronic AG“ als *Anwendungsdienstanbieter* zugreifen will. Dieser Katalog ist einer von vielen, welche der *Kommunikationsdienstanbieter* „Electronic Market“ anbietet. Herr Mustermann selbst muß auf den *Kommunikationsdienstanbieter* „Net-Go“ zugreifen, der ihm durch spezielle Software den Zugang zu diversen elektronisch verfügbaren Katalogen ermöglicht. Die Auswahl eines Katalogs sollte lokationsunabhängig erfolgen, so daß als *Mehrwertdienst* ein Namensserver benutzt wird, der zu einem gegebenen Katalog den nächsten Anbieter angibt, über den der Katalog abrufbar ist. Schließlich stellt die Deutsche Bundespost Telekom als *Netzanbieter* in Zusammenarbeit mit anderen nationalen und internationalen Telekommunikationsunternehmen die physikalische Verbindung bereit.

## 2 Benötigte Managementschnittstellen

Anhand dieses Beispiels wird schnell klar, welche Schnittstellen für die Verwaltung vorzusehen sind (siehe auch Abbildung 22). Der Kommunikationsdienstanbieter muß eine Schnittstelle anbieten, die entweder

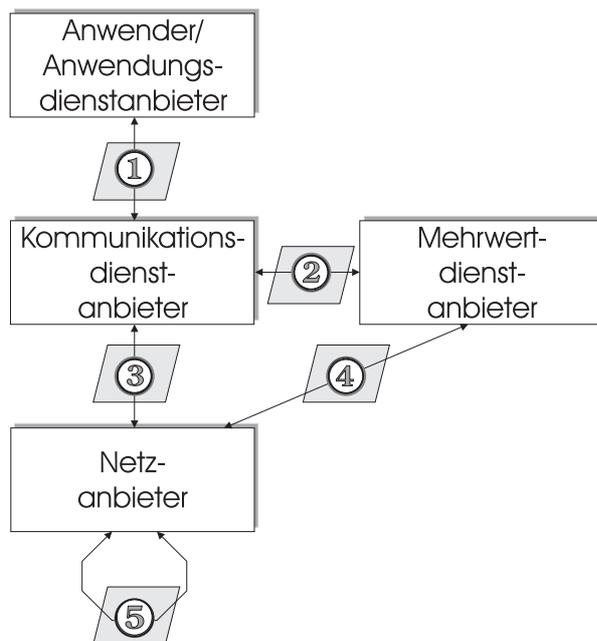


Abbildung 22. Benötigte Managementschnittstellen

vom Anwender oder vom Anwendungsdienstanbieter genutzt werden kann (Schnittstelle 1). Über diese Schnittstelle dürfen nur solche Managementinformationen gehen, die mit dem Anwender oder dem Anwendungsdienstanbieter in direktem Zusammenhang stehen. Der Kommunikationsdienstanbieter selbst benötigt Verwaltungsinformation (a) aus dem Netz, d.h. vom Netzanbieter (Schnittstelle 3), und (b) von den Anbietern von Mehrwertdiensten (Schnittstelle 2). Der Mehrwertdienstanbieter benötigt zu seiner Verwaltung ebenfalls Informationen vom zugrundeliegenden Netz, so daß auch hier eine Schnittstelle (nämlich 4) zum Netzanbieter vorzusehen ist. Der Netzanbieter selbst muß unter Umständen mit anderen Netzanbietern kooperieren und daher auch Managementinformationen austauschen können. Somit ist eine Managementschnittstelle (5) zwischen Netzanbietern unabdingbar.

Die Relevanz eines solchen Modells wird auch an aktuellen Entwicklungen Managementarchitekturen deutlich: So definierte das ATM-Forum ein Managementmodell mit fünf Schnittstellen [AC95] (siehe M3 definiert dabei die Schnittstelle zwischen dem unternehmensweiten Managementsystem und dem Managementsystem des Betreibers des öffentlichen Netzes und ist somit vergleichbar mit der Schnittstelle 2 aus Abbildung 22. Mit M5 ist die Schnittstelle zwischen öffentlichen Betreibern festgelegt analog zur Schnittstelle 5 aus Abbildung 22.

## 3 Neue Dimensionen für Managementmodelle

War bislang die Netzverwaltung auf einen bestimmten Bereich abgegrenzt, verwischen jetzt mit der Öffnung der Netze hinsichtlich Kooperation die Verantwortlichkeitsgrenzen. Durch die Schnittstellen müssen Informationen offengelegt werden oder aber auch angefordert werden können. Das bedingt neue

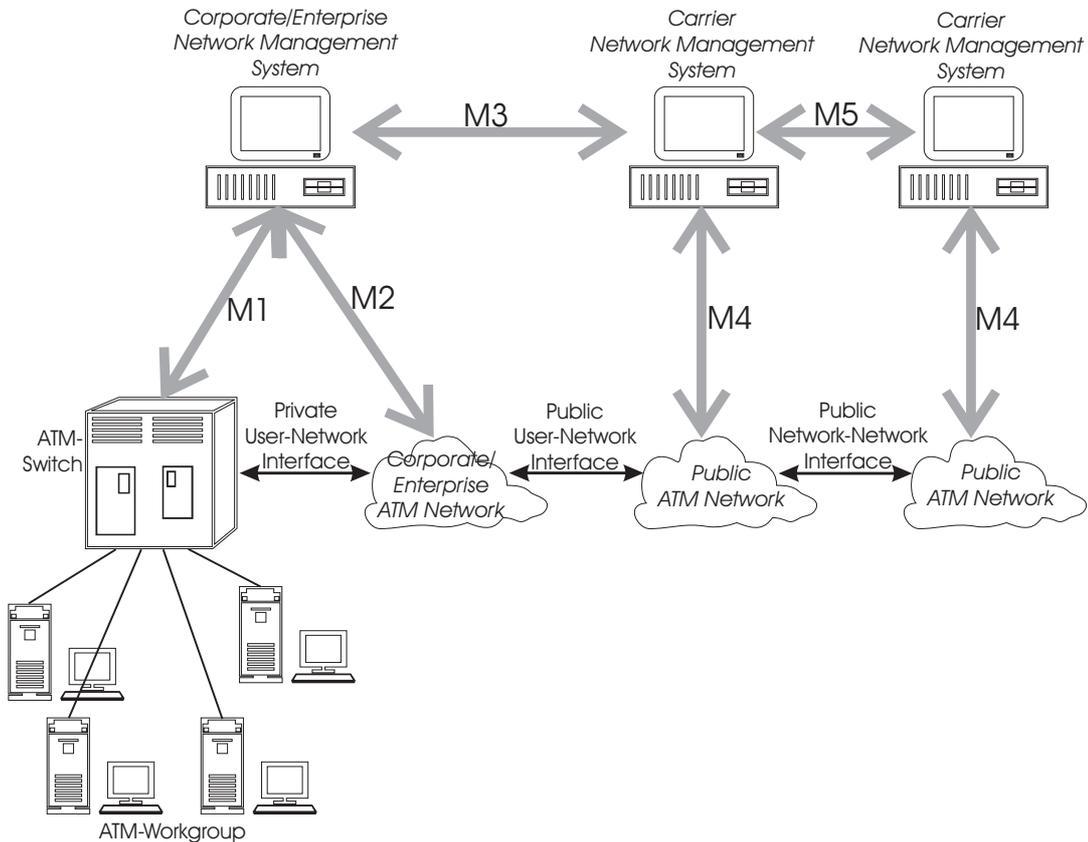


Abbildung 23. ATM-Managementmodell

bzw. veränderte Dimensionen für die eingesetzten Managementmodelle, welche die Grundlage für die Informationsbereitstellung für das Netzmanagement bieten.

### 3.1 Feingranulare Sicherheit

Die erste zu betrachtende Dimension ist die *Sicherheit*: Die Verwaltung von Netzen ist eine sehr sicherheitskritische Angelegenheit. So sind die Betreiber lokaler bzw. unternehmensweiter Netze daran interessiert, daß Daten über Leistungsfähigkeit und Konfiguration des Netzes vertraulich bleiben. Das gleiche gilt — gerade bei zunehmendem Konkurrenzdruck — für die Betreiber öffentlicher Netze. Dies impliziert eine umfangreiche Sicherheitsarchitektur, die den Zugriff auf Managementinformation regelt und somit Verstöße verhindert oder zumindest erkennt und meldet. Dabei ist eine möglichst fein-granulare Unterscheidung bei den Zugriffsrechten wichtig, die es zum Beispiel ermöglicht, Accountinginformationen für einen bestimmten Benutzer innerhalb einer gegebenen Verbindung zu evaluieren. Dieser Benutzer darf natürlich nicht auch auf die Accountingdaten anderer Benutzer zugreifen.

Eine derartige Sicherheitsarchitektur allein kann mit heutigen Techniken im Bereich des Netzmanagements nicht ohne weiteres realisiert werden. Gerade im Bereich der lokalen Netze, wo der Internet-Standard SNMP (Simple Network Management Protocol) als Managementgrundlage dominant ist, sind Sicherheitsaspekte nur rudimentär betrachtet. Zugriff wird gemäß einem Paßwort gewährt, das in Klartext über das Netz geschickt wird und somit leicht abzuhören ist. Weiterentwicklungen dieses Protokolls umfassen zwar unterschiedliche Maßnahmen zur Sicherung der übertragenen Managementinformation, doch bislang konnte sich noch keine Weiterentwicklung gegenüber einer anderen durchsetzen [Sch96a]. Die internationale Standardisierungsorganisation ISO hat demgegenüber ein umfangreiches Sicherheitsrahmenwerk definiert [VG91], das allerdings derart umfangreich und komplex ist, daß eine Implementierung noch auf sich warten läßt.

### 3.2 Transitive Informationsbereitstellung

Die zweite Dimension betrifft die *Bereitstellung der Information*: Bislang war es eigentlich so, daß Managementinformation an dem Ort abgefragt wurde, an dem sie gewonnen, d.h. gemessen oder protokolliert wurde. Das ist mit der Einführung der beschriebenen Schnittstellen nicht mehr praktikabel, da jetzt ein Benutzer beispielsweise alle Kommunikationsdienst-, Mehrwertdienst- und Netzanbieter abfragen müßte,

um die Gesamtinformation für einen Kommunikationsvorgang zu erhalten. Andererseits ist es für einen Teilnehmer auch nicht immer offensichtlich, welche Dienstanbieter überhaupt an der Erbringung des von ihm in Anspruch genommenen Dienstes mitgewirkt haben. Durch die Möglichkeit der Kooperation über mehrere Dienstanbieter (sei es auf Netz- oder Kommunikationsdienstebene) muß es daher zu einer transitiven Bereitstellung von Informationen kommen. Prinzipiell sollte es somit möglich sein, daß einer der beteiligten Partner Informationen anbietet, wobei er zusätzliche Informationen von einem anderen Partner abholen muß. Dies hilft einerseits, die besagte feine Granularität bei den Sicherheitsmaßnahmen etwas zu vereinfachen und andererseits kennt jeder Kommunikationsteilnehmer die jeweiligen Ansprechpartner, um Managementdaten abzufragen. Wenn zum Beispiel der Benutzer Auskunft über die von ihm in Anspruch genommenen Ressourcen haben möchte, wendet er sich an seinen Kommunikationsdienstanbieter. Dieser wird ihm die lokal verbrauchten Ressourcen sofort nennen können, wendet sich dann aber seinerseits an den Mehrwertdienstanbieter, den Anwendungsdienstanbieter und den Netzanbieter, um dort den Ressourcenverbrauch zu erfahren, die dann rekursiv mit weiter an der Kommunikation beteiligten Instanzen Managementdaten austauschen. Dadurch kann dem Benutzer schlußendlich auch die Komplexität der beteiligten Dienstebinger verborgen bleiben.

Das heißt aber, daß jetzt Managementinformationen angeboten werden müssen, die nicht lokal zur Verfügung stehen. Weiterhin ist es — je nach Verbindung — unterschiedlich, wo die Daten zu beschaffen sind. Wird eine Information abgefragt, die nur zum Teil bei der abgefragten Instanz vorhanden ist (eben beispielsweise Abrechnungsdaten), so müssen — von dieser ausgehend — kaskadierend neue Abfragen initiiert werden. Die einzelnen eintreffenden Daten müssen dann wieder zu einer einzigen Antwort zusammengefaßt werden. D.h. aber, daß das Objekt, das die Information anbietet, neben den eigentlichen Daten auch eine Berechnungsvorschrift enthalten muß, die aus den eingesammelten Daten schlußendlich die gewünschte Information liefert.

Die geforderte transitive Bereitstellung der Managementinformation läßt sich mit den für das Netzmanagement definierten Modellen nicht einfach realisieren. Es gibt zwar sogenannte „Proxy“-Agenten, die stellvertretend für andere Netzelemente Informationen bereitstellen können, doch diese sind üblicherweise starr implementiert, d.h. es steht für diese Agenten von vorneherein fest, welche Informationen wo zu finden sind. Dies kann für den vorliegenden Fall nicht angenommen werden. Weiterhin ist die Möglichkeit der Berechnungsvorschrift für ein die Information bereitstellendes Objekt ebenfalls nicht direkt gegeben. Man kann sie zwar über — natürlichsprachliche — Beschreibungen im Modell erläutern, sie muß dann aber manuell bei der Implementierung des Objektes umgesetzt werden.

#### 4 Zusammenfassung

Abbildung 24 verdeutlicht die neuen bzw. veränderten Dimensionen eines Managed Objects.



**Abbildung 24.** Neue Dimensionen eines Managed Objects

Ein Managementmodell muß also dahingehend erweitert werden, daß nicht nur definiert wird, welche Informationen in diesem Modell bereitgestellt werden sollen, sondern daß auch festgelegt wird, wo diese Informationen zu finden sind. Dabei muß zum einen möglich sein, Berechnungsvorschriften formell zu fassen, aufgrund derer aus verschiedenen Informationsquellen die relevante Information gewonnen werden kann. Dazu können beispielsweise sogenannte *Meta-Managed Objects* herangezogen werden, welche die Definition einer Berechnungsvorschrift ermöglicht [Sei96]. Zum anderen darf durch diese Transitivity der Informationsbeschaffung keine Sicherheitslücke entstehen, d.h. mit der Einführung der transitiven Beschaffung von Managementinformation muß eine feingranulare Sicherheitsarchitektur realisiert werden. Hierfür ist noch keine befriedigende Lösung erarbeitet worden, doch der verstärkte Zwang zu Sicherheitsmaßnahmen läßt diese bald erwarten, wie auch die Arbeit von Günter Schäfer (S. 49) belegt.

# Kooperation durch Dokumente

Jörg Sievert

## 1 Einleitung

In vielen Fällen erfordert unsere heutige Arbeitsumgebung die Zusammenarbeit mehrerer Personen. Insbesondere bei räumlich getrennten Personen muß die Zusammenarbeit technisch unterstützt werden. Die Unterstützung von Kooperation durch verteilte Systeme rückt mit der Vernetzung vieler Rechner in den Vordergrund. Dieser Ansatz wird seit inzwischen mehr als einem Jahrzehnt mit den Begriffen CSCW und Groupware bezeichnet.

Bisherige Ansätze und Systeme lassen sich grob in zwei Klassen einteilen. *Asynchrone* Systeme unterstützen Kooperation, indem sie Informationen zwischen Personen übertragen. Die Personen arbeiten zeitversetzt zusammen, indem sie einander Nachrichten zukommen lassen. Ein klassisches Beispiel aus der Zeit, in der CSCW noch kein Begriff war, ist E-Mail.

*Synchrone* Systeme hingegen erlauben mehreren Personen die gleichzeitige Arbeit an bestimmten Objekten. Sie unterscheiden sich z.B. von Datenbanken durch die explizite Darstellung der Kooperation, während in letzteren Kooperation eher verborgen wird. Die Techniken zur Synchronisation konkurrierender Zugriffe auf Daten, welche im Bereich der Datenbanken schon lange betrachtet werden, haben einige Systeme kopiert.

Im Rahmen dieser Arbeit werden ausschließlich synchrone Systeme und ihre Bedingungen betrachtet. Die Arbeit konzentriert sich auf die technische Kooperationsunterstützung, wie sie in den Systemen verwirklicht wurde, nicht auf Themen wie Benutzerschnittstellen oder Datenspeicherung.

Die folgenden Forderungen müssen an eine Kooperationsunterstützung gestellt werden:

1. Kooperationsunterstützung soll generell die Zusammenarbeit mehrerer Personen durch Programme ermöglichen.
2. Sie muß auf die Aufgabe und die Arbeitsumgebung der Personen zugeschnitten sein.
3. Ebenso wichtig ist die breite Anwendung dieser Unterstützung und daher eine einfache Einbettung von Techniken zur Kooperationsunterstützung durch den Anwendungsentwickler.

Die Entwicklung von Groupware stellt die Softwareentwicklung vor neue Probleme. Im allgemeinen mußten sich Groupwareentwickler bisher auf sehr tiefer Ebene mit den Problemen verteilter Systeme befassen. Wie im Bereich der graphischen Benutzerschnittstellen soll der Anwendungsentwickler von den elementaren Aufgaben entlastet werden. Die Frage ist, wie eine abstrakte Schnittstelle aussehen kann und wo sie angesiedelt ist.

## 2 Existierende Ansätze

Kooperationsunterstützung wird in existierenden Systemen entweder tief in die Anwendung eingebettet und ist untrennbar mit ihr verbunden (z.B. GROVE [DB92, EG89a, EGR91b, EGR90, EG89b, BNPM93]), oder sie wird in Form eines Dienstes zur Verfügung gestellt [CM95], oder die Kooperationsunterstützung findet transparent für und außerhalb der Anwendung statt (z.B. shadowX [Gus88, GLL89]). Alle Varianten haben im Zusammenhang mit den obigen Forderungen Nachteile.

1. Die Verbindung von Kooperationsunterstützung mit Anwendungen erschwert die Entwicklung kooperativer Anwendungen erheblich, da der Anwendungsentwickler jedes Mal die Kooperationsunterstützung neu implementieren muß. Ebenso bedeutet der Wechsel zwischen verschiedenen Kooperationstechniken eine Neuimplementierung. Die Kooperationsunterstützung kann allerdings sehr genau auf die Bedürfnisse der Anwendung zugeschnitten werden.
2. Die Implementierung der Kooperationsunterstützung als Dienst ist vom Anwendungsentwickler verhältnismäßig einfach zu benutzen. Dafür läßt sie sich kaum an die Bedürfnisse der Anwendung anpassen.
3. Die Kooperationsunterstützung außerhalb der Anwendung anzusiedeln stellt für die heutige Welt eine sehr mächtige Methode dar, welche leicht weite Verbreitung finden kann. Man ist hier jedoch auf ein einfaches Sperrverfahren mit Berechtigungsmarken eingeschränkt, da weder die Anwendung

etwas über die Kooperationsunterstützung noch die Kooperationsunterstützung etwas über die Anwendung weiß. Erschwerend kommt hinzu, daß diese Unterstützung i.allg. auf eine Systemwelt wie X-Windows oder Microsoft Windows beschränkt ist. Andere Systeme können nur mit erheblichem Aufwand durch Gateways eingebunden werden.

### 3 Kooperation durch Dokumente

In dieser Arbeit wird eine neue Einbettung der Kooperationsunterstützung vorgestellt, welche zugleich eine neue Form der Kooperation darstellt. Die Kooperationsunterstützung wird in einen Dokumentstandard eingebettet, so daß die Kooperation quasi durch die Bearbeitung von Dokumenten stattfindet.

Diese Arbeit basiert auf zwei tragenden Ideen. Die Einbettung der Kooperationsunterstützung findet in einer Dokumentenarchitektur statt und sie wird Teil des Objekts, mit dem gearbeitet wird. Die Kooperationsunterstützung selbst wird als Basis für den Anwendungsentwickler zur Verfügung gestellt mit einer sehr einfachen Synchronisierungskomponente. Aus diesen Ideen werden die folgenden Vorteile entwickelt:

Ein Anwendungsentwickler, der seine Anwendung auf der Dokumentenarchitektur aufbaut, kann mit wenig Aufwand seine Anwendung um Kooperationsunterstützung erweitern. Dazu kann er die Basiskooperationsunterstützung verwenden, bei der er nur die Deklaration seiner Schnittstellen anpassen muß.

Falls diese elementare Kooperationsunterstützung für die Anwendung nicht optimal ist, kann der Anwendungsentwickler auf Schnittstellen aus der Kooperationsunterstützung zurückgreifen, um zum einen Informationen zur Kooperation abzufragen (z.B. die Namen der Kooperationspartner), und um zum anderen durch die Kooperationskomponente getriggert zu werden (z.B. wenn sich die Kooperationsgruppe ändert).

Der Anwendungsentwickler ist durch den Dokumentstandard plattformunabhängig und kann seine Anwendung auf die Arbeitsumgebung des Anwenders zuschneiden.

#### 3.1 Dokumentstandards

Kooperationsunterstützung basierend auf Dokumenten kann durch eine Einigung auf einen Dokumentstandard erfolgen. Mögliche Kooperationsformen sind der Austausch von unstrukturierten Dokumenten, der Austausch von strukturierten Dokumenten, der gemeinsame Zugriff auf strukturierte Dokumente und verteilte Dokumentmodelle. In dieser Arbeit wird nur die synchrone, gemeinsame Bearbeitung von strukturierten Dokumenten betrachtet [Sch95].

Im Gegensatz zu unstrukturierten Daten haben strukturierte Dokumente besondere Eigenarten. Sie verfügen über eine komplexe, verschachtelte **Struktur**. Diese Struktur setzt sich aus Kapiteln, Unterkapiteln, Referenzen, Fußnoten, etc. zusammen. Als **Inhalt** verfügen sie i.allg. über Text, aber inzwischen über ebenso häufig Graphiken, Bilder und Tabellen. Die **Gestaltung** des Dokuments basiert auf der Struktur und Regeln zur Darstellung der Strukturelemente.

Um die Austauschbarkeit von Dokumenten zu gewährleisten, wurden *Dokumentstandards* entwickelt, die für die verschiedenen Eigenarten von Dokumenten gemeinsame Grundlagen darstellen. Beispiele für Standards sind *Open Document Architecture (ODA)*, *Standardized General Markup Language (SGML)*, *Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport (EDIFACT)* und *OpenDoc*.

**ODA** ist ein allgemeiner Standard zur Darstellung und zum Austausch von strukturierten Dokumenten.

Der Standard besteht aus acht Teilen, in denen die Architektur von Dokumenten, die Gestaltung und Darstellung von Dokumenten, das Austauschformat von Dokumenten (*Open Document Interchange Format (ODIF)*), und die möglichen Inhalte wie Zeichen, Raster Graphiken und geometrische Graphiken beschrieben werden [ISO88a]. Ein Dokument besteht in ODA aus einer logischen Struktur, welche Elemente wie Kapitel, Abbildungen, Fußnoten usw. enthält und einer Layout-Struktur, welche sich aus Seitenmengen, Seiten, Rahmen in Seiten und elementaren Blöcken zusammensetzt. Der Austausch von Dokumenten basiert auf einem textuellen Transferformat, der *Open Document Language (ODL)*, welche eine Untermenge von SGML bildet. Um ein Dokument auszutauschen, wird die ODA-Darstellung in ODL transformiert, dann in das SGML Transferformat *SDIF* gewandelt, verschickt, und beim Empfänger wieder von SDIF nach ODL und von ODL nach ODA gewandelt.

**SGML** ist ähnlich zu ODA ein ISO-Standard [ISO86]. Im Gegensatz zu ODA verfügt SGML aber nicht über eine Beschreibung der Darstellung des Dokuments, sondern nur über eine logische Struktur. Diese Struktur ist auch nicht wie in ODA ein Baum von Objekten, sondern in das Dokument

eingebettet. Ein Dokument besteht aus Inhalten, welche mit Schlüsselwörtern markiert werden. SGML bietet die Möglichkeit, zusätzlich zu den existierenden Schlüsselwörtern im Dokument neue Schlüsselwörter zu definieren. Die Darstellung von SGML-Dokumenten wird durch einen Parser und anschließenden Formattierer errechnet. Der Parser basiert auf dem SGML-Standard, während der Formattierer plattformspezifisch ist. SGML-Dokumente können im *SGML Document Interchange Format (SDIF)* ausgetauscht werden.

**EDIFACT** wurde als Standard zur Darstellung und zum Austausch von strukturierten Geschäftsdokumenten wie Formularen, Rechnungen, Belegen usw. entwickelt. Dementsprechend ist EDIFACT auf den Austausch von stark strukturierten Dokumenten spezialisiert. Das Konzept von EDIFACT ist die Abbildung von vordefinierten Strukturen auf flache *EDIFACT transmission files*, welche als EDIFACT Nachrichten übertragen werden. Es wird nur Text als Inhaltstyp unterstützt.

**OpenDoc** OpenDoc geht über die vorgenannten Dokumentstandards in verschiedenen Beziehungen hinaus. OpenDoc basiert auf der Unterstützung von Komponenten. Dokumente bestehen aus inhaltsspezifischen **Parts**, welche in einer *Enthaltenseinshierarchie* zueinander stehen. Der Standard gliedert sich in folgende Bereiche.

**Dienste für zusammengesetzte Dokumente (Compound Document Services)** Diese Dienste sind Part-übergreifende Dienste, welche von jedem Part zur Verfügung gestellt werden müssen und auf die jedes Part einheitlich reagieren muß (z.B. Drucken).

**Dienste für Komponenten (Component Services)** Die Schnittstellen zwischen den Parts müssen vor allem das Einbetten von Parts in andere unterstützen. Dazu gehört z.B. die Raumforderung eines Parts, welche das einbettende Part berücksichtigen muß.

**Speichersystem (Memory Services)** Die Speicherung von OpenDoc-Dokumenten ist ein sehr mächtiger Teil des Standards. Er basiert auf dem Konzept eines allgemeinen Behälters, der in einer Hierarchie verschiedene Parts aufnehmen kann. Eine der Besonderheiten von OpenDoc liegt darin, daß Parthandler grundsätzlich nur durch die Bento-Schnittstelle auf das Dokument zugreifen. Dadurch kann ein Dokument als Bentocontainer auf alle Plattformen transportiert werden und das lokale OpenDoc-Laufzeitsystem übersetzt zwischen dem lokalen Dateiformat und Bento.

**Kommunikationsprotokolle (Communication Protocols)** Die Kommunikation wie z.B. Drag und Drop und Links zwischen Parts müssen einheitlich sein.

**Automatisierung (Scripting)** Anstelle eines anwendungsspezifischen Makrodienstes ist ein einheitlicher Weg notwendig, über Parts hinweg eine Scriptsprache zu benutzen.

### 3.2 Modell des gemeinsamen Zugriffs

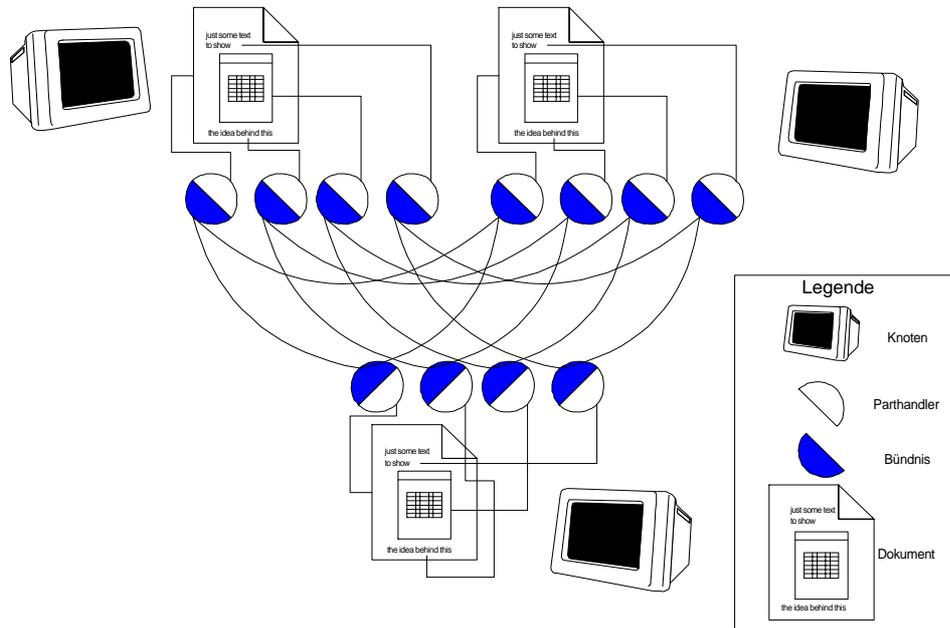
Der Zugriff auf gemeinsame Dokumente basiert i.allg. auf einem Modell der Verteilung der Dokumente. Bei einer *zentralen Lösung* liegt eine Kopie des gesamten Dokuments auf einem ausgezeichneten Knoten, dem Dokument-Server. Klienten erfragen die Lokation eines Dokuments und öffnen das Dokument bei dem betreffenden Server. Alle Zugriffe auf das Dokument erfolgen durch den Server, wobei der Klient unter Umständen zur Leistungsverbesserung einen Cache vorhält. Zur Konsistenzsicherung des Cache gelten alle bekannten Anforderungen, wie sie aus den verteilten Dateisystemen bekannt sind [Bor92, Tan95]. Bei einer *replizierten Lösung* hält jeder beteiligte Knoten eine Kopie, ein sogenanntes Replikat des Dokuments vor. Zwischen den Knoten können dann verschiedene Protokolle zur Synchronisierung zwischen den Replikaten eingesetzt werden. Es ist auch eine *hybride Lösung* möglich, in der die Dokumente zwar repliziert werden, aber ein zentraler Server die Zugriffe koordiniert.

### 3.3 Einbettung der Kooperationsunterstützung

OpenDoc stellt eine Reihe von standardisierten Schnittstellen zur Verfügung und bietet sich damit als Standard zur Einbettung einer Kooperationsunterstützung an.

