

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Institut für Informations- und Kommunikationstechnik

**Service und Feature Interactions
Neue Aspekte durch Multimedia und
Dienstekonvergenz**

Technical Report

Wolfgang Kellerer

TUM-LKN-TR-9901

**Lehrstuhl für Kommunikationsnetze
Prof. Dr.-Ing. J. Eberspächer
Arcisstr. 21
80290 München**

Februar 1999

Service und Feature Interactions – Neue Aspekte durch Multimedia und Dienstekonvergenz *

Wolfgang Kellerer

Lehrstuhl für Kommunikationsnetze
Wolfgang.Kellerer@ei.tum.de
Technische Universität München
D-80290 München

Technischer Bericht TUM-LKN-TR-9901, Februar 1999

Zusammenfassung

Service Interactions beschreiben Wechselwirkungen zwischen Diensten in einem Kommunikationssystem. Dabei kann es häufig zu einem unerwarteten und unerwünschten Verhalten kommen, das die Dienstqualität beeinträchtigt. Die Funktion *eines* Dienstes wird durch das Verhalten eines *anderen* Dienstes beeinflusst.

Das Phänomen *Service Interactions* wird im Umfeld von Telekommunikationssystemen (z.B. Vermittlungsanlagen) bereits seit einiger Zeit eingehend untersucht (Stichwort: Feature Interaction). Noch wenig Beachtung wurde bislang den Wechselwirkungen von Diensten im erweiterten Umfeld von Informations- und Kommunikationsdiensten und speziell Multimedialdiensten geschenkt. Dieser Bericht betrachtet die Probleme, die durch Interaktionen zwischen Informations- und Kommunikationsdiensten, die durch das Zusammenwachsen der Bereiche Telekommunikation, Datenkommunikation und Rundfunk gekennzeichnet sind, entstehen. Dafür werden ausgehend von einer Beschreibung und Klassifikation multimedialer Dienste Szenarien vorgestellt, in denen ungewünschte Interaktionen auftreten. Darüberhinaus werden Ansätze beschrieben, welche hinsichtlich der Service Interaction Problematik eine Lösung vorschlagen.

1 Einführung

Ein Großteil moderner Kommunikationssysteme besteht aus Software. Fehler in der Software haben immense Auswirkungen auf Verfügbarkeit und Kosten eines Systems. Softwarefehler können auch dann vorliegen, wenn die einzelnen Teilsysteme völlig korrekt funktionieren aber in deren Zusammenspiel Fehler d.h. unerwartetes Verhalten auftritt: Interaktionen. Dieses Phänomen ist nicht nur auf Kommunikationssysteme beschränkt und tritt dort zwischen den für die Teilnehmer verfügbaren Dienste auf, sondern kann überall vorkommen, wo es sich um komplexe, verteilte Softwaresysteme handelt.

*Diese Arbeit wurde gefördert durch die Bayerische Forschungstiftung und entstand im Teilprojekt C2 "Softwaretechnik für Kommunikationssysteme" des Forschungsverbundes Software Engineering (FORSOFT).

Das Problem der Interaktionen zwischen Diensten ist zunächst bei Telefonnebenstellenanlagen zu beobachten, die eine Anzahl von Leistungsmerkmalen (Features) enthalten. Leistungsmerkmale werden dem Teilnehmer an einer Nebenstellenanlage zusätzlich zum Basisdienst Telefonie angeboten, wie zum Beispiel Rückruf bei belegt, Anrufweiterleitung, selektiver Anrufschutz. Eine Kombination dieser Leistungsmerkmale kann in verschiedenen Fällen zu einem ungewünschten Verhalten führen z.B. führt die Kombination von *Rufweiterschaltung und Anrufschutz* zu einem nicht eindeutigen Verhalten (siehe Beispiel 7 in Abschnitt 3). Man spricht dabei von Wechselwirkungen zwischen Leistungsmerkmalen (Feature Interaction).

Typischerweise treten derartige unerwünschte Interaktionen dann auf, wenn ein bestehendes (Telekommunikations-)System um neue Leistungsmerkmale erweitert wird. Die bestehenden Leistungsmerkmale erhalten durch die „neuen“ einen anderen Kontext auf dessen Basis sich einige ihrer Funktionen möglicherweise ändern. Um dem Teilnehmer dennoch die gewünschte und erwartete Funktionalität des Kommunikationssystems zu bieten, müssen diese Interaktionen entsprechend behandelt bzw. aufgelöst werden.

Das Feature Interaction Problem tritt in komplexen Kommunikationssystemen mit mehreren Basisdiensten auch als Wechselwirkungen zwischen Diensten auf. Man spricht dann von Service Interactions. An dieser Stelle soll kurz auf die Begriffe eingegangen werden, wie sie in diesem Bericht und in weiten Teilen der Literatur [13] verwendet werden.

Ein Dienstmerkmal (DM, Feature) ist ganz allgemein jede Erweiterung an Funktionalität, die einem existierenden System hinzugefügt wird und für die eine Leistung in Rechnung gestellt werden kann. Ein Dienst (Service) ist eine Kombination von Dienstmerkmalen um einen Basisdienst. Letzterer besitzt die Fähigkeit eine Kommunikationsbeziehung aufzubauen und zu verwalten. Leistungsmerkmale sind Dienstmerkmale, die dem Teilnehmer zusätzlich zur Verfügung gestellt werden.

Service Interactions bezeichnen also Interaktionen zwischen verschiedenen Dienste oder die grundsätzliche Inkompatibilität von Protokollen in unterschiedlichen Diensten. Telefonie, Telefax und auch Email sind Beispiele für Dienste, während Rufweiterleitung und Rückruf bei belegt zusätzliche Dienstmerkmale sind.

Im folgenden wird der Begriff „Dienst“ als Überbegriff verwendet und bezieht sich sowohl auf Basisdienstmerkmale als auch auf Zusatzdienstmerkmale, wenn es nicht explizit angegeben ist. Daher wird für Interaktionen im folgenden allgemein von *Service Interactions* gesprochen.

Interaktionen zwischen Diensten beschreiben unerwünschte Wechselwirkungen zwischen Diensten, indem entweder ein Dienst die Funktionalität eines anderen verändert oder aber umgekehrt ein Dienst einen anderen ändern soll, dies aber nicht geschieht. Interaktionen treten also immer dann auf, wenn der Teilnehmer eine bestimmte Eigenschaft von einem Kommunikationsdienst erwartet, diese Eigenschaft aber bei der Ausführung des Dienstes nicht erfüllt wird, da der in Anspruch genommene Dienst mit anderen Diensten Wechselwirkungen eingeht. Service Interactions können auch zu einem Problem werden, wenn durch Interaktionen Seiteneffekte entstehen, die der Teilnehmer als Vorteilhaft empfindet, obwohl diese nicht zu den spezifizierten Eigenschaften des Dienstes gehören. Die Interaktionen fallen erst dann auf, wenn der Dienstanbieter eine neue Version eines Dienste (evtl. Bug-Fix) installiert.

Wie jede Änderung an einem komplexen Software-System, wie es bei Informations- und Kommunikationssystemen vorliegt, ist auch die Behandlung von Interaktionen mit hohem

Aufwand verbunden. Die damit verbundene Kostensteigerung ist ebenso wie die Interaktionen nur schwer kalkulierbar. Es ist daher notwendig, die Interaktionsbehandlung während der gesamten Systementwicklung, also auch in frühen Phasen zu berücksichtigen, um hohe Nachbesserungskosten zu vermeiden.

Der vorliegende Bericht gliedert sich wie folgt. Im zweiten Abschnitt werden multimediale IuK-Dienste beschrieben und Aspekte angesprochen, die daraus für die Interaktionen zwischen Diensten und Dienstmerkmalen resultieren. Abschnitt 3 enthält eine Benchmark für Interaktionen zwischen Diensten, mit einem Schwerpunkt auf Interaktionen, die sich neu aus multimedialen IuK-Systemen ergeben. Lösungsansätze für die Interaktionsbehandlung werden im vierten Abschnitt beschrieben und diskutiert.

2 Interaktionen zwischen multimedialen IuK Diensten

Informations- und Kommunikationsdienste beschreiben Dienste von Kommunikationssystemen, die durch das Zusammenwachsen von Telekommunikationsdiensten (z.B. Telefonie, Fax), Datendiensten (z.B. Email, FTP) und Rundfunkdiensten (z.B. TV, Radio) bestimmt sind. Die Kombination von verschiedenen Medien, wie z.B. Sprache und Daten, innerhalb eines Dienstes führt zu multimedialen Diensten. Durch diese Erweiterung des Dienstbegriffes entstehen neue Kombinationsmöglichkeiten und somit neue Interaktionsprobleme, die über die Interaktionen von Leistungsmerkmalen in Telefonsystemen hinausgehen.

Das Problem der Interaktionen wird ebenso durch die Konvergenz der Netze, die mit dem Zusammenwachsen der Dienste einhergeht, beeinflusst. Dedizierte Anbieter stellen den Kunden neue Dienste auf bislang nicht dafür verwendeten Netzen gegen Entgelt zur Verfügung. Speziell Verteilnetze wie z.B. Kabelnetze oder digitale Rundfunknetze werden für innovative Informationsdienste herangezogen. Dabei wird Interaktivität durch einen Rückkanal garantiert. Ebenso hat das Internet als weltumspannendes Datennetz bereits seine Rolle vom reinen Datennetz zum IuK-Netz gewandelt. Die Kunden erwarten von allen neuen Diensten die gewohnte Qualität und Funktionstüchtigkeit.

Darüberhinaus trägt auch die in jüngster Zeit stattgefundenere Deregulierung auf dem Telekommunikationsmarkt dazu bei, daß Dienste nicht von nur einem Monopol-Anbieter, wie es z.B. die Deutsche Telekom war, angeboten werden, sondern von mehreren konkurrierenden Anbietern erbracht werden. Diese Liberalisierung des Marktes kann unerwünschte Interaktionen hervorrufen, wenn Dienste über die Bereiche eines Anbieters hinweg ausgeführt werden.

