Erkennung von Wechselwirkungen zwischen Dienstmerkmalen im Intelligenten Netz mit Hilfe formaler Techniken

Dirk O. Keck

Universität Stuttgart
Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung[1]
Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Paul J. Kühn
Seidenstr. 36, D-70174 Stuttgart
Telefon (0711) 121 2484, Fax (0711) 121 2477
E-mail: keck@ind.uni-stuttgart.de

Kurzfassung. Das Intelligente Netz (IN) ist ein Architekturkonzept, das die schnelle und kostengünstige Einführung neuer Kommunikationsdienste unterstützt und erleichtert. Wechselwirkungen zwischen Diensten im IN stellen ein ernstzunehmendes Problem dar, da sie den sicheren und benutzerfreundlichen Betrieb eines Telekommunikationsnetzes gefährden können. In dieser Arbeit wird ein Verfahren zur Erkennung solcher Wechselwirkungen vorgestellt, das in einer frühen Phase der Dienstentwicklung ansetzt. Dabei wird gezeigt, daß die Ursache für solche Wechselwirkungen darin liegt, daß mehrere Dienste gemeinsame Einflußbereiche besitzen und über Auswirkungen auf diese Bereiche miteinander in Wechselwirkung treten können. Mit Hilfe einer formalen Beschreibung der Rufbehandlung und Dienstbearbeitung im IN können unter Verwendung formaler Techniken wie der Erreichbarkeitsanalyse solche Wechselwirkungen erkannt werden.

1 Einführung

1.1 Das Intelligente Netz (IN)

Benutzer des Telefonnetzes stellen immer höhere Erwartungen an dessen Funktionalität. Entwicklung und Aufbau des diensteintegrierenden digitalen Fernsprechnetzes ISDN trug diesen Anforderungen Rechnung, indem eine Anzahl von Erweiterungen des Basisdienstes, die sogenannten zusätzlichen Dienstmerkmale (engl. Supplementary Services) hinzugefügt wurden. Jedes dieser Dienstmerkmale erfordert einen Eingriff in die Software jeder Vermittlungsstelle. Diese Methode für die Realisierung zusätzlicher Dienste ist teuer und inflexibel, da stets der gesamte Entwicklungszyklus für eine neue Version der Vermittlungssoftware durchlaufen und diese neue Software dann in allen Vermittlungsstellen im Netz installiert werden muß.

Der Bedarf an einer Erleichterung der Erstellung neuer Dienste und Dienstmerkmale führte zur Entwicklung des Intelligenten Netzes (IN) als neuartigem Architekturkonzept. Es handelt sich entgegen seiner Bezeichnung nicht um ein weiteres Telekommunikationsnetz, sondern um ein allgemeingültiges Konzept zur Realisierung neuer Dienste und Dienstmerkmale. Die wesentliche Eigenschaft dieses Konzepts liegt in der Trennung von Vermittlung und Dienstbearbeitung. Für die Vermittlung und Rufbehandlung sind die Vermittlungsstellen des Netzes verantwortlich, wie auch in herkömmlichen Netzen. Die Bearbeitung von zusätzlichen Diensten bzw. Dienstmerkmalen erfolgt nicht mehr in den Vermittlungssystemen, sondern in davon getrennten Dienststeuerknoten, sogenannten Service Control Points (SCPs). Dies sind in der Regel leistungsfähige Universalrechner, die über ein Anwendungsprotokoll, das INAP (Intelli-

1 Diese Arbeit wird in Zusammenarbeit mit der Alcatel SEL AG, Stuttgart, durchgeführt und durch das Software-Labor der Universität Stuttgart, Breitwiesenstr. 20-22, D-70565 Stuttgart unterstützt.

gent Network Application Protocol) mit den Vermittlungsstellen kommunizieren und auf die Rufbehandlung Einfluß nehmen können.