Die Bento-Schnittstelle zur persistenten Speicherung von Dokumenten kann in einem verteilten objektorientierten System leicht auf entfernte Aufrufe an einen Dateiserver abgebildet werden. Mit *internalize* lädt ein OpenDoc-Parthandler die Daten seines Parts in seinen Speicher. Hinter dieser Funktion verbirgt sich im verteilten Fall eine Suche nach Kooperationspartnern. Ist diese erfolgreich, so wird der Parthandler in eine gemeinsame Gruppe zur Bearbeitung des Parts eingebunden. Schlägt die Suche fehl, so wird der Bento-Server nach dem Part gefragt. Schlägt auch diese Suche fehl, muß der Part neu erstellt werden. Ebenso beendet ein Part-Handler mit *externalize* die Bearbeitung des Parts. Hierbei wird der gegenwärtige Zustand persistent gesichert und der Part-Handler wird aus der Gruppe zur Bearbeitung des Parts wieder entfernt.

Während der Bearbeitung des Parts setzt der Part-Handler auf einer grundlegenden objektorientierten Schnittstelle auf, durch die er auf die Daten des Parts zugreift. Bei ändernden Operationen wird vom zugrundeliegenden System eine Synchronisation zwischen den Part-Handlern, welche den Part gemeinsam bearbeiten, durchgeführt und die ändernde Operation wird auf die Replikate übertragen. In Abbildung 25 ist das Konzept der kooperierenden Replikate veranschaulicht.



**Abbildung 25.** Einbettung der Kooperationsunterstützung in OpenDoc

### 3.4 Bündnisse

Das tragende Element bei der Kooperationsunterstützung wird durch die sogenannten Bündnisse gestellt. Ein Bündnis verfügt über die elementaren Synchronisationsmechanismen zur Kooperationsunterstützung. Ein Anwendungsentwickler muß die Objekte für seine Komponenten nur von diesem Bündnis ableiten und erbt die wesentlichen Elemente zur Kooperationsunterstützung. Damit kann sich der Anwendungsentwickler auf seine Entwicklungsplattform und die Anwendung konzentrieren. In Abbildung 25 wird die Aufteilung der Objekte durch die Schattierung der an der Kooperation beteiligten Objekte und die Verbindung der schattierten Objekte dargestellt.

## 4 Zusammenfassung

Die Entwicklung offener Dokumentenstandards wie OpenDoc öffnet die Möglichkeit für eine weitgehende Einbindung der Kooperationsunterstützung in die Arbeit mit Dokumenten. Somit wird die gewohnte Arbeit des Benutzers mit Dokumenten um Kooperation angereichert. Insbesondere wird die Kooperationsunterstützung dort eingebunden, wo sie unterstützend wirken soll, im Part. Die in der Einleitung gestellten Forderungen an eine Kooperationsunterstützung werden hierdurch erfüllt.

Die Forderung nach einer für den Anwendungsentwickler einfachen Einbettung der Kooperationsunterstützung wird durch das Konzept der Bündnisse erreicht. Da der Anwendungsentwickler die Funktionalität der Bündnisse verändern kann, ist die Anpaßbarkeit an besondere Anforderungen eines Parts ebenso gegeben.

Der Wechsel von einem monolithischen Programm zu einem auf Komponenten basierenden Dokumentenstandard bedeutet zusätzlich für den Benutzer, daß er auf einen offenen Markt von Komponenten zugreifen kann und damit weniger von einem einzelnen Hersteller abhängig ist und eine schnellere Verfügbarkeit von Komponenten für neuere Dokumententypen erwarten kann, da diese leichter zu entwickeln sind als in monolithischen Systemen.

# Ein deklarativer Ansatz zur Erreichung von Stabilität in der Visualisierung vernetzter Systeme

Volker Vogelmann

## 1 Einleitung

Im Rahmen der Simulation und Visualisierung vernetzter Systeme läßt sich zum einen die Identifizierung der Standorte durch Visualisierung des Netzes als *Optimierungsproblem* identifizieren. Zum anderen entstehen bei der Visualisierung von Information in graphischen Editoren und Hypermediasystemen Graphen<sup>2</sup>, deren Knotenzahl in die Hunderte gehen kann. Interaktives 3D-Graphenlayout soll die Exploration und Aufbereitung der Graphen ermöglichen. Ein Schwachpunkt bestehender Ansätze, welche Layout, Navigation und Editieren unterstützen sollen, ist die Stabilität [MV93] [BP90]:

- Mangelhafte dynamische Stabilität: Das automatisch erzeugte Graphenlayout ist instabil in dem Sinne, daß nach dem Editieren ein völlig anderes Layout entstehen kann.
- Mangelhafte statische Stabilität: Es mangelt an Möglichkeiten für den Benutzer, Semantik-Information in das Graphenlayout einzubringen.

Den genannten Schwächen soll in dieser Arbeit durch einen generischen deklarativen Lösungsansatz begegnet werden [Vog95] [VFK96].

## 2 Graphenlayout-Algorithmen

Das Layout eines Graphen ist eines der schwierigsten Probleme, welche beim Automatisieren des Designs von informativen Graphiken auftreten. Das Bestimmen der Positionen der Symbole (Knoten) in einem Graphen geschieht abhängig von verschiedenen Nebenbedingungen (Einschränkungen, auch *Constraints* genannt). Je nach Erwartungshaltung können das *ästhetische* Kriterien, *perzeptorische Organisation* [KMS91] oder *Stabilität* sein.

In der Literatur werden viele Layoutalgorithmen beschrieben; Eades und Tammasia [ET94] liefern hierzu eine ausführliche Bibliographie. Die Forschung konzentrierte sich meist auf spezielle Fälle des Problems, wie z.B. baumähnliche, hierarchische [Sug81], azyklische oder planare [Mut94] Topologien. Die gegenwärtigen Implementierungen lassen sich in zwei Kategorien einteilen: solche mit einem *algorithmischen* Ansatz und solche mit einem *deklarativen* Ansatz [LE95].

## 3 Ein deklarativer Ansatz durch Soft-Computing

Die existierenden heuristischen Methoden für ästhetisches Layout [ET94] lassen sich aber nicht auf beliebige Fälle anwenden. Zur Lösung von Layoutproblemen mit benutzerdefinierten oder anwendungsabhängigen Constraints durch den deklarativen Ansatz werden jedoch Techniken benötigt, solche Constraints einzubringen. Neben regelbasierten Methoden, Graph-Grammatik-Ansätzen und inkrementellen Constraint-Solvern müssen hierzu stochastische Optimierungstechniken betrachtet werden [SM91].

Hier setzt diese Arbeit an. Es sollen Techniken des *Soft-Computing* zur Lösung des automatischen Layoutproblems untersucht werden. Eine breitere Anwendung von *Evolutionary Computing* (EC) und *genetischen Algorithmen* (GA), auch für automatisches Layout, erfolgte erst in jüngerer Zeit. Es wird immer wieder die Güte der mit diesen Verfahren erzielten Lösungen hervorgehoben, aber auch die dafür benötigte lange Zeit [GZG<sup>+</sup>93] [Mic92] [SM91] [KMS91].

Diese stochastischen Optimierungstechniken garantieren zwar nicht das Optimum, durch das Verfahren der iterativen Verbesserung werden jedoch hervorragende Ergebnisse erzielt, allerdings typischerweise mit enormem Rechenaufwand. Hier soll untersucht werden, ob sich solche Heuristiken beschleunigen lassen, oder ob es schnellere Heuristiken gibt, die akzeptable Lösungen liefern.

Zur Lösung der oben genannten Probleme soll der Ansatz durch folgende wesentliche Ideen gestützt werden:

---

<sup>2</sup> Das aus der Menge der Knoten und der Menge der Kanten bestehende Paar, wobei eindeutig festgelegt ist, welche Knoten durch Kanten verbunden sind, wird *Graph* genannt [Neu75].

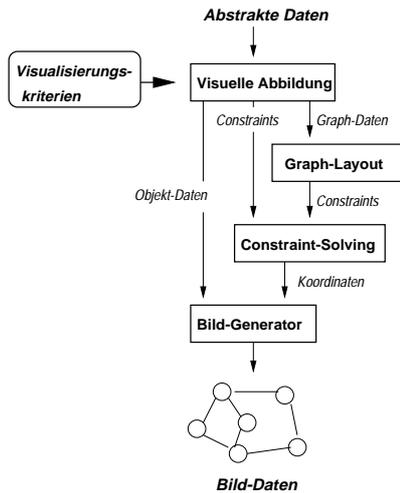


Abbildung 26. Erreichung von struktureller Stabilität.

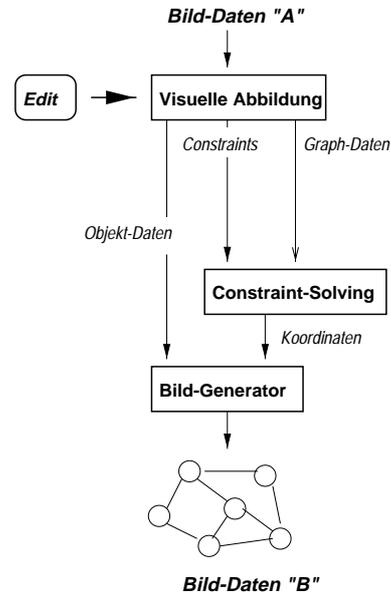


Abbildung 27. Erreichung von dynamischer Stabilität.

- Zeitaufwendige Heuristiken sollen durch Hybridisierung mit schnellen Hillclimbing-Algorithmen beschleunigt werden.
- Das Problem der dynamischen Stabilität im Graphenlayout soll als Constraint gelöst werden.
- Durch Anwendung von stochastischen Verfahren zur Optimierung von Graphenlayouts ist es möglich, beliebige Constraints simultan zu lösen und somit strukturelle Stabilität zu gewährleisten [DFM93].

### 3.1 Strukturelle Stabilität

Ein Graph, der sich nur wenig ändert, wenn er neu gezeichnet wird, wird als *stabil* bezeichnet. Die *strukturelle Stabilität* betrifft das Erfüllen von benutzerdefinierten Constraints. Wenn viele Constraints spezifiziert und erfüllt sind, hat der Graph wenig Bewegungsfreiheit.

Der Graph liegt zunächst in abstrakter Form vor (siehe Abb. 26). Diese abstrakten Daten werden geparkt (visuelle Abbildung) und Visualisierungskriterien als Constraints eingebracht. Für die Graph-Daten, welche nun in Form der Adjazenzmatrix vorliegen, wird ein initiales Layout erstellt (Graph-Layout). Hierbei werden globale Constraints schon berücksichtigt, die zusammen mit lokalen Constraints in einem weiteren Schritt gelöst werden (Constraint-Solving). Der Graph wird dann mit den Objekt-Daten gemäß den hieraus entstehenden Koordinaten durch einen Bild-Generator visualisiert.

### 3.2 Dynamische Stabilität

*Dynamische Stabilität* ist gegeben, wenn die Information eines Graphenlayouts beim nächsten Layout mitberücksichtigt wird. Idealerweise sollte eine kleine Änderung in der Struktur eines Graphen auch nur eine kleine Änderung im Layout zur Folge haben. Die meisten Layout-Algorithmen berücksichtigen das aktuelle Layout nicht und erzeugen ein komplett neues Layout.

Dynamische Stabilität kann durch die Minimierung eines abstrakten Abstandes zwischen aufeinanderfolgenden Layouts eines Graphen erreicht werden. Dieser Abstand könnte die Abweichung von Knoten oder Kanten von der bisherigen Position sein. Somit ist die dynamische Stabilität ein weiterer Constraint, der die Güte eines Layout-Algorithmus mitbestimmt.

Abb. 27 zeigt einen Ansatz zur Erreichung von dynamischer Stabilität. Die Bild-Daten "A" werden editiert und es entsteht somit eine neue Adjazenzmatrix. Die Minimierung des Abstandes zum aktuellen Layout geht als Constraint mit in das Constraint-Solving ein. Der Graph wird dann mit den Objekt-Daten gemäß den hieraus entstehenden Koordinaten durch einen Bild-Generator visualisiert (Bild-Daten "B").

## 4 Anwendung von genetischen Algorithmen auf Graphenlayout

Ein GA kann, wie Simulated Annealing, als eine modifizierte stochastische Suche für das Lösen von harten Optimierungsproblemen interpretiert werden. GAs orientieren sich an der Art und Weise, wie in

der Natur die Evolution von Pflanzen oder Lebewesen vorstatten geht. Die Berechtigung, die Evolution als Lösungsvorlage von Computerproblemen zu benutzen, ergibt sich aus vielzähligen Beispielen von Lebewesen und Pflanzen, welche sich im Laufe der Zeit immer wieder optimal an ihre Umgebung und Umwelteinflüsse angepaßt haben [Sch94]. Die grundlegende Idee eines genetischen Algorithmus ist, eine bestimmte Anzahl von Lösungsansätzen zu verwalten und diese dann in dem Maße zu verändern, daß einer oder mehrere „hoffentlich“ gegen die korrekte Lösung streben [Gol89]. Ein großer Vorteil von genetischen Algorithmen ist, daß sie sich sehr leicht und effizient verteilen lassen [RB92].

Um das GA-Paradigma auf Graphenlayout anzuwenden [Mas92] [KMS91]), muß zunächst eine Anzahl von Lösungen (Graph-Kandidaten) als *Population* bereitgestellt werden. Layout-Kriterien werden als geometrische Constraints ausgedrückt, welche wiederum Teil der *Fitnessfunktion* werden [WFB87]. Eine Minimierung dieser Funktion durch Anwendung der genetischen Operatoren *Selektion*, *Crossover* und *Mutation* auf die Population bedeutet Lösung der Constraints.

Ein und dasselbe Problem kann durch unterschiedliche Fitnessgebirge repräsentiert werden durch unterschiedliche Codierung der Phänotypen. Ein allgemeingültiges Gesetz, wie man Phänotypen am vorteilhaftesten codiert, existiert bisher nicht. Es können sogar einzelne Constraints durch geeignete Codierung vorweggenommen und dadurch der Suchraum reduziert werden.

## 5 Constrainthandling in genetischen Algorithmen

Die Fitnessfunktion kann sehr unangenehme Eigenschaften haben, die dem genetischen Algorithmus große Schwierigkeiten bei der Suche bereitet. Diese Eigenschaften rühren fast immer daher, daß bestimmte Problemlösungen nicht akzeptiert werden können, weil sie gewisse Constraints nicht erfüllen. Oft trägt auch die ungeschickte Genotypcodierung dazu bei, daß ernsthafte Probleme entstehen. Dann nämlich, wenn der erzeugte Offspring keiner gültigen Lösung entspricht. Es gibt nun verschiedene Methoden, mit solchen ungültigen Lösungen umzugehen.

### 5.1 Penaltyterme

Ein entwurfstechnischer Fortschritt beim Entwurf eines genetischen Algorithmus besteht im Einbringen von Penaltytermen in die Fitnessfunktion, welche ungültige Lösungen dadurch bestrafen, daß in der Fitnessfunktion ein großer, subtraktiver Wert den Funktionswert der Fitnessfunktion für ungültige Lösungen stark vermindert. Ein genetischer Algorithmus, der mit einer Fitnessfunktion auskommen muß, die wie z.B. eine Plateaufunktion mit einem extrem schmalen Berg keine Hinweise auf die Richtung des Maximums liefert, sollte eigentlich selbständig diese Situation erkennen und sinnlose Rekombinationen stark einschränken und stattdessen die durch den Mutationsoperator forcierte Zufallssuche bevorzugen. Selbstverständlich sollte er, wenn er den Berg gefunden hat, die dann sinnlos gewordene, häufige Anwendung des Mutationsoperators einschränken und wieder häufiger rekombinieren.

Ein wichtiges Prinzip beim Einsatz von Penaltytermen besteht darin, diese nicht konstant, sondern variabel zu gestalten. Der aufaddierte bzw. subtrahierte Strafterm soll umso größer ausfallen, je weiter der aktuelle Zustand von einer gültigen Lösung entfernt ist. Hierbei handelt es sich um eine Methode, die in vielen Optimierungsverfahren eingesetzt wird, sofern Lösungsraumeinschränkungen zu beachten sind.

### 5.2 Repairfunktionen

Repairfunktionen stellen die einzig sinnvolle Alternative zu Penaltytermen dar, um mit Constraints umzugehen. Entsteht durch die Anwendung genetischer Operatoren Offspring, der geforderte Constraints nicht erfüllt, so muß dieser Offspring nicht unbedingt verworfen oder bestraft werden. Repairfunktionen, die üblicherweise nicht in Kombination mit Penaltytermen eingesetzt werden, haben die Aufgabe, ungültigen Offspring gezielt derart zu verändern, daß er die Constraints erfüllt.

Muß ein mißratener Offspring repariert werden, weil er eine ungültige Lösung darstellt, so stellt sich die schwierige Frage, welche gültige Lösung aus dem ungültigen Offspring hergestellt werden soll. Wendet man hier eine zu grobe Strategie an, so läuft man Gefahr, daß viele gültige Lösungen von dem groben Raster, das man über den Zustandsraum legt, gar nicht erfaßt werden. Neben dem Nachteil des schwierigen Entwurfs, existiert noch ein gravierender Nachteil, was das Laufzeitverhalten betrifft. Normalerweise benötigt eine Repairfunktion viel mehr Zeit, als die genetischen Operatoren selbst. Da sie ohnehin nur eingesetzt wird, wenn der Großteil allen Offsprings eine Reparatur benötigt, verlangsamt sich der Ablauf durch ihren Einsatz gewaltig.

## 6 Das interaktive System GOLD

Es soll nun die Architektur des Software-Werkzeugs GOLD [VFK96] beschrieben werden (siehe im Vergleich die deklarativen Ansätze in [KK91], [Nel85], [Sis91], [MTKY92]). GOLD ist ein interaktives System zur hochqualitativen Visualisierung von Graphen in 3D. Es realisiert die beschriebenen Ideen und Lösungsansätze und beweist deren Machbarkeit.

Die Hauptmerkmale sind die folgenden.

- Erweiterbarkeit. Neue Layout-Strategien können leicht hinzugefügt werden durch die GOLD-Architektur (Abb. 28).
- Wählbarkeit verschiedener Layout-Strategien.
- Textuelle and visuelle Spezifikation von Constraints. Knoten und Kanten können selektiert werden, um mit ihnen Constraints zu verknüpfen.
- Eine erweiterbare Anzahl von vordefinierten lokalen Constraints, wie:
  - Kanten sollen einen spezifizierten Winkel einschließen.
  - Knoten sollen in einer Ebene liegen.
  - Knoten sollen auf einer Linie liegen.
  - Gewünschte Kantenlänge.
  - Gleiche Länge für eine Gruppe von Kanten.
- Perspektivische 3D-Ansichten mit interaktiver real-time Exploration der Graphen, wie Navigation, Zoom, Kameraflüge.

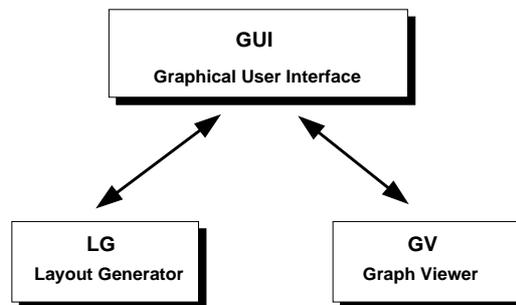


Abbildung 28. Die GOLD Architektur.

Die GOLD-Architektur umfaßt drei Module, wobei jedes als ein separater Prozeß realisiert ist (Abb. 28). Die *graphische Benutzerschnittstelle* (GUI) ist ein Modul, welches in Tcl/Tk geschrieben ist. Das Hauptfenster des GUI-Moduls ist gleichzeitig der Masterprozeß, welcher die anderen beiden Prozesse kontrolliert.

Das Modul *Layout-Generator* (LG), welches in C++ geschrieben wurde, offeriert verschiedene Strategien zum Graphenlayout, wie ein Zufalls-Layout, ein extrem schneller Federmodell-Algorithmus ([Fri94]) und eine Implementierung des oben beschriebenen GAs. Um die Performance des GA zu verbessern, wurde er mit einem Hillclimbing-Algorithmus hybridisiert, um zu lokalen Optima im Suchraum schneller zu konvergieren. GOLD ermöglicht dem Benutzer die Einstellung von verschiedenen GA-Parametern, sodaß der Tausch von Qualität gegen Geschwindigkeit im Ermessen des Benutzers liegt [Mic92]. Das Modul LG ist durch seine flexible Schnittstelle leicht erweiterbar.

Das Modul *Graph-Visualisierung* (GV) basiert auf GeomView, einem interaktiven Geometrie-Betrachter, welcher durch seine Lisp-ähnliche Kommando-Sprache in Applikationen eingebettet werden kann. Dieses Werkzeug unterstützt die Repräsentation von Graphenlayouts in 3D in real-time. Zusätzliche Navigationsmechanismen für die interaktive Exploration der Layout-Szene beinhalten Rotation, Translation und Zoom.

# Eine Managementarchitektur für ATM-basierte Netzwerke

Hajo R. Wiltfang

## 1 Einleitung

Das Management stellt einen wesentlichen Aspekt beim Betrieb von ATM-basierten Netzen dar. Daher wurden bereits beim Entwurf des ATM-Konzepts und darauf aufbauender Netze Mechanismen für das Management integriert. Allerdings sind derzeit noch viele Arbeiten im Bereich der Standardisierung von ATM nicht abgeschlossen, so daß erst wenige Standards existieren und noch einige Erweiterungen zu erwarten sind. Dies hat wiederum zur Folge, daß momentan am Markt befindliche ATM-Geräte nur wenig Managementfunktionalität bieten. Ferner unterscheiden sich die Geräte der verschiedenen Hersteller teilweise in der Art ihrer Managementschnittstellen und in der Menge und Form der angebotenen Managementinformation. Um trotz der beschriebenen Umstände ein komponentenunabhängiges Management von ATM-Netzen zu erreichen, wird in diesem Beitrag eine Managementarchitektur präsentiert, die zu diesem Zweck eine allgemeine Managementschnittstelle definiert. Ferner werden Anwendungen und Erweiterungen vorgestellt, die auf die allgemeine Managementschnittstelle aufsetzen.

## 2 Management von ATM-Netzen

Beim Management von ATM-Netzen können bezüglich des Zugriffs auf die ATM-Geräte grundsätzlich zwei Ansätze unterschieden werden. Das *In-Band-Management* nutzt für die Kommunikation mit den ATM-Geräten das ATM-Netz selbst, während das *Out-of-Band-Management* über dedizierte Managementschnittstellen der Geräte erfolgt. Für das In-Band-Management von privaten ATM-Netzen wurde vom ATM-Forum die ILMI-Schnittstelle (Interim Local Management Interface, [AF95], [AC95]) spezifiziert, die auf dem Managementprotokoll SNMP basiert. Da jedoch die Standardisierung der In-Band-Übertragung von Managementinformationen noch nicht abgeschlossen ist, werden von Herstellern heutiger ATM-Switches zumeist separate Out-of-Band-Managementschnittstellen angeboten.

Als Schnittstelle für das Out-of-Band-Management eignet sich ein zusätzlicher Ethernet-Port, da dieser problemlos in ein bereits vorhandenes lokales Netzwerk integriert werden kann. Ebenso bieten heutige ATM-Switches häufig serielle Schnittstellen für das Management. Im Bereich der Protokolle finden sich sowohl klassische Managementprotokolle wie SNMP als auch textuell orientierte Protokolle wie Telnet. Die genannten Protokollschnittstellen werden dabei hauptsächlich an Ethernet-Ports realisiert. Beim Einsatz von SNMP bestehen derzeit noch viele Unterschiede bezüglich der angebotenen Managementinformation, da auch im Bereich der unterstützten MIBs noch viele Vorschläge diskutiert werden. Grundlegende, bereits standardisierte MIBs (z.B. [AT94], [BT94]) werden größtenteils schon unterstützt. Zusätzlich bieten die meisten Hersteller jedoch proprietäre MIBs speziell für ihre Geräte an. Neben SNMP wird häufig auch Telnet als weiteres Managementprotokoll eingesetzt. Das Telnet-Protokoll ermöglicht es, eine Sitzung auf einem entfernten System zu eröffnen und dort dann lokal Aktionen zu veranlassen. Dabei kann über spezielle textuelle Menüs eine Initialisierung, eine Konfiguration oder das Auslesen relevanter Zustandsinformation vorgenommen werden. Für das Management eingesetzte Telnet-Schnittstellen sind allerdings extrem gerätespezifisch. Sie sind nicht nur vom Typ des Switches abhängig, sondern teilweise auch von der aktuellen Version des einzelnen Switches, die zumeist durch die eingesetzte Firmware gekennzeichnet ist.

Gerade die verschiedenen Ausprägungen der Schnittstellen erschweren jedoch ein übergreifendes Management eines ATM-Netzwerks. Anwendungen für das Management oder Monitoring eines einzelnen Geräts lassen sich zwar erstellen, sie müssen dann jedoch auf jede einzelne Schnittstelle und die dort unterstützte Managementinformation angepaßt werden. Ein umfassendes Management eines gesamten ATM-Netzwerks mitsamt aller darin enthaltenen ATM-Geräte wird jedoch nahezu unmöglich, wenn unterschiedliche ATM-Geräte in dem Netz vorhanden sind.

## 3 Eine Managementarchitektur für ATM-Netzwerke

Um ein einheitliches Management von ATM-Netzen trotz unterschiedlicher ATM-Geräte zu erreichen, wird in diesem Beitrag ein Schichtenmodell präsentiert, das aus drei Schichten besteht. Dieses Schichtenmodell ist nicht im Sinne des OSI-Referenzmodells zu verstehen. Es stellt vielmehr eine logische Strukturierung der verschiedenen Abstraktionsebenen beim Management dar.

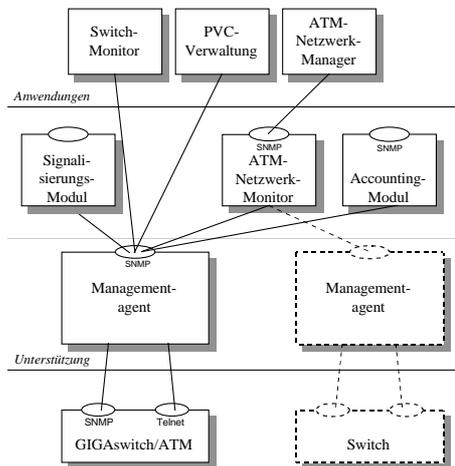


Abbildung 29. Komponenten der ATM-Managementarchitektur

Die unterste Schicht, das *Netzwerkkomponenten-Management*, ist durch die Charakteristiken der einzelnen Netzwerkkomponenten geprägt. Jeder ATM-Switch hat seine spezifischen Managementschnittstellen, die sich in Art und Umfang von denen anderer Switches unterscheiden können (vgl Kap. 2).

Die aufgezeigte Heterogenität von ATM-Netzwerkkomponenten ist die wesentliche Motivation für die mittlere Schicht, die *Netzwerkmanagement-Unterstützung*. Diese Schicht bietet Anwendungen eine allgemeine Out-of-Band-Schnittstelle für das Management von ATM-Komponenten. Andere Ansätze haben für eine solche Schnittstelle eigene Protokolle definiert [LM96a], [NEH<sup>+</sup>96]. Aufgrund der neu definierten Protokolle können die beiden Ansätze jedoch nicht direkt mit bereits bestehenden Managementanwendungen zusammenarbeiten, die größtenteils auf SNMP basieren. In dem hier vorgestellten Ansatz wurde daher für die Realisierung der allgemeinen Schnittstelle das Managementprotokoll SNMP gewählt. Gründe hierfür waren die Einfachheit des Protokolls, die umfangreichen Aktivitäten im Bereich des SNMP-Managements von ATM-Netzen und nicht zuletzt die Vielzahl schon vorhandener Anwendungen. Die an der allgemeinen SNMP-basierten Managementschnittstelle verfügbare Information ist in einer MIB festgelegt, die sich an [AT94] orientiert. Die Realisierung der Schnittstelle erfolgt mit Hilfe von Managementagenten, die jeweils auf die spezifischen Eigenschaften des betreffenden ATM-Switches abgestimmt sind. Neben der allgemeinen Managementschnittstelle bietet die Netzwerkmanagement-Unterstützung möglichen Anwendungen auch höherwertige Dienste an, die durch eigenständige Instanzen erbracht werden und dazu die allgemeine Managementschnittstelle der Agenten nutzen.

Die oberste Schicht bilden die *Netzwerkmanagement-Anwendungen*, die auf die allgemeine Managementschnittstelle der Netzwerkmanagement-Unterstützung aufsetzen. Ebenso können sie die vorgestellten höherwertigen Dienste nutzen. Die somit erreichte Unabhängigkeit von den Eigenschaften der ATM-Komponenten macht es möglich, Anwendungen für viele verschiedene ATM-Switches zu entwerfen und einzusetzen. Dies gilt sowohl für Anwendungen, die das Management eines einzelnen ATM-Switches zum Ziel haben, als auch im besonderen für Anwendungen, die ein gesamtes ATM-Netz überwachen und managen sollen. In gleicher Weise können auch kommerzielle SNMP-basierte Managementsysteme als Netzwerkmanagement-Anwendungen gemäß der vorgestellten Architektur eingesetzt werden.

#### 4 Instanzen der Netzwerkmanagement-Unterstützung

Generell sind in der Netzwerkmanagement-Unterstützung zwei unterschiedliche Arten von Instanzen angesiedelt. Managementagenten realisieren die vorgeschlagene allgemeine Managementschnittstelle und zusätzliche Instanzen bieten unter Nutzung dieser Managementschnittstelle den Anwendungen höherwertige Dienste für das Management von ATM-Netzen an.