Service Interactions bei Informations- und Kommunikationsdiensten betrachtet also hinausgehend über die bekannten, aber nach wie vor noch nicht vollständig gelösten, Probleme durch Wechselwirkungen zwischen Dienstmerkmalen in der Telefonie nunmehr neue Aspekte, die durch

- multimediale Dienste,
- Konvergenz der Netze bzw. Dienste und
- Liberalisierung des IuK-Marktes

entstehen.

2.1 Informations- und Kommunikationsdienste

Informations- und Kommunikationsdienste lassen sich gemäß ihrer Art der Dienststeuerung in sechs Gruppen klassifizieren [2]:

- Dialogdienste (Conversational): Interpersonelle, realzeitige Dialog-Kommunikation zwischen zwei (point-to-point) oder mehreren (multipoint-to-multipoint) Teilnehmern; z.B. (Video-)Telefonie, Videokonferenz, Chat.
- Abrufdienste (Retrieval): Unidirektionale Übertragung von Information von einer oder mehrerer angerufener Quellen zu einer anfordernden Senke. Die Auswahl der Information bei der Quelle erfolgt durch die Senke über einen Steuerungskanal; z.B. WWW, Movie-on-Demand, News-Abruf.
- Zustelldienste (Messaging): Unidirektionale Übertragung von Information von einer initiierenden Quelle zu einer oder mehrerer Senken; z.B. Email, Telefax, FTP-Upload.
- Verteildienste (Distribution): Unidirektionale Übertragung von einer Quelle zu mehreren Senken im Broadcastbetrieb; z.B. Near VoD, TV, Videotext.
- Datendienste (Data): Reiner Übertragungsdienst, bei dem die Dienststeuerung den Zweck und Inhalt der übertragenen Nachrichten nicht kennt (vgl. Bearer Service beim ISDN).
- Zusatzdienste: Ein Zusatzdienst ist nur zusammen mit einem der vorgenannten Dienste ausführbar. Er ergänzt einen Dienst um spezielle Eigenschaften/Merkmale, die separat in Rechnung gestellt werden können. Diese Merkmale bilden alleinstehend keinen eigenständigen Dienst. Bekannte Zusatzdienste (Features) der Telefonie sind z.B. Rückruf bei belegt, Anklopfen, Zweit-anruf, Anrufschutz.

In [1] finden sich ausgearbeitete Szenarien, die Beispiele für derzeitige und zukünftige Anwendungen von multimedialen Informations- und Kommunikationsdiensten veranschaulichen, z.B. Home-Shopping, Informations-Kiosk, Multimedia-Konferenz.

In bisherigen Betrachtungen zu Feature Interactions wurde ausschließlich der Sprach-Dialogdienst „Telefonie“ und dessen Zusatzdienste untersucht. Durch das Zusammenwachsen von Telekommunikations-, Daten- und Verteildiensten nach obiger Klassifikation ergeben sich nun neue Interaktionen, die aufzudecken und zu analysieren sind. Darüber hinaus sind in multimedialen IuK-Systemen Interaktionen zu berücksichtigen, die sich nicht nur auf die Dienstfunktionalität sondern auch u.a. auf Quality of Service (QoS), Kombination von verschiedenen Medien und Mehrteilnehmerkommunikation beziehen.

2.2 Software Entwicklungs- und Lebenszyklusphasen

Kommunikationssysteme zur Steuerung von Diensten sind komplexe Softwaresysteme. Daher ist es besonders wichtig den Entwicklungsprozeß in die hier aufgestellten Betrachtungen mit einzubeziehen. Zunächst werden an dieser Stelle vier grundlegende Phasen im Lebenszyklus von Dienste-Software beschrieben. Das Auftreten von unerwünschten Interaktionen kann in jeder Phase begründet liegen.

- Anforderungsspezifikation (Requirements): Die Forderungen und Ansprüche des Kunden (Teilnehmer bzw. Anwender) an das IuK-System werden hier festgelegt. Dabei ist es wichtig, daß Kunde und Planer/Entwickler dieselben Vorstellungen vom System haben und diese präzise und nachvollziehbar dokumentieren.
- Dienstentwurf/Design: In der Entwurfsphase wird die endgültige Struktur und das Verhalten des Gesamtsystems und das Zusammenspiel aller Komponenten festgelegt. In der hier entstehenden Systemspezifikation wird auch das spezifiziert, was über die Anforderungsbeschreibung hinausgeht (z.B. Verhalten im Fehlerfall), um ein eindeutiges Systemverhalten zu erreichen.
- Implementierung: Hier erfolgt die Abbildung des Systemdesigns auf eine konkrete Plattform, d.h. die Programmierung des IuK-Systems. Damit werden nun die nicht-funktionalen Eigenschaften wie Laufzeiten etc. festgelegt. Zur Plattform zählen neben dem Prozessorsystem auch die Endgeräte, Übertragungsnetze und Signalisierungskanäle.
- Ausführung: Dienste werden in der Ausführungsphase durch die Teilnehmer einer Kommunikationsbeziehung in Anspruch genommen und genutzt.

Auf diese Phasen wird bei der Beschreibung und Einteilung von Interaktions-Szenarien in Abschnitt 3.3 und bei der Darstellung von Lösungsmöglichkeiten für Interaktionen in Abschnitt 4.1 Bezug genommen.

3 Service und Feature Interaction Szenarien

Sich ändernde Strukturen und Technologien, wachsende Benutzeranforderungen und steigendes Dienstangebot bringen neue Aspekte in die Betrachtung von Wechselwirkungen zwischen Diensten. Für weitergehende Untersuchungen ist es daher zunächst erforderlich diese neuen Aspekte zu identifizieren. Im folgenden werden Szenarien beschrieben, in denen Interaktionen zwischen Diensten und Dienstmerkmalen auftreten. Die Beispiele orientieren sich an Klassifikationen von Interaktionen, die aus der Literatur bekannt sind und hier um neue Merkmale bezüglich multimedialer IuK-Dienste erweitert werden.

Die Darstellung von Interaktionsszenarien für multimediale IuK-Dienste stellt sicherlich einen Blick in die Zukunft der Informations- und Kommunikationstechnik dar und kann sich nur wenig auf Erfahrungen mit bereits vorhandenen Systemen (z.B. konkreten IN-Implementierungen oder dem Telefonsystem) stützen. Auch in der Literatur vermißt man Angaben über zukünftige Interaktionsszenarien. Lediglich eine Studie der Universität von Strathclyde (Schottland) befaßt sich näher mit Feature Interactions und Multimedia [3]. Für die Forschung und Entwicklung zukünftiger Systeme für IuK-Dienste ist es aber äußerst notwendig, möglichst frühzeitig Probleme zu identifizieren und deren Behandlung in Architekturen und in der Softwareentwicklung zu berücksichtigen.

3.1 Ursachen der Interaktionen

Insbesondere die Ursache von (unerwünschten) Interaktionen läßt sich als Merkmale für deren Einteilung heranziehen. Zu den aus der Literatur (von der Telefonie) bekannten Kategorien, von denen die wichtigsten im folgenden erläutert sind, kommen durch Multimedia, Konvergenz und Markttkonkurrenz neue Ursachen für Interaktionen hinzu. Diese sind im folgenden in Teil D „Neue Ursachen durch multimediale IuK Dienste“ dargestellt.

Um einen guten Überblick im Sinne einer Benchmark zu geben werden in den Beispielen auch Szenarien beschrieben, die zwischen Dienstmerkmalen in der Telefonie (PSTN) auftreten. Diese Szenarien bezüglich Feature Interactions in der Telefonie gelten natürlich auch für multimediale Informations- und Kommunikationsdienste soweit Zusatzdienste (z.B. Rufweiterleitung, Anrufschutz, Rückruf bei belegt, usw.), die aus dem Telefoniebereich stammen, eingesetzt werden. Eine detaillierte Übersicht über Feature Interactions im Telefoniebereich findet sich in der Feature Interactions Benchmark von E. Cameron, D. Griffith et. al. [10], an der sich Teile der folgenden Gliederung orientieren (Teil A, B, C) und aus der einige der Beispiele entnommen sind.

A) Verletzung von Voraussetzungen und Annahmen

3.1.1 Adreßauflösung/-umsetzung

Durch z.B. die Vergabe von Alias-Nummern für identische Anschlüsse oder durch Rufumleitung geht die eindeutige Bindung zwischen (Telefon-)nummer und Teilnehmeranschluß verloren.

Beispiel 1 (Rufsperrung und Rufweitschaltung) *Die Sperrung von abgehenden Rufen (Originating Call Screening) an bestimmte Teilnehmer kann durch eine Rufweitschaltung (Call Forwarding) an einem nicht gesperrten Teilnehmeranschluß umgangen werden. D.h. Teilnehmer A sperrt seinen Anschluß für Rufe zur Rufnummer X. Teilnehmer B hat diese Sperrung nicht und leitet alle Rufe von A nach X weiter. Auf diese Weise kann man vom Anschluß A trotz Sperrung den Teilnehmeranschluß X erreichen, indem man B (nicht gesperrt) anruft.*

Beispiel 2 (Ringschluß) *Führt eine mehrfache Rufumleitung am Ende wieder auf das erste Glied in der Kette, so entsteht ein Ringschluß. Wird dieser Ringschluß nicht erkannt, so wird an allen Anschlüssen fälschlicherweise belegt signalisiert.*

Durch die Einführung von persönlichen (Telefon-)nummern (Universal Number), deren Vergabe bereits angelaufen ist, wird wieder eine feste Bindung zwischen Teilnehmer und Rufnummer hergestellt. Der Teilnehmer muß sich aber bewußt sein, daß die Bindung jetzt personenbezogen und nicht mehr orts- (bzw. endgeräte-) bezogen ist.

3.1.2 Informationsverarbeitung

Ein Dienstmerkmal ändert Information bzw. den Zugriff darauf, die ein anderer Dienst als Entscheidungsgrundlage benötigt.