Das IN-Konzept beinhaltet vier Sichtweisen (Ebenen) mit unterschiedlichem Abstraktionsgrad, denen allen das zentrale Element des Dienstes bzw. Dienstmerkmales gemeinsam ist [8]. Auf der obersten Betrachtungsebene, der sogenannten Service Plane (SP), wird ein Dienst nur durch eine Beschreibung ohne Berücksichtigung von Realisierungsaspekten charakterisiert. Eine Ebene darunter, auf der Global Functional Plane (GFP), wird der Dienst als eine Aneinanderreihung von standardisierten Bausteinen, den sogenannten Service Independent Building Blocks (SIBs) betrachtet. Mit Hilfe dieser Beschreibungsform kann der Dienstablauf vollständig charakterisiert werden. Sie enthält genügend Informationen, um daraus die Implementierung des Dienstes mit Hilfe von geeigneten Programmwerkzeugen generieren zu können. Die nächste Ebene, die Distributed Functional Plane (DFP), bietet eine Sicht auf die funktionalen Einheiten und deren logische Beziehungen im Netz, die in Zusammenarbeit die auf den höheren Ebenen charakterisierten Dienste erbringen können. Die unterste Ebene schließlich, als Physical Plane (PP) bezeichnet, beschreibt die Zuordnung dieser logischen funktionalen Einheiten zu realen Einrichtungen im Netz und geht auch auf die erforderlichen Protokollarchitekturen näher ein. Für ausführlichere Informationen über die Architektur des IN sei der Leser auf die einführenden Arbeiten [5, 7, 13, 14] verwiesen.

1.2 Dienstentwicklung im Intelligenten Netz

Dienste für das IN erweitern die Grundfunktionen der Rufbehandlung um zusätzliche Merkmale. Da das IN als Architektur zur Unterstützung einer schnellen und kostengünstigen Realisierung neuer Dienste entwickelt wurde, ist die Dienstentwicklung (engl. Service Creation) von vorne herein integraler Bestandteil des Konzepts. Die Entwicklung neuer Dienste beginnt in der Regel mit der Erstellung einer informellen Spezifikation des Dienstes. Diese Spezifikation dient als Ausgangpunkt für eine Beschreibung des Dienstablaufes mit Hilfe von vorgegebenen Bausteinen (SIBs) in einer formalisierten graphischen Notation, die einem Flußdiagramm ähnelt. Ausgehend von dieser Beschreibung eines neuen Dienstes kann mit Hilfe von Programmwerkzeugen ein ausführbarer Dienst generiert werden. Dieser Dienst wird im weiteren unter Zuhilfenahme von Management-Funktionen, die ebenfalls Bestandteil des IN-Konzepts sind, in einen in das IN integrierten Dienststeuerknoten (SCP) eingebracht.

Die Aufgabe, in einer frühen Phase während des Lebenszyklus eines neuen Dienstes dessen korrekte Funktion unter allen Umständen sicherzustellen, liegt im vitalen Interesse aller beteiligten Parteien. Formale Beschreibungs- und Verifikationstechniken können hier einen wertvollen Beitrag leisten und demonstrieren, wie sie für reale Probleme gewinnbringend eingesetzt werden können.

1.3 Wechselwirkungen zwischen Diensten im Intelligenten Netz

1.3.1 Das Problem

Während der Spezifikation und Entwicklung neuer Dienste bzw. Dienstmerkmale werden diese in der Regel einzeln betrachtet. Diese Sicht wird durch die standardisierten Schnittstellen zwischen Basisdienst und neuen Diensten im IN und durch die Behandlung der Dienste als unabhängige und voneinander getrennte Einheiten unterstützt. Das reale Umfeld eines neu entwickelten Dienstes im Netz unterscheidet sich von der Situation während der Spezifikation und Entwicklung eines neuen Dienstes grundlegend. Neben dem neu entwickelten Dienst bzw. Dienstmerkmal koexistieren gleichzeitig eine Vielzahl weiterer IN-Dienste im Netz; außerdem besitzen moderne digitale Vermittlungssysteme zusätzlich noch eine Reihe weiterer Dienstmerkmale, die nicht in Form von IN-Diensten, sondern als konventionelle Dienste ausgeführt sind, die die Funktion der Vermittlungsstelle erweitern.