Die allgemeine Managementschnittstelle für ATM-Switches wird mit Hilfe von Managementagenten realisiert (Abb. 29), die dabei die spezifischen Managementereigenschaften des Switches hinter ihrer allgemeinen SNMP-basierten Schnittstelle verbergen. Der Entwurf eines Managementagenten sollte modular erfolgen, damit eine einfache Anpassung an verschiedene Typen von Switches möglich ist. Ein Hauptmodul realisiert die allgemeine SNMP-basierte Schnittstelle. Dafür benötigt es die Beschreibung aller an dieser Schnittstelle unterstützten Managementobjekte, die für diesen Zweck in einem MIB-Modul definiert sind. Die Kommunikation mit dem Switch realisieren verschiedene Untermodule. Für jedes Managementprotokoll ist dabei ein eigenständiges Modul vorgesehen, damit diese Module einfacher auf

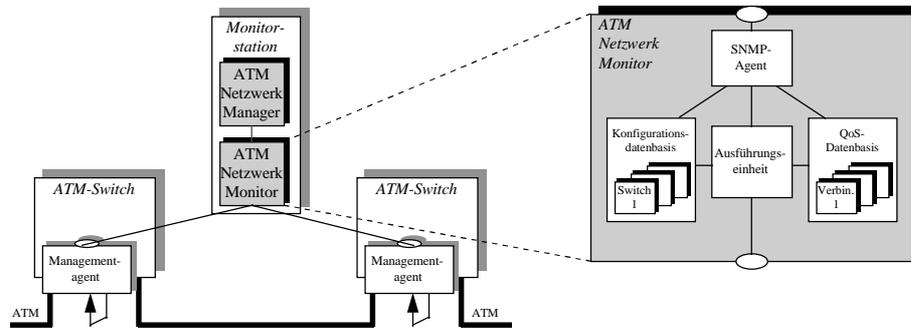


Abbildung 30. Einsatzszenario für den ATM-Netzwerk-Monitor

andere Switches angepaßt werden können. Ein SNMP-Modul ist für die SNMP-Kommunikation mit einem ATM-Switch ausgelegt. In gleicher Weise übernimmt ein Telnet-Modul die Kommunikation mit einem Switch an dessen Telnet-Schnittstelle. Bei der initialen Konfiguration werden beide Module auf die Charakteristiken der jeweiligen Schnittstelle des Switches angepaßt. Dabei ist festzulegen, welche Managementobjekte an welcher Schnittstelle verfügbar sind. Weitere Module, beispielsweise für das OSI-Managementprotokoll CMIP, sind ebenfalls vorstellbar.

Aufbauend auf der durch den Agenten realisierten Managementschnittstelle können weitere Instanzen in der Schicht der Netzwerkmanagement-Unterstützung höherwertige Dienste für Anwendungen erbringen (Abb. 29). Das *Signalisierungsmodul* bietet Anwendungen eine Out-of-Band-Schnittstelle zur Signalisierung von ATM-Verbindungen. Diesem Modul signalisierte Verbindungen werden mit Hilfe von PVCs auf dem zugehörigen ATM-Switch realisiert. Einen Vorschlag für eine Instanz zur Aufzeichnung von Benutzerdaten stellt das dargestellte *Accounting-Modul* dar. Durch diese Instanz könnten gemäß [MHGP96a] und [MHGP96b] Abrechnungsdaten zur Vergabe und Auslastung von ATM-Verbindungen auf einem ATM-Switch aufgezeichnet werden.

Die dritte dargestellte Instanz, der *ATM-Netzwerk-Monitor*, hat die Überwachung eines ATM-Netzwerks zum Ziel, um jederzeit Informationen zum Zustand des Netzes und seiner Komponenten liefern zu können. Hierzu ist ein Zugriff auf die Managementagenten aller ATM-Switches notwendig. Der ATM-Netzwerk-Monitor wird als eigenständiger Prozeß auf einer ausgezeichneten Monitorstation ausgeführt (Abb. 30 links). Die wesentliche Aufgabe dieses Monitors besteht in der bedarfsgesteuerten Überwachung von Qualitätsparametern einzelner ATM-Verbindungen. Ferner sammelt der Monitor periodisch Information zur Topologie des Netzwerks und zum Zustand aller ATM-Switches. Sämtliche Informationen, die der ATM-Netzwerk-Monitor während des Betriebs zusammenträgt, stellt er Managementanwendungen an seiner SNMP-Schnittstelle zur Verfügung (Abb. 30 rechts). Für die beiden unterschiedlichen Arten von Informationen, die der ATM-Netzwerk-Monitor sammelt, sieht die in Abbildung 30 dargestellte Struktur zwei Datenbasen vor. Die Konfigurationsdatenbasis enthält die statischen Informationen, die dort für jeden Switch abgelegt sind. Hier muß initial ein Switch eingetragen werden, damit er überhaupt vom Monitor überwacht werden kann. Sind Typ und Adresse des Switches bekannt, so kann der Monitor alle weiteren Informationen vom Switch selbst erfragen. Dazu gehören Informationen über die Anzahl und den Status von ATM-Ports auf den einzelnen Switches. Ferner wird zu jedem aktiven Port der benachbarte Switch bestimmt und bei jedem Switch die Tabelle der aktuell geschalteten ATM-Verbindungen ausgelesen. So erhält der Monitor Informationen über die Topologie des ATM-Netzwerks. Aufgrund des im wesentlichen statischen Charakters der beschriebenen Informationen in der Konfigurationsdatenbasis ist das Kommunikationsaufkommen zur Gewinnung und Erhaltung dieser Informationen relativ gering. Eine Aktualisierung der Daten in dieser Datenbasis durch Kommunikation mit dem Managementagenten des entsprechenden Switches im Bereich von Minuten erscheint dabei ausreichend. Die dynamische Information zu den Qualitätsparametern einzelner ATM-Verbindungen ist in der zweiten Datenbasis, der QoS-Datenbasis (Abb. 30 rechts), enthalten. Hier werden auf Anforderung Daten zu ausgewählten ATM-Verbindungen gesammelt und anderen Anwendungen an der SNMP-Schnittstelle zur Verfügung gestellt. Die Überwachung von Qualitätsparametern einzelner Verbindungen erfolgt nur auf Anfrage, da hierzu ein häufiges Abfragen der involvierten Switches im Bereich von Sekunden erforderlich ist. Neben den beiden Datenbasen besteht der ATM-Netzwerk-Monitor noch aus einer Ausführungseinheit und einem SNMP-Agenten. Die Ausführungseinheit übernimmt die Beschaffung der erforderlichen Information durch Kommunikation mit den Managementagenten der Switches. Der SNMP-Agent hat im wesentlichen die Aufgabe, die vom ATM-Netzwerk-Monitor gesammelte Information Managementanwendungen über eine definierte Schnittstelle zur Verfügung zu stellen.

Die drei vorgestellten Instanzen zur Erbringung höherwertiger Dienste in der Schicht der Netzwerkmanagement-Unterstützung stellen nur Beispiele dar. Weitere sinnvolle Dienste lassen sich in die Managementarchitektur integrieren, wenn sie in gleicher Weise als Instanzen realisiert werden.

## 5 Managementanwendungen für ATM-Netzwerke

Die allgemeine Managementschnittstelle der Netzwerkmanagement-Unterstützung ermöglicht es, Anwendungen für das Management von ATM-Netzen weitgehend unabhängig von Typ und Version der einzelnen ATM-Komponenten zu erstellen. Anwendungen erhalten alle benötigte Managementinformation, indem sie per SNMP mit den Managementagenten der Switches kommunizieren (Abb. 29).

Ein *Switch-Monitor* für einen ATM-Switch dient der Überwachung der wesentlichen Betriebsparameter des Geräts. Diese Parameter werden dem Benutzer in einer übersichtlichen Weise graphisch präsentiert. Gerade für Netzwerkkomponenten in einem so innovativen Bereich wie ATM ist ein Switch-Monitor als wertvolles Hilfsmittel bei Installation, Konfiguration, Test und Betrieb anzusehen. Für den GIGAswitch/ATM von Digital Equipment ist ein Switch-Monitor entworfen und realisiert worden [Foc96], [Wil96]. Der Monitor zeigt die Frontansicht des Geräts, wodurch dem Benutzer Informationen zum Zustand des Geräts vermittelt werden. Detailliertere Informationen zu einzelnen Ports sind in zusätzlichen Fenstern darstellbar, wenn der entsprechende Port selektiert wird.

Die Managementanwendung *PVC-Verwaltung* dient der benutzerfreundlichen Verwaltung von PVCs. Permanente ATM-Verbindungen müssen mit Hilfe des Managements auf einem ATM-Switch konfiguriert werden. Dies erfolgt in der Regel in textueller Form an einer geeigneten Out-of-Band-Schnittstelle. Das Einrichten oder Löschen an einer solchen textuellen Schnittstelle gestaltet sich jedoch recht aufwendig, da jeweils viele Parameter für den entsprechenden PVC einzugeben sind. Alle diese Angaben sind zwar für die Einrichtung des PVCs notwendig, allerdings könnte eine graphische Oberfläche ihre Eingabe wesentlich vereinfachen. Die Festlegung der gewünschten Ports für einen PVC läßt sich durch Anwählen der Ports in der graphischen Darstellung realisieren. Daraufhin sollte dann automatisch ein Fenster geöffnet werden, in dem die restlichen Konfigurationsparameter einzutragen sind. Ein Angebot an vorkonfigurierten Werten könnte auch hier die Auswahl erleichtern.

Der *ATM-Netzwerk-Manager* stellt eine Managementanwendung dar, die für die Verwaltung eines (lokalen) ATM-Netzwerks konzipiert ist. Sie unterstützt Anwendungen, die auf Endsystemen lokalisiert sind und das ATM-Netzwerk für den regulären Datentransport nutzen, indem sie deren ATM-Verbindungen überwacht und verwaltet. Stellt beispielsweise ein QoS-Monitor [SB96] auf einem Endsystem die Verletzung von Qualitätsparametern für eine bestimmte ATM-Verbindung fest, so kann er sich an den ATM-Netzwerk-Manager wenden. Dieser nutzt dann die Dienste des ATM-Netzwerk-Monitors (vgl. Kap. 4), um die betreffende ATM-Verbindung zu überwachen und die Ursache für die Qualitätsverschlechterung festzustellen. Ist die Ursache bekannt, kann der ATM-Netzwerk-Manager versuchen, durch Umkonfiguration von Switches die Übertragungsqualität der betroffenen Verbindung wieder zu verbessern. Hierzu könnte die Verbindung beispielsweise über einen anderen Switch umgeleitet werden.

## 6 Zusammenfassung

Nach einer Diskussion der derzeitigen Situation beim Management von ATM-basierten Netzen wird in diesem Beitrag eine Managementarchitektur für diesen Bereich vorgestellt. Das präsentierte Schichtenmodell definiert drei Schichten, die jeweils als Zusammenfassung von Funktionen des Managements auf einer logischen Abstraktionsebene zu sehen sind. In der Schicht der Netzwerkmanagement-Unterstützung wird mit Hilfe von Managementagenten eine allgemeine Managementschnittstelle für ATM-Komponenten realisiert, die auf dem Managementprotokoll SNMP beruht. Diese Schnittstelle ermöglicht es, Managementanwendungen unabhängig von den spezifischen Eigenschaften der Managementschnittstellen einzelner ATM-Komponenten zu entwickeln. Neben den Managementagenten finden sich noch weitere Instanzen in der Schicht der Netzwerkmanagement-Unterstützung, die höherwertige Dienste erbringen. Für solche Instanzen und für potentielle Managementanwendungen in ATM-Netzen sind einige Beispiele vorgestellt worden. Der aktuelle Stand der Implementierung konzentriert sich derzeit auf den GIGAswitch/ATM von Digital Equipment. Für diesen ATM-Switch wurde ein Managementagent und ein Switch-Monitor implementiert. Zukünftige Arbeiten beschäftigen sich mit der Implementierung weiterer Komponenten der vorgestellten Architektur. Hierbei ist vor allem die Implementierung des ATM-Netzwerk-Monitors und des Signalisierungsmodules von Interesse. Schließlich wird die Anpassung des Agenten an einen anderen ATM-Switch angestrebt.

Teil II

# Projekte



# SFB 346: Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen

Jörn Hartroth, Arnd G. Grosse und Dietmar A. Kottmann

## 1 Entwicklung des SFB346

Der Sonderforschungsbereich 346 verfolgt die Zielsetzung, Methoden der Rechnerintegration für Konstruktion und Fertigung im Maschinenbau zu untersuchen. In den ersten beiden Projektphasen wurde die Entwicklung und nachfolgende Konsolidierung des integrierten Produkt- und Produktionsmodells PPM als konzeptionelle Basis der informationstechnischen Erfassung aller relevanten Produktionsabläufe von der Auftragsakquisition über Erzeugnisentwicklung und -konstruktion bis hin zur Fertigungsplanung und -durchführung betrieben. In der nun folgenden dritten Projektphase soll in den Jahren 1996 bis 1999 dieses Modell in Richtung dynamischer Abläufe erweitert werden. Damit folgt der SFB 346 den aktuell in der Maschinenbauindustrie auftretenden Anforderungen, immer kürzere Produktzyklen zu erzielen und flexibel auf dynamisch veränderliche Marktsituationen zu reagieren. Als Folge des Trends zu verteilten Unternehmensstrukturen und dem Outsourcing nichtzentraler Funktionen soll das bisherige monolithische Unternehmensmodell zu einem kooperierenden Verbund teilautonomer Einheiten weiterentwickelt werden, die jeweils auf bestimmte Kernkompetenzen spezialisiert sind. Abbildung 31 zeigt eine Aufstellung der Teilprojekte des SFB für die dritte Antragsphase gegliedert nach ihrer Stellung im Produktionsprozeß.

A Übergeordnete Problemfelder	B Angebot/ Auftrag/Vertrieb	C Entwicklung / Konstruktion	D Planung	E Arbeitsvorber./ Fertigung
A1 Kooperation über verteilte Objektbanken		C1 Funktionale Modellierung zeitlicher Aspekte	D1 Strategische Fertigungsmittel- planung	E1 Optimierung von Bearbeitungs- elementen
A2 Modellintegration durch formale Begriffsanalyse und Sichtenbildung	B2 Kooperative Produkt- entwicklung	C2 Modellierung von Konstruktions- arbeitsräumen	D2 Fördermittel- und Trassenplanung	
			D3 Personal- einsatzplanung	
A4 Kommunikations- ergonomie in der Planung				
A5 Unterstützung nicht formalisierter Kommunikation				
A6 <b>Dynamische Verteilungs- infrastrukturen</b>				
A7 Generisches Simulationsmodell für das PPM				

**Abbildung 31.** Themen der SFB-Teilprojekte (mit nicht direkt übernommenen Projekten)

Die Entwicklung zu einer stärkeren organisatorischen Untergliederung des Unternehmensmodells spiegelt sich unmittelbar in neuen Anforderungen an die informationstechnische Infrastruktur wieder, die in Erweiterung des vormals logisch zentralen und nur physikalisch verteilten Modells jetzt auch explizit einen

Verbund mehrerer Informationsdomänen unterstützen muß. Die Arbeiten des Instituts für Telematik im Teilprojekt A6 beschäftigen sich mit Lösungen für diese Anforderungen im Bereich der dynamischen Verteilung von Informationen. Wie schon in der vergangene Antragsphase wird A6 in enger Beziehung zu den Arbeiten an der objektorientierten Datenbank GOM in Teilprojekt A1 und den Arbeiten am PPM in Teilprojekt A2 stehen. Die anderen Teilprojekte nutzen die dynamischen Verteilungsinfrastrukturen als Integrationsbasis für spezifische Anwendungen entlang des Produktionsablaufs.

## 2 Rolle des Teilprojekts A6

### 2.1 Ergebnisse der zurückliegenden Antragsphase

In der zurückliegenden Antragsphase wurde durch die vom Teilprojekt A6 entwickelten Mechanismen der lokationsunabhängigen Verwaltung persistenter Objekte die Grundlage für die informationstechnische Unterstützung der rechnerintegrierten Konstruktion und Fertigung von Bauteilen in einer räumlich verteilten Umgebung gelegt. Die Schwerpunkte der Arbeiten lagen dabei auf folgenden Gebieten:

**Empirische Anforderungsstudie** Ende 1994 wurde unter deutschen Maschinenbauunternehmen eine empirische Studie durchgeführt, um die Anforderungen moderner ingenieurwissenschaftlicher Anwendungen an Verteilungstechnologien festzustellen. Die Ergebnisse der Studie ließen gegenüber dem aktuellen Stand der Informationsinfrastruktur einen erheblichen Bedarf an weitergehender Integration und zielgerichteter Verteilung heute noch getrennter Informationsbestände erkennen [GHK<sup>+</sup>96a].

**Untersuchung von Verteilungsmechanismen für objektorientierte Datenbanken** Die Verteilungsunterstützung für objektorientierte Datenbanken wurde anhand mehrerer Prototypen auf Basis des im SFB verwendeten Datenbanksystems GOM untersucht. Wesentliche Punkte waren Fragen der effizienten Lokalisierung mobiler Datenbankobjekte, die prototypische Untersuchung der Aktivität bei mobilen Objekten und die Beobachtung von Wechselwirkungen zwischen Transaktionsbearbeitung und Objektmigration.

**Trading als Infrastruktur für integrierte Systeme** Auf der Basis des Trading-Systems Agora wurde die Eignung eines Trading-Dienstes zur Ermittlung von Einstiegspunkten in objektorientierte verteilte Datenbanken untersucht [GKK95a]. Weiterhin wurde der Ansatz verfolgt, Trading als Mechanismus zur transparenten Erhöhung der Fehlertoleranz für zusammengesetzte komplexe Dienste einzusetzen [GKK96].

**Integration mobiler Teilnehmer in ein vernetztes System** Zur Integration schmalbandig verbundener mobiler Teilnehmer in ein Unternehmensnetzwerk wurden zwei verschiedene Ansätze verfolgt. Die Delegation von Serverzugriffen vom Mobilrechner an einen Proxy-Server nutzt die räumliche Struktur der unterliegenden Netzwerktopologie zur Optimierung des Zugriffs aus. Abgekoppelte Operationen auf replizierten Objekten basieren dagegen auf der zeitlichen Strukturierung von Objektzugriffen.

Eine ausführliche Diskussion der erzielten Ergebnisse der zurückliegenden Antragsphase erfolgt an anderem Orte [SFB96a].

### 2.2 Geplante Arbeiten in der neuen Antragsphase

Für die neue Antragsphase sollen einerseits die bislang entwickelten Infrastrukturkonzepte und -mechanismen zur Unterstützung der im SFB untersuchten dynamischen Abläufe ausgebaut werden und zum anderen Grundlagen für die informationstechnische Integration teilautonomer Unternehmensbereiche geschaffen werden [SFB96b]. Wie schon in der zurückliegenden Phase werden die Arbeiten in drei Schwerpunkten ausgeführt, die sich mit der zielgerichteten Informationsvermittlung durch dynamisches Trading, der Optimierung von Datenzugriffen bei heterogener Netzinfrastruktur durch Verlagerung von Dienstfunktionen zur Laufzeit und der Koordination von Verteilungsmechanismen für den konkurrierenden Zugriff beschäftigen.

**Trader-Interworking** Die in der letzten Antragsphase eingeführte Technik des Trading zur Vermittlung von Diensten und Einstiegspunkten in Datenbestände auf Basis qualifizierender Attribute ist nach aktuellem Entwicklungsstand in der Lage, mehrere jeweils lokal verwaltete Datendomänen durch Trader-Kooperation oder -Föderation zu einem Informationsverbund zu integrieren. Die Einrichtung und Modifikation der diesem Konzept zugrundeliegenden Trading-Kontrakte erfolgt jedoch auf niedrigem Abstraktionsniveau und führt bei fortlaufender Anpassung an ein dynamisch veränderliches umfangreiches Beziehungsgeflecht zu nicht beherrschbarem Aufwand. Zum Beispiel müssen die Kontrakte, die Art und

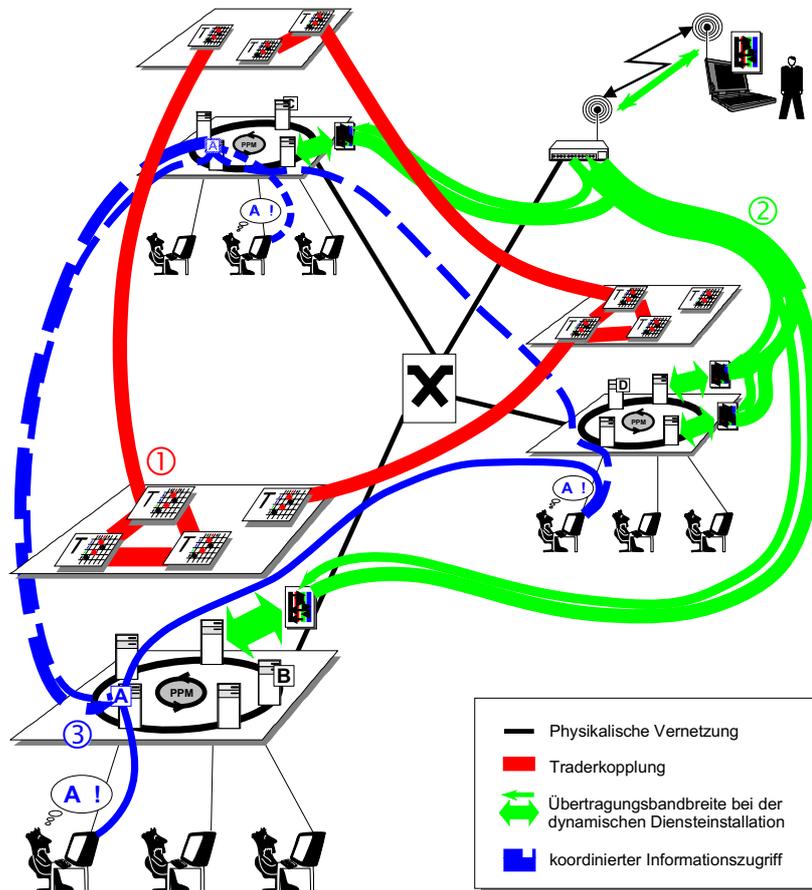


Abbildung 32. Arbeitsgebiete des Instituts für Telematik im SFB 346

Umfang der zwischen Tradern auszutauschenden Informationsressourcen beschreiben, derzeit einzeln explizit von einem Manager festgelegt werden. Ziel der Arbeiten im Trading-Bereich ist daher die Anhebung des Abstraktionsniveaus für die Modellierung dynamischer Informationsbeziehungen auf eine anwendungsnahe Ebene und die automatische Ableitung der unterliegenden Trading-Kontrakte. Die Umsetzung soll in einer zweistufigen Architektur erfolgen, die zum einen die Beschreibung modellierter logischer Informationsflüsse zwischen Organisationseinheiten und den hiervon abgeleiteten zugehörigen Trading-Domänen in eine initiale Konfiguration der Trading-Kontrakte umsetzt und zum anderen für dynamische Änderungen der Informationsbeziehungen eine Änderungsschnittstelle anbietet, über die eine automatische konsistente Rekonfiguration der Trading-Kontrakte angestoßen werden kann.

**Dynamische Dienstinstallation** Eine charakteristische Entwicklung in Maschinenbauunternehmen ist das vermehrte Auftreten spontanen, nur unvollständig planbaren Informationsbedarfs, der sich durch die fehlende explizite Modellierbarkeit dem Trading-Ansatz entzieht. Die Befriedigung dieses Bedarfs erfordert komplexe Operationen auf Daten außerhalb der regelmäßig verwendeten Informationszugriffspfade und unterliegt engen Kostenbeschränkungen, was sich auf technischer Ebene in die Forderung nach flexibel spezifizierbarer Funktionalität, situativ navigierendem Informationszugriff und geringem Ausführungsaufwand übersetzt. Heutige Datenbanksystemen erfüllen diese Anforderungen nicht hinreichend, da sie auf der Übertragung von Datenmengen zur Anwendung (sog. Data-Shipping) basieren, was bei stark selektiven Funktionen erhebliche Redundanz in der Datenübertragung bedingt, und ein Mechanismus zur Übertragung von spezialisierten Auswertungsfunktionen zu den Daten (sog. Function-Shipping) derzeit nur rudimentär entwickelt ist. Ein Vorschlag zur Erfüllung der gestellten Anforderungen besteht in einem Konzept der dynamischen Dienstinstallation, das es erlaubt, im Moment des Bedarfs schlanke, speziell zugeschnittene Dienstfunktionen unmittelbar bei den relevanten Daten einzurichten und auszuführen. Die Umsetzung des Ansatzes in eine konkrete Architektur soll zur Realisierung der Dienstfunktionen mobile Skripten verwenden, die in einer dedizierten Ablaufumgebung interpretativ ausgeführt werden. Abhängig von der Nutzungscharakteristik des Dienstes und der Netzinfrastruktur stehen verschiedene Optimierungsmöglichkeiten für das Verfahren offen [GHK96b].

Neben der rein funktionalen Umsetzung der dynamischen Dienstinstallation müssen beim Datenzugriff

zwischen autonomen Unternehmensteilen hohe Sicherheitsanforderungen erfüllt werden, die bei der hier vorliegenden Mobilität von ausführbaren Funktionen besondere Ansprüche an die Sicherheitsmechanismen der Laufzeitumgebung stellen. Zur Erfüllung dieser Aufgaben sollen Funktionen der Sicherheit und Abrechnung in die Ablaufumgebung für dynamische Dienste eingebettet werden, so daß eine neue administrative Grenze zwischen extern definierten Diensten und dem lokalen System errichtet wird.

Zwischen den geplanten Arbeiten im Bereich des dynamischen Tradings und der dynamischen Dienstinstallation bestehen enge Beziehungen, da einerseits dynamisch installierbare Dienste zur Auffindung geeigneter Datenquellen einen Trading-Dienst benötigen und sie andererseits als Infrastrukturmechanismus für den Informationsaustausch in einem Traderverbund dienen können. Das hier absehbare Synergiepotential soll eingehend untersucht werden.

**Optimierte Koordination unabhängig entwickelter lokaler Abläufe** Die Verwendung von Verteilungsmechanismen ist in heutigen verteilten Systemen eng an ihre technische Umsetzung angelehnt, wodurch eine komplexe Verteilungssemantik zur Koordinierung moderner verteilter Anwendungen nur umständlich realisiert werden kann. Die Vermeidung von Anforderungskollisionen und ineffizientem Systemverhalten ist so nur innerhalb eines gemeinsamen Entwurfskontextes möglich, der bei der im SFB verfolgten Integration unabhängiger Unternehmensbereiche jedoch nicht länger vorausgesetzt werden kann. Im Bereich der Verteilungsmechanismen soll daher in direkter Fortführung der bisherigen Arbeiten ein übergreifendes Konzept entwickelt werden, das einzelnen Anwendungen die Anzeige ihrer Anforderungen auf geeigneter semantischer Ebene erlaubt und die Koordination der technischen Umsetzung in Systeminstanzen mit dynamisch aktualisierter übergreifender Sicht über die jeweils in Konkurrenz stehenden Nutzerpopulationen verlagert.

Abbildung 32 illustriert die Vorhaben des Instituts für Telematik in der dritten Antragsphase des SFB 346. Dargestellt ist hier die Verflechtung verschiedener Domänen durch Trader-Interworking, der Zugriff eines Mobilrechners auf das Festnetz über dynamisch installierte Dienste und die Verlagerung eines Datenobjekts als Resultat der koordinierten Zugriffsoptimierung.

# SFB 1557 — Dynamische und lernfähige Agentennetze für technische Anwendungen

Günter Schäfer und Jochen Seitz

## 1 Ausgangslage

Die im SFB 314 begonnene Zusammenarbeit von Karlsruher Gruppen der Informatik mit Ingenieuren des Maschinenbaus aus dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik (wbk) hat sich in der Vergangenheit ausgezeichnet bewährt. Es konnten dadurch Ideen der Künstlichen Intelligenz und der Informatik in den Ingenieurbereich getragen und dort anwendungsnah erprobt werden. Umgekehrt gaben Fragen aus dem Ingenieurbereich Anregungen für neue Problemstellungen der Informatik. Vergleichbare Erfahrungen werden derzeit auch im Rahmen des SFB 346 gesammelt. So entstand der Wunsch, eine Fortsetzung der Zusammenarbeit in einer vom SFB 314 nahegelegten Ausrichtung auf breiterer Basis ins Auge zu fassen.

Angesichts der sich zunehmend herausstellenden Komplexität und Inflexibilität großer, monolithischer Systeme stellt sich der geplante Sonderforschungsbereich 1557 die Aufgabe, neue Architekturen, Methoden und technische Lösungen der Informatik bereitzustellen, welche eine Vielzahl kleiner Einheiten, deren Anpassungsfähigkeit an ständig wechselnde Umgebungsbedingungen und deren flexibel geregeltes Zusammenwirken adäquat zu modellieren und informationstechnisch zu unterstützen erlauben. Als Anwendungsfeld wird hierbei die Konstruktion, Planung und Produktion eines Produkts, aber auch seine Wartung und schließlich seine Demontage und Wiederverwertung (im folgenden kurz KPP-Prozeß genannt) herangezogen. Gerade beim KPP-Prozeß erweisen sich heute aufgrund der Forderungen nach Wirtschaftlichkeit bei kurzen Lebenszyklen und Markteinführungszeiten sowie bei großer Variantenvielfalt, schnellem Produktwechsel, verteilten Fabrikationszentren und Anpassungsfähigkeit an individuelle Kundenwünsche große, monolithische Systeme als zu inflexibel. Sie sollten daher durch eine Vielzahl spezialisierter und selbständiger Einheiten, die sich nur noch fall- und zeitweise zum Erbringen einer bestimmten Leistung zusammenschließen, abgelöst werden. In diesem Zusammenhang spricht man auch vom *agentenorientierten Ansatz*.

## 2 Arbeitsgruppen im SFB 1557

Agentensysteme für relativ kleine Anwendungen sind nach dem heutigen Stand der Technik realisierbar. Die Herausforderung liegt in dem konsequenten Einsatz des Agentenkonzepts als Strukturierungsmittel für den gesamten KPP-Prozeß. Agenten und die aus ihnen zusammengesetzten Agentennetze werden hierbei als ein Strukturierungsmittel für komplexe verteilte Anwendungen verstanden. Aus dieser Perspektive soll der Sonderforschungsbereich einen Beitrag zur ingenieurwissenschaftlichen Gestaltung verteilter Anwendungen liefern.