Beispiel 3 (Rückruf bei belegt und Inkognito) *Um einen Rückruf bei belegt (Call Back on Busy Subscriber) durchführen zu können benötigt der Rückrufer die Rufnummer des Anrufers für den Aufbau des Rückrufes. Verhindert der Anrufer durch das Merkmal Inkognito (Unlisted Number) die Weitergabe seiner Rufnummer, so kann der Gerufene den Dienst Rückruf bei belegt nicht wie gewünscht nutzen.*

3.1.3 Eingeschränkte Signalisierung

a) Teilnehmersignalisierung

Beispiel 4 (Anklopfen) *Im ISDN erhält der Anrufer anstelle des Besetzttones das Freizeichen, wenn der Angerufene belegt ist und gleichzeitig das Dienstmerkmal Zweitanzruf aktiviert hat. Falls der Angerufene nicht schnell genug auf den Zweitanzruf reagiert, so nimmt der Anrufer (= der Anklopfende) fälschlicherweise an, daß der Angerufene nicht zu Hause ist.*

Beispiel 5 (Mailbox) *Manche Mobilfunkbetreiber signalisieren eingegangene Anrufe auf die Sprachmailbox durch einen Anruf beim Mobilfunkteilnehmer einige Zeit nachdem dieser wieder erreichbar ist. Dies ist besonders verwirrend und störend, wenn die Sprachmailbox während eines Gespräches bei aktivem Merkmal Zweitanzruf anklopft.*

b) Stimulus-Signalisierung

Verschiedene Dienste interpretieren dieselben Signale der Benutzer gleichzeitig. Es entsteht ein Konflikt, welcher Dienst das Signal verarbeitet und dabei das Ergebnis des anderen beeinflußt.

Dieser Konflikt ist eng verwoben mit der unzureichenden Signalisierung der traditionellen Telefonie mit Impulswählverfahren, bei der der "Flashhook" das einzige Signalisierungsmittel des Teilnehmers während eines Gespräches war.

3.1.4 Rufsteuerung und Rollenverletzung

Beispiel 6 (Anrufschutz und Rückruf) *Selektiver Anrufschutz (Terminating Call Screening) unterbindet Anrufe von bestimmten Teilnehmern. Automatischer Rückruf (Automatic Call Back) stellt den letzten eingegangenen (aber entgangenen) Anruf für einen Rückruf zur Verfügung. Sind beide Merkmale aktiv, so kann es dazu kommen, daß der Teilnehmer einen anderen Teilnehmer zurückruft, den er nicht sprechen will (Anrufschutz).*(aus [10])

Das Problem tritt hier auf, da sich durch das Merkmal Automatischer Rückruf die Rolle des Angerufenen wandelt zum Anrufer.

Durch die Einführung von multimedialen IuK-Diensten ergeben sich neue Aspekte und Szenarien, die aus Rollenkonflikten resultieren. Diese sind in Abschnitt 3.1.12 zu finden.

Die in 3.1.4 angesprochenen Interaktionen sind eng verknüpft mit den nun folgenden Regelverletzungen.

3.1.5 Regelverletzung durch Prioritätenkonflikt

Umgehung eines Dienstmerkmals durch ein anderes; Interaktionen entstehen durch fehlende Prioritäten unter den Dienstmerkmalen.

Beispiel 7 (Rufweitschaltung und Anrufschutz) *Teilnehmer A hat eine Rufweitschaltung (Call Forwarding) zu Teilnehmer B aktiviert. Gleichzeitig ist bei Teilnehmer B das Dienstmerkmal Anrufschutz (Terminating Call Screening) gegenüber einem dritten Teilnehmer C aktiv, welches alle Anrufe von C an B sperrt. Falls nun in dieser Konstellation der Teilnehmer C den Teilnehmer A anruft, kommt es zu einer nicht eindeutigen Situation. Wird C nun (über A) auf B umgeleitet, obwohl B keine Anrufe von C zuläßt? Wird diese mehrdeutige Situation nicht aufgelöst, so kommt es zu einem ungewünschtem Verhalten. Der Dienstnutzer "zahlt" sowohl für eine korrekte Funktion der Umleitung als auch des Anrufschutzes.* (aus [33])

B) Begrenzte technische Unterstützung

[10] führt hier Interaktionen an, die aus begrenzter Kommunikation zwischen den Netzkomponenten und eingeschränkter Endgerätesignalisierung resultieren. Bei multimedialen IuK-Diensten kann man annehmen, daß die Endgeräte aufgrund der Dienste-Komplexität und Medienvielfalt mächtiger werden (in der Regel leistungsfähige Personal Computer) und daher Interaktionen aufgrund von eingeschränkter Endgerätefunktionalität nicht mehr vorkommen. Allerdings werden *neue* Interaktionen aufgrund der Endgeräte-Komplexität auftreten. Diese sind in Abschnitt 3.1.13 erläutert.

Da noch wenig Erfahrung mit breitbandigen, multimedialen Dienstvermittlungssystemen vorliegen, ist es schwer möglich, systemspezifische Interaktionen durch eingeschränkte Netz-Signalisierung (begrenzter Meldungssatz, unzureichende Signalisierungsbandbreite) aufzuzeigen.

C) Verteilte Systeme

Dienste werden aufgrund der Komplexität nicht mehr von einer einzigen Instanz erbracht, sondern vielmehr spielen viele Komponenten zur Diensterbringung über verteilte Systeme zusammen. Interaktionen liegen in verschiedenen software-technischen Ursachen begründet.

3.1.6 Personalisierte Dienste

Parametrisierte Dienste erlauben die dezentrale Zuweisung von Parametern durch den Teilnehmer. Auf diese Weise können Interaktionen entstehen, die nur bei bestimmter Parameterwahl auftreten.

Bei multimedialen IuK-Diensten ist durch Wettbewerb, gesteigerte Kundenanforderungen und durch die Vielfalt an technischen Lösungen mit einem erheblichen Maß an personalisierten Diensten zu rechnen. Somit wird diese Ursache für multimediale IuK-Dienste in verstärktem Maße Auswirkungen haben, siehe Beispiele unter 3.1.11 und folgende.

3.1.7 Timing und Race Conditions

Timing bezeichnet den Zeitpunkt, an dem ein Ereignis auftritt, oder die Zeitspanne, die das Ereignis dauert. Dies ist in allen verteilten Systemen wie eben auch in IuK-Systemen problematisch. Zudem spielt in jeglicher interaktiver Kommunikation die unwägbarere Reaktionszeit der Teilnehmer (Zifferwahl, Tastendruck) eine große Rolle. Verzögerungen und gleichzeitige Ereignisse führen zu Problemen bis hin zu sogenannten Livelocks.

Beispiel 8 (Rückruf bei belegt und automatischer Rückruf) *Die rufende Seite (Teilnehmer A) einer potentiellen Kommunikationsbeziehung hat das Dienstmerkmal Rückruf bei belegt abonniert und die gerufene Seite (Teilnehmer B) das Dienstmerkmal Automatischer Rückruf eingestellt. Werden beide Merkmale auf denselben Anrufversuch hin aktiviert (A ruft B und B ist belegt), kann die Konsequenz sein, daß sobald B auflegt, sowohl A automatisch einen Anrufversuch startet als auch B gleichzeitig zurückruft. Auf diese Weise blockieren sich beide Dienstmerkmale. Dies kann sich mehrmals wiederholen. (aus [10])*

Beispiel 9 (Reaktionszeit) *Zeitverzögerungen im Ablauf eines Dienstes können dazu führen, daß der Teilnehmer annimmt ein bestimmtes Leistungsmerkmal wird nicht ausgeführt und er startet es erneut. Dies führt zu erhöhter Belastung von Netz- und Endgerät und kann im Extremfall auch zu Fehlfunktionen im verteilten System führen. Vom digitalen Telefonsystem ist der Teilnehmer eine extrem schnelle Reaktion gewohnt.*

3.1.8 Distributed Support of Features

Die Ursache für Wechselwirkungen liegt in der Tatsache begründet, daß in modernen Systemen verschiedenen Dienstmerkmale (DM) in unterschiedlichen Netz-Komponenten realisiert sind, wohingegen in früheren Systemen alle DM in einem bzw. in jedem Knoten zu finden waren. Die Aktivierung eines DM in einem Netzknoten kann die Ausführung eines anderen DM in einem anderen Knoten beeinflussen bzw. behindern oder umgehen.

Beispiel 10 (POTS and IN Features) *In einem Telefonnetz seien sowohl Dienste im ISDN realisiert (d.h. in jedem Switch) als auch Dienste durch das Intelligente Netz (IN) in einem zentralen Dienststeuerknoten bereitgestellt. Dabei hat die zentrale Dienststeuerung des IN nicht notwendigerweise Zugriff auf das ISDN Dienstprofil im Teilnehmervermittlungsknoten, z.B. gesperrte abgehende Rufnummern (DM Originating Call Screening). Über einen IN Dienst, der es erlaubt durch Nachwahl von Telefonnummern eine Telefonkonferenz aufzubauen, wird die Rufnummernsperre (ISDN DM) umgangen, da die Steuerung des DM Konferenz durch die verteilte Realisierung auf verschiedenen Knoten nicht auf das DM Originating Call Screening zugreift.*

3.1.9 Betriebsmittelkonkurrenz

Hierunter ist der Zugriff zweier oder mehrerer Dienste auf dieselbe Ressource (z.B. Ansageeinheit, Mailbox, Umsetzer für Kodierformate) zu verstehen. Da Multi-User Fähigkeit heute Stand der Technik für Netzressourcen ist, führt diese Wechselwirkung bei Auslastung einer Ressource zu Wartezeiten bzw. sogar zur Ablehnung eines gesamten Dienstes, wenn die Dienststeuerung nicht flexibel auf andere Ressourcen umschalten kann. Latenzzeiten können zu Interaktionen vom Typ *Timing und Race Conditions* führen, die unter 3.1.7 beschrieben sind.