Die Tatsache, daß all diese Dienste unabhängig voneinander Möglichkeiten besitzen, auf die Rufbehandlung zu wirken, hat zur Folge, daß ein neu entwickelter Dienst mit bestehenden Diensten oder anderen, zur gleichen Zeit neu entwickelten Diensten in Wechselwirkung treten kann. Obwohl dieses Verhalten nicht zwangsläufig zu Schwierigkeiten führen muß, liegt ein Einsatzkontext für einen Dienst vor, für den dieser nicht spezifiziert ist und in vielen Fällen auch nicht spezifiziert werden kann, da der Dienstentwickler ein nur unvollständiges Wissen über andere Dienste im Netz besitzt.

Die Folgen solcher Wechselwirkungen können erheblich sein. Teilnehmer können verwirrt und verärgert werden, da sie aufgrund ihrer beschränkten Sicht auf die Vorgänge im Netz nicht mehr verstehen können, was gerade geschieht – eine Problematik, die besonders im IN durch die in der Regel recht beschränkte Benutzerschnittstelle in Form gewöhnlicher Telefonapparate ohne Anzeigemöglichkeiten noch gefördert wird. Wesentlich kritischer sind Gefahren zu betrachten, die zu fehlerhafter Vergebührung und damit zu erheblichen finanziellen Verlusten bei Kunden, Diensteanbietern und Netzbetreibern führen können, oder die letztlich sogar die Stabilität und Verfügbarkeit des Netzes gefährden.

Diese Wechselwirkungs-Probleme, im Englischen auch *Feature Interaction Problems* genannt, sind ein wesentliches Hindernis auf dem Weg zur schnellen Erstellung neuer Dienste im Rahmen der IN-Architektur [1]. Die Erkennung solcher Wechselwirkungen zu einem möglichst frühen Zeitpunkt während des Entwicklungszyklus' eines neuen Dienstes ist ein wichtiger und notwendiger Schritt auf dem Wege zur Lösung dieses Problems und Gegenstand des vorliegenden Beitrags.

1.3.2 Einteilung von Lösungsansätzen für das Problem der Wechselwirkungen

In einer grundlegenden Übersicht haben Cameron und Velthuijsen [3] die Möglichkeiten zur Lösung dieses Problems in drei Klassen eingeteilt:

- *Vermeidung (engl. „avoidance").* Durch die verwendete Entwicklungsmethode oder die zugrunde liegende Architektur des Netzes wird das Auftreten unerwünschter Wechselwirkungen prinzipiell unterdrückt.
- *Erkennung (engl. „detection").* Eine vorgegebene Menge von Diensten bzw. Dienstmerkmalen wird daraufhin untersucht, ob (unerwünschte) Wechselwirkungen zwischen diesen Diensten existieren. Diese Untersuchung wird im Idealfall von einem Entwicklungswerkzeug unterstützt bzw. automatisch durchgeführt.
- *Auflösung (engl. „resolution").* Darunter versteht man Mechanismen, die beim Auftreten einer (unerwünschten) Wechselwirkung selbsttätig dazu führen, daß trotzdem ein möglichst für alle beteiligten Parteien akzeptables Ergebnis gefunden wird.

Unter diesen Klassen nimmt die Erkennung von Wechselwirkungen eine Schlüsselposition ein. Ohne sie ist weder die Vermeidung noch die Auflösung von Wechselwirkungen denkbar, da für beide Einsicht in die Mechanismen der Entstehung von Wechselwirkungen vorhanden sein muß und deshalb zunächst auch das Problem der Erkennung gelöst werden muß.