Hierzu werden die folgenden Perspektiven bzw. Sichten unterschieden, unter denen Agentensysteme betrachtet werden können (siehe hierzu auch Abbildung 33):

Anwendersicht	
Formale	Systemsicht
Sicht	Betriebsicht

Abbildung 33. Sichten im SFB 1557

- *Anwendersicht*: In diesem Projektbereich wird ein anwendergetriebenes produktionstechnisches Szenario definiert, welches zur Validation der in den anderen Projektbereichen entwickelten Techniken

herangezogen wird. Im weiteren Verlauf sollen aus den hierbei erzielten Ergebnissen neue Anforderungen an die anderen Projektbereiche gestellt und somit eine kontinuierliche Verbesserung und eine gegenseitige Kontrolle und Befruchtung der Arbeiten bewirkt werden.

- *Formale Sicht:* Dieser Projektbereich betrachtet den Entwurf von Agentennetzen und deren Anpassung an neue Randbedingungen aus formaler Sicht mit dem Ziel, durch den Einsatz von Methoden und Werkzeugen zur automatischen Validierung den korrekten Entwurf von Agentennetzen zu unterstützen. Die semantische Basis der für diese Aufgabe unabdingbaren formalen Beschreibungen der Agentennetze sind kommunizierende, erweiterte endliche Automaten. Als konkrete Beschreibungsformalismen sollen Dynamische Algebren und SDL betrachtet werden.
- *Systemsicht:* Aus der Systemsicht sind Agenten durch Ereignisse gesteuerte, gegebenenfalls nebenläufige Programme. Zu den wichtigsten Aufgaben dieses Themenbereichs gehören daher die Bereitstellung einer Bibliothek von Bausteinen für häufig auftretende Teilaufgaben und einer entwurfsunterstützenden Plattform, welche auch Hilfsmittel für die Visualisierung und Simulation des Entwurfs umfaßt.
- *Betriebssicht:* Mit der Gestaltung agentenorientierter Technologie unter dem Gesichtspunkt beherrschbaren und flexiblen Betriebens von Agentennetzen liefert die Betriebssicht einen entscheidenden Faktor für die Akzeptanz des agentenorientierten Ansatzes.

Das Institut für Telematik wird Aspekte der Betriebssicht bearbeiten, die daher im folgenden Abschnitt ausführlicher beschrieben werden.

### **3 Betriebssicht: Zusammenfassende Darstellung des Projektbereichs B**

Beherrschbares und flexibles Betreiben von Agentennetzen kann nur unter den folgenden Voraussetzungen gewährleistet werden:

- Der aktuelle Status des betrachteten Agentennetzes kann jederzeit detailliert abgefragt werden. Hierzu gehören sowohl Informationen über einzelne Agenten als auch über die Kommunikationsbeziehungen der Agenten untereinander. Hierbei ist darauf zu achten, daß für jeden Agententyp die Information bereitgestellt wird, welche für eine sinnvolle Kontrolle und Steuerung des Agentennetzes notwendig ist. Diese muß in einer einheitlichen Art und Weise beschrieben und zur Laufzeit abgefragt werden können. Desweiteren müssen Agenten auch von sich aus auf Problemsituationen hinweisen können.
- Wichtige Parameter eines Agentennetzes bzw. einzelner Agenten, wie beispielsweise die Lokation (Rechner, Subnetz, o.ä.) eines Agenten, die Kommunikationsanforderungen (z.B. Farbtiefe bei Multimedia-Kommunikation) eines Agenten oder Zugriffsrechte auf angebotene Dienste eines Agentennetzes, müssen zur Laufzeit beeinflussbar sein. Eine einheitliche Schnittstelle für den Zugriff ist hierbei unabdingbar, da nur so mit vertretbarem programmiertechnischen Aufwand auf im Prinzip unbekannte Agenten eingewirkt werden kann.

Grundlegende Verwaltungsunterstützung für Agentennetze soll daher im Teilprojekt *B1 „Integriertes Management eines Agentennetzes“* entwickelt werden. Hierbei ist zu beachten, daß beispielsweise Anforderungen von Agenten an Netzwerkressourcen und an andere Agenten koordiniert erfüllt werden müssen, um einen reibungslosen Betrieb des Gesamtsystems zu gewährleisten.

Besondere Bedeutung wird darüber hinaus der Multimediafähigkeit der Kommunikationsstrukturen für Agentennetze beigemessen. Kommunikation zwischen Agenten kann dabei grundsätzlich in verschiedenen Ausprägungen mit völlig unterschiedlichen Anforderungen an die benötigten Kommunikationssysteme erforderlich werden. So sind die unterschiedlichen Charakteristika verschiedener Medienströme, wie z.B. Bewegtbild-, Standbild-, Audio- und herkömmlicher Datenkommunikation sowie Synchronisationsprobleme bei kombinierten Datenströmen zu berücksichtigen. Aus diesem Grund ist die Konzipierung dynamisch konfigurierbarer Kommunikationssysteme eine zentrale Voraussetzung für adaptive und somit flexible Agentenkommunikation. Dieses Ziel soll im Teilprojekt *B2 „Multimedia-Kommunikation als Grundlage für die Kooperation in einem Agentennetz“* verfolgt werden. Neben einem eher grundlegenden Basis-Kommunikationsdienst unter Zuhilfenahme des entfernten Prozeduraufrufs sollen beliebige Kommunikationsanforderungen spezifizierbar und Realisierungen dafür leicht integrierbar sein.

# Teleteaching auf Basis von MMC

Jörg Sievert

## 1 Einleitung

Verteilte multimediale Systeme erlauben die Integration von Video und Audio in den verschiedensten Umgebungen. In der Lehre erlaubt die Anwendung von verteilten Multimediasystemen mehreren Hörsälen an Vorlesungen teilzunehmen, welche in nur einem der Hörsäle stattfindet. Ein einzelner Vortragender kann so eine größere Zuhörerschaft erreichen und entfernt liegende Hörsäle können von hochqualifizierten und interessanten Vorlesungen profitieren.

Die meisten Teleteaching Ansätze basieren auf existierenden Videokonferenzsystemen. Teleteaching unterscheidet sich jedoch in einigen wesentlichen Punkten von herkömmlichen Desktopvideokonferenzsystemen. Insbesondere die Art und Anzahl der Interaktionen zwischen den Teilnehmern ist sehr unterschiedlich.

## 2 Anforderungen an ein Teleseminar-System

Aufgabe eines Teleseminar-Systems ist die Übertragung eines Seminars, einer Vorlesung oder eines Vortrages von einem Hörsaal an einen oder mehrere entfernte Orte. Bei diesen Orten kann es sich prinzipiell um weitere Hörsäle oder multimediafähige Einzelplatzrechner handeln. Bei einem Teleseminar sollte im Vergleich zur herkömmlichen, also rein lokalen Vorlesung nach Möglichkeit weder für den Vortragenden, noch für die Zuhörer im lokalen Hörsaal, noch für die Zuhörer in den entfernten Hörsälen ein wesentlicher Nachteil entstehen. Damit die Zuhörer im entfernten Hörsaal in gewohnter Weise an der Vorlesung teilnehmen können, ist eine qualitativ hochwertige Übertragung von Bild und Ton des Vortragenden essentiell. Ferner muß die Möglichkeit erhalten bleiben, Rückfragen stellen zu können. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Übertragung der Folien, auf die sich der Vortrag stützt [Ret95].

Bild- und Tonübertragung mit Rückfragemöglichkeit sind Merkmale, die bereits von Video- und Desktopkonferenzsystemen erbracht werden, so daß es nahe liegt, ein Teleseminar-System mit Hilfe eines bereits bestehenden Konferenzsystems zu realisieren. Video- und Desktopkonferenzsysteme unterscheiden sich dabei im wesentlichen in zwei Punkten: Zum einen bieten die meisten Desktopsysteme die Möglichkeit, gemeinsam an speziellen Anwendungen zu arbeiten, zum anderen müssen die Teilnehmer einer Desktopkonferenz nicht über einen teuren Videoraum verfügen. Zur Teilnahme genügt ein multimedial ausgestatteter Arbeitsplatzrechner. Beide Eigenschaften bieten auch im Bezug auf ein Teleseminar-System Vorteile. So lassen sich zum Beispiel auf einfache Weise Folien in das Seminar integrieren, indem sie im Rahmen einer gemeinsamen Anwendung dargestellt werden. Ferner ist es möglich, die Vorlesung nicht nur in andere Hörsäle zu übertragen, sondern auch für ein kleineres Publikum an Arbeitsplatzrechner außerhalb von Universitäten. Dies ist vor allem bei einmaligen Vorträgen mit interessanten Themen durchaus denkbar. Selbst die Übertragung in Studentenwohnheime oder Privathäuser wird von einigen Universitäten in Erwägung gezogen [Neu95]. Aber auch für die innerbetriebliche Ausbildung ist dieser Gesichtspunkt äußerst interessant.

Im folgenden wird das Desktopkonferenzsystem MMC auf seine Eignung zum Teleteaching betrachtet. Dabei werden die vorgestellten Anforderungen konkretisiert.

## 3 MMC als Teleteaching-System

### 3.1 Systembeschreibung

Das Multimedia Collaboration System (MMC) ist Teil des BERKOM Projekts. Es handelt sich dabei um ein Desktop-Konferenzsystem, mit dem der Anwender von seinem multimedial ausgestatteten Rechner aus an Konferenzen teilnehmen kann, ohne seinen Arbeitsplatz und seine gewohnte Umgebung verlassen zu müssen.

Neben dem multimedialen Aspekt mit Übertragung von Bild und Sprache der Konferenzteilnehmer steht mit der Collaboration ein zweites Merkmal im Vordergrund: MMC ermöglicht es den Konferenzteilnehmern, mittels der shXbridge gemeinsam eine beliebige Anwendung zu nutzen und somit gemeinsam an den gleichen Dokumenten zu arbeiten. Um eine möglichst große Verbreitung zu erreichen, wird MMC von verschiedenen Firmen auf heterogenen Systemplattformen realisiert.

### 3.2 Audio- und Videoübertragung

Die Unterstützung einer Vorlesung durch Audio- und Video ist essentiell, schließlich steht der Vortragende im Vordergrund. Die folgenden Punkte betrachten einzelne Aspekte, inwiefern MMC sie erfüllt und was man ändern könnte.

**Audiokodierung** Da sich eine Vorlesung neben Folien vor allem auf das gesprochene Wort stützt, ist eine gute Verständlichkeit der Sprache und folglich eine hohe Audioqualität für ein Teleseminar-System von größter Bedeutung.

Zur Zeit ist der G.711 Standard der ITU (International Telecommunication Union) für MMC festgelegt. Dieser Standard sieht folgende Kodierung vor: A-law PCM, 8 kHz Samplingrate, 8 Bit Kodierung, Mono. Dies entspricht der Mindestanforderung an ein Teleseminar-System.

Die Implementierung von DEC beherrscht zusätzlich bereits IMA-ADPCM mit einer Abtastrate von 11025 Hz. Als Kennzahlen für diese Kodierung ergeben sich somit IMA-ADPCM, 11025 Hz, 16 Bit (komprimiert auf 4) und Mono.

**Videokodierung** Das Bild ist bei einem Teleseminar zwar weitaus weniger wichtig als der Ton, dennoch trägt es zum besseren Verständnis bei [TI92]. Erfahrungen aus Testvorlesungen im Sommersemester 95 an den Universitäten Erlangen und Nürnberg [LFWI95] zeigen, daß bei der Bildübertragung mindestens eine Auflösung von 320x200 Pixel in Echtfarben und eine Framerate von 17 Bildern pro Sekunde angestrebt werden müssen.

MMC benutzt für Videos JPEG-Kodierung. Die Farbtiefe wird dabei mit 24 bpp (Bit per Pixel) kodiert. Die Framerate ist abhängig von der verwendeten Hardware, der zur Übertragung zur Verfügung stehenden Bandbreite sowie von der Anzahl der empfangenen Videos. Wird Hardwarekompression und -dekompression benutzt, so sind in einer Zweierkonferenz bei ausreichender Bandbreite 25 Bilder pro Sekunde möglich. Die Bildgröße ist zur Zeit auf Grund der benutzten Framegrabber auf 384x288 Pixel festgelegt.

**Verzögerung** Verzögerungen bei der Bild- und Tonübertragung beruhen zum einen auf der reinen Übertragungszeit (abhängig von Entfernung und zur Verfügung stehender Bandbreite), hauptsächlich aber auf den benötigten Verarbeitungszeiten bei Sender und Empfänger. Diese werden durch die Wahl des Kompressions/Dekompressions-Algorithmus und dessen Realisierung in Soft- oder Hardware beeinflusst. Durch die Wahl des Algorithmus kann die Verarbeitungszeit im allgemeinen auf Kosten der Qualität gesenkt werden.

Bei MMC sind vor allem bei der Audio-Übertragung mit Verzögerungen im niedrigen Sekundenbereich zu rechnen. Aber auch bei der Bildübertragung kann es zu einer sichtbaren Verzögerung kommen. Bei einem Testaufbau [Fro95] mit zwei Sun Sparc 10 Workstations an einem gemeinsamen Ethernet-Segment wurden bei ansonsten guter Audio-Qualität Verzögerungszeiten von 1,5 - 2 Sekunden gemessen. Eine alternative AVC-Einstellung bot auf Kosten der Audio-Qualität erheblich kürzere Verzögerungszeiten. Allerdings war die Sprache aufgrund von Aussetzern und Störgeräuschen dann nur noch schwer verständlich.

**Synchronität** Werden Bild und Ton getrennt voneinander übertragen, können diese unterschiedlich langen Verzögerungszeiten unterworfen sein. Hierdurch kann die sogenannte Lippensynchronität verloren gehen, d.h. Lippenbewegungen und zu hörender Ton passen nicht zusammen.

Die Audio- und Video-Ströme werden in MMC getrennt voneinander kodiert und übertragen. Bei jedem Teilnehmer werden die eintreffenden Videoströme getrennt in jeweils einem Fenster dargestellt, während die Audioströme gemischt werden, so daß der Eindruck eines Gesprächs in einem Raum entsteht. Dabei kann MMC die einzelnen Videoströme und den gemischten Audiostrom nicht synchronisieren. Insbesondere eine Lippensynchronität ist somit nicht gegeben. Dieses ist ein im MMC-System bekanntes Problem, welches aber in der jetzigen Implementierung nicht lösbar ist.

**Echo** Bei Vollduplex-Verbindungen kann es zu weiteren Problemen kommen. Wird der Ton des Vortragenden in einem entfernten Hörsaal über die Saallautsprecher abgestrahlt und gleichzeitig der dortige Hörsaalton über ein Raummikrofon aufgenommen, kann es zu unerwünschten Rückkopplungen kommen. Die Worte des Vortragenden werden mit einer gewissen Zeitverzögerung in den lokalen Hörsaal zurückübertragen, wodurch es zu einem störenden Echoeffekt kommt.

Wie bei den meisten Desktopkonferenzsystemen wird bei MMC ein lästiger Echoeffekt durch die Benutzung von Headsets anstelle von Lautsprechern und Tischmikrofonen verhindert. Bei einem Teleseminar-System sind ähnliche Maßnahmen (jeder Hörer trägt ein Headset) zwar denkbar, aber kaum wünschenswert. Alternativ hierzu könnte ein Echo durch die Einführung eines strengen Halbduplex-Verfahrens für den Ton vermieden werden. Die komfortabelste Lösung bietet der Einsatz von Echo-Cancellation-Chips.

### 3.3 AV-Management

Da aus jedem Hörsaal Rückfragen gestellt werden können sollen, werden prinzipiell auch Bild und Ton aus jedem Hörsaal in jedem anderen benötigt. Bei nur wenigen beteiligten Hörsälen ist die gleichzeitige Darstellung aller AV-Ströme durchaus denkbar. Bei einer größeren Zahl von Hörsälen führt dies allerdings zu Problemen, da zur gleichzeitigen Darstellung aller Videos neben den Folien nicht genug Platz ist und unnötige Videos das Auditorium ablenken. Wird der Ton dann so gemischt, daß Zwischenfragen aus allen entfernten Hörsälen verständlich wären, steigt der allgemeine Geräuschpegel auf ein störendes Niveau.

Auf der anderen Seite wird jedoch bei Rückfragen der Ton des Fragenden (und eventuell auch sein Bild) in allen anderen Hörsäle benötigt. Folglich müssen zu bestimmten Zeitpunkten verschiedene AV-Ströme in den Hörsälen dargestellt werden können. Wann dabei wo welche AV-Ströme benötigt werden, hängt in erster Linie von dem verwendeten Teleseminar-Konzept ab.

Derzeit unterstützt MMC nur eine Vollvermaschung. Es werden alle Teilnehmer voll verbunden. Als Alternative bietet sich an, alle theoretisch einmal benötigten Verbindungen bereits zu Beginn der Vorlesung aufzubauen. Auf den Verbindungen werden initial jedoch keine AV-Ströme verschickt. Die zu Vorlesungsbeginn tatsächliche benötigten AV-Ströme werden explizit mittels SetTransmission(On) gestartet, weitere AV-Ströme können mittels SetTransmission(On/Off) nach Bedarf an und wieder ausgeschaltet werden. Die SetTransmission-Operation der AVC muß bis an die Benutzerschnittstelle des Dozenten durchgereicht werden, da über diese die dynamischen AV-Management-Aktionen initiiert werden. Andernfalls müssen auch Operationen zum Verschalten einzelner Verbindungen vom AVM nach oben durchgereicht werden. Im Rahmen des kompletten MMC-Systems kann dies aber nur über den CM erfolgen, so daß neben dem AVM auch dieser angepaßt werden muß. Alternativ könnte auch eine neue Komponente TSM (TeleSeminarManager) realisiert werden, die Funktionen von AVM und CM in sich vereint. Eine dritte Variante beläßt den CM unverändert. Die AV-Verschaltung erfolgt über einen neuen AVM, der direkt mit der Benutzerschnittstelle des Dozenten kommuniziert. In Abbildung 34 sind diese drei Lösungen graphisch dargestellt.

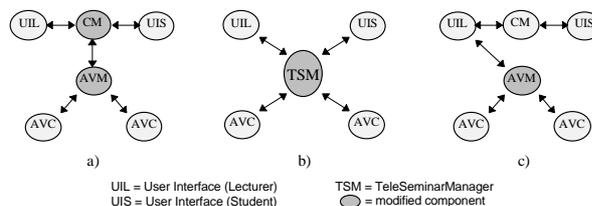


Abbildung 34. Lösungsvarianten für das AV-Management

### 3.4 Interaktionssteuerung

Wie bei einer lokalen Vorlesung sollte auch bei einem Teleseminar jeder Teilnehmer die Möglichkeit haben, Rückfragen zu stellen.

**Wortmeldungen** Im lokalen Hörsaal genügt es, die Hand zu heben und zu warten, bis der Dozent darauf reagiert. Ebenso einfach sind Zwischenrufe möglich. Bei Fragen aus einem entfernten Hörsaal ist das schwieriger. Selbst wenn der Dozent über Feedback-Videos aus den entfernten Hörsälen verfügt, kann er darauf kaum Wortmeldungen mit der Hand erkennen. Ebenso problematisch ist die gleichzeitige Übertragung des Raumtones aus allen Hörsälen. Dadurch wird zwar ein Zwischenruf möglich, auf der anderen Seite wird sich allerdings der dadurch angestiegene Geräuschpegel als sehr störend herausstellen. Einige Konzepte sehen daher pro Hörsaal einen Assistenten vor, der Wortmeldungen an den Dozenten weiterleitet. Dieses Weiterleiten einer Meldung sollte nach Möglichkeit in die Steuerungssoftware des Teleseminar-Systems integriert sein.

**Steuerung der Interaktion (Rederechtvergabe)** Im lokalen Hörsaal wird einem Fragendem das Rederecht vom Dozenten entweder mündlich oder durch eine Geste erteilt. Auch bei einem Teleseminar sollte die Kommunikation durch den Dozenten gelenkt werden können.

Ein Wechsel des Rederechts hat, wie im vorhergehenden Kapitel gezeigt, meistens einige AV-Management-Aktionen zur Folge. Daher ist es sinnvoll, AV-Management und Rederechtvergabe miteinander zu koppeln.

Damit der Dozent die Interaktion zwischen den einzelnen Hörsälen auf einfache Weise steuern kann, sollten entsprechende Aktionen in das Teleseminar-System integriert werden. Eine Anpassung der benötigten AV-Ströme sollte gegebenenfalls automatisch erfolgen.

### 3.5 Folienintegration

Folien sind i.allg. ein integraler Bestandteil einer Vorlesung. Sie können in den verschiedensten Formen vorliegen.

MMC bietet die Möglichkeit, mittels der shXbridge-basierten ASC (Application Sharing Component) eine beliebige X-Anwendung an alle Konferenzteilnehmer zu verteilen. Mit Hilfe dieser Komponente können Folien, die in rechnerinterner Form vorliegen, auf einfache Weise in allen Hörsälen dargestellt werden, in dem sie in eine geeignete Anwendung importiert werden. Alternativen sind:

1. Entwicklung einer speziellen Präsentationssoftware, die über X verteilt wird. Diese könnte alle geforderten Features enthalten. Damit sie mittels shXbridge verteilt werden kann, darf sie zur Darstellung allerdings nur Standard-X-Befehle verwenden.
2. Verteilung der Folien über eine bestehende Whiteboard-Anwendung. Die meisten Whiteboard-Anwendungen bieten Möglichkeiten zum Zeichnen und somit auch zum nachträglichen Beschriften von importierten Folien. Einige Whiteboards können Postscript-Files importieren, andere zusätzlich Screenshots übernehmen. Telepointer und/oder Zoom bieten nur wenige Whiteboards.
3. Entwicklung einer eigenen Whiteboard-Anwendung. Diese könnte auch die Features umfassen, die von bestehenden Whiteboards nicht berücksichtigt werden.
4. Entwicklung einer speziellen Gruppenanwendung zur Präsentation. Eine verteilte Präsentationsanwendung könnte die darzustellenden Daten im vorhinein übertragen und zum Zeitpunkt der Vorlesung nur noch Ereignisse wie Umblättern, handschriftliche Ergänzungen, Vergrößerungen oder ähnliches übertragen. Eine solche spezielle Gruppenanwendung könnte beispielsweise mit Tcl-DP (Tcl Distributed Programming) [Ous94] realisiert werden.

### 3.6 Benutzeroberfläche

Viele für ein Teleseminar wichtige Steuerungsfunktionen (dynamisches AV-Management, Rederechtvergabe) sind in MMC nicht vorhanden. So ist zum Beispiel eine Nachahmung eines dynamischen AV-Management nur mittels Window-Manager und Software-Mischpult möglich.

Mit Hilfe des .mmrc-Files können Konferenzen (zumindest bei der Implementierung von DEC) mit all ihren Einstellungen vorbereitet werden. Diese Konferenzen werden nach dem Starten des CIAs in einem Fenster angezeigt und können mit wenigen Mausklicks geöffnet werden.

MMC verfügt mit dem IB (Invitation Broker) über einen Einladungsdienst, mit dem entfernte Teilnehmer/Hörsäle zu gerade laufenden Konferenzen/Vorlesungen eingeladen werden können. So genügen auch auf der entfernten Seite wenige Mausklicks, um an der Konferenz/Vorlesung teilzunehmen.

Besonders wichtig ist die einfache Steuerung komplexer Funktion. Wie dies aussehen könnte, wird im folgenden an Hand der Steuerung des Rederechts/des flexiblen AV-Managements beispielhaft gezeigt.

Die entfernten Hörsäle werden auf Dozentenseite entweder mit einem Icon, einem Standbild oder einem Feedback-Video dargestellt. Für jeden Hörsaal gibt es ferner 3 Knöpfe, von denen immer genau einer aktiviert ist:

**OFF** Aus diesem Hörsaal wird weder Bild noch Ton übertragen.

**FEEDBACK** Aus diesem Hörsaal wird ein Feedback-Video auf den Kontrollmonitor des Dozenten übertragen. Der Ton des Hörsaals wird im lokalen Hörsaal leise eingemischt.

**BROADCAST** Das Video aus dem Hörsaal wird an alle anderen übertragen, der Ton entsprechend in allen Hörsälen in verständlicher Lautstärke eingemischt.

Der Dozent kann nun mit einfachem Knopfdruck entscheiden, wessen Ton zu hören sein soll. Will man ein exklusives Rederecht unter den entfernten Hörsälen, darf immer nur einer der BROADCAST-Knöpfe gedrückt sein. Erlaubt man dagegen eine Art Diskussionsmodus, können mehrere BROADCAST-Knöpfe gleichzeitig gedrückt sein.

Wortmeldungen werden mit einem dicken, leuchtfarbenen Rahmen um das Bild/Icon des entsprechenden Hörsaals dargestellt. Erhält der Hörsaal per BROADCAST-Taste das Rederecht oder klickt der Dozent auf die Namenszeile (= ignoriere Wortmeldung), wird die Wortmeldung gelöscht und der Rahmen wieder

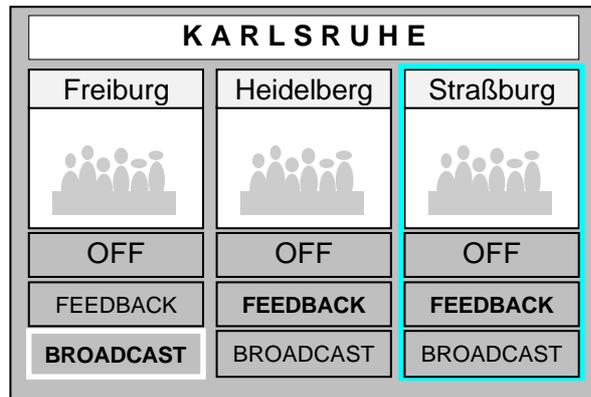


Abbildung 35. Steuerung des Rederechts/AV-Managements auf Dozentenseite

entfernt. Um dem entfernten Hörsaal das Rederecht wieder zu entziehen, drückt der Dozent entweder FEEDBACK oder OFF.

Abbildung 35 zeigt einen Ausschnitt der Benutzeroberfläche auf Seite des Dozenten. Angenommen wird eine Vorlesung aus Karlsruhe, die nach Freiburg, Heidelberg und Straßburg übertragen wird. Aus Heidelberg und Straßburg liegen Feedback-Videos vor, aus Straßburg ferner eine Wortmeldung. Das Rederecht hat gerade Freiburg.

Auf Hörerseite werden die entfernten Hörsäle durch Icons oder Schriftzüge dargestellt. Damit die Hörer verfolgen können, aus welchen Hörsälen Wortmeldungen vorliegen und wer gerade spricht, wird dies durch Rahmen in entsprechender Farbe um das Icon dargestellt. Hat der eigene Hörsaal das Rederecht wird zusätzlich das **On the Air**-Icon rot erleuchtet. Somit wird zum einem dem Fragenden angezeigt, daß er nun reden kann, zum anderen wird den anderen Hörern signalisiert, ein wenig leise zu sein, damit die Frage in guter Qualität aufgenommen werden kann. Ansonsten wird nur eine Taste benötigt, die je nach Zustand zum Melden oder zum Zurückziehen einer Meldung dient.

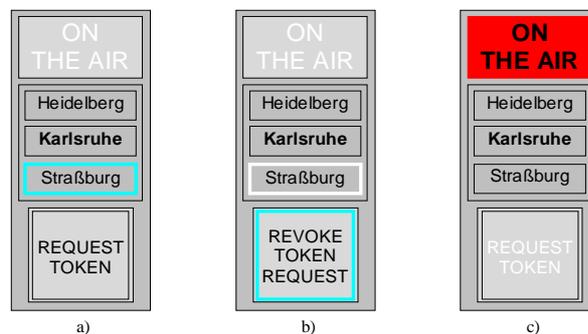


Abbildung 36. Steuerung des Rederechts auf Hörerseite

In Abbildung 36 ist der relevante Ausschnitt der Benutzerschnittstelle aus dem entfernten Hörsaal in Freiburg dargestellt. In Bild a) liegt aus Straßburg eine Wortmeldung vor. In Bild b) hat Straßburg das Rederecht erhalten, in Freiburg wurde inzwischen eine Wortmeldung vorge-nommen, weshalb aus der REQUEST TOKEN-Taste eine REVOKE TOKEN REQUEST-Taste wurde. In Bild c) hat Freiburg schließlich das Rederecht erhalten. Karlsruhe ist immer hervorgehoben, da von dort die Vorlesung übertragen wird.

### 3.7 Vorlesungsstart

Eine Vorlesung sollte auf beiden Seiten (lokaler Hörsaal/entfernte Hörsäle) möglichst schnell und einfach gestartet werden können. Hierzu ist es notwendig, die Vorlesung im Vorfeld vorzubereiten. Vorbereitete Vorlesungen müssen danach auf beiden Seiten angezeigt werden, so daß eine Teilnahme mit nur wenigen Mausklicks initiiert werden kann.

Alle statischen Informationen wie z.B. teilnehmende Hörsäle, benötigte AV-Verschaltung, zur Foli-übertragung benutzte Anwendungen, etc. können bereits im Vorfeld angegeben und in einem File abgespeichert werden.

Beim Vorlesungsstart wird im lokalen Hörsaal die Datei von der Benutzerkomponente des Dozenten eingelesen. An den einzelnen Terminen kann die Vorlesung somit gestartet werden, ohne daß zusätzliche Einstellungen getroffen werden müßten.

Auch in den entfernten Hörsälen soll eine Vorlesung einfach zu starten sein.

### **3.8 Fazit**

In den vorangegangenen Unterkapiteln wurden für die einzelnen Probleme von MMC verschiedene Lösungsvarianten angesprochen. In Bezug auf die anfänglich aufgezeigten Ansätze läßt sich folgendes zusammenfassen:

Es stehen prinzipiell mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, MMC in Richtung Teleseminar-System zu optimieren. Diese unterscheiden sich in Bezug auf die Einhaltung der MMC-Standards und in Bezug auf die benutzten Systemkomponenten.

Will man an den MMC-Standards festhalten, um den Vorteil der Interoperabilität mit MMC-Systemen anderer Hersteller nicht einzubüßen, können Komponenten nur im Rahmen von Konsortiumsabsprachen geändert werden.