D) Neue Ursachen durch multimediale IuK-Dienste

3.1.10 Multi-Provider

Der liberalisierte IuK-Markt stellt erhöhte Anforderungen an die Systeme, da Dienste jetzt im Zusammenspiel mehrerer Anbieter ausgeführt werden. Die Problematik der Interaktionen ist hier z.B. schon in der Definition von offenen Schnittstellen zwischen den Anbietern zu berücksichtigen. Bisherige Maßnahmen beschränkten sich darauf, daß die Interaktionen erst im Produkt erkannt wurden und dann (langwierig) entfernt werden mußten. Bei verteilt realisierten Diensten ist dies unter Umständen gar nicht mehr möglich. Interaktionen betreffen jetzt nicht mehr nur die Teilnehmer - Dienstanbieter Beziehung, sondern wirken sich auf das Zusammenspiel konkurrierender Anbieter aus.

Beispiel 11 (Call-By-Call) *Das Führen von Gesprächen über alternative Telefondienstbetreiber auf Call-By-Call Basis aus Hotels führt zu großen Problemen bei der Abrechnung von Gesprächen. Der bisherige Monopolist stellt den Hotels für deren Abrechnung der Gastgespräche auf der Hotelrechnung Gebührenimpulse zur Verfügung. Dieser Dienst wird aber durch Wahl einer Call By-Call Nummer unterdrückt, sodaß die Hotelanlage dem Gast kein*

Gespräch in Rechnung stellt. Die Rechnung für das Call-By-Call Gespräch erfolgt erst am Monatsende, wenn der Gast meist schon das Hotel verlassen hat.

Beispiel 12 (Call-By-Call und Rückruf bei belegt) *Aktiviert man bei einem Anrufversuch über einen Call-by-Call Anbieter das Dienstmerkmal Rückruf bei belegt, so erfolgt der Rückruf über das Netz des Standard- bzw. Preselect-Providers, da die Call-by-Call Vorwahl nicht gespeichert wird.*

Beispiel 13 (Voice-Mail Signalisierung) *Mobilfunk Provider signalisieren dem Teilnehmer eingegangene Voice Mails durch einen Telefonanruf. Befindet sich der Teilnehmer im Netz eines fremden Providers so unterbleiben diese Mitteilungen. Auf diese Weise erreichen den Teilnehmer entgangene Anrufe möglicherweise zu spät.*

Notwendig ist in Multi-Provider Systemen daher die Definition und die Standardisierung von Schnittstellen, die auch eine verteilte Service Interaction Behandlung erlauben und standardisierte Methoden, die Service Interactions schon sehr früh erkennen und lösen lassen (Einbettung in den Dienstentwicklungsprozeß).

Der Standardisierung entgegen stehen die Bestrebungen der Wettbewerber sich durch besondere Merkmale herauszuheben, um sich von der Konkurrenz zu unterscheiden. Dies ist wiederum Nährboden für Interaktionen.

3.1.11 Multimedia und Kompatibilität

Können Dienste nicht auf unterschiedliche oder gar während eines Dienstes sich ändernde Medienzusammenstellung, Medienkodierungen oder heterogene Endgeräte reagieren, treten unerwünschte Effekte auf.

Beispiel 14 (Push-Dienst und Kodierung) *Der Abonnent eines Multimedia Informationsdienstes, bei dem Informationen im Push-Prinzip verbindungslos zugestellt werden, ändert Kodierformate auf seinem Endgerät. Weder der Abonnent noch der Informationsdiensteanbieter stellen fest, daß aufgrund dessen Informationen verloren gehen.*

Beispiel 15 (Makeln zwischen Zustelldienst und Dialog-Dienst) *Während des Abrufes eines Filmes in einem Movie-on-Demand Dienst erreicht den Teilnehmer ein Videotelefonanruf. Durch Makeln zum Zweitanruf verliert der Teilnehmer Informationen aus dem abgerufenen Film.*

Beispiel 16 (Medieninkompatibilität und Rufwiederholung) *Ein Ruf wird aufgrund von Medieninkompatibilität nicht angenommen z.B. Fax auf Telefon. Eine Rufwiederholung führt zu Belästigung bzw. erhöhter und unnötiger Netzbelastung.*

Hier tritt der Fall auf, daß nicht die Wechselwirkung zwischen Merkmalen (Kompatibilitätsprüfung und Rufwiederholung), sondern das Unterbleiben von Interaktionen z.B. mangels standardisierter Signalisierung zu einem ungewünschten Verhalten führt.

3.1.12 Rollenkonflikte

In komplexen Diensten nehmen die Teilnehmer bestimmte Rollen ein (z.B. Konferenzleiter), die von allen aktiven Diensten berücksichtigt werden müssen. Fragen, wie *”Was passiert beim Zusammenschluß zweier Konferenzen?”* oder *”Kann der Konferenzleiter die Session vorzeitig verlassen?”* treten auf.

Beispiel 17 (Multimediakonferenzleitung) *Der Konferenzleiter einer Multimediakonferenz verläßt die Konferenzschaltung. Einer der verbleibenden Teilnehmer muß die Leiter-Rolle übernehmen, vorausgesetzt daß seine Steuerung die Möglichkeit dazu besitzt. Auf diese Weise kann ein unerwünschtes Verhalten entstehen, z.B. Abbruch der Konferenz, wenn ein Rollenwechsel aufgrund verschiedener Software entweder nicht möglich ist nach einem erfolgten Rollenwechsel Funktionen unterschiedlich durch den neuen Leiter unterschiedlich ausgeführt werden.*

Beispiel 18 (Multimediakonferenz und Suspend) *Der Konferenzleiter einer Multimediakonferenz erhält einen Zweitanruf. Daraufhin verläßt er kurzzeitig die Konferenz (Suspend), um den Zweitanruf entgegenzunehmen. Während dieser Zeit können die Funktionen des Konferenzleiters in dem Konferenzdienst nicht ausgeführt werden, z.B. Hinzunahme eines weiteren Teilnehmers.*

3.1.13 Multimediale Endgeräte

Mit neuen multimediafähigen Endgeräten werden viele Einschränkungen aufgelöst, die durch unzureichende Signalisierung und Darstellung durch die herkömmlichen, einfachen Endgeräte wie z.B. Telefone entstanden sind. Damit werden viele bekannte Ursachen für Interaktionen vermieden. Allerdings entstehen durch die mächtigen Endgeräte neue Rahmenbedingungen, die neue Interaktionen hervorrufen. Insbesondere die Konzentration von unterschiedlichen Diensten – nicht nur Dienstmerkmalen – führt zu unerwünschten Wechselwirkungen.

Beispiel 19 (Beschränkung durch Endgeräte) *Ein Videotelefongespräch kann nicht auf eine Videokonferenz erweitert werden, falls ein Teilnehmerendgerät nur einen unteilbaren Bildschirm aufweist.*

Beispiel 20 (Endgeräteperformance) *Der Betrieb mehrerer Dienste gleichzeitig führt zu starken Performance-Einbußen im Endgerät. Die garantierte Qualität für die laufenden Dienste ist nicht mehr gewährleistet und Dienste werden möglicherweise abgebrochen, obwohl der Dienstanbieter seine Pflicht erfüllt hat.*

Weitere Interaktionen entstehen durch die Grundfunktionalität des Endgerätes. Multimediale Endgeräte sind üblicherweise PCs, die von sich aus schon eine große Komplexität aufweisen. Auf diese Weise interagieren Dienstmerkmale bzw. spezielle Eigenschaften des Endgerätes mit neuen Diensten.

Beispiel 21 (Bildschirmschoner) *PC basierte Endgeräte sind üblicherweise mit Bildschirmschoner-Funktionen oder Energiesparprogrammen ausgestattet, die das Gerät in einen Energiesparmodus schalten bzw. die Bildschirmanzeige wechseln, wenn das Gerät einige Zeit nicht benutzt wird. Die Benutzung des Gerätes wird anhand von Tastatur- oder Maus-Eingaben*

registriert. Für interaktive Dienste, bei denen Datenverkehr eine Rolle spielt ist dies kein Problem. Aber bei Diensten, deren Eingabe über Ton oder Bild (Videotelefon) erfolgt oder gar bei Filmabrufdiensten ist es sehr störend, wenn das Endgerät den Bildschirmschoner aktiviert bzw. Ressourcen herunterfährt, um Energie zu sparen, da es aufgrund fehlender Eingaben annimmt, es werde nicht benutzt.

Beispiel 22 (Endgerät und unzulänglichkeit der Signalisierung) Komplexe Endgeräte insbesondere batteriebetriebene, schnurlose Endgeräte haben eine separate Leistungsversorgung. Ist die Energieversorgung unterbrochen (z.B. leerer Akku), so wird den Anrufenden belegt signalisiert.

Beispiel 23 (Konfiguration) Multimedia-Terminals insbesondere PCs können vom Teilnehmer selbst konfiguriert werden (z.B. Maus-/Tastenbelegung). Auf diese Weise ist bei identischen Anwendungen die Konsistenz der Bedienungsführung nicht mehr gegeben.

Multi-Service Terminals z.B. Multimedia PCs, lassen dem Teilnehmer erscheinen, daß die Dienste, die auf dem Endgerät laufen, intelligent verknüpft sind, obwohl die Dienste von verschiedenen Anbietern stammen. Auf diese Weise schiebt man die Zuständigkeit für die Auflösung von Wechselwirkungen zwischen Diensten den Anbietern zu, obwohl man bei getrennten Endgeräten nie daran gedacht hätte.

Beispiel 24 (Endgerätekonvergenz) Getrennte Endgeräte: Während der TV-Übertragung eines Fußballspieles klingelt das Telefon – störend, aber verständlich;
Multimedia Terminal: Ein Videotelefonanruf unterbricht den Download von Daten – sehr störend und aus der Sicht der Teilnehmer ein Fehler.