1.3.3 Definitionen des Begriffs der Wechselwirkung zwischen Diensten

Zum Verständnis des Problems der Wechselwirkungen zwischen Diensten muß zunächst der *Begriff der Wechselwirkung* scharf umrissen werden. Eine Wechselwirkung zwischen Dienstmerkmalen tritt dann auf, wenn das Verhalten eines Dienstmerkmals beim gleichzeitigem Vorhandensein eines anderen (aktiven) Dienstmerkmals von dem Verhalten ohne dieses andere Dienstmerkmal abweicht. Geht man weiter und spricht von unerwünschten Wechselwirkungen, verschärft sich das Problem: es muß nun bekannt sein, welches Verhalten im konkreten Falle erwünscht ist, was im allgemeinen nicht aus der (funktionalen oder deskriptiven) Dienstspezifikation des Einzeldienstes zu entnehmen ist, sondern für den konkreten Fall oder als gesondertes Regelwerk spezifiziert werden muß.

Eine üblicherweise verwendete Definition für Wechselwirkungen zwischen Diensten lautet: *Für eine Anzahl von n Dienstmerkmalen* $F_1, \ldots, F_n$ *existiert eine Wechselwirkung genau dann, wenn für jedes i* ($1 \leq i \leq n$) *das Dienstmerkmal* F_i *in Kombination mit dem zugrunde liegenden Basisdienst N die Anforderung* P_i *erfüllt, eine Kombination der Dienstmerkmale jedoch die Kombination der Anforderungen nicht erfüllt* [6].

Es gibt zahlreiche Ansätze, das Problem der Wechselwirkungen unter Zuhilfenahme formaler Methoden zu lösen. Sie beruhen auf einer Beschreibung des Systems und seiner Eigenschaften gemäß dieser Definition. Wechselwirkungen manifestieren sich dann dadurch, daß durch Hinzufügen eines zweiten Dienstmerkmals bestimmte Eigenschaften nicht mehr erfüllt werden können. Velthuijsen [15] liefert einen kurzen Überblick über Arbeiten, in denen mit Hilfe formaler Methoden Wechselwirkungen zwischen Diensten erkannt werden und geht auf die Schwierigkeiten ein, die sich bei diesen Vorgehensweisen bieten:

- Die Funktionalität des Telefondienstes wird durch die Hinzunahme von zusätzlichen Dienstmerkmalen erweitert und damit auch verändert. Dadurch wird es sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich, Eigenschaften zu formulieren, die immer erfüllt sein müssen – also auch dann, wenn vollkommen beliebige, noch nicht vorhandenen Dienste im Netz existieren und mit dem betrachteten Dienst zusammen eingesetzt werden können.

- Es gibt sehr viele Bedingungen in einem System, die für die Beschreibung eines bestimmten Dienstmerkmals zunächst nicht relevant scheinen, jedoch dann Bedeutung bekommen, wenn andere Dienstmerkmale hinzukommen.

Aufgrund der genannten Schwierigkeiten baut der hier vorgestellte Ansatz an einer in [11] gegebenen Definition auf, nach der man zwei grundlegende Arten von Wechselwirkungen unterscheiden muß, nämlich solche, die durch nicht lösbare Konflikte in den Anforderungen an zwei Dienste zustande kommen und solche, die dadurch entstehen, daß dasselbe Objekt durch mehrere Dienste benutzt werden soll. Dieser Ansatz orientiert sich an letzterer Sichtweise. Formale Methoden werden eingesetzt, um solche Objekt-Konflikte zu erkennen. Es kann dabei nicht zwischen erwünschten und unerwünschten Wechselwirkungen unterschieden werden. Das stellt jedoch keinen großen Verlust dar, da diese Unterscheidung in zahlreichen Fällen schwierig ist und z. T. willkürlich erfolgt. Beispiele hierfür finden sich u. a. in [2].