Man kann entweder das gesamte System anpassen, oder man beschränkt sich auf die Nutzung einzelner Komponenten und gliedert diese in ein ansonsten neues System ein.

# Multicast-Erweiterungen für das BERKOM-II Projekt MMT

Markus Hofmann und Claudia Schmidt

## 1 Einleitung

Moderne Anwendungen, wie beispielsweise das verteilte Arbeiten an gemeinsamen Dokumenten, erfordern vom zugrundeliegenden Kommunikationsdienst die Bereitstellung einer zuverlässigen Multicast-Verbindung. Soll diese basierend auf einem unzuverlässigen Netzwerkdienst erbracht werden, müssen Mechanismen zur Erkennung und Behebung von Fehlern in das Kommunikationsprotokoll integriert werden. Im Falle einer Gruppenkommunikation bedarf es hierbei besonderer Mechanismen.

Das im Rahmen des BERKOM-II entwickelte XTP-Lite [MA94] bietet dem Anwender neben einem zuverlässigen und unzuverlässigen Unicast-Dienst lediglich einen unzuverlässigen Multicast-Dienst an. Im Rahmen der Projektfortsetzung wurden an der Universität Karlsruhe Erweiterungen zur Realisierung eines zuverlässigen Multicast-Dienstes entworfen und in die existierende Implementierung eingearbeitet. Obwohl diese Erweiterungen als proprietär betrachtet werden können, ist die erweiterte Implementierung hinsichtlich der zuvor definierten Verbindungstypen mit existierenden Implementierungen gemäß [MA94] interoperabel. Hauptmerkmal der erweiterten Implementierung ist neben der Möglichkeit zur Durchführung von Übertragungswiederholungen in Multicast-Verbindungen die Aushandlung einer globalen Dienstgüte für die gesamte Kommunikationsgruppe [HS95b]. Ebenso wurden die Mechanismen zur Regulierung und zur Steuerung des Datenflusses, wie beispielsweise Fluß- und Ratenkontrolle, auf Multicast-Verbindungen ausgedehnt.

Gegenüber der in [Hof95a] gegebenen Definition eines zuverlässigen Multicast-Dienstes wurde die Granularität des in XTP-Lite integrierten Dienstes verfeinert. So wird beispielsweise bei Ausfall eines Empfängers die zuverlässige Multicast-Verbindung nicht sofort abgebaut, sondern der Benutzer auf Senderseite darüber in Kenntnis gesetzt. Dieser kann nun abhängig vom Anwendungskontext und der durch ihn definierten Gruppensemantik weitere Aktionen festlegen. So ist in einigen Szenarien beispielsweise die Fortführung der zuverlässigen Datenübertragung zu den restlichen Empfängern sinnvoller als ein sofortiger Verbindungsabbruch. Auch beim Verbindungsaufbau kann der Sender im Falle der Nichterreichbarkeit eines einzelnen Endsystems darüber entscheiden, ob die Verbindung zu einer Untermenge der gewünschten Empfänger aufgebaut wird.

Der vorliegende Beitrag erläutert die vorgenommenen Erweiterungen und begründet die getroffenen Entwurfsentscheidungen. Ebenso werden einige wichtige Implementierungsaspekte beschrieben. Es wird jedoch nicht näher auf die MMT-Protokollarchitektur oder auf die Protokollspezifika von XTP-Lite eingegangen. Hierzu wird auf [HS96] und [HS95a] verwiesen. Zur Überprüfung der Korrektheit der neu implementierten Protokollmechanismen wurden die in [Hof95b] definierten Testszenarien entsprechend der Vorgaben durchgeführt.

## 2 Protokollmechanismen für zuverlässigen Multicast

Zur Realisierung eines zuverlässigen Multicast-Dienstes wurden neben einer Erweiterung der Dienstspezifikation auch Änderungen am Protokollautomaten vorgenommen. Diese werden in den folgenden Abschnitten, nach Dienstelementen geordnet, näher erläutert.

### 2.1 Verbindungsverwaltung

Die Verbindungsverwaltung umfaßt neben der Etablierung und dem Beenden von Kommunikationsverbindungen auch die Verwaltung von Kommunikationsgruppen. Ihr obliegt die Aufgabe, die Menge der aktiven Empfänger zu erfassen, Änderungen in der Zusammensetzung der Empfängermenge zu registrieren und gegebenenfalls den Anwender darüber zu unterrichten. Ebenso müssen die vom Anwender initiierten Änderungen an der Empfängermenge (Hinzunahme eines Teilnehmers bzw. Abmeldung eines Teilnehmers) durchgeführt werden. Eine solche Verwaltung der aktiven Empfängermenge ist unabdingbare Voraussetzung zur Erbringung eines zuverlässigen Multicast-Dienstes [Hof95a].

**Verbindungsaufbau** Der Aufbau einer zuverlässigen Multicast-Verbindung entspricht weitgehend dem bereits in Version 5.0 [MA94] spezifizierten gesicherten Verbindungsaufbau für unzuverlässige Multicast-Verbindungen. Lehnt jedoch im Falle eines zuverlässigen Dienstes ein Empfänger den Verbindungsaufbauwunsch ab, wird der Anwender auf Senderseite durch ein T-DROPPARTY.indication darüber

in Kenntnis gesetzt. Es bleibt nun dem Anwender überlassen, die Ablehnung eines Empfängers zu akzeptieren oder durch einen Verbindungsabbruch abzulehnen. Bei Ausfall oder Unerreichbarkeit eines Empfängers meldet die senderseitige Protokollinstanz nach mehrfachem wiederholtem Senden des FIRST-Paketes ebenfalls ein T-DROPPARTY.indication an den Benutzer. Im Gegensatz dazu etabliert der in Protokollversion 5.0 spezifizierte unzuverlässige Multicast-Dienst auch bei Nichterreichbarkeit oder der Ablehnung durch einen Empfänger die Multicast-Verbindung.

Das T-DROPPARTY.indication im Falle einer Ablehnung des Verbindungsaufbauwunsches durch einen Empfänger wird beispielsweise in einer Demo-Anwendung zur Nachfrage des weiteren Protokollverhaltens beim Anwender genutzt. Dieser wird hierbei über die Ablehnung bzw. den Ausfall eines Empfängers informiert und hat dabei die Möglichkeit zur Einleitung eines Verbindungsabbaus oder zur Annahme der Verbindung. Diese Entscheidung sollte stets vom Anwender unter Berücksichtigung des gegebenen Kontextes getroffen werden. Dem Protokollautomat selbst fehlt hierzu das nötige Wissen über das Anwendungsumfeld und die Kommunikationsbeziehung zwischen den einzelnen Gruppenmitgliedern.

**Verbindungsabbau** Wie im Unicast-Fall kann der Sender einer zuverlässigen Multicast-Verbindung neben einem Verbindungsabbruch (T-DISCONNECT.request) einen zuverlässigen Verbindungsabbau (T-RELEASE.request) einleiten. Dieser gewährleistet die fehlerfreie Übertragung aller Daten an die Empfänger und bewirkt gegebenenfalls die Einleitung von Übertragungswiederholungen. Da Multicast-Verbindungen stets simplex betrieben werden, ist die Notwendigkeit eines empfängerinitiierten, zuverlässigen Verbindungsabbaus nicht gegeben. Auf Empfängerseite kann auch im Falle einer zuverlässigen Multicast-Verbindung ausschließlich ein Verbindungsabbruch eingeleitet werden. Wird ein solcher auf der Sendeseite erkannt, wird entgegen einer strengen Interpretation des Begriffs 'zuverlässig' die Multicast-Verbindung nicht sofort abgebrochen. Stattdessen wird diese anwendungsspezifische Entscheidung durch ein T-DROPPARTY.indication dem Benutzer des Kommunikationsdienstes übergeben. Dieser leitet unter Berücksichtigung des Anwendungskontextes gegebenenfalls einen Verbindungsabbruch durch Aufruf eines T-DISCONNECT.request ein.

## 2.2 Dienstgüteunterstützung

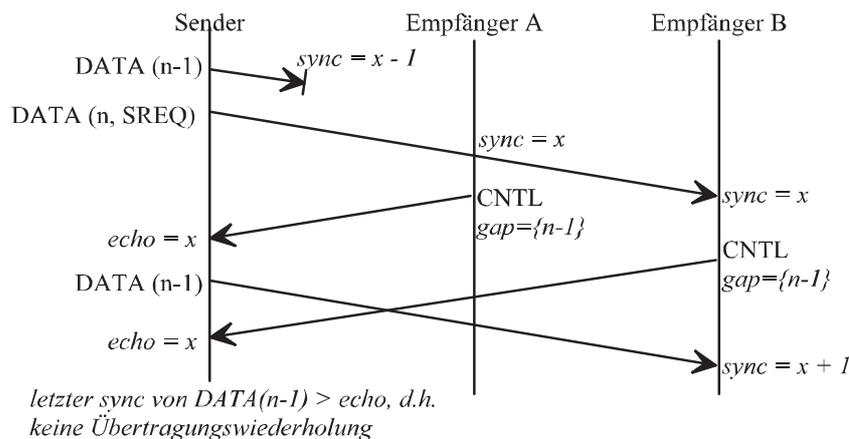
Die Dienstgüteunterstützung für Multicast-Verbindungen wurde gemäß [HS95b] vollständig in die XTP-Lite-Implementierung der Universität Karlsruhe integriert. Diese beinhaltet die Aushandlung der Dienstgüte innerhalb einer Gruppe von Empfängern, wobei unterschiedliche Dienstgüteanforderungen der einzelnen Kommunikationsteilnehmer in die Berechnung einer globalen Dienstqualität eingehen. Die Ablehnung der vorgegebenen Dienstgüte durch einen Empfänger führt zu einem T-DROPPARTY.indication. Dies ermöglicht dem Benutzer auf Senderseite, die Verbindung ohne den ablehnenden Empfänger sofort wieder abzubauen und gegebenenfalls mit einer geänderten Dienstgüte wieder zu etablieren.

## 2.3 Fehlerbehebung

Ein zuverlässiger Kommunikationsdienst erfordert die Realisierung von Protokollmechanismen zur Erkennung und zur Korrektur von Übertragungsfehlern. XTP-Lite definiert für den Unicast-Fall eine auf Quittungen und Übertragungswiederholungen basierende Fehlerkorrektur. Nach den Erfahrungen im MMT-Projekt eignet sich diese Art der Fehlerkorrektur auch zur Verbesserung der Übertragungsqualität interaktiver Videoströme, was in [PSA96] analytisch und simulativ begründet wird. Werden notwendige Übertragungswiederholungen wie in [Hof96b] beschrieben auf einen lokalen oder regionalen Netzbereich beschränkt, so kann eine deutliche Steigerung der Übertragungsqualität auch für zeitkritische Datenströme erreicht werden.

Die auf Übertragungswiederholungen basierende Fehlerkorrektur wurde in der Implementierung der Universität Karlsruhe auf den Multicast-Fall ausgedehnt. Der Sender fordert hierbei in gewissen Zeitabständen durch das Setzen eines SREQ- oder DREQ-Bits eine Statusmeldung von allen Empfängern an. Diese enthalten, wie im Unicast-Fall, sowohl eine Quittierung aller fehlerfrei erhaltenen Nachrichten als auch die Anforderung fehlerhaft übertragener oder verlorener Datenpakete. Der Multicast-Sender aktualisiert in einer lokalen Datenstruktur die jeweiligen Zustände der einzelnen Empfänger. Nach Eintreffen aller Kontrollnachrichten wertet der Multicast-Sender die Zustandsinformationen seiner Empfänger aus und bildet über die Menge aller gemeldeten Datenlücken die Vereinigung. Die darin enthaltenen Datenpakete werden anschließend wiederholt gesendet. Gleichzeitig bestimmt der Sender durch eine Minimumbildung über die RSEQ-Werte der einzelnen Empfänger den für die gesamte Gruppe gültigen RSEQ-Wert und gibt diesem entsprechend Sendepuffer frei. Analog wird für die Flußkontrolle der gruppenweit gültige ALLOC-Wert ermittelt.

Um die Fehlerbehebung zu beschleunigen und dadurch die durchschnittliche Übertragungsverzögerung zu verringern, wurde die Durchführung von Übertragungswiederholungen optimiert. Dazu werden in der Implementierung der Universität Karlsruhe angeforderte Datenpakete sofort nach Eintreffen einer negativen Quittung wiederholt gesendet. Es wird also nicht auf das Eintreffen der Kontrollnachrichten von allen Empfängern gewartet. Vielmehr werden mit dem Erhalt der ersten negativen Quittung sofort alle angeforderten Übertragungswiederholungen eingeleitet. Dabei ist es wichtig, die wiederholt gesendeten Pakete mit später eintreffenden Zustandsinformationen abzugleichen um mehrfache redundante Übertragungswiederholung desselben Datenpaketes zu vermeiden. Dazu wird der sync-Wert innerhalb der wiederholt gesendeten Datenpakete und ihrer gespeicherten Duplikate im Sendepuffer auf den aktuellen Wert des Verbindungskontextes gesetzt. Trifft zu einem späteren Zeitpunkt ein Kontrollpaket mit der Anforderung von Übertragungswiederholungen ein, so wird vor dem wiederholten Senden der angeforderten Pakete der echo-Wert innerhalb der Kontrollnachricht mit den sync-Werten der angeforderten Datenpakete im Sendepuffer verglichen. Ist der sync-Wert eines Datenpaketes im Sendepuffer größer als der echo-Wert der Kontrollnachricht, so wurde das Paket bereits wiederholt gesendet. Eine erneute Übertragungswiederholung wird in diesem Falle unterdrückt (siehe Abbildung 37).



**Abbildung 37.** Optimierung von Übertragungswiederholungen

## 2.4 Flußkontrolle

Die Protokollmechanismen zur Flußkontrolle wurden zur Unterstützung von Multicast-Verbindungen erweitert. Bei der Berechnung des Sendekredits müssen im Gegensatz zu Unicast-Verbindungen im Multicast-Fall die Zustände mehrerer Empfänger berücksichtigt werden. Da bei einer zuverlässigen Datenübertragung alle Empfänger die Daten fehlerfrei erhalten müssen, werden die Mechanismen zur Flußkontrolle durch den langsamsten Empfänger bestimmt. Dies wird in XTP-Lite durch eine Minimumbildung über die erhaltenen Sendekredite erreicht. Der für die Multicast-Verbindung gültige alloc-Wert entspricht demnach dem Minimum der von den einzelnen Empfängern erhaltenen alloc-Werte.

## 2.5 Zeitlicher Ablauf einer Gruppenerweiterung

Bei der Abarbeitung eines T-ADDPARTY.request innerhalb des Protokollautomaten ist sicherzustellen, daß die zum Zeitpunkt der Dienstelementanforderung in der Übertragung befindliche Dienstelementeinheit vor dem Senden des FIRST-Pakets vollständig und fehlerfrei übertragen wird. Das FIRST-Paket kann demnach nicht wie bei einer unzuverlässigen Multicast-Verbindung sofort bei Anforderung des T-ADDPARTY.request gesendet werden. Vielmehr muß das FIRST-Paket an das Ende des Sendepuffers eingereiht und mit der entsprechenden Sequenznummer versehen werden. Dadurch ist sichergestellt, daß ein neu aufgenommener Empfänger (auch im Falle von Übertragungswiederholungen) ausschließlich die nach seinem Beitritt übergebenen Benutzerdaten erhält.

## 2.6 Skalierbare Gruppenerweiterung

Wird ein zusätzlicher Empfänger in eine bereits existierende Multicast-Verbindung mittels dem Dienstprimitiv T-ADDPARTY.request aufgenommen, überträgt der Sender über die Multicast-Verbindung an alle Gruppenmitglieder ein FIRST-Paket. Um bei großen Empfängerzahlen eine Flut redundanter Kontrollnachrichten als Reaktion auf das FIRST-Paket zu vermeiden, reagieren gemäß Abschnitt 4.4.5.4 der MMT-Spezifikation [MA94] bereits aktive Empfänger nicht auf ein solches FIRST-Paket.

Es wird hierbei nicht näher spezifiziert, zu welchem Zeitpunkt ein Empfänger als aktiv und damit als der Multicast-Verbindung zugehörend betrachtet wird. Je nach Auslegung und Interpretation kann es hierbei zu Problemen und gegebenenfalls zu einem inkorrekten Protokollverhalten kommen.

Hat ein Empfänger als Reaktion auf ein erstes erhaltenes FIRST-Paket bereits eine Kontrollnachricht gesendet und danach keine weiteren Pakete vom Sender erhalten, so kann dieser Empfänger ein eintreffendes FIRST-Paket nicht ignorieren. Der Empfänger ist in dieser Situation nicht in der Lage, zwischen einem wiederholt gesendeten FIRST-Paket auf Grund des Verlustes seiner Kontrollnachricht und einem FIRST-Paket als Reaktion auf das Hinzufügen eines weiteren Empfängers zu unterscheiden. Hier bedarf es zusätzlicher Information, die dem Empfänger eine Differenzierung der beiden Fälle und eine optimale Reaktion erlaubt. Der Empfänger muß in der Lage sein, zwischen einem für ihn bestimmten FIRST-Paket und einem FIRST-Paket zur Aufnahme eines weiteren Gruppenmitgliedes zu unterscheiden.

Die XTP-Lite-Implementierung der Universität Karlsruhe realisiert unter Nutzung des CONV-Feldes im Paketkopf von XTP-Lite eine Möglichkeit für eine solche Unterscheidung. Hierbei wird im CONV-Feld eines jeden FIRST-Paketes ein Zähler übertragen, der die Anzahl der bereits erfolgten, voneinander unabhängigen Erweiterungen der Empfängergruppe angibt. Wie in Abbildung 38 dargestellt, enthält das FIRST-Paket des initialen Verbindungsaufbaus in seinem CONV-Feld den Wert Null (siehe (1) in Abbildung 38). Wird nach erfolgtem Verbindungsaufbau ein weiterer Empfänger der Kommunikationsgruppe hinzugefügt, so trägt das daraus resultierende FIRST-Paket im CONV-Feld den Wert 1 (siehe (2) in Abbildung 38). Für jede abgeschlossene Gruppenerweiterung wird der Zähler um den Wert 1 erhöht. Damit ist ein Empfänger in der Lage, die seinem Beitritt geltenden FIRST-Pakete von nachfolgenden Erweiterungen der Empfängergruppe zu unterscheiden (siehe (3) in Abbildung 38). Dadurch kann das Senden redundanter Kontrollpakete verhindert werden.

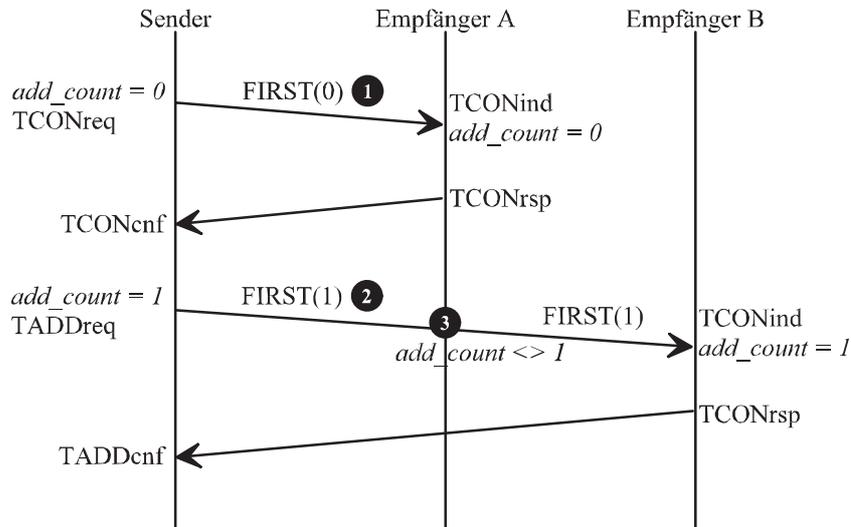


Abbildung 38. Skalierbare Gruppenerweiterung in XTP-Lite

Mit den vorgestellten Modifikationen ist eine effiziente Erweiterung der Empfängergruppe realisierbar. Jedoch skalieren die in XTP-Lite definierten Mechanismen zur Fehlerbehebung und zur Fluß- bzw. Ratenkontrolle schlecht hinsichtlich der Anzahl der Empfänger. Aus diesem Grund wird derzeit an einer Integration des *Local Group Concept (LGC)* [Hof96b] gearbeitet. Dieses ermöglicht einen effizienten Datenaustausch auch innerhalb sehr großer Kommunikationsgruppen. Erste Simulationen zeigen, daß durch die Integration des LGC auch Gruppen mit mehreren tausend Empfängern effizient verwaltet werden können.

### 3 Zusammenfassung

Mit den erläuterten Erweiterungen in XTP-Lite ist es möglich, einen zuverlässigen Multicast-Dienst an der Schnittstelle zum Transportdienstbenutzer anzubieten. Beim Entwurf und der Realisierung der Erweiterungen wurde auf Interoperabilität mit existierenden Implementierungen gemäß der XTP-Lite-Spezifikation, Version 5.0 geachtet. Somit ist ein unter den genannten Gesichtspunkten erweiterter Protokollautomat weiterhin interoperabel mit den im Rahmen des BERKOM-II-Projektes erstellten Implementierungen.

# MILLION

Markus Lauff

## 1 Einleitung

MILLION ist ein Projekt im Rahmen des ESPRIT Programms der Europäischen Gemeinschaft. Das Projekt startete im November 95 und hat eine Laufzeit von 2 Jahren.

Das Ziel von MILLION ist die Entwicklung und Realisierung neuer Dienste und die Integration bestehender Dienste im Tourismussektor zu einem umfassendem Informationssystem sowohl für Touristen, als auch für die öffentliche Verwaltung und für kommerzielle Dienstleister, wie zum Beispiel Reisebüros, Hotels und öffentlicher Nahverkehr.

Als Frontend für das MILLION-System wurden HTML-Browser ausgewählt, da man hiermit eine große Portabilität mit relativ geringem Aufwand erreichen kann.

Die Zielgruppe für MILLION sind sowohl Touristen die das System als Informationssystem nutzen um ihren Besuch zu organisieren, sowie die Einwohner die über das System verschiedene Dienste der kommunalen Verwaltung in Anspruch nehmen können, wie zum Beispiel das Melden eines Umzugs oder das Anmelden eines KFZ.

Schwerpunkte bei diesem Projekt sind:

- Entwurf der Netzwerk Architektur
- Anbindung von Datenbanken an HTML
- Entwurf und Integration einer Projektumgebung für PDAs
- Integration von Sprachdiensten in WWW
- Entwicklung und Integration von Diensten im Bereich des elektronischen Zahlungsverkehrs
- Aufbau von Pilot-Systemen in verschiedenen Städten

Das TecO arbeitet als Technologie-Provider im MILLION-Konsortium an der Integration von PDA in die Infrastruktur des MILLION-Systems, an der Anbindung von Datenbanken an das World Wide Web, sowie der Portierung elektronischer Zahlungssysteme auf PDA.

## 2 Projektpartner

*OMEGA Generation* ist eine mittelständige Software Technologie Firma in Italien.

*Gruppo Formula* ist eine der 15 ersten Softwarefirmen in Italien und arbeitet zum größten Teil im Bereich der öffentlichen Verwaltung.

*Venis* gehört zu der Finsiel Gruppe und zur Stadt Venedig. Das Ziel von Venis ist die Entwicklung von Software für den Tourismusbereich und die öffentliche Verwaltung.

*Intracom* ist eine griechische IT Firma die u.a. als Service Provider für Telekommunikations Netzwerke in den Bereichen Tourismus, Medizin und Bildung arbeitet.

*DigiCash* ist eine holländische Firma die vor allem im Bereich des elektronischen Zahlungsverkehrs arbeitet. In diesem Bereich hat DigiCash ein eigenes Verfahren "eCash" entwickelt das im Projekt MILLION integriert werden soll.

Der *Touring Club Italiano* ist eine Firma die im Tourismusbereich arbeitet. Der TCI verlegt eigene Reiseführer, unterhält Reisebüros und besitzt eine der größten Datenbanken mit Kartenmaterial für Straßen und Landkarten.

*Technische Universität Kreta - MUSIC* ist das Multimedia Institut der Universität von Kreta.

In den Städten *Bologna, Chania, Venedig* werden nach 18 Monaten Projektlaufzeit Pilot-Installationen des MILLION-Systems aufgebaut.

## **3 Arbeitspakete**

### **3.1 Entwurf der Netzwerk Architektur**

In diesem Paket wird ein Netzwerk-Modell entwickelt, daß es ermöglicht die verschiedenen Dienstanbieter im MILLION-System zu integrieren.

Mit diesem Modell soll es möglich sein vorhandene Dienste (Stadtverwaltung, Stadtinformationssysteme, Reisebuchungssysteme, Informationen des öffentlichen Nahverkehrs, ...) und neue Dienste (elektronische Zahlungsverfahren, Hotelinformationssysteme, ...) zu integrieren und gleichzeitig zu gewährleisten, daß die vorgegebenen Randbedingungen, wie Sicherheit und allgemeine Verfügbarkeit, eingehalten werden. Hierzu werden die Informationen und Dienste auf mehrere Server verteilt, die gemäß den Anforderungen verschiedenen Sicherheitskonzepten (z.B. Firewall) unterliegen.

### **3.2 Anbindung von Datenbanken an HTML**

Alle Informationen des MILLION-Systems sollen in Datenbanken gespeichert und verwaltet werden. Die dazu notwendigen HTML Vorlagen werden in mehreren Sprachen in der Datenbank gehalten. Dazu ist die Auswahl einer geeigneten Arbeitsumgebung zur Integration der Datenbankzugriffe in HTML notwendig. Außerdem soll es mit Hilfe der Datenbank möglich sein Dienste die nur für eine Sprache existieren in einer Basisfunktionalität auch in anderen Sprachen zur Verfügung zu stellen. Dies soll über ein spezielles Übersetzungsmodul für HTML realisiert werden.

### **3.3 Entwurf und Integration einer Projektumgebung für PDAs**

Um das MILLION-System auch in einer mobilen Umgebung nutzen zu können, wird vom TecO ein WWW Browser für den Apple Newton MessagePad entwickelt. Dieser Browser baut auf einer Diplomarbeit von Andreas Kotulla [Kot95b] auf, bei der auch schon eine prototypische Implementierung eines ersten Browsers entwickelt wurde. Der für das Projekt MILLION neu entwickelte Browser kann die wichtigsten Elemente von HTML 2.0 darstellen und läuft auf einem beliebigen Newton. Bis zu der Version 1.9x arbeitet der Browser zusammen mit einem Sub-Client auf einem Mac oder einer UNIX-Plattform der die Anbindung an TCP/IP übernimmt. Ab Version 2.x kann der Newton Web Browser auch alleine betrieben werden. Allerdings kann er dann keine Berechnungen an Bildern (Größe, Farbtiefe, Formatkonvertierung, ...) vornehmen. Zu diesem Zweck gehört ab Version 2.0 ein spezieller Subclient der die Berechnungen für den Newton übernimmt. Der spezielle Subclient heißt ab Version 2.0 des Browsers aProxy. aProxy steht für adaptiver Proxy, da der Proxy selbstständig den Client erkennt und Dokumente für den Client anpaßt. Probleme bei der Realisierung bereiten vor allem die geringe Rechenleistung eines PDA, der relativ kleine Hauptspeicher und das nur 7x9cm große Display des Newton. Bei der Implementierung der graphischen Benutzeroberfläche wird deshalb besonderer Wert auf einfache Bedienbarkeit und übersichtliche Gestaltung gelegt.

### **3.4 Integration von Sprachdiensten in WWW**

In diesem Arbeitspaket wird untersucht wie Sprachdienste in das Umfeld des WWW integriert werden können. Prinzipiell gibt es dabei die Möglichkeiten der Spracheingabe und der Sprachausgabe.

Die Spracheingabe kann verwendet werden um eine fehlende Tastatur zu ersetzen, um einem Benutzer, der nicht gewohnt ist mit einer Tastatur zu schreiben, die Eingabe zu vereinfachen oder um behinderten Menschen die Nutzung des Systems zu ermöglichen. Die Sprachausgabe kann in vielen Bereichen eine sinnvolle Alternative zur Textausgabe darstellen. So können zum Beispiel Rundgänge in Museen durch Sprach- und Musikausgabe begleitet, einen viel besseren Eindruck der Materie vermitteln, als eine reine Textausgabe auf einem PDA.

### **3.5 Entwicklung und Integration von Diensten des elektronischen Zahlungsverkehrs**

Aufgabe dieses Arbeitspakets ist die Integration von eCash in das MILLION-System. Ein Teil davon ist die Portierung von eCash auf einen Newton. Ein wichtiger Punkt bei diesem Arbeitspaket ist auch die Überprüfung der rechtlichen Grundlagen eines elektronischen Zahlungssystems. Hier wurde sehr schnell erkannt, daß schon in Europa sehr große Unterschiede bezüglich der Gesetze bestehen.

### **3.6 Aufbau von Pilot-Systemen in verschiedenen Städten**

Nach 18 Monaten Laufzeit werden in Bologna, Chania und Venedig Pilotinstallationen des MILLION-Systems installiert. Mit Hilfe dieser Piloten soll untersucht werden, wie die Akzeptanz des Systems ist und wo Verbesserungen notwendig sind.

# Die Projekte am Web-Kompetenzzentrum

Stefan Gessler

## 1 Aufgabe und Inhalt des Web-Kompetenzzentrums

Im Frühsommer 1995 wurde das Rahmenprojekt *Web-Kompetenzzentrum* aus der Taufe gehoben. Darin wurden die wachsenden Aktivitäten des TecOs im Bereich World Wide Web organisatorisch und inhaltlich zusammengefaßt. Seine Aufgabe ist es Inhalte, Techniken und Entwicklung des World Wide Webs (WWW) zu erforschen und die Thematik des Webs trotz dessen extrem schneller Fortentwicklung mit wissenschaftlichen Methoden anzugehen. Dies geschieht in überwiegenderem Maße in Zusammenarbeit mit industriellen Partnern, wobei vom TecO alle Bereiche von Consulting Aktivitäten über Machbarkeitsstudien und Projektierung bis zu Prototypentwicklung und Servicebetreuung abgedeckt werden.