3.1.14 Quality of Service

Durch die Dienstvielfalt ist die Qualität ein entscheidendes Merkmal bei der Wechselwirkung zwischen Diensten. Qualitätsunterschiede zwischen Diensten können die Funktion beeinflussen.

Beispiel 25 (QoS-Schranke) Bestimmte hochpreisige Dienste garantieren dem Teilnehmer eine bestimmte Mindestqualität. Fällt nun in einer Multimediakonferenz z.B. aufgrund von Überlast die Qualität unter die zugesicherte Schranke, so wird die Konferenz unterbrochen, obwohl die Teilnehmer in diesem Falle auch mit einer geringeren Qualität einverstanden wären.

3.1.15 Neue Dienste/Konvergenz

Interaktionen entstehen, wenn sich der Gesamtkontext eines Kommunikationssystems aufgrund von neu realisierten Funktionen (Diensten, Dienstmerkmalen) ändert (siehe Einführung). Derzeit entstehende neue Dienste, ergeben sich gerade aus der Konvergenz von unterschiedlichen Netzen und Diensten z.B. Internet-Telefonie, Radio im Internet, Movie-on-Demand, Interaktives Fernsehen u.v.m. Die damit verbundene Kontextänderung für Dienste, die nun auf neuen Netzen in neuer Umgebung (weitere Dienste) angeboten werden, ist Ursache für viele unerwünschte Interaktionen.

Verletzung von Annahmen

Durch die Konvergenz von Netzen und Diensten entstehen neue Dienste wie z.B. Internet-Telefonie, bei denen Erwartungshaltungen der Teilnehmer aufgrund von Erfahrungen mit ähnlichen Dienste (z.B. Telefonie) nicht bzw. auf andere Art erfüllt werden.

Beispiel 26 (Internettelefonie und herk. Telefonie) *Mit Telefonie wird dem Teilnehmer eine realzeitige, bidirektionale Dialog-Kommunikation garantiert. Dasselbe wird aufgrund der Namensgebung auch von der Internet-Telefonie erwartet. (Verletzung der Erwartungshaltung)*

Beispiel 27 (Internet-Zugang und Erreichbarkeit) *Durch den Internet-Zugang über den Telefonanschluß entstehen wesentlich längere Rufdauern, als man sie von der herkömmlichen Telefonie gewohnt ist. Auf diese Weise ist der Teilnehmer kaum mehr erreichbar. Erreichbarkeit ist jedoch ein vorrangiges Merkmal des Telefondienstes. Der Dienst Internet-Zugang interagiert mit dem Dienstmerkmal Erreichbarkeit.*

Beispiel 28 (Internet-Zugang und PSTN) *Für den Netzbetreiber entstehen ganz generell Nachteile aus der Verknüpfung von langandauernden Diensten wie z.B. Internet-Zugang oder Informationsabruf, da die Kostenrechnung Preis - Dienstdauer nicht mehr akzeptiert wird.*

Zustelldienste

Beispiel 29 (Zustelldienst und Rufumleitung) *Ein Informationszustelldienst wird per Rufumleitung oder Konferenzschaltung einem erweiterten Teilnehmerkreis zugänglich gemacht. Auf diese Weise wird die Vergebührung umgangen.*

Beispiel 30 (Email Reply) *Der Holiday-Reply Service im Emailverkehr beantwortet automatisch ankommende Emails mit einem Hinweis, daß der Empfänger derzeit nicht per Email erreichbar ist und die eingegangene Mail erst z.B. nach dem Urlaub beantwortet werden können. Ist ein Teilnehmer Mitglied in einer Mailingliste und hat gleichzeitig den Holiday-Reply Service aktiv, so wird automatisch die Antwort an die Mailing-Liste versandt, welche die Antwort allen Maillinglist-Subscribern – also auch dem Sender – weiterleitet. Auch diese Email wird wieder beantwortet... Auf diese Weise wird eine Email-Lawine ausgelöst. (siehe auch [3])*

Abrufdienste

Beispiel 31 (WWW-Browser und Bookmarks) *Beim Setzen von Bookmarks im World Wide Web treten Probleme auf, wenn die betrachteten Seiten mit sogenannten Frames strukturiert sind. Das übliche Setzen eines Bookmarks speichert nur einen Verweis auf den Hauptrahmen, der meist nicht die gewünschte Information enthält. Wird genau ein Frame markiert, so geht die Information in den anderen Rahmen bzw. der Verweis darauf verloren.*

Dieses Beispiel kann auch auf **interaktive Verteildienste** übertragen werden:

Beispiel 32 (TV und Lesezeichen) *Beim interaktiven Fernsehen kann der Teilnehmer in bestimmten Sendungen Lesezeichen setzen und damit weitergehende Informationen zu einem bestimmten Themengebiet anfordern bzw. Verweise auf folgende Sendungen erhalten. Da das Lesezeichen auf ein Bild/Bildsequenz z.B. Nachrichtenspot gesetzt wird ist nicht sichergestellt, daß die Erwartungen des Zuschauers mit den Verweisen im Lesezeichen übereinstimmen.*

Beispiel 33 (Movie-on Demand: RC-Funktion und Suspend) *Beim interaktiven Abruf von Filmen (Movie-on-Demand) kann der Teilnehmer den Ablauf des Filmes fernsteuern, indem ihm Kassettentrecorder Funktionen wie Vor- und Zurückspulen oder Pause zur Verfügung stehen. Ein weiteres Merkmal erlaubt dem Teilnehmer einen begonnenen Film zu einem anderen Zeitpunkt an derselben Stelle fortzusetzen. Falls der Teilnehmer kurz vor Ende des Filmes diesen komplett zum Anfang spult, dann hat er die Möglichkeit den Film zu einem anderen Zeitpunkt noch einmal ganz zu sehen. Dies widerspricht den Vorstellungen des Anbieters bezüglich Bezahlung und Zeitpunkt der Abrechnung.*

Anm.: Viele der Aspekte, die in [14] im Zusammenhang mit der Konvergenz von Internet und PSTN beschrieben werden, sind Ursachen für Interaktionen im Sinne der Konvergenz.

3.2 Komplexität

Eine weiteres Klassifikationsmerkmal für Interaktionen bildet die Komplexität der Dienste bzw. Dienstmerkmale. Dieses Klassifikationsmerkmal gewinnt insbesondere durch neue, komplexe, multimediale Dienste an Bedeutung und Unterscheidungskraft.

- Ein Teilnehmer – mehrere Teilnehmer (single/multiple user): Die Interaktionen resultieren aus der Tatsache, daß eine Instanz eines Dienstes gleichzeitig von mehreren Teilnehmern im Dialog oder parallel genutzt werden, z.B. Rollenkonflikte 3.1.12.
- Komponentenorientierung (single/multiple components): Funktionalität von Diensten wird in komplexen Systemen auf mehrere Komponenten aufgeteilt. Je nach Implementierung kann es zu Interaktionen aufgrund von Informationsinkonsistenz oder Laufzeitunterschieden kommen.
- Dienststeuerung (Single Domain/Multi Domain): Deregulierung und Wettbewerb sowie globale Kommunikation über Staatsgrenzen hinweg involvieren mehrere Betreiber in die Abwicklung eines Dienstes; siehe Beispiele unter 3.1.10.
- Single Media/Multimedia: Multimediale IuK-Diensten kombinieren unterschiedliche Medien wie Sprache, Text und Bild in einem Dienst; siehe Beispiele unter 3.1.11

3.3 Dienstlebenszyklusphasen

Wie bereits angedeutet liegen die Ursachen für Interaktionen in verschiedenen Phasen des Dienstlebenszyklus begründet. Im folgenden werden die unter 2.2 definierten Phasen in Bezug auf Ursachen für Interaktionen erläutert. Dazu wird auf die oben beschriebenen Szenarien zurückgegriffen.

- Anforderungsspezifikation (Requirements): Der Wunsch des Teilnehmers wird unzureichend erkannt. Durch die Deregulierung des IuK-Marktes sind nunmehr zwei Fälle bei der Anforderungsbeschreibung zu unterscheiden. Im dynamischen, schnell reagierenden Markt ist der Kunde der Auftraggeber für einen neuen Dienst, an den er genaue Anforderungen stellt. Der Dienstanbieter/Dienstentwickler stellt sich auf die Wünsche des Kunden ein und versucht sie so gut als möglich zu erfüllen. Hier können Interaktionen in der unpräzisen Notation der Anforderungen begründet sein, die zur Folge haben, daß der Wunsch des Kunden nicht erfüllt wird.

Demgegenüber steht die Marktpolitik bei Monopolisten oder Großanbietern, welche durch Marktforschung oder ähnliche Instrumente Bedürfnisse der Kunden schätzen und für alle Teilnehmer dieselben Dienste auf den Markt bringen, die deren Wünschen nur teilweise entsprechen. Interaktionen sind hier meist darauf zurückzuführen, daß die Beschreibung der Dienstfunktionalität des Anbieters vom Teilnehmer falsch verstanden wird und dieser andere Annahmen über die Funktion des Dienstes hat. Besonders schwierig ist die Sachlage, wenn Anbieter die Funktion ihrer Dienste im Zusammenwirken mit Diensten anderer Anbieter nicht bekannt machen (Beispiel 12 und 13).

Konkrete Interaktionen, die ihre Ursache in der Anforderungsspezifikation haben, sind die Beispiele 31, 32 und 27.

- Dienstentwurf: In der Systemspezifikation wird das gesamte Verhalten eines Dienstes festgelegt. Hier werden auch Funktionen bestimmt, die in der Anforderungsspezifikation nicht enthalten sind. Diese Funktionen dürfen nicht zu Uneindeutigkeiten führen. D.h. alle Anforderungen der Kunden sind erfüllt und dennoch ergibt sich durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Dienste ein uneindeutiges Verhalten. Typische Beispiele sind 7, 25 und 18.
- Implementierung: Fehlverhalten im Zusammenspiel verschiedener Dienste d.h. Interaktionen entstehen bei der Abbildung des Entwurfes auf die Implementierungsumgebung. Bezogen auf die Programmierung bedeutet das zum Beispiel, daß für einen speziellen Dienst nicht relevante Sonderfälle vernachlässigt werden. Die Auswirkungen davon treten erst im Konflikt zwischen mehreren Diensten auf (siehe Beispiel 11). Zu solchen Ursachen zählt auch die meist fehlende Festlegung von *nicht funktionalen Eigenschaften* in der Systemspezifikation. In Beispiel 8 könnte der Konflikt durch die Implementierung von festen Warte- und Reaktionszeiten vermieden werden.