1.3.4 Ursachen für Wechselwirkungen zwischen Diensten

Dienste im Intelligenten Netz besitzen gemeinsame Einflußbereiche, d. h. Objekte im Netz, die von mehr als einem Dienst beeinflußt werden können bzw. die mehr als einen Dienst beeinflussen können. Es handelt sich dabei um

(a) private (dienstinterne) Daten, die von anderen Diensten in keiner Situation gelesen oder verändert werden können,

(b) Daten des bearbeiteten Rufes, wie z. B. Nummern des rufenden und gerufenen Teilnehmers, die sowohl von der Rufbehandlung als auch von mehreren Diensten gelesen oder verändert werden,

(c) den Ablauf eines Rufes, der im Rahmen eines IN-Rufes von mehreren Diensten beeinflußt werden kann und

(d) die Reservierung von bestimmten, von mehreren Diensten erreichbaren Ressourcen im Netz.

Wechselwirkungen zwischen zwei Diensten entstehen dann, wenn diese sich über die gemeinsamen Einflußbereiche (b, c, d) gegenseitig beeinflussen können (Bild 1). Anhand der Untersuchung von Zugriffen auf diese Bereiche lassen sich Wechselwirkungen erkennen. Dies kann durch Verwendung formaler Techniken erfolgen, was zunächst ein geeignetes formales Systemmodell erforderlich macht, das in einem folgenden Abschnitt näher beschrieben wird.

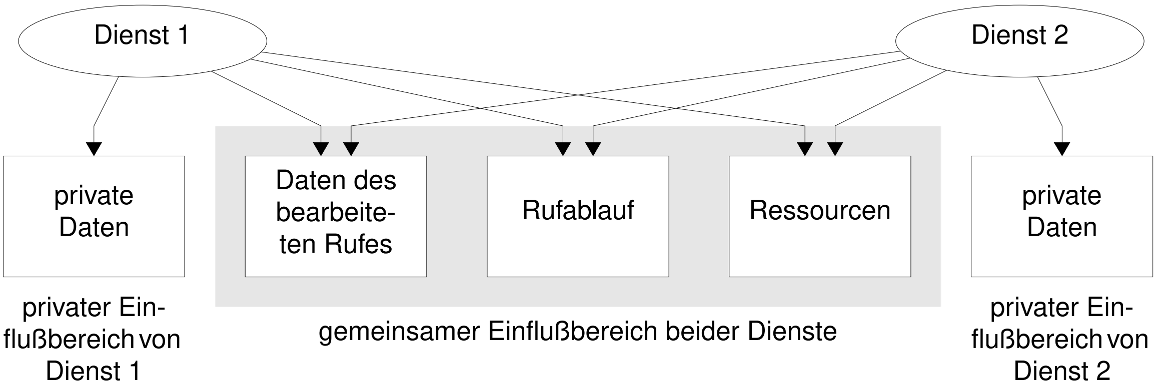


Bild 1: Einflußbereiche von zwei IN-Diensten

1.3.5 Erkennung von Wechselwirkungen

Die Vorgehensweise zur Erkennung von Wechselwirkungen unter Verwendung formaler Techniken, auf die in den folgenden Abschnitten genauer eingegangen wird, läßt sich folgendermaßen skizzieren:

- Erstellung einer formalen Beschreibung der Rufbehandlung, der Dienstbearbeitung und der interessierenden Daten und Ressourcen in der formalen Spezifikationssprache LOTOS (Language Of Temporal Ordering Specifications) [12]. Dies wird in Abschnitt 2 beschrieben.
- Auswahl von Dienstmerkmalen, die auf Wechselwirkungen untersucht werden sollen und Erzeugung von Rufszenarien mit diesen Dienstmerkmalen. Dies ist Gegenstand von Abschnitt 3. Es werden hier nur Paare von Dienstmerkmalen untersucht. Prinzipiell ist das Verfahren auch für mehr als zwei Dienstmerkmale anwendbar.
- Durchführung einer Erreichbarkeitsanalyse und Auswertung derselben. Mit Hilfe einfacher Techniken können Wechselwirkungen anhand der gemeinsamen Einflußbereiche mehrerer Dienste erkannt werden, was in Abschnitt 4 näher ausgeführt wird.