Im folgenden werden die wichtigsten Partner und die jeweiligen Projekte kurz vorgestellt.

## 2 Das Staatsministerium des Landes Baden-Württemberg: Der Baden-Württemberg-Server

*<http://www.baden-wuerttemberg.de>*

Die Landesregierung Baden Württemberg beauftragte das TecO im Rahmen eines Ausschreibungsverfahrens mit der Erstellung eines regierungseigenen Web-basierten Informationsdienstes. Inhalt des Projektes im einzelnen waren

- Erstellung der Web-Dokumente  
Insbesondere auf der Basis der auf Printmedien vorliegenden Informationen über das Land Baden Württemberg und die Landesregierung wurde ein Informationspaket im Html-Format erstellt. Der Informationsdienst wurde mehrsprachig (deutsch, englisch und französisch) und sowohl in einer graphischen wie auch in einer rein textbasierten Version realisiert.
- Problematik der dynamischen Daten  
Für eine einfache Pflege der dynamischen Daten durch Html-Laien wurde ein einfaches Pressemitteilungssystem entwickelt, das es erlaubt, als Text vorliegende Mitteilungen automatisiert im Webserver abzulegen und bei Bedarf eine Nachbearbeitung mittels einer ebenfalls webbasierten grafischen Benutzerschnittstelle vorzunehmen, ohne Kenntnis vom Web oder von Html zu haben.
- automatische Aktualisierung  
Die Daten werden regelmäßig auf Gültigkeit überprüft und veraltete Daten (Zeitstempel) entfernt. Dies wird automatisch durch den Server vorgenommen.
- Java-Uhr  
Für Technikliebhaber mit Java-fähigen Browser wurde als ein Symbol des Landes eine Kuckucksuhr, die minütlich 'Kuckuck' ruft, entwickelt und eingebunden.

Das Projekt startete unter hohem Zeitdruck im März '96, im Juli war dann die Landesregierung rechtzeitig zur Regierungserklärung des wiedergewählten Ministerpräsidenten online. Der Service wird bis einschließlich 1997 vom Rechenzentrum der Universität Karlsruhe betrieben. In dieser Zeit sind neben der Verwaltung des Dienstes weitere Entwicklungen für eine Html-unabhängige Pflege durch Mitarbeiter des Staatsministeriums nach Vorbild des erwähnten Pressemitteilungssystems vorzunehmen.

## 3 Daimler Benz: Mobiler Zugriff auf einen Routenplaner

*(Webdemo nach Rücksprache)*

Im Rahmen des STORM-Projektes [DB91], einem Online-Informationssystem auf der Basis von Informationskiosken, wurde von der Daimler Benz AG ein Online-Routenplanungssystem entwickelt. Um die Eignung dieses Werkzeuges für den mobilen Einsatz z.B. im Auto zu untersuchen, sollte der Dienst in das Web adaptiert werden und dann als mobiles Frontend der Newton PDA zur Verwendung kommen. Aufgrund der vorhandenen Erfahrung und Erfolge beim Einsatz von PDAs für Informationsdienste [GK95] und der Web-Expertise wurde das TecO mit dieser Arbeit betraut.

In enger Zusammenarbeit mit der Daimler-Benz Forschungsgruppe *Forschung Verkehrstechnik* in Stuttgart wurde die Architektur der Routenplanersoftware an die Anforderungen für eine Web-Adaption angepaßt und diese vorgenommen. Dabei mußte z.B. eine neue Kommunikationsplattform integriert und das Serviceprotokoll erweitert werden.

Die PDA spezifischen Arbeiten hingegen erfolgten in Absprache mit der entsprechenden Fachgruppe *Co-operative Systems* des Konzerns in Ulm. Hierbei waren insbesondere auch die drahtlose Kommunikation und eine Funktionsergänzung der vorhandenen Web-Applikation von Bedeutung [Fuc96].

Es entstand dann eine Demonstrationsapplikation mit einer speziell für den PDA entworfenen Web-basierten Benutzerschnittstelle und deren Pendant für die bekannten Desktop Browser. Daraus ableitend wurden die Implikationen, die ein dediziertes mobiles Endgerät für einen solchen Dienst haben, in einer kleinen Studie aufgezeigt [Win96].

Nach Abschluß dieser Arbeiten wurde das TecO gebeten, sich in einem neuen, verwandten Projekt maßgeblich zu beteiligen. Hierbei sei auf einen parallelen Beitrag verwiesen.

#### 4 Joey's Pizzaservice: KMUs im Internet

*<http://www.teco.uni-karlsruhe.de/Joey/>*

Obwohl die Kommerzialisierung im Internet inzwischen ein in der Gesellschaft intensiv diskutiertes Thema geworden ist, sind klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) außerhalb der Computerbranche diesbezüglich bislang kaum in Erscheinung getreten. Das TecO hat sich zur Aufgabe gemacht, Möglichkeiten und Auswirkungen beim Einsatz dieser neuartigen Medientechnologien im kommerziellen Bereich auch für KMUs zu untersuchen.

In Zusammenarbeit mit einem lokalen Pizzadienst als Vertreter eines KMU startete das TecO daher einen Betriebsversuch, bei dem universitätsintern ein Web-Dienst für Auswahl und Bestellung von Speisen zur Verfügung gestellt wurde. Dieser Dienst soll als Fallbeispiel für den Entwurf, die Realisierung und den Betrieb eines hochentwickelten Onlinedienstes für Kleinunternehmen dienen.

Es wurde dafür zunächst ein Konzept für einen Online-Dienst entworfen, das Angebot des Unternehmens computergerecht aufgearbeitet und schließlich der Web-Dienst entwickelt [Gra96]. Besonders interessant in diesem Zusammenhang war dabei die Kommunikation mit dem fachfremden Projektpartner mit dessen Vorstellungen, Wünschen, seinen Sicherheitsanforderungen und seine Bewertung der Technologien hinsichtlich des wirtschaftlichen Nutzens.

Aber es konnten auch Erkenntnisse über Implikationen beim Betrieb eines solchen Dienstes wie die Akzeptanz der Benutzer, fehlende Kompatibilität der Webtechniken, Sicherheitsaspekte und Anforderungen für eine automatische Aktualisierung der Seiteninhalte gewonnen werden.

Darüberhinaus wurden verschiedene allgemein verwendbare Werkzeuge für die Verwaltung eines Web-Dienstes entwickelt, so zum Beispiel ein Konzept zur Vereinfachung der Pflege dynamischer Daten.

#### 5 SWF, TecO und FhG: IST-Online Umfrage

*<http://www.teco.uni-karlsruhe.de/umfrage/>*

Das TecO führt zusammen mit dem Südwestfunk Baden-Baden (SWF) und dem Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FhG-ISI) in einer Langzeitstudie eine Reihe von Umfragen über das Thema 'Nutzung von Onlinediensten und Internet' durch.

Auf der Basis eines möglichst breiten Teilnehmerkreises soll ein aussagekräftiges Bild über den deutschen Internetsurfer erstellt werden. Berücksichtigt werden dabei demoskopische Angaben (Alter, Geschlecht, Bildung,...) technische Informationen (Netzzugang, Rechnerausstattung,...) und Informationen zum Verhalten der 'User' (welche Internetdienste, Zeiten, Zweck,..), aber auch ein Meinungsbild zu aktuellen Themen (z.B. Pornographie im Netz) wird jeweils erstellt.

Um die Entwicklung über einen längeren Zeitraum hinweg erfassen zu können, sind mehrere Umfragen geplant. Die erste Umfrage im Dezember 1995 war die größte je durchgeführte derartige Umfrage in Deutschland [Bre96]. Derzeit werden die Ergebnisse der zweiten Umfrage ausgewertet. Eine dritte ist in Planung.

Neben inhaltlichen Beiträgen und der Beteiligung an der Auswertung ist das TecO insbesondere für die technische Durchführung zuständig.

## 6 SAP AG: Online Helpdesk und Consulting

(Webdemo nach Rücksprache)

Bereits im Rahmen der Klausurtagung des Institutes für Telematik 1995 [GW95] wurde die Kooperation mit der SAP AG angesprochen. Nach erfolgter Durchführung der Marktanalyse hinsichtlich Angebot und Techniken im Web wurde für eine Machbarkeitsstudie ein Prototyp eines Online-Helpdesks entwickelt, in dem verschiedene Kommunikationsmedien integriert sind [Wic95].

Im Anschluß daran wurden Forschungstätigkeiten der SAP AG über die Integration von Standardsoftware in das Web mitbetreut. Die erzielten ausgezeichneten Ergebnisse [Goe95] werden derzeit in den USA von SAP zusammen mit Microsoft weiterentwickelt. Desweiteren stand das TecO bei verschiedenen Problemstellungen um das Web mit Beratung und der Entwicklung von Teillösungen der zuständigen Gruppe bei der SAP AG zur Seite.

Derzeit laufen Arbeiten, in denen untersucht wird, wie aus sich dynamisch ändernden Benutzerprofilen und Dokumentenprofilen individuelle Ablaufpläne für Informationsanfragen an die *R3/Information World* abgeleitet werden können und dafür ein Prototyp entwickelt [Frü96].

## 7 Fakultät für Informatik: Multimedia Lernserver

<http://mmserver.ira.uka.de/>

In Zusammenarbeit mit der Fakultätsgeschäftsführung wurde ein *Multimedia-Lernserver* entwickelt. Er soll dazu dienen, den Studenten multimediale Informationen zu Studienveranstaltungen der Fakultät zu bieten, die aufgrund ihres Umfangs oder ihrer Medienkodierung innerhalb der Vorlesungen nicht präsentiert werden können. Auch weiterführende Informationen, Literaturhinweise und Scripten sind so schnell und günstig zugreifbar [End95, Fer95].

Der Server bietet Dozenten einen geschützten Zugang zum Ablegen und Pflegen der Inhalte seiner Veranstaltung, während Studenten diese ohne Zugangsbeschränkung z.B. auch von zu Hause aus abrufen können. Der Lernserver befindet sich in einer Aufbauphase und wird nach dem bislang laufenden Testbetrieb im bevorstehenden Semester seine Bewährungsprobe haben.

## 8 Digital Equipment: Cybercafe, Homepage und Schulung

<http://flowserv.teco.uni-karlsruhe.de/>  
<http://www.digital.de/>

In Zusammenarbeit mit Digital Equipment gibt es am TecO verschiedene Aktivitäten um das Web.

Hervorzuheben ist die Entwicklung einer Web-basierten *Cyber Cafe*-Software (auch als *Internet Cafe* bekannt). Dieses System kam bei der Hausmesse von Digital Equipment zum Einsatz. In einer Weiterentwicklung wurde dann eine generische Lösung für das flexible Einrichten von Internet Cafes erstellt.

Desweiteren wurde das TecO von der Digital Equipment Deutschland GmbH mit Entwurf und Realisierung ihrer Homepage betraut.

Schließlich wurde vom TecO beim *Digital-SAP Expertise Center* eine Schulung mit Themenschwerpunkt World Wide Web durchgeführt.



# Internet-Technologietransfer in Zusammenarbeit mit der Microsoft GmbH

Michael Beigl, Hans-Werner Gellersen und Martin Gaedke

## 1 Einleitung

Das TecO hat seit Frühjahr 1995 eine enge und langfristig angelegte Kooperation mit der Microsoft GmbH aufgebaut. Konkrete Partner in dieser Zusammenarbeit sind unabhängig voneinander die Abteilungen EDU (Forschung und Lehre) und IDCU (Kundenbetreuung für Internetentwickler). Grundlegendes Ziel der Zusammenarbeit ist der Transfer von Internet-Technologie und -Knowhow aus der Universität in die Industrie, während zugleich die TecO-Expertise bzgl. Microsoft-Entwicklungen in den Bereichen Windows NT und Internet ausgebaut wird und in andere Aktivitäten einfließt.

## 2 Projektübersicht

Im Rahmen der Kooperation wurden bisher drei konkrete Projekte aufgesetzt. Das erste Projekt, Internet Dialup Server wurde bereits im Frühjahr 1996 mit einer Demonstration auf der CeBIT abgeschlossen, während für die beiden weiteren Projekte eine längerfristige Zusammenarbeit geplant ist.

### 2.1 Internet Dialup Server

Der *Internet Dialup Server* (IDS) ist eine Komplettlösung fuer Windows NT-basierte *Points of Presence* (POPs), die am TecO in Kooperation mit der Microsoft GmbH und dem CEC der Firma Digital Equipment entwickelt wurde. IDS eine vergleichsweise kostengünstigen Lösung für den Internetzugang. Das System besteht aus einem Pentium-PC unter Windows NT mit Digi-Multiport (32 Telefoneingänge) und ISDN-Anschluss sowie Softwarekomponenten für Administration und Billing. Zum Abschluß des Projekts wurde auf der CeBIT '96 mit großem Erfolg ein Demonstrator vorgeführt.

Als Folgeprojekt wurde mit der Firma Digital Equipment basierend auf IDS mit PopOnWheels ein Kit für Internet-Provider auf NT-Basis entwickelt, daß mittlerweile in der Public Domain verfügbar ist. Interesse an einem Einsatz der IDS- bzw. PopOnWheels-Lösung wurde bereits von vielen Seiten bekundet, so z.B. von der FH Pforzheim.

### 2.2 Netzwerkberatung für Schulen

Im Auftrag der EDU-Abteilung der Microsoft GmbH betreut das TecO seit Februar 1996 den Bundesarbeitskreis *Netze in Schulen* (NIS), der sich aus Repräsentanten einer Reihe von Lehrer-Fortbildungsinstituten zusammensetzt. Aufgabe der Lehrerfortbildungsinstitute ist u.a. die Beratung von Schulen bzgl. Rechner- und Netzwerkausstattung. Das TecO unterstützt die Lehrerfortbildungsinstitute dazu durch allgemeinen Transfer von Internet-Knowhow und durch Erarbeitung konkreter Infrastrukturlösungen für verschiedene Szenarien. In diesem Rahmen bietet das TecO Betreuung über Email, Durchführung von Schulungen und Workshops an Lehrerfortbildungsinstituten und Ausarbeitung von Leitfäden, z.B. für Administration von Netzen in Schulen. Microsoft bietet den an diesen Arbeiten beteiligten wissenschaftlichen Hilfskräften die Möglichkeit der Zertifizierung als MCP (Microsoft Certified Programmer), einer in der Softwareindustrie anerkannten Zusatzqualifikation.

### 2.3 Internet Call Center

Das Internet Call Center am TecO wurde im Februar 1996 anlässlich des Besuch von Bill Gates und mit großer Presseresonanz eingerichtet und wird seitens Microsoft seit Juli 1996 von der IDCU-Abteilung betreut, deren Kunden Internetentwickler sind. Wie auch für die Netzwerkberatung für Schulen, stellt Microsoft für das Internet Call Center Produkte, Lehrmaterial und Entwicklungswerkzeuge zur Verfügung. Die Hardwareausstattung umfaßt Alpha- und Intel-basierte PCs und wird von der Firma Digital Equipment gestellt.

Primäre Aufgabe des Internet Call Center ist die Beratung von Großkunden der Firma zu Internet-Technologien. Das Call Center betreibt zu diesem Zweck eine Hotline für einen limitierten Kundenkreis. Gegenstand der Beratung sind Fragen der Systemintegration, Fragen der Infrastruktur für Internetangebote und Intranetlösungen, sowie produktspezifische Problemstellungen. Aktuelle inhaltliche Schwerpunkte der Beratung sind die Microsoft-Technologien ActiveX und MerchantServer. Als Grundlage für

die Beratungstätigkeit werden dem TecO Beta-Releases der Microsoft-Internetprodukte und -werkzeuge zur Verfügung gestellt; darüberhinaus sponsort Microsoft die Teilnahme von Call Center-Mitarbeitern an Entwicklerkonferenzen und Zertifizierungsprogrammen. Die am TecO aufgebaute Expertise auf der NT-Plattform wird somit ständig erweitert, ein wichtiger Aspekt, da Windows NT u.a. in den Kooperationsprojekten mit Digital Equipment und Daimler-Benz strategische Plattform ist.

Über die Beratungstätigkeit hinaus betreibt das Internet Call Center ftp- und WWW-Services, die einen sehr hohen Bekanntheitsgrad erreicht haben und auf die in der Fachpresse, z.B. im C't, häufig verwiesen wird.

# AltaVista für T-Online

Michael Beigl

## 1 Einleitung und Zieldefinition

Suchmaschinen sind zu einem unentbehrlichen Helfer im Informationsdschungel der Netze geworden. Eine der größten und populärsten dieser Suchmaschinen ist "AltaVista" [Equ96] der Firma Digital Equipment in Palo Alto. Mit dem Produktnamen AltaVista wird allerdings mehr als nur die Suchmaschine bezeichnet; es steht auch für die Entwicklungsumgebung und Software, welche speziell zur Volltextindizierung von Dokumenten entwickelt wurde. AltaVista in Palo Alto selbst besitzt eine Anpassung für das WWW, den sogenannten Scooter. Dieser durchsucht als Robot das Internet und legt entsprechende Textausdrücke AltaVista zur Indizierung vor.

Ziel des von TecO und CEC für T-Online durchgeführten Projekts war es, AltaVista dahingehend zu erweitern bzw. anzupassen, so daß auch Seiten des T-Online Dienstes [Tel96b] in die Datenbasis aufgenommen werden können. Außerdem sollten als Antwort der Suchmaschine T-Online-Seiten vorgeschlagen und nach Auswahl der gewünschten Seite die T-Online-Seite dargestellt werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Struktur des Internet-Dienstes WWW und des T-Online Dienstes Datex-J [Tel94a] (ehemals BTX) konnte die bisherige AltaVista-Konfiguration und Struktur nicht direkt übernommen werden; große Teile des Systems waren deshalb von uns neu zu entwickeln [TB96].

## 2 T-Online und Datex-J

T-Online besteht derzeit aus dem eigentlichen Dienst Datex-J sowie einem Zugang zum Internet. Betrachtet werden hier ausschließlich Seiten, welche im Datex-J Format vorliegen. T-Online speichert die meisten Seiten zentral auf einem Rechner in Ulm; darüberhinaus liegen noch regionale Seiten auf den regionalen Knotenrechnern [Tel94b] sowie Seiten auf externen Rechnern zum Beispiel bei großen Versandhäusern. Externe Rechner sind via X.25 beziehungsweise X.29 [Tel93] an den Datex-J Zentralrechner in Ulm angeschlossen. Datex-J Seiten können im sogenannten BULK-Format direkt am Zentralrechner ausgelesen werden [Tel95]. Derzeit sind national und regional etwa 1 Million Seiten im T-Online System verfügbar. Betrachtet werden sollten nur Seiten bei T-Online selbst; Seiten auf externen Rechnern werden nicht berücksichtigt.

Da Datex-J Seiten als Protokoll verarbeitet werden, bestehen sie aus binär kodiertem Kopf und einem Körper. Neben den neu angebotenen Seiten, bei welchen der Körper zum Teil im KIT-Format [Tel96a] vorliegt, sind dabei vor allem Seiten beziehungsweise Seitenteile interessant, die im CEPT-Format vorliegen. Für den Demonstrator zur CeBIT Home wurden ausschließlich CEPT-Seiten indiziert, das sind etwa 90 Prozent aller indizierbaren Seiten. Zusätzlich zu CEPT- und KIT-Seiten sind diverse Verwaltungsseiten sowie Seiten mit speziellen Inhalten zum Beispiel Software vorhanden. Auch diese Seiten wurden nicht indiziert.

## 3 Die Indizierung

Um eine Indizierung des Datex-J Dokumentenbestandes durchführen zu können, war es notwendig einen Dekoder zu entwickeln, welcher BULK-Update-Format lesen, sowie AltaVista-Metaformat schreiben kann. Da CEPT-Seiten die Möglichkeit der Einbindung eigener Zeichensätze, Umschaltung von Zeichensätzen sowie Cursorsprünge bieten, war ein interner Aufbau der Seite notwendig. Der Bereich der Darstellung ist dabei auf 40x25 Zeichen beschränkt. Aufgrund dieser Beschränkung versuchen viele Seitenanbieter in T-Online durch Farbunterlegungen Tabellenformate zu erzeugen, welche den direkten Textfluß, wie er z.B. in HTML vorhanden ist, zerstören. Deshalb war eine spezielle Logik notwendig, welche diesen Textfluß wiederherstellen kann, insbesondere deshalb, um die Trennung von Wörtern durch Bindestriche zu erkennen und entsprechende ganze Wörter indizieren zu können.

Der somit erzeugte Index enthält alle Wörter der indizierten Dokumente; eine Anfrage an ihn liefert eine Liste der Dokumente zurück, in denen die gesuchten Wörter enthalten sind, zusammen mit einer "Trefferquote", die die Relevanz des Dokumentes zu einem eingegebene Suchbegriff ausdrückt. Der so erzeugte Index wird auf dem AltaVista-Server bei T-Online abgelegt.

## 4 Die Abfrage des Indexes

Anfragen an den AltaVista Index können mit Hilfe des Werkzeugs von Digital Equipment "WebForum" gestellt werden. WebForum beinhaltet eine objektbasierte Anfragesprache, die in der Lage ist, auf einfache Art und Weise Ergebnisse von Anfragen in HTML zu formatieren.

Die Kommunikation mit dem Benutzer wird über WWW abgewickelt, die Benutzerschnittstelle ist also in HTML erstellt. Vorgabe von T-Online war die Verwendung von Netscape als Browser. Eine Anfrage wird über ein HTML-Formular entgegengenommen und über Internet zum AltaVista-Server geschickt. Dort wird sie via CGI vom "cgi-dispatcher" entgegengenommen, der die Anfrage an die angesprochene Klasse weiterleitet. WebForum führt nun mit Hilfe von AltaVista die Anfrage an den Index aus, formatiert das Resultat in HTML und verschickt die generierte Antwortseite zurück. Ähnlich AltaVista Palo Alto enthält die Antwortseite für jede gefundene T-Online-Seite die Seitennummer als Link sowie die ersten 70 Zeichen der entsprechenden Seite als Hinweis auf die Seite. Dieser Link zeigt mit der Seitennummer als Argument zurück zum AltaVista T-Online-Server.

Der Benutzer kann nun aus der erhaltenen Antwortseite eine T-Online-Seite auswählen und den entsprechenden Link anklicken. Der WWW-Browser schickt die hinterlegte Seitennummer zurück zum AltaVista-Server, wo sie wiederum vom cgi-dispatcher angenommen und zu der entsprechenden WebForum-Klasse weitergereicht wird. Diese versieht die Seitennummer mit einem neuen MIME-Typ (Application/BTX) und schickt sie als Dokument zurück an den Client.

Auf der Benutzerseite erhält der WWW-Browser Daten, die mit dem oben genannten MIME-Typ versehen sind und startet die verknüpfte Anwendung als sogenannter "external viewer". Diese Anwendung steuert den T-Online-Decoder über dessen API-Schnittstelle, so daß der Benutzer die ausgewählte Seite scheinbar direkt von seinem WWW-Browser aus aufrufen kann.

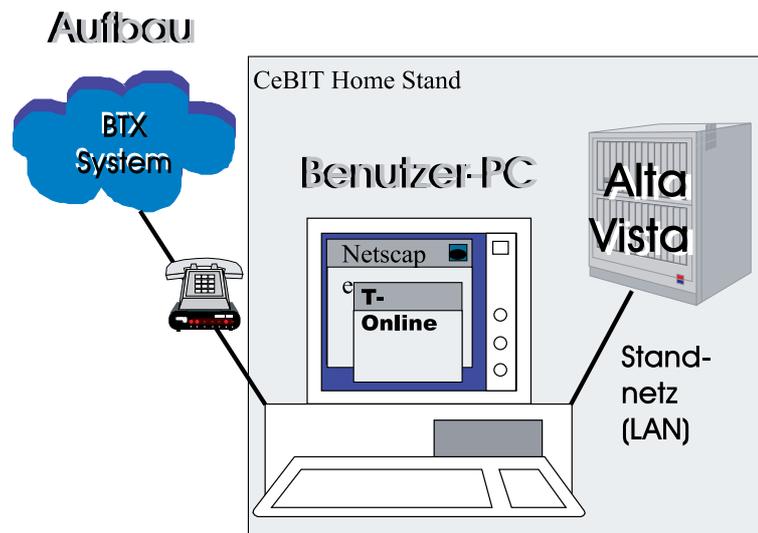


Abbildung 39. Aufbau des Messedemonstrators "AltaVista für T-Online"

## 5 Ausblick

Der erwähnte Demonstrator konnte zur CeBIT Home 1996 erfolgreich vorgeführt werden (Abbildung 39). Es ist zu erwarten beziehungsweise angekündigt, daß die Telekom "AltaVista für T-Online" als Dienst in T-Online integrieren möchte. Dazu müssen dann zusätzlich zu den bisherigen CEPT-Seiten ebenfalls die KIT-Seiten indiziert werden. Darüberhinaus ist an eine Spiegelung des Web-Indexes von AltaVista Palo Alto durch T-Online gedacht.

Teil III

# Anhang



## Literatur

- [AC95] P. Alexander und K. Carpenter. ATM Net Management: A Status Report. *Data Communications International* 24(12), September 1995, Seite 110–116.
- [ACT] ACTS. ACTS Documentation. <http://www.lii.unitn.it/EU/ACTS/index.html>.
- [ADH<sup>+</sup>93] M. Altenhofen, J. Dittrich, R. Hammerschmidt, T. Käppner, C. Kruschel, A. Kückens und T. Steinig. The BERKOM Multimedia Collaboration Service. In *Proceedings ACM Multimedia, Anaheim*. ACM, August 1993, Seite 457–463.
- [ADMSM95] Y. Amir, D. Dolev, P. M. Melliar-Smith und L. E. Moser. Robust and Efficient Replication Using Group Communication, 1995.
- [AF95] ATM-Forum. Interim Local Management Interface (ILMI) Specification Version 4.0. ATM-Forum/95-0417R2, Oktober 1995.
- [AG96] K. Arnold und J. Gosling. *The Java Programming Language*. Addison Wesley, 1996.
- [Aga94] Deborah A. Agarwal. *Totem: A Reliable Ordered Delivery Protocol for Interconnected Local-Area Networks*. Dissertation, Department of Electrical and Computer Engineering, University of California, Santa Barbara, 1994.
- [AHR96] A. Ayyagari, J. Harrang und S. Ray. Extensions to Proposed Charter, Scope, and Work Plan for WATM Working Group. ATM Forum 96-0672, 1996.
- [AMMS<sup>+</sup>93] Y. Amir, L. E. Moser, P. M. Melliar-Smith, D. A. Agarwal und P. Ciarfella. Fast Message Ordering and Membership Using a Logical Token-Passing Ring, 1993.
- [AMMSB94] D. A. Agarwal, L. E. Moser, P. M. Melliar-Smith und R. K. Budhia. A Reliable Ordered Delivery Protocol for Interconnected Local-Area Networks, 1994.
- [Anc93] Emmanuelle Anceaume. A Comparison of Fault-Tolerant Atomic Broadcast Protocols, 1993.
- [Ang93] H.C. Angermeyer. Die Einführung von Informations-Management — eine Führungsaufgabe. *zfo*, 4 1993, Seite 235–241.
- [AT94] M. Ahmed und K. Tesink. Definition of Managed Objects for ATM Management Version 8.0 using SMIv2. RFC 1695, August 1994.
- [Bal93] Helmut Balzert. Der JANUS-Dialogexperte: Vom Fachkonzept zur Dialogstruktur. In *Proceedings der GI-Fachtagung Softwaretechnik '93*, Dortmund, 8.–10. November 1993.
- [Bau95] Andreas Bauch. Genaue Zeit in Wissenschaft und Technik. *Physik in unserer Zeit* 26. Jahrgang(2), 1995, Seite 60–68.
- [BB94a] Ajay Bakre und B.R. Badrinath. LTCP: Indirect TCP for Mobile Hosts. Technischer Bericht DCS-TR-314, Rutgers University, 1994.
- [BB94b] Michael Brater und Ute Büchele. *Entwicklungsschritte zur Gruppenarbeit in der Mengensachbearbeitung*. Rainer Hampp Verlag, München, 1994.
- [Bel95] M. Belgrave. The Unified Agent Architecture: A Platform for Intelligent Software Agents. URL: [http://www.ee.mcgill.ca/~belmarc/agent\\_root.html](http://www.ee.mcgill.ca/~belmarc/agent_root.html), Oktober 1995.
- [Bla93] Gerold Blakowski. *Entwicklungs- und Laufzeitunterstützung für verteilte multimediale Anwendungen*. Dissertation, Universität Karlsruhe, Institut für Telematik, Januar 1993.
- [BNPM93] R.M. Baecker, D. Nastos, I.R. Posner und K.L. Mawby. The User-centred Interactive Design of Collaborative Writing Software. In *Proceedings of the INTERCHI'93*, April 1993, Seite 399–405.
- [Bor92] U. Borghoff. *Catalogue of Distributed File/Operating Systems*. Springer, 1992.
- [BP90] Karl-Friedrich Bohringer und Frances Newbery Paulisch. Using Constraints to Achieve Stability in Automatic Graph Layout Algorithms. In *Proceedings of ACM CHI'90 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1990, Seite 43–51.
- [BR91] M. Bearman und K. Raymond. Federating Traders: an ODP Adventure. In J. de Meer und V. Heymer (Hrsg.), *International IFIP Workshop on Open Distributed Processing*, Berlin, Germany, October 8–11 1991.
- [Bre96] Andreas Breiter. Auswertung der IST-Online Umfrage zur Nutzung des Internet. Technischer Bericht, SWF, FhG-ISI, TecO, c/o TecO, Universität Karlsruhe, April 1996.
- [BSSZ95] Torsten Braun, Claudia Schmidt, Jochen Schiller und Martina Zitterbart. Design of a Modular and Efficient Communication System. In *Proceedings of ICC'95*, August 1995.
- [BT94] T. Brown und K. Tesink. Definition of Managed Objects for the SONET/SDH Interface Type. RFC 1595, März 1994.
- [Bur95] C. Burger. Cooperation policies for traders. In *Proceedings of the International Conference on Open Distributed Processing (ICODP'95)*, Brisbane, Australia, 1995.
- [Car95a] Georg Carle. Adaptable Error Control for Efficient Provision of Reliable Services in ATM Networks. In *First Workshop on ATM Traffic Management WATM'95, IFIP, WG.6.2 Broadband Communication, Paris*, Dezember 1995.
- [Car95b] Georg Carle. Framework with Scaleable Error Control for Reliable Multipoint Services in ATM Networks. In *International Conference on Multimedia Networking, MmNet'95, Aizu-Wakamatsu, Fukushima, Japan*, September 1995.
- [Car95c] Georg Carle. Towards Scaleable Error Control for Reliable Multipoint Services in ATM Networks. In *12th International Conference on Computer Communication, ICC'95, Seoul, Korea*, August 1995.