Neben den programmiertechnischen Ursachen führen bei der Implementierung auch begrenzte oder mangelnde technische Eigenschaften von Rechnersystem, Endgeräten und Signalisierungskanälen zu Interaktionen. Die Beispiele 4, 20 und 16 verdeutlichen dies.

- Programmausführung: Hier treten Wechselwirkungen in Form von dynamischen Konflikten zwischen den Programmen und Ressourcen zur Laufzeit des Systems auf, siehe Beispiel 2. Oft können diese Interaktionen wie in Beispiel 1 auf eine Fehlbedienung oder gar gewollt regelwidrige Ausnutzung von Systemlücken durch den Teilnehmer zurückgeführt werden.

Die Einteilung der Interaktionen nach den Phasen im Dienstentwicklungs- und Lebenszyklus bietet insbesondere Vorteile bei der Erarbeitung von Lösungsansätzen. Es ist leichter, Strategien zur Konfliktlösung auf dedizierte Phasen zu beziehen und in den Entwicklungsvorgang

zu integrieren. Mögliche Lösungen werden im folgenden aufbauend auf die aus der Literatur bekannte Einteilung von Ansätzen beschrieben und diskutiert.

4 Lösungsansätze

Die Behandlung von Interaktionen ist mehr denn je ein integraler Bestandteil im Lebenszyklus von IuK-Diensten. Es ist Aufgabe des Service Engineering, d.h. der Softwareentwicklung von IuK-Diensten und -Systemen, in der Entwicklungsmethodik Verfahren zur Lösung von Interaktionsproblemen zwischen Diensten zu berücksichtigen, um einer effizienten Entwicklung Rechnung zu tragen. Durch die stetige Verkürzung der Lebenszeit eines Dienstes durch Wettbewerb und steigende Benutzeranforderungen müssen Interaktionen frühzeitig erkannt und behandelt werden, um die Entwicklungskosten zu senken.

Grundsätzlich lassen sich die aus der Literatur bekannten Verfahren zur Lösung von Interaktionsproblemen in drei Gruppen einteilen ([5] Editorial). Man unterscheidet zwischen Methoden zur Erkennung (Detection) und zur Auflösung (Solution) von Interaktionen. Daneben werden Ansätze beschrieben, wie Interaktionen durch geeignete Struktur der Dienstarchitektur vermieden werden können (Avoidance). Interaktionsbehandlung kann zur Laufzeit erfolgen (Runtime Solutions) oder schon während der Dienst- bzw. Architekturentwicklung berücksichtigt werden (Off-Line).

Alle im folgenden zusammengestellten Verfahren beziehen sich auf die Behandlung von Feature Interactions in Telefonsystemen. Spezielle Verfahren, die die erhöhte Komplexität von multimedialen IuK-Diensten berücksichtigen sind bisher nicht dokumentiert. Viele Verfahren lassen sich aber übertragen.

Zur Diskussion von Feature Interaction Problemen findet seit 1992 in regelmäßiger Folge der International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems statt, dessen Beiträge öffentlich publiziert werden [4] - [8]. Zudem existiert eine unmoderierte Mailing-Liste: fits-list@csi.uottawa.ca [9].

4.1 Service Interaction Detection

Wie schon aus der Betrachtung der unterschiedlichen Ursachen für Interaktionen zu ersehen ist, stellt allein die Erkennung von Interaktionen ein schwerwiegendes Problem dar. Ziel der Verfahren ist es, eine Methode zu definieren, mit der Interaktionen, die z.B. durch die Einführung eines neuen Dienstes auftreten, automatisch erkannt werden, um darauf aufbauend eine Lösung zu finden.

Zunächst ist es offensichtlich, daß die Suche und Erkennung von (unerwünschten) Interaktionen in der Dienstentwicklungsphase stattfindet, d.h. off-line und nicht erst während der Ausführung des Dienstes.

Die Verfahren zur Erkennung von Interaktionen basieren auf geeigneten Modellierungen der Dienste in der Spezifikationsphase z.B. durch formale Beschreibungssprachen. Durch entsprechenden Einsatz von Werkzeugen zur Verifikation, Validierung und Simulation können Interaktionen automatisch erkannt werden. Auch die Verwendung von Check-Listen aus Erfahrungsdatenbanken¹ ist zu diesen Verfahren zu zählen. Die Erkennung kann auch hier auto-

¹Die Erfahrung zeigt, daß systemkritische Interaktionen bei verschiedenen Dienstszenarien in ähnlichem Zusammenhang auftreten. Aus diesem Grund können durch Erfahrungsdatenbanken Schlüsse auf Interaktionen bei neuen Diensten gezogen werden. In den Szenarien, die in Kapitel 3 beschrieben sind, lassen sich z.B. folgende

matisch (aus der Datenbank) erfolgen. Verfahren aus der Künstlichen Intelligenz mit selbstlernenden Systemen können die Erkennung verbessern.

Beispiele für Beschreibungstechniken:

- Specification and Description Language (SDL) [19] [20]
- Petri-Netze [15]
- LOTOS [17] [18]
- Abstract Data Types [22]
- Temporal Logic [21]
- TTCN [11]

Weiterführende Ansätze wenden objektorientierte Methoden an, um Wechselwirkungen zu erkennen. Insbesondere Vererbung und Komposition von Objekten zu einem Dienstmerkmal stellen hierbei einen Schwerpunkt dar ([25], [26]).

Bezugnehmend auf die Software Entwicklungs Phasen aus Abschnitt 2.2 lassen sich die auf Beschreibungstechniken gestützten Verfahren in verschiedenen Phasen anwenden.

- Requirements: Die Spezifikation der Anforderungen mit formale Beschreibungstechniken hilft mögliche Interaktionen schon sehr frühzeitig zu erkennen [23], [24].
- Dienstentwurf: Einsatz formaler Methoden und Beschreibungstechniken wie z.B. SDL, Petri Netze, LOTOS, für die Dienstspezifikation und das Design.
- Implementierung: Durch standardisierte Testverfahren können Interaktionen während und nach der Programmierung aufgedeckt werden [11].

Gerade bei äußerst komplexen System kann der betrachtete Zustandsraum möglicher, zu prüfender Interaktionen schnell zu groß werden. Moderne IuK-Systeme zeichnen sich insbesondere durch eine große Anzahl an angebotenen Diensten mit einer Vielfalt von Dienstmerkmalen aus. Dazu kommt außerdem, daß sich die gleichen Dienste bei verschiedenen Benutzern durch einstellbare Parameter unterscheiden (Personal Services, Service Customization), die die Dienstfunktionalität beeinflussen und somit ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Dadurch kann eine Erkennung zur Laufzeit Vorteile erbringen, indem lediglich die in einer bestimmten Situation gerade instanziierten Parameter untersucht werden müssen.

4.2 Service Interaction Resolution

Nach der Identifizierung einer Interaktion sind deren Auswirkungen zu überprüfen (unerwünschte Interaktionen) und gegebenenfalls geeignete Maßnahmen zu deren Auflösung zu treffen. Analog zur Erkennung kann die Auflösung von Interaktionen off-line oder zur Laufzeit erfolgen.

Querschnittsfunktionen identifizieren. Die Beispiele 11, 12, 15, 20, 25, 28 und 33 haben mit der Funktion Charging zu tun. Call Forwarding Funktionen spielen in den Szenarien 1, 2, 7, 29 und 30 eine Rolle.

Off-line Interaktionsauflösung bedeutet eine Überarbeitung eines Dienstes oder des gesamten Systems in der Entwicklungsphase (Reengineering). Da Interaktionen teilweise daraus resultieren, daß für den Teilnehmer ein unerwartetes oder unerwünschtes Verhalten auftritt, ist auch die Benutzerbetreuung hier einzubeziehen. Denn ebenso wie durch technische Lösung kann ein Problem durch Änderung der Erwartungshaltung von Teilnehmern behoben werden. Da die off-line Interaktionsauflösung durch Reengineering stark von der gewählten Architektur und deren Implementierung abhängt, ist es schwer allgemeine Methoden anzugeben.

On-line: Eine einfache Lösung, die für multimediale Endgeräte praktikabel erscheint, ist, dem Teilnehmer eine erkannte Interaktion anzuzeigen und um Auflösung anhand eines Menüs mit Lösungsvorschlägen aufzufordern. Durch lernende Systeme können getroffene Entscheidungen dem Benutzerprofil hinzugefügt werden. Erfahrene Benutzer können auch schon bei Inbetriebnahme des Systems z.B. beim ersten Anmelden aufgefordert werden ihre Präferenzen zu abonnierten Diensten anzugeben.

Besteht die Möglichkeit der Benutzeranfrage nicht oder kann das Problem nicht vom Benutzer gelöst werden, so muß das System selbst zur Laufzeit auf erkannte Interaktionen reagieren. Viele Ansätze basieren hierbei auf Entscheidungstabellen, in denen für bestimmte Dienst- bzw. Dienstmerkmalskombinationen oder Merkmalsrollen die Interaktionsauflösung festgelegt ist [29]. Sogenannte Feature Manager entscheiden darüber, welche Dienstmerkmale im Konfliktfall zur Ausführung kommen bzw. legen die Priorität fest (Siehe auch [30]).

Andere Verfahren basieren auf Agentensystemen, in denen dynamische Situationen durch interagierende, regelbasierte Strukturen (Agenten) modelliert werden [13].