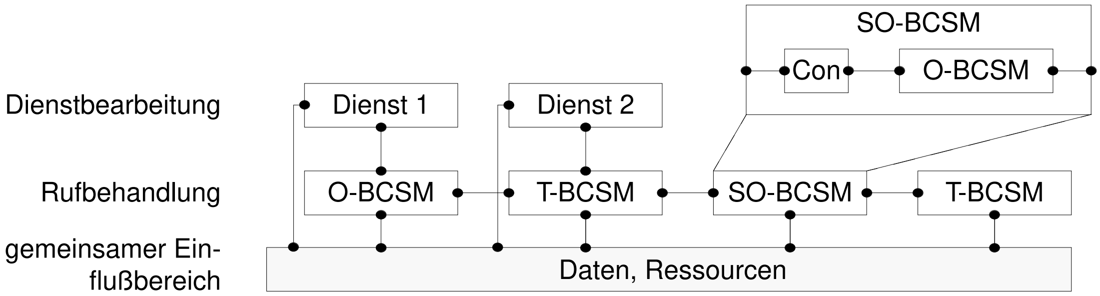
Diese Vorgehensweise ermöglicht es, Dienste bzw. Dienstmerkmale für das IN weitgehend automatisierbar anhand deren gemeinsamer Einflußbereiche auf mögliche Wechselwirkungen hin zu untersuchen.

2 Modellierung von IN-Rufen mit LOTOS

2.1 Modellierung auf der Ebene verteilter Funktionen

Die Modellierung von IN-Rufen erfolgt auf der Ebene verteilter Funktionen (Distributed Functional Plane, DFP) im IN-Architekturmodell. Die Betrachtung auf dieser Ebene bietet genügend Abstraktion von physikalischen Gegebenheiten im Netz, gleichzeitig sind auf dieser Ebene Abläufe sowohl im Bereich der Rufbehandlung als auch bei der Dienstbearbeitung detailliert zu erkennen. Zur formalen Beschreibung der gewonnenen Modelle kommt die standardisierte Spezifikationssprache LOTOS zum Einsatz. Ziel der Modellierung ist die Bereitstellung einer Modellplattform für die Ausführung von IN-Rufszenarien mit Diensten zum Zweck der Erkennung von Wechselwirkungen, die durch Überlappung der Einflußbereiche von Diensten zustande kommen. Aus diesem Grund ist die Modellierung im Vergleich zum vollständigen IN-Systemmodell vereinfacht; durch die reduzierte Komplexität wird gleichzeitig der Einsatz formaler Techniken wie der Erreichbarkeitsanalyse erleichtert. Bild 2 gibt einen

Überblick über die Struktur der Spezifikation für die Ausführung von IN-Rufszenarien und zeigt einen Ausschnitt aus der Verhaltensbeschreibung. Diese wird in den folgenden Unterabschnitten näher erläutert.



LOTOS-Beschreibung (Ausschnitt)

```
. . .
BEHAVIOUR
    (   o_bcsm  [user_1,link_12,trigger_1o,resource_1o](1)
            |[trigger_1o]|
        feature_1 [trigger_1o,resource_f1]
    )
    |[link_12]|
    (   t_bcsm  [user_2,link_12,trigger_2t,resource_2t](2)
            |[trigger_2t]|
        feature_2 [trigger_2t,resource_f2]
    )
    |[user_2]|
    so_bcsm [user_2,link_23,trigger_2o,resource_2o](2)
    |[link_23]|
    t_bcsm  [user_3,link_23,trigger_3t,resource_3t](3)
WHERE
    PROCESS so_bcsm [user,link,trigger,resource](n:Party) : EXIT :=
        HIDE s_user IN
            con [user,s_user]
                |[s_user]|
            o_bcsm [s_user,link,trigger,resource](n)
    WHERE . . .
    ENDPROC
. . .
ENDPROC
```