- [Car96] B. Carpenter. Architectural Principles of the Internet. RFC 1958, Juni 1996.
- [CD92] S. Casner und S. Deering. First IETF Internet Audiocast. *ACM Computer Communication Review* **22**(3), Juli 1992, Seite 92 – 97.
- [CD96] Georg Carle und Stefan Dresler. High Performance Group Communication Services in ATM Networks. In O. Spaniol A. Danthine, D. Ferrari und W. Effelsberg (Hrsg.), *High-Speed Networks for Multimedia Applications*. Kluwer Academic Publishers, 1996, Seite 199–224.
- [CEG<sup>+</sup>95a] Georg Carle, Hiroshi Esaki, Alope Guha, Keiji Tsunoda und Kumiko Kanai. Necessity of an FEC Scheme for ATM Networks. In *ATM Forum Technical Committee 'Service Aspects and Applications', Contribution ATMF/95-0325; Denver, Colorado, U.S.A.*, April 1995.
- [CEG<sup>+</sup>95b] Georg Carle, Hiroshi Esaki, Alope Guha, Keiji Tsunoda und Kumiko Kanai. Proposal for Specification of FEC-SSCS for AAL Type 5. In *ATM Forum Technical Committee 'Service Aspects and Applications', Contribution ATMF/95-0326; Denver, Colorado, U.S.A.*, April 1995.
- [CGH<sup>+</sup>95] D. Chess, B. Grosz, C. Harrison, D. Levine, C. Parris und G. Tsudik. Itinerant Agents for Mobile Computing. *IEEE Personal Communications*, Oktober 1995, Seite 34–48.
- [CKW96] O. Ciupke, D. A. Kottmann und H.-D. Walter. Object Migration in Non-Monolithic Distributed Applications. In *16th Int. Conf. on Distr. Comp. Syst.*, Hongkong, Mai 1996. Seite 529–536.
- [CM95] Fabio Moreira Costa und Edmundo Roberto Mauro Madeira. An object group model and its implementation to support cooperative applications on CORBA. Universidade Estadual de Campinas, 1995.
- [CMMS96] X. Chen, L.E. Moser und P. M. Melliar-Smith. Reservation-Based Totally Ordered Multicast. In *Proceedings of the 16th ICDCS (International Conference on Distributed Computing Systems), Hong Kong*, Department of Electrical and Computer Engineering, University of California, Santa Barbara, 93106 USA, xmc@alpha.ece.ucsb.edu, moser@ece.ucsb.edu, pmms@ece.ucsb.edu, 27.-30. Mai 1996. Seite 511–519.
- [Cri96] Flaviu Cristian. Synchronous and Asynchronous Group Communication. *Communications of the ACM* **39**(4), April 1996, Seite 88–97.
- [CS93] David R. Cheriton und Dale Skeen. Understanding the Limitations of Causally and Totally Ordered Communication. In *SIGOPS'93*, Computer Science Department, Stanford University, cheriton@cs.stanford.edu; Teknekron Software Systems, Inc., Palo Alto, California, skeen@tss.com, 1993. Seite 44–57.
- [CS95a] Georg Carle und Jochen Schiller. Enabling High-Bandwidth Applications by High-Performance Multicast Transfer Protocol Processing. In *6th IFIP Conference on Performance of Computer Networks, Istanbul, Türkei*, Oktober 1995.
- [CS95b] Georg Carle und Jochen Schiller. Modular VLSI Implementation Architecture for the Scalable Provision of High-Performance Multimedia Multipoint Services. In *Third IEEE Workshop on the Architecture and Implementation of High Performance Communication Subsystems, HPCS'95, Mystic, Connecticut, U.S.A.*, August 1995.
- [CS96] Georg Carle und Jochen Schiller. Modeling, Simulation and Synthesis of High-Performance ATM Protocols and Multimedia Systems. In K. Bagchi G. Zobrist, J. Walrand (Hrsg.), *State-of-the Art in Performance Modeling and Simulation*. Gordon and Breach Publishers, 1996, Seite 203–222.
- [CSS96a] Georg Carle, Günter Schäfer und Jochen Schiller. An Approach to Hardware-Supported Accounting Management in ATM-Networks. In *Proceedings of the 8th IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks*, 1996. Berlin/Potsdam, 25. - 28. August.
- [CSS96b] Georg Carle, Günter Schäfer und Jochen Schiller. Flexible Design of Hardware-Supported High Performance Protocol Processing Units. In *Proceedings of the 5th Open Workshop on High Speed Networks*, 1996. Paris, France, 20. – 21. März.
- [Cus93] H. Custer. *Inside Windows NT*. Microsoft Press. 1993.
- [DB91] Daimler-Benz. STORM: Miteinander ans Ziel. DAIMLER BENZ AG, Informationsbroschüre, September 1991.
- [DB92] Paul Dourish und Victoria Bellotti. Awareness and Coordination in Shared Workspaces. In *Proceedings of CSCW'92, ACM 1992 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, November 1992, Seite 107–114.
- [DFM93] E. Dengler, M. Friedell und J. Marks. Constraint-Driven Diagram Layout. In *Proceedings of the 1993 IEEE Workshop on Visual Languages*, 1993, Seite 330–335.
- [DM96] Danny Dolev und Dalia Malki. The Transis Approach to High Availability Cluster Communication. *Communications of the ACM* **39**(4), April 1996, Seite 64–70.
- [EC95] Hiroshi Esaki und Georg Carle. Combination of SSCOP and an AAL-Level FEC Scheme. In *ATM Forum Plenary, Contribution ATMF/95-1560; London*, Dezember 1995.
- [ECD95a] Hiroshi Esaki, Georg Carle und Tim Dwight. Benefits of AAL-Level FEC Scheme for ATM Networks. In *ATM Forum Plenary, Contribution ATMF/95-1438; London*, Dezember 1995.
- [ECD95b] Hiroshi Esaki, Georg Carle und Tim Dwight. Reliable Multicast Service Needs Cell-Level FEC Scheme. In *ATM Forum Plenary, Contribution ATMF/95-1437; London*, Dezember 1995.
- [EG89a] C.A. Ellis und S.J. Gibbs. Concurrency Control in Groupware Systems. *Sigmod Record*, 1989, Seite 399–407.

- [EG89b] C.A. Ellis und S.J. Gibbs. Concurrency Control in Groupware Systems. In *Proceedings ACM SIGMOD'89 Conference on the Management of Data*, May 1989.
- [EGR90] C.A. Ellis, S.J. Gibbs und S. Rein. Design and Use of a Group Editor. In *Engineering for Human Computer Interaction*, 1990.
- [EGR91a] C. Ellis, S. Gibbs und G. Rein. Groupware: Some Issues and Experiences. *Communications of the ACM* **34**(1), January 1991, Seite 38–58.
- [EGR91b] C.A. Ellis, S.J. Gibbs und S. Rein. Groupware - Some Issues and Experiences. *Communications of the ACM* **34**(1), 1991, Seite 39–58.
- [End95] Michael Enderle. Entwicklung und Aufbau eines WWW-Servers zur Unterstützung des Lehrbetriebs der Fakultät für Informatik I. Studienarbeit, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik, Dezember 1995. Betreuer S. Gessler.
- [Equ96] Digital Equipment. AltaVista. <http://altavista.digital.com/>, 1996.
- [ET94] P. Eades und R. Tamassia. Algorithms for Drawing Graphs: An Annotated Bibliography. Technischer Bericht, Department of Computer Science, Brown University, 1994.
- [Fan95] G. Fankhauser. Magic WAND: Wireless ATM Network Demonstrator. <http://www.tik.ee.ethz.ch/~wand/Welcome.html>, 1995.
- [Fer95] Gunnar Ferch. Entwicklung und Aufbau eines WWW-Servers zur Unterstützung des Lehrbetriebs der Fakultät für Informatik II. Studienarbeit, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik, Dezember 1995. Betreuer S. Gessler.
- [Fis95] Jörg Fischer. Qualitätssicherung bei der Entwicklung interaktiver Software. Diplomarbeit, Universität Karlsruhe, 1995.
- [Foc96] F. Fock. Graphische Benutzeroberfläche für den GIGAswitch/ATM-Monitor. Studienarbeit am Institut für Telematik, Universität Karlsruhe, Juli 1996.
- [För96] F. Förstemann. Abbildung von Informationsflüssen auf Trading-Kontrakte. Diplomarbeit, Institut für Telematik, Fakultät für Informatik, Universität Karlsruhe, Mai 1996.
- [Fri94] A. Frick. A Fast Adaptive Layout Algorithm for Undirected Graphs. In *Proceedings of Graph Drawing '94*, Band LNCS 894, Princeton, New Jersey, 1994. Seite 388–403.
- [Fri96a] Oliver Frick. Formal Description and Interpretation of Coordination Protocols for Teamwork. In *Workshop Trends in Distributed Systems, Aachen*, Lecture Notes in Computer Science. GI, Springer, October 1996.
- [Fri96b] Oliver Frick. Multimedia Conferencing Systems as Building Blocks for Complex Cooperative Applications. In Max Mühlhäuser und Wolfgang Effelsberg (Hrsg.), *Proceedings International Workshop on Multimedia Software Development, Berlin*, IEEE Computer Society Press. IEEE Computer Society, March 1996, Seite 61 – 68.
- [Fro95] Michael Fromme. Multimedia-Konferenzen in der Wissenschaft. Diplomarbeit, Universität Hannover, jul 1995.
- [Frü96] Michael Früchtel. Benutzerangepaßte Informationsgewinnung aus einem Dokumentensystem (Arbeitstitel). Diplomarbeit, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik (Noch zu veröffentlichen), Dezember 1996.
- [FS96] Oliver Frick und Claudia Schmidt. Service Support for Multiuser Multimedia Applications. In *3rd International Workshop on Protocols for Multimedia Systems (PROMS '96), Madrid*, October 1996.
- [Fuc96] Helmut Fuchs. HTML-Form Support für mobile Endgeräte. Studienarbeit, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik, September 1996.
- [FZ93] G. Forman und J. Zahorjan. The Challenges of Mobile Computing. Technischer Bericht 93-11-03, University of Washington, 1993.
- [GAEP94] H. Grabowski, R. Anderl, J. Erb und A. Polly. STEP – Grundlage der Produktdatentechnologie Teil 2: Das Integrierte Produktmodell. *CIM-Management* Band 10, 5 1994.
- [GECD95] Alok Guha, Hiroshi Esaki, Georg Carle und Tim Dwight. Necessity of Cell-Level FEC Scheme for ATM Networks. In *ATM Forum Plenary, Contribution ATMF/95-1011; Toronto, Kanada*, August 1995.
- [Ges95] Stefan Gessler. Informationsdienste in mobiler Umgebung. *Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik* **32**(184), Juli 1995, Seite 126–136.
- [Ges96] Stefan Gessler. The Revival of Netoperating Systems? In *Workshop Report, 3rd. Cabernet Radicals Workshop*, Connemara (Ireland), Mai 1996.
- [GGLL89] D. Garfinkel, P. Gust, M. Lemon und S. Lowder. The SharedX multi-user interface user's guide version 2.0. In *Hewlett-Packard Laboratories*, 1989.
- [GHK<sup>+</sup>96a] A. Grosse, J. Hartroth, L. Keller, D. Kottmann und H.-M. Kern. Empirische Studie über informationstechnische Verteilungsanforderungen in Maschinenbauunternehmen. Angenommen für: Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation (PIK), 1996.
- [GHK96b] A.G. Grosse, J. Hartroth und D.A. Kottmann. Delegating client functionality for optimized access to object-oriented databases. Erscheint in: Proceedings of the 3rd International Conference on Object Oriented Information Systems (OOIS'96), London, UK, Dezember 1996.

- [GK94] M.R. Genesereth und S.P. Ketchpel. Software Agents. *Communications of the ACM* **37**(7), Juli 1994, Seite 48–53,147.
- [GK95] Stefan Gessler und Andreas Kotulla. PDAs as mobile WWW Browsers. *Computer Networks and ISDN Systems (Special Issue: Selected Papers of the Second World-Wide Web Conference)* **28**(1-2), Dez 1995, Seite 53–59.
- [GKK95a] A. Grosse, D. Kottmann und L. Keller. Exploiting the Trading-Paradigm for Locating Entry-Points into Distributed Object-Oriented Databases. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Object-Oriented Informations Systems (OOIS'95), Dublin, Ireland*, Dezember 1995, Seite 135–149.
- [GKK95b] A.G. Grosse, L. Keller und D.A. Kottmann. Verteilungstechnologische Grundlagen integrierter Systeme. In H. Grabowski, S. Rude und G. Zülch (Hrsg.), *Innovative Produktentwicklung und Produktionssystemplanung – Proceedings zur Workshopreihe am 7./8.3.95 an der Universität Karlsruhe*, Veröffentlichungen des Sonderforschungsbereichs 346 – Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen: Band 1. Universität Fridericiana Karlsruhe (TH), 1995, Seite 407–424.
- [GKK96] A.G. Grosse, L. Keller und D.A. Kottmann. Agora: Value-added services in trading-bases systems. In A. Schill, O. Spaniol, C. Mittasch und C. Popien (Hrsg.), *International Conference on Distributed Platforms – Client/Server and Beyond: DCE, CORBA, ODP and Advanced Distributed Applications, Proceedings of the ICPD'96 Conference, Dresden, Germany, 27. Februar - 1. März, Industrial Stream/Poster Session*, 1996, Seite 284–288.
- [GLS96] Rachid Guerraoui, Mikel Larrea und Andre Schiper. Reducing the Cost for Non-Blocking in Atomic Commitment. In *Proceedings of the 16th ICDCS (International Conference on Distributed Computing Systems), Hong Kong*, Department d'Informatique, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, 1015 Lausanne, Switzerland, 27.-30. Mai 1996. Seite 692–697.
- [GMS91] Hector Garcia-Molina und Annemarie Spauster. Ordered and Reliable Multicast Communication. *ACM Transactions on Computer Systems* **9**(3), August 1991, Seite 242–271.
- [Goe95] Björn Goerke. Integration von Standardsoftware in das World Wide Web. Diplomarbeit, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik, Dezember 1995. Betreuer S. Gessler.
- [Gol89] D.E. Goldberg. *Genetic Algorithms in search, optimization and machine learning*. Addison-Wesley. 1989.
- [Goo95] A. Goodchild. An evaluation scheme for trader user interfaces. In *Proceedings of the International Conference on Open Distributed Processing (ICODP'95)*, Brisbane, Australia, February 1995. Seite 129–140.
- [Gra96] Peter Gramlich. Elektronischer Handel im Internet. Studienarbeit, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik, August 1996.
- [GRZ95] H. Grabowski, S. Rude und G. Zülch (Hrsg.). *Innovative Produktentwicklung und Produktionssystemplanung – Proceedings zur Workshopreihe am 7./8.3.95 an der Universität Karlsruhe*. Veröffentlichungen des Sonderforschungsbereichs 346 – Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen: Band 1, Universität Fridericiana Karlsruhe (TH), März 1995.
- [Gus88] P. Gust. SharedX: X in a distributed group work environment. In *Presentation at the 2nd Annual X Conference, MIT*, January 1988.
- [GW95] Stefan Gessler und Robert Wicke. Multimedia Onlinedienste nach dem kombinierten WWW-Ansatz. In *Forschungs und Arbeitsgebiete des Institutes für Telematik*, Band 22/95 der *Interne Berichte der Fakultät für Informatik*. Prof. Dr.Dr. h.c. Krüger, Günter Schäfer, April 1995, Seite 109–110.
- [GZG<sup>+</sup>93] H.W. Gellersen, C. Zeidler, W. Gerteis, B. Achauer, V. Vogelmann und M. Staudenmaier. Genetische Algorithmen in verteilten Systemen. In *Objekte in verteilten Systemen 9*, 1993, Seite 195–217.
- [Ham95] Booz-Allen & Hamilton. Zukunft Multimedia. Verlagsgruppe Frankfurter Allgemeine Zeitung, 1995.
- [Han96] H. Hansen. *Connection management functions of a private wireless ATM network*. Dissertation, Helsinki University of Technology, Department of Electrical Engineering, 1996.
- [HBC95] Markus Hofmann, Torsten Braun und Georg Carle. Multicast communication in large scale networks. In *Third IEEE Workshop on the Architecture and Implementation of High Performance Communication Subsystems, HPCS'95, Mystic, Connecticut, U.S.A.*, August 1995.
- [Hel91] H. Helgert. *Integrated services digital networks: architectures, protocols, standards*. Addison Wesley. 1991.
- [HK96] J. Hartroth und D. Kottmann. Mobile Softwareagenten: Entwicklungsstand und Einsatzperspektiven. *Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik* **33**(190), 1996.
- [HMNR95] T. Härder, B. Mitschang, U. Nink und N. Ritter. Workstation/Server-Architekturen für datenbankbasierte Ingenieur Anwendungen. *Informatik Forschung und Entwicklung* **10**(2), 1995.
- [Hof95a] Markus Hofmann. Protokollunterstützung für Multicast-Kommunikation. Technischer Bericht, DeTeBerkom GmbH, August 1995.
- [Hof95b] Markus Hofmann. Testsznarien für Protokollerweiterungen in XTP-Lite. Technischer Bericht, DeTeBerkom GmbH, November 1995.

- [Hof96a] Markus Hofmann. Adaptive Traffic and Error Control for Multipoint Communication. In *Proceedings of 18th Biennial Symposium on Communications, Kingston, ON*, Juni 1996.
- [Hof96b] Markus Hofmann. A Generic Concept for Large-Scale Multicast. In B. Plattner (Hrsg.), *Broadband Communications*, Lecture Notes in Computer Science, No. 1044. Springer Verlag, 1996, Seite 95 – 106. Proceedings of 1996 International Zurich Seminar on Digital Communications.
- [Hor] The Horus Project. <http://simon.cs.cornell.edu/Info/Projects/HORUS/>.
- [HS95a] Markus Hofmann und Claudia Schmidt. Das BerKom-II Projekt MMT. In *Forschungs- und Arbeitsgebiete des Instituts für Telematik*, April 1995.
- [HS95b] Markus Hofmann und Claudia Schmidt. Design und Implementierung von QoS-Erweiterungen in XTP-Lite. Technischer Bericht, DeTeBerkom GmbH, November 1995.
- [HS96] Markus Hofmann und Claudia Schmidt. A Flexible Architecture for Multimedia Communication in ATM-Based Networks. In *Proceedings of the 18th Biennial Symposium on Communications, Kingston, ON*, Juni 1996.
- [Hul96] Navil Huleihel. Efficient Ordering of Messages in Wide Area Networks. Diplomarbeit, Institute of Computer Science, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel, 1996.
- [Hv93] A. Heinecke und D. von der Oelsnitz. Informationsmanagement als Herausforderung für Praxis. *io Management Zeitschrift* 62(1), 1993, Seite 81–83.
- [IB94] T. Imielinski und B. Badrinath. Mobile Wireless Computing. *Communications of the ACM* 37(10), 1994.
- [ISI96] The ISIS Project. <http://www.cs.cornell.edu/Info/Projects/ISIS/ISIS.html>, 1996.
- [ISO86] ISO. Information Processing - Text and Office Systems - Standard Generalized Markup Language, 1986. ISO/DIS 8879.
- [ISO88a] ISO. Information Processing - Text and Office Systems - Open Document Architecture, Parts 1-8;, 1988. ISO/DIS 8613.
- [ISO88b] ISO. *Security Architecture*, 1988. International Standard 7498-2 (CCITT X.800).
- [ITU94] ITU. *T.120*. International Telecommunication Union. March 1994.
- [JCJO92] Ivar Jacobson, Magnus Christerson, Patrik Jonson und Gunnar Övergaard. *Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach*. ACM Press/Addison-Wesley, Wokingham, England. 1992.
- [Jon95] J. Jonson. Middleware Makes Wireless WAN Magic. *Data Communications* Band 3, 1995.
- [JWZ93] Christian Janssen, Anette Weisbecker und Jürgen Ziegler. Generating User Interfaces from Data Models and Dialogue Net Specifications. In Stacey Ashlund, Kevin Mullet, Austin Henderson, Erik Hollnagel und Ted White (Hrsg.), *Human Factors in Computing Systems*, INTERCHI '93 Conference Proceedings, Amsterdam, The Netherlands, 24.–29. April 1993. ACM Press, Seite 418–423.
- [KGH<sup>+</sup>95] L. Keller, A. Grosse, J. Hartroth, D. Kottmann und H.-M. Kern. Informationstechnische Verteilungsanforderungen in Maschinenbauunternehmen. Technischer Bericht 39/95, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, Oktober 1995.
- [KK91] Tomihisa Kamada und Satoru Kawai. A General Framework for Visualizing Abstract Objects and Relations. *ACM Transactions on Graphics* 10(1), 1991, Seite 1–39.
- [KLWZ95] C. Kilger, P. Lockemann, H.-D. Walter und A. Zachmann. Integrierter Objektbankentwurf. *Informationstechnik und technische Informatik* (5), 1995.
- [KM93] T. Kautz und B. Mielke. *Alles über MODACOM*. Franzis Verlag. 1993.
- [KMS91] C. Kosak, J. Marks und S. Shieber. A Parallel Genetic Algorithm for Network-Diagram Layout. In *Proc. 4th Int. Conf. on Genetic Algorithms (ICGA 91)*, 1991.
- [Kön93] A.-J. König. Dezentrale Datenhaltung in der Allfinanzkundenberatung. *Informationstechnik und Technische Informatik (it+ti)* 35(1), Januar 1993, Seite 45–55.
- [Koo96] K. Koor. Wireless Professional and Residential Multimedia Applications. <http://entnw2.et.tu-dresden.de/median.html>, 1996.
- [Kot95a] D. A. Kottmann. Serializing Operations into the Past and Future: A Paradigm for Disconnected Operations on Replicated Objects. In *Proc. of the ECOOP'95 Workshop on Mobility and Replication*, Aarhus, Denmark, August 1995.
- [Kot95b] Andreas Kotulla. Globale Informationsdienste und PDAs am Beispiel von World Wide Web (WWW). Diplomarbeit, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik, Februar 1995. Betreuer S. Gessler.
- [Kot96a] D. A. Kottmann. Ein quantitatives Modell zur analytischen Bewertung von Protokollen für abgekoppelte Operationen. Technischer Bericht 15/96, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, 1996.
- [Kot96b] D. A. Kottmann. Replication-Support for Advanced Mobile Applications. In *angenommen zur 1996 World Conference Mobile Communications*, Canberra, Australia, September 1996.
- [Kot96c] D. A. Kottmann. *Replikation in vernetzten Systemen mit mobilen Teilnehmern*. Dissertation, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, 1996.
- [Kra92] Shlomo Kramer. Total Ordering of Messages in Multicast Communication Systems. Diplomarbeit, Institute of Computer Science, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel, ≥ 1992.

- [KS96] D. A. Kottmann und C. Sommer. Stublets: A Notion for Mobility-Aware Application Adaption. In *Proc. of the ECOOP'96 Workshop on Mobility and Replication*, Linz, Österreich, Juli 1996.
- [KT96] M Frans Kaashoek und Andrew S. Tanenbaum. An Evaluation of the Amoeba Group Communication System. In *Proceedings of the 16th ICDCS (International Conference on Distributed Computing Systems)*, Hong Kong, Laboratory for Computer Science, M.I.T., Cambridge, U.S.A.; Department of Math and Computer Science, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands, 27.-30. Mai 1996. Seite 436-447.
- [Kum95] V. Kumar. *Mbone: Interactive Multimedia on the Internet*. New Riders Publishing. 1995.
- [KWP96] D. A. Kottmann, R. Wittmann und M. Posur. Delegating Remote Operation Execution in a Mobile Computing Environment. *Erscheint in ACM — Baltzer Mobile Networks and Applications, A Topical Journal on Mobility of Systems, Users, Data and Computing*, Voraussichtlich 4. Quartal 1996.
- [LE95] T. Lin und P. Eades. Integration of Declarative and Algorithmic Approaches for Layout Creation. In R. Tamassia und I. G. Tollis (Hrsg.), *Graph Drawing (Proc. GD '94)*, Band 894 der *Lecture Notes in Computer Science*. Springer-Verlag, 1995, Seite 376-387.
- [LfWI95] Universität Erlangen-Nürnberg Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik II. Zwischenbericht zum Meilenstein 2. Technischer Bericht, RTB Bayern/FAU, Teilprojekt 3.12 (MM-unterstützte Dezentralisierung von interdisziplinärer Lehre), 1995.
- [LM96a] A.A. Lazar und F. Marconcini. Towards an Open API for ATM Switch Control. Technical Report CU/CTR/TR 441-96-07, Columbia University, 1996.
- [LM96b] T. Luckenbach und M. Mateescu. Wireless Mobility and ATM: Cooperative Networks for Mobile Multimedia Communications. <http://www.fokus.gmd.de/nthp/mobilat/entry.html>, 1996.
- [LP96] John C. Lin und Sanjoy Paul. RMTP: A Reliable Multicast Transport Protocol. In *Proceedings of IEEE INFOCOM '96*, 1996, Seite 1414-1424. <http://gwen.cs.purdue.edu/pub/lin/rmtp.ps.Z>.
- [MA94] MMT-Arbeitsgruppe. The BERKOM-II MultiMedia Transport System (MMT) – Version 5.0. Technischer Bericht, DeTeBerkom GmbH, 1994.
- [Man91] A. Mann. Der GSM-Standard, Grundlage für europäische Mobilfunknetze. *Informatik Spectrum* Band 14, 1991, Seite 137-152.
- [Mas92] T. Masui. Graphic Object Layout with Interactive Genetic Algorithms. In *Proceedings of the 1992 IEEE Workshop on Visual Languages*, Seattle, Washington, 1992. Seite 74-87.
- [May92] Erwin Mayer. An Evaluation Framework for Multicast Ordering Protocols. *ACM SIGCOMM'92* 22(4), 17-20 August 1992, Seite 177-187.
- [May93] Erwin Mayer. *Multicast-Synchronisationsprotokolle für kooperative Anwendungen*. Dissertation, Universität Mannheim, 1993.
- [MC90] Thomas W. Malone und Kevin Crowston. What is Coordination Theory and How Can It Help Design Cooperative Work Systems? In *ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW '90)*. ACM, ACM Press, October 1990, Seite 357-370.
- [MGG95] Max Mühlhäuser, Hans-Werner Gellersen und Stefan Gessler. Distributed Client Architectures for advanced WWW applications. In *Interactive and Distributed Multi-Media Systems on Highspeed Network*, Darmstadt (Germany), April 1995.
- [MHGP96a] K. McCloghrie, J. Heinanen, W. Greene und A. Prasad. Accounting Information for ATM Networks. Internet-Draft (draft-ietf-atommib-atmacct-00.txt), Juli 1996.
- [MHGP96b] K. McCloghrie, J. Heinanen, W. Greene und A. Prasad. Managed Objects for Controlling the Collection and Storage of Accounting Information for Connection-Oriented Networks. Internet-Draft (draft-ietf-atommib-acct-03.txt), Juli 1996.
- [Mic92] Z. Michalewicz. *Genetic algorithms + data structures = evolution programs*. Springer-Verlag. 1992.
- [Mic94] Microsoft. *Microsoft Open Database Connectivity Software Development Kit Programmers Reference*, 1994.
- [Mik96] J. Mikkonen. Wireless ATM Overview. In *NOKIA Library*. NOKIA, 1996.
- [MLF92] Thomas Malone, Kum-Yew Lai und Christopher Fry. Experiments with Oval: A Radically Tailorable Tool for Cooperative Work. In *ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'92)*, Toronto, Ontario. ACM Press, 1992, Seite 289-297.
- [MMSA<sup>+</sup>94] L. E. Moser, P. M. Melliar-Smith, D. A. Agarwal, R. K. Budhia, C. A. Lingley-Papadopoulos und T. P. Archambault. The Totem System, 1994.
- [MMSA<sup>+</sup>96] L. E. Moser, P. M. Melliar-Smith, D. A. Agarwal, R. K. Budhia und C. A. Lingley-Papadopoulos. Totem: A Fault-Tolerant Multicast Group Communication System. *Communications of the ACM* 39(4), April 1996, Seite 54-63.
- [MO94] Munir Mandviwalla und Lorne Olfman. What Do Groups Need? A Proposed Set of Generic Groupware Requirements. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 1(3), September 1994, Seite 245-268.
- [MSMA91] P. M. Melliar-Smith, Louise E. Moser und Deborah Agarwal. Ring-Based Ordering Protocols, 1991.
- [MTKY92] S. Matsuoka, S. Takahashi, T. Kamada und A. Yonezawa. A General Framework for Bidirectional Translation between Abstract and Pictorial Data. *TOIS* 10(4), 1992, Seite 408-437.
- [Mut94] P. Mutzel. *The Maximum Planar Subgraph Problem*. Dissertation, Universität zu Köln, 1994.