Daneben sind Ansätze, die die Supervisory Control Theorie verwenden, vielversprechend. Hierbei werden Kontrolleinheiten (Supervisor) eingeführt, die das Verhalten der Dienstmerkmale beeinflussen können, um das *gewünschte* Verhalten zu erzielen. Üblicherweise ist jedem Dienstmerkmal ein Supervisor zugeordnet [28].

4.3 Service Interaction Avoidance

Durch die zunehmende Komplexität bei multimedialen IuK-Diensten, ist mit den bestehenden Techniken eine erschöpfende Analyse und Auflösung von Interaktionen weder off-line noch zur Laufzeit möglich. Es ist daher nötig die Problematik der Interaktionen bereits in der Architektur zu berücksichtigen. Auf diese Weise kann die Behandlung von Interaktionen erleichtert und zum Teil vermieden werden.

Zu den Verfahren der Vermeidung von Interaktionen zählen:

- Offene Systeme und Architekturen
- Einfache Erweiterbarkeit von Signalisierungsprotokollen
- Service Creation Richtlinien
- Service Simulation/Emulation in Service Creation Environments

Ein wichtiges Mittel ist auch hier, wie bei der Erkennung von Interaktionen, die exakte Spezifikation der Architekturen und Protokolle mit formalen Beschreibungssprachen, um Interaktionen durch Inkompatibilität oder Mehrdeutigkeiten auszuschließen.

Herkömmliche Architekturen für Telekommunikationsdienste wie POTS, ISDN oder Architekturen für private Nebenstellenanlagen besitzen keine separate Dienststeuerung bzw. Schnittstellen für die Dienstentwicklung. Eine Dienständerung aufgrund von Interaktionen verursacht hohe Kosten. Die Architektur der Intelligenten Netze beinhaltet eine Trennung von Basisvermittlung und Dienststeuerung und erlaubt eine flexible Handhabung von Diensten. Eine integrierte Behandlung von Interaktionen ist im Standard nicht vorgesehen, wird aber in Forschungsprojekten entwickelt [40], [41]. *Offene Architekturen* wie TINA [31] versprechen durch ihren modularen Aufbau und erweiterte Modelle zur Rufmodellierung (z.B. TINA session model) eine Verbesserung bei der Interaktionsbehandlung.

Die Reduzierung der Komplexität verteilter IuK-Systeme durch dedizierte Systemkomponenten und durch exakte Trennung ihrer Aufgaben und Aktionsbereiche führt dazu, daß unerwünschte Interaktionen bereits durch die Architektur vermieden werden. Während mit TINA zwar eine Architektur nach diesen Prinzipien definiert ist, sind bislang aber nur wenige, oberflächliche Untersuchungen bekannt, die sich konkret auf Interaktionsbehandlung bzw. Vermeidung in TINA beziehen, z.B. [38]. In [35] wird eine agentenbasierte Architektur vorgeschlagen, anhand derer an konkreten Beispielen gezeigt wird, wie Feature Interactions unterbunden werden können.

Bis auf wenige Beispiele wird generell dem Aspekt Feature bzw. Service Interactions in den neu entstehenden Dienstarchitekturen zu wenig Beachtung geschenkt. Ebenso ist das Thema Feature Interaction in der Standardisierung von *Signalisierungsprotokollen* noch zu wenig diskutiert und eingebracht.

In Bezug auf die *Dienstentwicklung* (Service Creation²) existieren Verfahren, die durch den gezielten Einsatz von formalen Beschreibungstechniken und Methoden bei der Festlegung der Anforderungen helfen, Interaktionen zu vermeiden [36]. In [37] wird darüber hinaus ein System zur Umwandlung von einer natürlichsprachlichen Anforderungsbeschreibung in eine formale Syntax vorgeschlagen.

Die Verwendung einer sehr jungen Methode aus dem Software-Engineering, die Software Entwicklung mit Design Pattern, verspricht Verbesserungen in der Handhabbarkeit und Vermeidung von Interaktionen in Service Creation Environments [32].

4.4 Diskussion der Lösungsansätze für multimediale IuK-Dienste

Um bei den immer komplexer werdenden Diensten Interaktionen wirksam behandeln zu können, ist das Augenmerk besonders auf die Vermeidung von Interaktionen zu legen. Insbesondere in frühen Entwicklungsphasen sollten Interaktionen berücksichtigt werden und die Dienstentwicklung so gestaltet werden, daß ein Großteil der Interaktionen durch geeignete Beschreibungssprachen, Entwicklungsmethoden oder Dienstarchitekturen vermieden werden kann.

Folgende Ansätze bieten sich an:

Um die komplexen Funktionen und Zusammenhänge bei neuen Diensten optimal mit dem Kunden abstimmen zu können und eine präzise Requirementsspezifikation zu erstellen, wird

²Der Begriff Service Creation bezeichnet sowohl die Dienstentwicklung als auch die Entwicklung von Leistungsmerkmalen im IN.

eine eindeutige Notation benötigt. Diese muß einerseits ermöglichen, daß Diensteseigenschaften verständlich und abstrahierend von technischen Details dargestellt werden, andererseits muß diese Notation die Basis für die Systemspezifikation bilden. Durch die konsequente Anwendung einer formalen Sprache für Requirements lassen sich Interaktionen, deren Ursache in falschen Annahmen begründet liegen, vermeiden. Obwohl der Mangel an einer derartigen Sprache von der Industrie bereits erkannt wurde, sind bisher keine Ansätze bekannt, die dieses Problem umfassend lösen [39].

Wie bereits erwähnt können Interaktionen durch die Berücksichtigung einer konkreten Dienstarchitektur in der Entwurfsphase vermieden werden. Die Trennung von Ruf- und Verbindungssteuerung verhindert z.B. das Entstehen von Ringschlüssen. Durch die Einführung von separaten Komponenten zur Verwaltung von Ressourcen werden Ressource Contention Konflikte ausgeschlossen. Die Spezifikation von teilnehmerspezifischen Komponenten sogen. User Agents unterstützen die Aushandlung von Dienstparametern und Terminalkonfiguration bevor der Dienst seine Leistung erbringt. Auf diese Weise lassen sich Interaktionen aufgrund von Inkompatibilität vermeiden.

Allein durch die Wahl einer geeigneten Dienstarchitektur können aber nicht alle Interaktionen ausgeschlossen werden. Spezielle Fälle, die derzeit nicht absehbar sind, werden immer ein individuelles Vorgehen erfordern. Hier greifen Methoden aus den Ansätzen zur dynamischen Auflösung von Interaktionen. Auch diese Komponenten und Schnittstellen dazu sind in den Architekturen vorzusehen.

Um Konflikte in der Implementierungsphase zu vermeiden, ist es erstrebenswert die Implementierung weitgehend zu automatisieren. Dies kann durch geeignete Werkzeuge mit Codegeneratoren geschehen. Neben einer formalen Systemspezifikation ist eine weitere Voraussetzung für eine exakte Umsetzung eine Spezifikation von nicht-funktionalen Eigenschaften.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Der vorliegende Bericht beschreibt die Problematik der Interaktionen zwischen Diensten, welche nach wie vor ein großes Problem in der Entwicklung von dienstespezifischer Software darstellen. Betrachtungen zu Interaktionen und Ansätze zur Lösung dieser Problematik in der Forschung befassen sich fast ausschließlich mit Zusatzdiensten der Telefonie. Den neuen Aspekten, die durch Multimedia und Dienste-Konvergenz auftreten, wird zu wenig Beachtung geschenkt. Aus diesem Grund stellt der Bericht nach der Einführung in das Thema als einen Schwerpunkt neue Beispielszenarien für Interaktionen zwischen aktuellen und zukünftigen Diensten dar. Dabei wird auf die bisherigen Feature Interaction Benchmarks Bezug genommen. Besonderer Augenmerk gilt der Einteilung der Interaktionen nach vier Phasen des Dienstlebenszyklus: Requirements, Design, Implementierung und Ausführung.

Aufbauend auf die Interaktionsszenarien werden bekannte Ansätze zur Behandlung von Interaktionen vorgestellt, die sich nach Interaktions-Erkennung, Auflösung und Vermeidung einteilen lassen. In der Diskussion von Ansätzen wird die Strategie favorisiert, Interaktionen möglichst frühzeitig in den Entwicklungsphasen zu vermeiden. Dies kann der steigenden Komplexität der dienstspezifischen Software am besten Rechnung tragen. Neben der Notwendigkeit einer formalen Sprache für die Beschreibung von Requirements wird die tragende Rolle von

dedizierten Architekturen für die Vermeidung von Interaktionen betont. Darüberhinaus wird eine automatisierte Implementierung durch den Einsatz von CASE-Tools die strukturierte Systementwicklung unterstützen und helfen Programmierfehler zu unterbinden.

Mit diesen Ausführungen will der Bericht vor allem die neuen Problematiken aufzeigen, die sich in Zukunft in Bezug auf Interaktionen ergeben. Die Beschreibung von Service Interaction Szenarien im Sinne einer Benchmark, wie sie hier beschrieben sind, ist besonders wichtig, da das Problem der Interaktionen zwischen Diensten nicht nur ein fest umgrenztes Problem ist, sondern eine ganze Reihe von Problemen aufwirft. Einige dieser Probleme hat man bereits im Griff, andere stellen nach wie vor eine große Herausforderung dar [39]. Der Bericht soll somit als Ausgangspunkt für weitere Betrachtungen und konkrete Lösungsvorschläge dienen.

Im Teilprojekt C2 des Bayerischen Forschungsverbundes Software Engineering FORSOFT werden Methoden zur Entwicklung von IuK-Diensten untersucht, entwickelt und angewandt. In diesem Zusammenhang fließen auch die vorliegenden Überlegungen zu Interaktionen in die Komposition eines Vorgehensmodells für die Dienstentwicklung mit ein. Eine entwickelte Dienstarchitektur berücksichtigt Komponenten, die helfen Interaktionen zu vermeiden.