Bild 2: Struktur der LOTOS-Verhaltensbeschreibung des Systemmodells

2.2 Rufmodellierung

Als Spezifikationsstil für die Rufbehandlung wurde ein zustandsorientierter Stil ausgewählt, wie er in [16] beschrieben ist. Dieser Stil ermöglicht sehr gut die Wiedergabe der Rufmodelle (Basic Call State Models, BCSMs) aus Q.1214 [9], deren Darstellung auf kommunizierenden endlichen Zustandsautomaten basiert. Das IN-Rufmodell teilt sich in Hälften für den rufenden und den gerufenen Teilnehmer auf, in das sogenannte Originating bzw. Terminating Basic Call State Model (O- bzw. T-BCSM). Diese beiden Modelle können untereinander kommunizieren. Im Netz wird diese Kommunikation mit Hilfe von ISUP-Meldungen (ISDN User Part) oder durch vermittlungsstelleninterne Protokolle durchgeführt. Außerdem ist in den Ortsvermittlungsstellen Informationsaustausch mit dem Teilnehmer erforderlich, was im ISDN mit D-Kanal-Protokollen erreicht wird.

Es ist möglich, Rufmodelle so miteinander zu verketten, daß lineare Strukturen entstehen, wie sie z. B. für eine Anrufweiterschaltung erforderlich sind. Dazu ist ein Verbindungsglied zwischen der gerufenen Modellhälfte und der nachfolgenden rufenden Modellhälfte erforderlich. Es sind auch Verzweigungen möglich, wie sie z. B. bei einer Rückfrage auftreten, bei der ein Teilnehmer in eine Wartestellung kommt, während gleichzeitig ein zweites Gespräch zur Rückfrage bei einem anderen Teilnehmer geführt wird.

Die Elemente der LOTOS-Beschreibungen für die Rufbehandlung sind in Bild 2 enthalten. Sie beinhalten Prozesse für die rufende und gerufene Seite *(O-BCSM* und *T-BCSM)* und für das Verbindungsglied zwischen gerufener und nachfolgender rufender Modellhälfte *(Con)*, das zusammen mit dem Prozeß für eine rufende Modellhälfte kombiniert wird *(SO-BCSM*, subsequent O-BCSM). Diese wird z. B. für die Anrufweiterschaltung benötigt. Ein Verzweigungselement für die Umschaltung zwischen zwei Ruf-Hälften des gleichen Typs (z. B. für Rückfragen) ist nicht dargestellt. Auf diese Weise können die Funktionen der Rufbehandlung auf der Ebene der verteilten Funktionen des IN-Architekturmodells als Grundlage für die Realisierung von IN-Diensten nachgebildet werden.

2.3 Auslösung von Diensten

Aufgrund der Trennung zwischen Ruf- und Dienstbearbeitung im IN ist eine klar definierte Eingriffsmöglichkeit von Diensten in die Rufbehandlung erforderlich. Diese Möglichkeit wird durch Ergänzung der aus Zuständen (Point in Call) und Zustandsübergängen bestehenden Rufmodelle um sogenannte Detection Points (DPs) erreicht.