- [MV93] M. Minas und G. Viehstaedt. Specification of Diagram Editors Providing Layout Adjustment with Minimal Change. In *Proceedings of the 1993 IEEE Workshop on Visual Languages*, 1993, Seite 324–329.
- [MZP96] B. Meyer, S. Zlatinitsis und C. Popien. Enabling interworking between heterogenous distributed platforms. In A. Schill, Ch. Mittasch, O. Spaniol und C. Popien (Hrsg.), *Distributed Platforms – Proceedings of the IFIP/IEEE International Conference on Distributed Platforms: Client/Server and Beyond: DCE, CORBA, ODP and Advanced Distributed Applications*, London, UK, 1996. Chapman & Hall, Seite 329–341.
- [NEH<sup>+</sup>96] P. Newman, W. L. Edwards, R. Hinden, E. Hoffman, F. Ching Liaw, T. Lyon und G. Minshall. General Switch Management Protocol Specification Version 1.1. <http://www.ipsilon.com/protocols/gsmpt.txt>, Mai 1996.
- [Nel85] Greg Nelson. Juno, A Constraint-Based Graphics System. In B. A. Barsky (Hrsg.), *Computer Graphics (SIGGRAPH '85 Proceedings)*, Band 19, Juli 1985, Seite 235–243.
- [Neu75] K. Neumann. *Operations Research Verfahren Band III*. Carl Hanser Verlag. 1975.
- [Neu95] Olaf Neumann. Integrierte Nutzung von Videokonferenzen, Informationssystemen und Mobile Computing in der Lehre. Technischer Bericht, DFN Projekt Teleteaching Dresden–Freiberg, nov 1995. Pojektbeschreibung.
- [OHE96] R. Orfali, D. Harkey und J. Edwards. *The Essential Distributed Objects Survival Guide*. John Wiley & Sons. 1996.
- [Ous94] John K. Ousterhout. *Tcl and the Tk Toolkit*. Addison Wesley. 1994.
- [PB96] A. Puder und C. Burger. New Concepts for Qualitative Trader Cooperation. In A. Schill, Ch. Mittasch, O. Spaniol und C. Popien (Hrsg.), *Distributed Platforms – Proceedings of the IFIP/IEEE International Conference on Distributed Platforms: Client/Server and Beyond: DCE, CORBA, ODP and Advanced Distributed Applications*, London, UK, 1996. Chapman & Hall, Seite 301–313.
- [Pow96] David Powell. Group Communication. *Communications of the ACM* **39**(4), April 1996, Seite 50–53.
- [PRS96] Ravi Prakash, Mechel Raynal und Mukesh Singhal. An Efficient Causal Ordering Algorithm for Mobile Computing Environments. In *Proceedings of the 16th ICDCS (International Conference on Distributed Computing Systems)*, Hong Kong, Department of Computer and Information Science, The Ohio State University, Columbus, OH 43210, U.S.A. prakash, singhal@cis.ohio.state.edu; IRI-SA, Campus de Beaulieu, Rennes Cedex, France, michel.raynal@irisa.fr, 27.-30. Mai 1996. Seite 744–751.
- [PSA96] S. Pejhan, M. Schwartz und D. Anastassiou. Error Control Using Retransmission Schemes in Multicast Transport Protocols for Real-Time Media. *IEEE/ACM Transactions on Networking* **4**(3), Juni 1996, Seite 413 – 427.
- [Pud94] A. Puder. A Declarative Extension of IDL-based Type Definitions within Open Distributed Environments. In D. Patel, Y. Sun und S. Patel (Hrsg.), *International Conference on Object Oriented Information Systems (OOIS '94)*, London, UK, 19–21 December 1994. Springer, Seite 423–436.
- [RB92] Ch. Brown R. Bianchini. Parallel Genetic Algorithms on Distributed-Memory Architectures. Technischer Bericht, The University of Rochester, August 1992.
- [RBM96] R. Rudisch, B.Bialek und M.Beigl. System Support for Mobile Computing. *Workshop ZGDV-IMC'96 Rostock*, 1996.
- [RBP<sup>+</sup>91] James Rumbaugh, Michael Blaha, William Premerlani, Frederick Eddy und William Lorenzen. *Object-Oriented Modeling and Design*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 1991.
- [Rei92] Gail Rein. *Organization Design Viewed as a Group Process Using Coordination Technology*. Dissertation, University of Texas at Austin, May 1992.
- [Rei93] Berthold Reinwald. *Workflow-Management in verteilten Systemen*, Band 7 der *Teubner texte zur Informatik*. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart. 1993.
- [Ret95] Leigh Anne Rettinger. *Desktop Videoconferencing: Technology and Use for Remote Seminar Delivery*. Dissertation, Graduate Faculty of North Carolina State University, jul 1995.
- [RFV96] Luis E.T. Rodrigues, Henrique Fonseca und Paulo Verissimo. Totally Ordered Multicast in Large-Scale Systems. In *Proceedings of the 16th ICDCS (International Conference on Distributed Computing Systems)*, Hong Kong, Instituto Superior Tecnico, INESC, ler@inesc.pt; Universidade de Lisboa; INESC; hjf@inesc.pt and paulov@inesc.pt, 27.-30. Mai 1996. Seite 503–510.
- [RG92] M. Roseman und S. Greenberg. GroupKit: A groupware toolkit for building real-time conferencing applications. In *ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'92)*, Toronto, Ontario. ACM Press, 1992, Seite 43–50.
- [RM95a] R. Rudisch und M.Beigl. A mobile system integration architecture. Technischer Bericht 53-95, University of Karlsruhe, 1995.
- [RM95b] R. Rudisch und M.Beigl. Transparent extention of existing applications for mobile computing. Technischer Bericht 52-95, University of Karlsruhe, 1995.
- [RM96] R. Rudisch und M.Beigl. System Support for Mobile Computing. *Computers & Graphics* Band 20, 1996.
- [Rü93] Tom Rüdebusch. *Generische Unterstützung für Teamarbeit in verteilten DV-Systemen*. Dissertation, Universität Karlsruhe, 1993.

- [San96] Sandia National Laboratories. *Phase I ATM Security Specification*, 1996. ATM-Forum / 95-1473R4.
- [SB96] Claudia Schmidt und Roland Bless. QoS Monitoring in High Performance Environments. *Proceedings of the Fourth International IFIP Workshop on Quality of Service - IWQoS 96*, März 1996.
- [Sch93] A. Schill. *DCE – Das OSF Distributed Computing Environment – Einführung und Grundlagen*. Nr. 731 der LNCS. Springer Verlag. 1993.
- [Sch94] E. Schöneburg. *Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien*. Addison-Wesley. 1994.
- [Sch95] Alexander Schill. *Cooperative Office Systems*. Prentice Hall. 1995.
- [Sch96a] D. Schempf. Vergleich und Bewertung unterschiedlicher Sicherungsmechanismen zur Erweiterung von SNMP. Studienarbeit, Institut für Telematik, Universität Karlsruhe, Juli 1996.
- [Sch96b] Jochen Schiller. *Teilautomatisierter Entwurf modularer Prozessorsysteme für die Hochleistungskommunikation*. VDI-Verlag. 1996.
- [Sch96c] Claudia Schmidt. Flexible QoS Monitoring in High Performance Protocols. *Proceedings of the Eighth IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks*, August 1996.
- [Sea95] A. Schill und B. Bellmann et al. System Support for Mobile Distributed Computing Applications. *IEEE SDNA Workshop, Vancouver*, 1995.
- [Sei96] J. Seitz. Meta Managed Objects. eingereicht für das IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management ISINM'97, San Diego, USA, Juni 1996.
- [SFB96a] Sonderforschungsbereich 346 - Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen: Arbeits- und Ergebnisbericht 1.7.1993 - 31.13.1996. Universität Karlsruhe, 1996.
- [SFB96b] Sonderforschungsbereich 346 - Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen: 2. Fortsetzungsantrag. Universität Karlsruhe, 1996.
- [Sis91] Steve Sistare. Graphical Interaction Techniques in Constraint-Based Geometric Modeling. In *Proceedings of Graphics Interface '91*, Juni 1991, Seite 85–92.
- [SM91] K. Shahookar und P. Mazumder. VLSI Cell Placement Techniques. In *ACM Computing Surveys*, Band 23, 1991, Seite 143–220.
- [SMA<sup>+</sup>95] G. Spur, K. Mertins, R. Albrecht, F. Duttenhofer, H. Edeler, R. Jochem, M. Rabe, B. Schallock und U. Wegener. Introductory Overview. In H.H. Adelsberger, J. Lažanský und V. Mařík (Hrsg.), *Information Management in Computer Integrated Manufacturing — A Comprehensive Guide to State-of-the-Art CIM Solutions*, Seite 1–49. Springer, 1995.
- [SMJ93] G. Spur, K. Mertins und R. Jochem. *Integrierte Unternehmensmodellierung*. Entwicklungen zur Normung von CIM. Beuth. 1993.
- [SR96] André Schiper und Michel Raynal. From Group Communication to Transactions in Distributed Systems. *Communications of the ACM* **39**(4), April 1996, Seite 84–87.
- [Sta95] W. Stallings. *Network and Internetwork Security*. Prentice Hall. 1995.
- [Ste94] Patrick Stephenson. *Fast Ordered Multicasts*. Dissertation, Department of Computer Science, Cornell University, Ithaca, NY 14853-7501, 1994. TR 91-1194.
- [Sug81] K. Sugiyama. Methods for visual understanding of hierarchical systems. In *IEEE Transactions on Systems*, 1981.
- [SZ95a] Claudia Schmidt und Martina Zitterbart. *Internetworking - Brücken, Router & Co.* International Thomson Publishing, Thomson Aktuelle Tutorien Nr. 8. 1995.
- [SZ95b] Claudia Schmidt und Martina Zitterbart. Reservierung von Netzwerk-Ressourcen - Ein Überblick über Protokolle und Mechanismen. *PIK- Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation* (3), 1995.
- [SZ95c] Claudia Schmidt und Martina Zitterbart. Towards Integrated QoS Management. *Proceedings of the 5th IEEE Computer Society Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems*, August 1995.
- [Tan95] A. Tanenbaum. *Distributed Operating Systems*. Prentice Hall. 1995.
- [TB96] S. Thomas und M. Beigl. AltaVista for T-Online. *Internal Report CEC Karlsruhe*, 1996.
- [Tee96] Gunnar Teege. Objektorientierung bei der Architektur von Groupware. In J. Schiestl und H. Schelle (Hrsg.), *Groupware - Software für die Teamarbeit der Zukunft: Grundlegende Konzepte und Fallstudien*. Tectum Verlag, Marburg, 1996.
- [Tel93] Deutsche Telekom. *DateX-J, X.29 - Protokollhandbuch*, 1993.
- [Tel94a] Deutsche Telekom. *DateX-J, Handbuch für Anbieter*, 1994.
- [Tel94b] Deutsche Telekom. *DateX-J Rechnerverbund, EHKP-Protokollhandbuch*, 1994.
- [Tel95] Deutsche Telekom. *DateX-J, Functional Specification for Bildschirmtext-Terminals, Option: DateX-J Bulk-Updating*, 1995.
- [Tel96a] Deutsche Telekom. *KIT: Window-Based Kernel for Intelligent Communication Terminals, Version 1.2*, 1996.
- [Tel96b] Deutsche Telekom. T-Online, Description of Product, 1996.
- [TI92] John C. Tang und Ellen A. Isaacs. Why Do Users Like Video? Studies of Multimedia-Supported Collaboration. Technical Report TR-92-5, Sun Microsystems Laboratories Inc., dec 1992.
- [Ume96] M. Umehira. A proposal of wireless ATM network reference model. ATM Forum 96-0486, 1996.

- [Val94] Marcos de Macedo Valério. *High-Performance Network Protocols and Architectures*. Dissertation, Department of Electrical and Computer Engineering, University of California, Santa Barbara, CA 93106, 12. August 1994.
- [VFK96] V. Vogelmann, A. Frick und C. Keskin. Integration of Declarative Approaches. In *Proceedings of Graph Drawing '96*, 1996. to appear.
- [VGV91] J. Verschuren, R. Govaerts und J. Vandewalle. ISO-OSI Security Architecture. In B. Preneel, R. Govaerts und J. Vandewalle (Hrsg.), *Computer Security and Industrial Cryptography – State of the Art and Evolution*, Nr. 741 der Lecture Notes in Computer Science, Seite 179–192. Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg; New York, Mai 1991. ESAT Course, Leuven, Belgium.
- [VMMSS94] M. Valério, L. E. Moser, P. M. Melliar-Smith und P. Sweazey. The QuickRing Network, 1994.
- [Vog95] V. Vogelmann. Visualisierung vernetzter Systeme. In *Forschungs- und Arbeitsgebiete des Instituts für Telematik*, 1995, Seite 75–79.
- [VPR95] M. Veeraraghavan, T. F. La Porta und R. Ramjee. A Distributed Control Strategy for Wireless ATM Networks. AT & T Bell Laboratories, 1995.
- [vRBM96] Robbert van Renesse, Kenneth P. Birman und Silvano Maffels. Horus: A Flexible Group Communication System. *Communications of the ACM* 39(4), April 1996, Seite 76–83.
- [Wei96] L. Wei. An Implementational Framework for Wireless Mobile ATM. ATM Forum 96-04XXX, 1996.
- [WFB87] Andrew Witkin, Kurt Fleischer und Alan Barr. Energy Constraints on Parameterized Models. In Maureen C. Stone (Hrsg.), *Computer Graphics (SIGGRAPH '87 Proceedings)*, Band 21, Juli 1987, Seite 225–232.
- [Whi96] J.E. White. *Software Agents*, Kapitel Mobile Agents. AAAI Press, Menlo Park, California. 1996.
- [Wic95] Robert Wicke. Kommerzielle Nutzung des World Wide Webs (WWW). Studienarbeit, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik, Juli 1995. Betreuer S. Gessler.
- [Wil96] H.R. Wiltfang. Monitoring the GIGAswitch/ATM. In *Proceedings of the 8th IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks*, Potsdam, 25. - 28. August 1996.
- [Win86] Terry Winograd. A language/action perspective on the design of cooperative work. In *ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '86)*, Austin, Texas. MCC STP, ACM, December 1986, Seite 203–220.
- [Win96] Frank Winkler. Informationsdarstellung auf PDAs am Beispiel eines Routenplaners. Studienarbeit, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik, Juli 1996. Betreuer S. Gessler.
- [YN96] Don Yacktman und Alex Duong Nghiem. Patterns in Web-based Systems. *Object Magazine* 6(4), Juli 1996, Seite 56–58.



## Veröffentlichungen des Institutes

- [BG96] Marko Boger und Hans-W. Gellersen. On models in object-oriented methods: critique and a new approach. In *Proc. of TOOLS'96 Europe*, Englewood Cliffs, NJ, 1996. Prentice-Hall.
- [BSSZ95] Torsten Braun, Claudia Schmidt, Jochen Schiller und Martina Zitterbart. Design of a Modular and Efficient Communication System. In *Proceedings of ICC'95*, August 1995.
- [CD96] Georg Carle und Stefan Dresler. High Performance Group Communication Services in ATM Networks. In O. Spaniol A. Danthine, D. Ferrari und W. Effelsberg (Hrsg.), *High-Speed Networks for Multimedia Applications*. Kluwer Academic Publishers, 1996, Seite 199–224.
- [CEG<sup>+</sup>95a] Georg Carle, Hiroshi Esaki, Alope Guha, Keiji Tsunoda und Kumiko Kanai. Necessity of an FEC Scheme for ATM Networks. In *ATM Forum Technical Committee 'Service Aspects and Applications', Contribution ATMF/95-0325; Denver, Colorado, U.S.A.*, April 1995.
- [CEG<sup>+</sup>95b] Georg Carle, Hiroshi Esaki, Alope Guha, Keiji Tsunoda und Kumiko Kanai. Proposal for Specification of FEC-SSCS for AAL Type 5. In *ATM Forum Technical Committee 'Service Aspects and Applications', Contribution ATMF/95-0326; Denver, Colorado, U.S.A.*, April 1995.
- [CKW96] O. Ciupke, D. A. Kottmann und H.-D. Walter. Object Migration in Non-Monolithic Distributed Applications. In *16th Int. Conf. on Distr. Comp. Syst.*, Hongkong, Mai 1996. Seite 529–536.
- [CS95] Georg Carle und Jochen Schiller. Enabling High-Bandwidth Applications by High-Performance Multicast Transfer Protocol Processing. In *6th IFIP Conference on Performance of Computer Networks, Istanbul, Türkei*, Oktober 1995.
- [CS96] Georg Carle und Jochen Schiller. Modeling, Simulation and Synthesis of High-Performance ATM Protocols and Multimedia Systems. In K. Bagchi G. Zobrist, J. Walrand (Hrsg.), *State-of-the Art in Performance Modeling and Simulation*. Gordon and Breach Publishers, 1996, Seite 203–222.
- [CSS96a] Georg Carle, Günter Schäfer und Jochen Schiller. An Approach to Hardware-Supported Accounting Management in ATM-Networks. In *Proceedings of the 8th IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks*, 1996. Berlin/Potsdam, 25. - 28. August.
- [CSS96b] Georg Carle, Günter Schäfer und Jochen Schiller. Flexible Design of Hardware-Supported High Performance Protocol Processing Units. In *Proceedings of the 5th Open Workshop on High Speed Networks*, 1996. Paris, France, 20. - 21. März.
- [DH96] Elmar Dörner und Markus Hofmann. Adaptive and Fair Error Control for Multicast Communication in Mixed Media Networks. In *Proceedings of 8th IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks, Berlin*, August 1996.
- [EC95] Hiroshi Esaki und Georg Carle. Combination of SSCOP and an AAL-Level FEC Scheme. In *ATM Forum Plenary, Contribution ATMF/95-1560; London*, Dezember 1995.
- [ECD95a] Hiroshi Esaki, Georg Carle und Tim Dwight. Benefits of AAL-Level FEC Scheme for ATM Networks. In *ATM Forum Plenary, Contribution ATMF/95-1438; London*, Dezember 1995.
- [ECD95b] Hiroshi Esaki, Georg Carle und Tim Dwight. Reliable Multicast Service Needs Cell-Level FEC Scheme. In *ATM Forum Plenary, Contribution ATMF/95-1437; London*, Dezember 1995.
- [Fri96a] Oliver Frick. Formal Description and Interpretation of Coordination Protocols for Teamwork. In *Workshop Trends in Distributed Systems, Aachen*, Lecture Notes in Computer Science. GI, Springer, October 1996.
- [Fri96b] Oliver Frick. Multimedia Conferencing Systems as Building Blocks for Complex Cooperative Applications. In Max Mühlhäuser und Wolfgang Effelsberg (Hrsg.), *Proceedings International Workshop on Multimedia Software Development, Berlin*, IEEE Computer Society Press. IEEE Computer Society, March 1996, Seite 61 – 68.
- [FS96] Oliver Frick und Claudia Schmidt. Service Support for Multiuser Multimedia Applications. In *3rd International Workshop on Protocols for Multimedia Systems (PROMS '96), Madrid*, October 1996.
- [GECD95] Alope Guha, Hiroshi Esaki, Georg Carle und Tim Dwight. Necessity of Cell-Level FEC Scheme for ATM Networks. In *ATM Forum Plenary, Contribution ATMF/95-1011; Toronto, Kanada*, August 1995.
- [Gel95a] Hans-W. Gellersen. Software Engineering meets Human-Computer Interaction: Integrating User Interface Design in an Object-Oriented Methodology. In M. Bartosek, Jan Staudek und Jiri Wiederemann (Hrsg.), *SOFSEM '95: Theory and Practice of Informatics*, Nr. 1012 der Lecture Notes in Computer Science, Milovy, Czech Republic, November 1995. Seite 375–378.
- [Gel95b] Hans-W. Gellersen. Toward Engineering for Multimodal Interactive Systems. In *First Workshop on Intelligence and Multimodality in Multimedia Interfaces*, Edinburgh, Scotland, Juli13–14 1995.
- [Gel96] Hans-W. Gellersen. *Methodische Entwicklung flexibler interaktiver Software*. Dissertation, Universität Karlsruhe, 1996.
- [Ges95] Stefan Gessler. Informationsdienste in mobiler Umgebung. *Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik* 32(184), Juli 1995, Seite 126–136.
- [Ges96] Stefan Gessler. The Revival of Netoperating Systems? In *Workshop Report, 3rd. Cabernet Radicals Workshop*, Connemara (Ireland), Mai 1996.
- [GHK<sup>+</sup>96a] A. Grosse, J. Hartroth, L. Keller, D. Kottmann und H.-M. Kern. Empirische Studie über informationstechnische Verteilungsanforderungen in Maschinenbauunternehmen. Angenommen für: Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation (PIK), 1996.

- [GHK96b] A.G. Grosse, J. Hartroth und D.A. Kottmann. Delegating client functionality for optimized access to object-oriented databases. Erscheint in: Proceedings of the 3rd International Conference on Object Oriented Information Systems (OOIS'96), London, UK, Dezember 1996.
- [GK95] Stefan Gessler und Andreas Kotulla. PDAs as mobile WWW Browsers. *Computer Networks and ISDN Systems (Special Issue: Selected Papers of the Second World-Wide Web Conference)* 28(1-2), Dez 1995, Seite 53–59.
- [GKK95a] A. Grosse, D. Kottmann und L. Keller. Exploiting the Trading-Paradigm for Locating Entry-Points into Distributed Object-Oriented Databases. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Object-Oriented Information Systems (OOIS'95), Dublin, Ireland*, Dezember 1995, Seite 135–149.
- [GKK95b] A.G. Grosse, L. Keller und D.A. Kottmann. Verteilungstechnologische Grundlagen integrierter Systeme. In H. Grabowski, S. Rude und G. Zülch (Hrsg.), *Innovative Produktentwicklung und Produktionssystemplanung – Proceedings zur Workshopreihe am 7./8.3.95 an der Universität Karlsruhe*, Veröffentlichungen des Sonderforschungsbereichs 346 – Rechnerintegrierte Konstruktion und Fertigung von Bauteilen: Band 1. Universität Fridericiana Karlsruhe (TH), 1995, Seite 407–424.
- [GKK96] A.G. Grosse, L. Keller und D.A. Kottmann. Agora: Value-added services in trading-bases systems. In A. Schill, O. Spaniol, C. Mittasch und C. Popien (Hrsg.), *International Conference on Distributed Platforms – Client/Server and Beyond: DCE, CORBA, ODP and Advanced Distributed Applications, Proceedings of the ICPD'96 Conference, Dresden, Germany, 27. Februar - 1. März, Industrial Stream/Poster Session*, 1996, Seite 284–288.
- [GM96] Hans-W. Gellersen und M. Mühlhäuser. Design of Workplace-integrating User Interfaces based on Work Scenario Graphs. In D. Benyon und P. Palanque (Hrsg.), *Critical Issues in User Interface Systems Engineering*. Springer-Verlag, London, 1996.
- [GMK95] Stefan Gessler, Max Mühlhäuser und Andreas Kotulla. WWW/Newton: Mobile Computing for the Internet. In *Proc. EDMEDIA'95: World Conference on Educational and Hypermedia*, Graz (Austria), Juni 1995. AACE Charlottesville MA, USA, Seite 241–246.
- [GZ96] Stefan Gessler und Sonja Zwißler. Das MMI-Verbundprojekt am TecO. Technischer Bericht 19/96, Universität Karlsruhe, Telecooperation Office, Institut für Telematik, Mai 1996.
- [HBC95] Markus Hofmann, Torsten Braun und Georg Carle. Multicast communication in large scale networks. In *Third IEEE Workshop on the Architecture and Implementation of High Performance Communication Subsystems, HPCS'95, Mystic, Connecticut, U.S.A.*, August 1995.
- [HK96] J. Hartroth und D. Kottmann. Mobile Softwareagenten: Entwicklungsstand und Einsatzperspektiven. *Theorie und Praxis der Wirtschaftsinformatik* 33(190), 1996.
- [Hof96a] Markus Hofmann. Adaptive Traffic and Error Control for Multipoint Communication. In *Proceedings of 18th Biennial Symposium on Communications, Kingston, ON*, Juni 1996.
- [Hof96b] Markus Hofmann. A Generic Concept for Large-Scale Multicast. In B. Plattner (Hrsg.), *Broadband Communications*, Lecture Notes in Computer Science, No. 1044. Springer Verlag, 1996, Seite 95 – 106. Proceedings of 1996 International Zurich Seminar on Digital Communications.
- [Hof96c] Markus Hofmann. Kommunikationsprotokolle zur Unterstützung multimedialer Teamarbeit. In *Tagungsband zum Workshop Multimediale Informations- und Kommunikationssysteme, Illmenau*, Oktober 1996.
- [HS96a] Markus Hofmann und Claudia Schmidt. A Flexible Architecture for Multimedia Communication in ATM-Based Networks. In *Proceedings of the 18th Biennial Symposium on Communications, Kingston, ON*, Juni 1996.
- [HS96b] Markus Hofmann und Claudia Schmidt. XTP-Related Research at the Institute of Telematics, University of Karlsruhe. In *Annual Report'95. XTP Forum*, 1996.
- [HSW95] M. Hofmann, C. Schmidt und H.R. Wiltfang. Möglichkeiten zur sanften Migration vorhanden. *Computerwoche Focus* (3), Juli 1995, Seite 12–15.
- [HSW96] M. Hofmann, C. Schmidt und H.R. Wiltfang. Dienstintegrierende Netze eröffnen neue Möglichkeiten. *Computerwoche Focus* (4), Juli 1996, Seite 14–16.
- [KGH<sup>+</sup>95] L. Keller, A. Grosse, J. Hartroth, D. Kottmann und H.-M. Kern. Informationstechnische Verteilungsanforderungen in Maschinenbauunternehmen. Technischer Bericht 39/95, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, Oktober 1995.
- [KK95] L. Keller und D. Kottmann. Daten in verteilten Systemen. Technischer Bericht 30/95, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, 1995.
- [Kot95] D. A. Kottmann. Serializing Operations into the Past and Future: A Paradigm for Disconnected Operations on Replicated Objects. In *Proc. of the ECOOP'95 Workshop on Mobility and Replication*, Aarhus, Denmark, August 1995.
- [Kot96a] D. A. Kottmann. Ein quantitatives Modell zur analytischen Bewertung von Protokollen für abgekoppelte Operationen. Technischer Bericht 15/96, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, 1996.
- [Kot96b] D. A. Kottmann. Replication-Support for Advanced Mobile Applications. In *angenommen zur 1996 World Conference Mobile Communications*, Canberra, Australia, September 1996.
- [Kot96c] D. A. Kottmann. *Replikation in vernetzten Systemen mit mobilen Teilnehmern*. Dissertation, Universität Karlsruhe, Fakultät für Informatik, 1996.

- [KS96] D. A. Kottmann und C. Sommer. Stublets: A Notion for Mobility-Aware Application Adaption. In *Proc. of the ECOOP'96 Workshop on Mobility and Replication*, Linz, Österreich, Juli 1996.
- [KWP96] D. A. Kottmann, R. Wittmann und M. Posur. Delegating Remote Operation Execution in a Mobile Computing Environment. *Erscheint in ACM — Baltzer Mobile Networks and Applications, A Topical Journal on Mobility of Systems, Users, Data and Computing*, Voraussichtlich 4. Quartal 1996.
- [RBM96] R. Rudisch, B. Bialek und M. Beigl. System Support for Mobile Computing. *Workshop ZGDV-IMC'96 Rostock*, 1996.
- [RM95a] R. Rudisch und M. Beigl. A mobile system integration architecture. Technischer Bericht 53-95, University of Karlsruhe, 1995.
- [RM95b] R. Rudisch und M. Beigl. Transparent extension of existing applications for mobile computing. Technischer Bericht 52-95, University of Karlsruhe, 1995.
- [RM96] R. Rudisch und M. Beigl. System Support for Mobile Computing. *Computers & Graphics* Band 20, 1996.
- [SB96] Claudia Schmidt und Roland Bless. QoS Monitoring in High Performance Environments. *Proceedings of the Fourth International IFIP Workshop on Quality of Service - IWQoS 96*, März 1996.
- [Sch96] Claudia Schmidt. Flexible QoS Monitoring in High Performance Protocols. *Proceedings of the Eighth IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks*, August 1996.
- [Sei96] J. Seitz. Kommunikationssysteme — Netzverwaltung. Lehrinheit für das Fernstudium „Allgemeine Informatik“ der Fachhochschule Rheinland-Pfalz, Fernstudienprojekt „Allgemeine Informatik“, Fachhochschule Rheinland-Pfalz, Abteilung Trier, 1996. Kursunterlagen.
- [SS95] Günter Schäfer und Jochen Seitz. Managing Agent Systems: A Key Issue for Dealing with Complexity. In *Proceedings of the Intelligent Agents Workshop*, 1995. Oxford Brookes University, Oxford, England, 23. November.
- [SS96] Günter Schäfer und Jochen Seitz. Integrating Agent-Functionality into Distributed Applications. In *Proceedings of the IASTED International Conference on Networks*, 1996. Orlando, Florida, USA, 8.- 10. January.
- [SSS96] Günter Schäfer, Jochen Schiller und Jochen Seitz. A Toolkit for Rapid Prototyping of Expert Systems for Integrated Network Management. In *Proceedings of the 14. IASTED International Conference on Applied Informatics*, 1996. Innsbruck, Austria, 10. - 22. Februar.
- [SZ95a] Claudia Schmidt und Martina Zitterbart. *Internetworking - Brücken, Router & Co.* International Thomson Publishing, Thomson Aktuelle Tutorien Nr. 8. 1995.
- [SZ95b] Claudia Schmidt und Martina Zitterbart. Reservierung von Netzwerk-Ressourcen - Ein Überblick über Protokolle und Mechanismen. *PIK- Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation (3)*, 1995.
- [SZ95c] Claudia Schmidt und Martina Zitterbart. Towards Integrated QoS Management. *Proceedings of the 5th IEEE Computer Society Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems*, August 1995.
- [TB96] S. Thomas und M. Beigl. AltaVista for T-Online. *Internal Report CEC Karlsruhe*, 1996.
- [Wil96] H.R. Wiltfang. Monitoring the GIGAswitch/ATM. In *Proceedings of the 8th IEEE Workshop on Local and Metropolitan Area Networks*, Potsdam, 25. - 28. August 1996.