Danksagung

Diese Arbeit wurde im Teilprojekt C2 „Softwaretechnik für des bayerischen Forschungsverbundes Software Engineering (FORSOFT) durchgeführt. Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Eberspächer für die Anregung, mich mit diesem Thema auseinanderzusetzen und für kreative Diskussionen. Meinem Kollegen Peter Sties danke ich für die Durchsicht des Manuskripts und für konstruktive Kommentare und Anregungen.

Literatur

- [1] U. Hinkel, W. Kellerer, P. Sties. Multimediale Anwendungen in der Telekommunikation - Szenarien und Abläufe. Technical Report TUM-LKN-TR-9702, Technische Universität München, 1997.
- [2] W. Kellerer, P. Sties. Klassifikation von Informations- und Kommunikationsdiensten. Bericht FORSOFT Teilprojekt C2, Technische Universität München, 1998.
- [3] H. Magill, S. Tsang, B. Kelly. The Feature Interaction Problem in Networked Multimedia Services: Past, Present and Future. 4th deliverable of project Feature Interactions in Multimedia Systems, University of Strathclyde, Scotland, 1996.
- [4] First International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems, Florida, 1992.
- [5] W. Bouma, H. Velthuisen (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications Systems, Proceedings of the Second International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'94). IOS Press, 1994.
- [6] K. Cheng, T. Ohta (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications III, Proceedings of the Third International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'95). IOS Press, 1995.

- [7] P. Dini, R. Boutaba, L. Logrippo (Eds.) Feature Interactions in Telecommunication Networks IV, Proceedings of the Fourth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97). IOS Press, 1997.
- [8] K. Kimbler, L. Bouma (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications and Software Systems, Proceedings of the Fifth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'98). IOS Press, 1998.
- [9] fits-list@csi.uottawa.ca is an unmoderated mailing list dedicated to the feature interaction problem in telecommunications systems. To subscribe or unsubscribe, mail to fits-list-request@csi.uottawa.ca. Archives are available via ftp at LOTOS.csi.UOttawa.CA/pub/FITS/ or http://LOTOS.csi.UOttawa.ca/ftp/pub/FITS/
- [10] J. Cameron, N. Griffeth, Y. Lin, M. Nilson, W. Schure, H. Velthuijsen. A Feature Interaction Benchmark for IN and Beyond. IEEE Communications Magazine, Vol.31, No.3, March 1993, pp.64-69.
- [11] J. Godskesen. A Formal Framework for Feature Interaction with Emphasis on Testing. In: K. Cheng, T. Ohta (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications III, Proceedings of the Third International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'95). IOS Press, 1995, pp.21-30.
- [12] K. Braithwaite, J. Atlee. Towards Automated Detection of Feature Interactions. In: W. Bouma, H. Velthuijsen (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications Systems, Proceedings of the Second International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'94). IOS Press, 1994, pp.36-59.
- [13] J. Cameron, H. Velthuijsen. Feature Interactions in Telecommunications Systems – A Tutorial. IEEE Communications Magazine, Vol.31, No.8, August 1993, pp.18-23.
- [14] U. Schön, J. Hamann, A. Jugel, H. Kurzawa, C. Schmidt. Convergence Between Public Switching and the Internet. IEEE Communications Magazine, Vol.36, No.1, January 1998, pp.50-64.
- [15] Y. Lu, T. Cheung. Feature Interactions of Livelock Type in IN: A Detailed Example. In Proceedings of 7th IEEE Intelligent Network Workshop (IN'98), Bordeaux, 1998, pp.175-193.
- [16] J. Choi, H. Kim, W. Lee, Y. Kwon. A Petri-Nets based Approach for Detecting Feature Interactions in Telecommunications Services. Proceedings of the 12th International Conference on Computer Communications (ICCC), Seoul (Korea), 1995, pp.596-601.
- [17] M. Faci, L. Logrippo. Specifying Features and Analysing their Interactions in a LOTOS Environment. In: W. Bouma, H. Velthuijsen (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications Systems, Proceedings of the Second International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'94). IOS Press, 1994, pp.136-151.
- [18] O. Dahl, E. Najm. Specification and Detection of IN Service Interferences using LOTOS. In: R. Tenney, P. Amer, M. Uyar (Eds.) Formal Description Techniques VI. Elsevier Science B.V. (North-Holland), 1994, pp.53-69.
- [19] B. Kelly, M. Crowther, J. King. Feature Interaction Detection Using SDL Models. Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM), San Francisco, 1994, pp.1857-1861.
- [20] I. Aggoun, P. Combes. Observers in the SCE and in the SEE to Detect and Resolve Service Interactions. P. Dini, R. Boutaba, L. Logrippo (Eds.) Feature Interactions in Telecommunication Networks IV, Proceedings of the Fourth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97). IOS Press, 1997, pp.198-212.

- [21] J. Blom, R. Bol, L. Kempe. Automatic Detection of Feature Interactions in Temporal Logic. In: K. Cheng, T. Ohta (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications III, Proceedings of the Third International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'95). IOS Press, 1995, pp.1-20.
- [22] B. Stepien, L. Logrippo. Representing and Verifying Intentions in Telephony Features Using Abstract Data Types. In: K. Cheng, T. Ohta (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications III, Proceedings of the Third International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'95). IOS Press, 1995, pp.141-155.
- [23] M. Heisel, J. Souquieres. A Heuristic Approach to Detect Feature Interactions in Requirements. In: K. Kimbler, L. Bouma (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications and Software Systems, Proceedings of the Fifth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'98). IOS Press, 1998, pp.165-171.
- [24] J. Blom. Formalization of Requirements with emphasis on Feature Interaction detection. In: P. Dini, R. Boutaba, L. Logrippo (Eds.) Feature Interactions in Telecommunication Networks IV, Proceedings of the Fourth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97). IOS Press, 1997, pp.61-77.
- [25] Y. Iraqui, M. Erradi. An experiment for the processing of Feature Interactions within an object-oriented environment. In: P. Dini, R. Boutaba, L. Logrippo (Eds.) Feature Interactions in Telecommunication Networks IV, Proceedings of the Fourth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97). IOS Press, 1997, pp.298-312.
- [26] C. Prehofer. An Object-Oriented Approach to Feature Interaction. In: P. Dini, R. Boutaba, L. Logrippo (Eds.) Feature Interactions in Telecommunication Networks IV, Proceedings of the Fourth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97). IOS Press, 1997, pp.313-328.
- [27] R. Buhr, D. Amyot, M. Elammari, D. Quesnel, T. Gray, S. Mankowski. Feature-Interaction Visualization and resolution in an Agent Environment. In: K. Kimbler, L. Bouma (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications and Software Systems, Proceedings of the Fifth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'98). IOS Press, 1998, pp.135-149.
- [28] Y. Chen, S. Lafortune, F. Lin, Resolving Feature Interactions Using Modular Supervisory Control with Priorities. In: P. Dini, R. Boutaba, L. Logrippo (Eds.) Feature Interactions in Telecommunication Networks IV, Proceedings of the Fourth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97). IOS Press, 1997, pp. 108-122.
- [29] N. Fritsche. Runtime Resolution of Feature Interactions in Architectures with Separated Call and Feature Control. In: K. Cheng, T. Ohta (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications III, Proceedings of the Third International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'95). IOS Press, 1995, pp.43-63.
- [30] S. Tsang, E. Magill. The network operator's perspective: detection and resolving feature interaction problems. Computer Networks and ISDN Systems Vol.30, No.15, Elsevier Science B.V., 1998, pp.1421-1441.
- [31] TINA-C Deliverable: Telecommunications Information Networking Architecture - Service Architecture 5.0, June 1997. <http://www.tinac.com>
- [32] G. Utas. A Pattern Language of Feature Interaction. In: K. Kimbler, L. Bouma (Eds.) Feature Interactions in Telecommunications and Software Systems, Proceedings of the Fifth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'98). IOS Press, 1998, pp.98-114.

- [33] N. Fritsche. Vermittlungsarchitektur mit getrennter Ruf- und Leistungsmerkmalsteuerung. Dissertation Technische Universität München, 1995.
- [34] H. Schulzrinne. Feature Interaction in Internet Telephony. Slides for panel discussion on "Feature Interactions in Internet Telephony: Are we ready for it?", Fourth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97), 1997.
- [35] I. Zibman, C. Woolf, P. O'Reilly, L. Strickland, D. Willis, J. Visser. An Architectural Approach to Minimizing Feature Interactions in Telecommunications. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Vol.4, No. 4, August 1996, pp.582-596.
- [36] J. Gibson. Feature Requirements Models: Understanding Interactions. In: P. Dini, R. Boutaba, L. Logrippo (Eds.) *Feature Interactions in Telecommunication Networks IV*, Proceedings of the Fourth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97). IOS Press, 1997, pp.46-60.
- [37] D. Dankel, M. Schmalz, W. Walker, K. Nielsen, L. Muzzi, D. Rhodes. An Architecture for Defining Features and Exploring Interactions. In: W. Bouma, H. Velthuisen (Eds.) *Feature Interactions in Telecommunications Systems*, Proceedings of the Second International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'94). IOS Press, 1994, pp.258-271.
- [38] M. Kolberg, E. Magill. Service and Feature Interactions in TINA. In: K. Kimbler, L. Bouma (Eds.) *Feature Interactions in Telecommunications and Software Systems*, Proceedings of the Fifth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'98). IOS Press, 1998, pp.78-84.
- [39] J. Cameron, F. Lin. Feature Interaction in the New World. In: K. Kimbler, L. Bouma (Eds.) *Feature Interactions in Telecommunications and Software Systems*, Proceedings of the Fifth International Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'98). IOS Press, 1998, pp.3-9.
- [40] EURESCOM Projekt P509 Handling service interactions in the Service Life-Cycle. <http://www.eurescom.de>
- [41] K. Kimbler, C. Capellmann, H. Velthuisen. Comprehensive approach to service interaction handling. *Computer Networks and ISDN Systems* Vol.30, No.15, Elsevier Science B.V., 1998, pp.1363-1387.