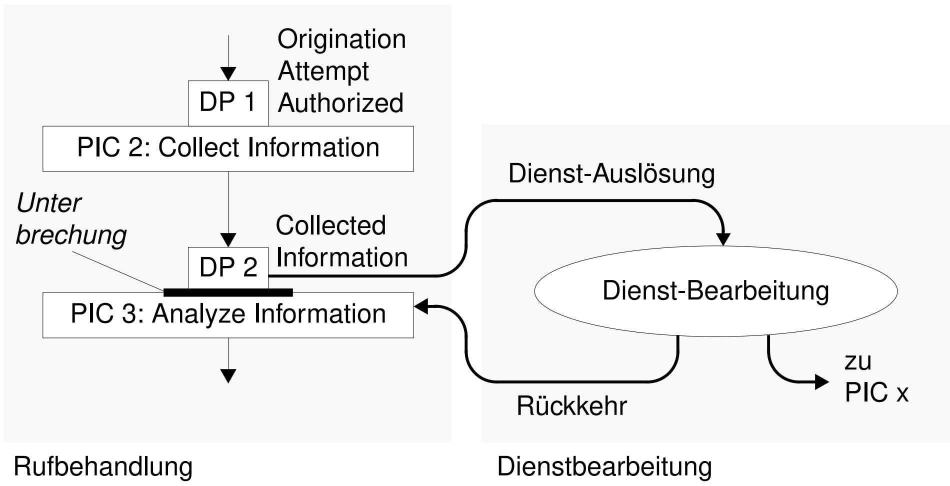


Bild 3: Points in Call (PIC), Detection Points (DP) und Dienstbearbeitung

Diese Detection Points ermöglichen es, die Rufbehandlung an genau definierten Stellen zu unterbrechen und eine Dienstlogik aufzurufen. Da für die Dienstlogik in der Regel nur wenige Detection Points relevant sind, können diese aktiviert bzw. deaktiviert werden. Dies kann sowohl statisch durch eine übergeordneten Instanz (Netz- bzw. Dienst-Management) als auch dynamisch durch eine ablaufende Dienstlogik erfolgen. Bild 3 illustriert den Ablauf einer Dienstlogikausführung mit Hilfe dieses Mechanismus. Dargestellt ist ein Ausschnitt aus dem Rufmodell eines rufenden Teilnehmers. Nach Abheben des Hörers wird der inaktive Detection Point *DP 1* übergangen und der Zustand *PIC 2* erreicht. Nachdem dort die Wählinformation vom Benutzer eingegeben worden ist, wird der aktive Detection Point *DP 2* erreicht. Hier wird die Rufbehandlung unterbrochen, was im Bild durch einen schwarzen Balken symbolisiert ist, und ein Dienst ausgelöst, der nicht näher bestimmt ist. Diese Dienstlogik besitzt zwei mögliche Ausgänge, den Sprung zu einem anderen, hier nicht näher charakterisierten Zustand *PIC x* und die Wiederaufnahme der Rufbehandlung bei *PIC 3*.

In Bild 3 nicht eingezeichnet ist die Möglichkeit, einen Detection Point nur dazu zu verwenden, eine Mitteilung an die Dienstlogik zu übermitteln, ohne die Rufbehandlung dafür zu unterbrechen (sog. Notification).

In der LOTOS-Modellierung wird der Mechanismus der Detection Points mit Hilfe von Interaktionspunkten realisiert, die für die unterschiedlichen Alternativen der Fortsetzung geeignete Ereignisse anbieten. Der Aktivierungsmechanismus wird mit Hilfe von abstrakten Datentypen und Guarded Commands realisiert.

2.4 Dienstmodellierung

Im IN-Architekturmodell werden Dienste als abgeschlossene Einheiten betrachtet, die einen definierten Eingang (sog. Point of Initiation) und mindestens einen Ausgang (sog. Point of Return) besitzen. Die Auswahl des Ausganges entscheidet dabei über die Art der Fortsetzung des Rufes. Wird in einem der Rufmodelle ein Detection Point erreicht, der als Auslöser für einen IN-Dienst aktiviert wurde, so wird an dieser Stelle die Rufbehandlung unterbrochen und mittels einer Trigger-Meldung die Bearbeitung der Dienstlogik (Service Logic) am genau definierten Eingang der Dienstlogik angestoßen. Die Dienstlogik wird dann durchlaufen. Für die durchgeführten Untersuchungen zur Erkennung von Wechselwirkungen ist es nicht erforderlich, diese Dienstlogik in ihrer inneren Funktionsweise vollständig zu erfassen, da alle Aspekte, die nur private, dienstinterne Daten betreffen, für Wechselwirkungen nicht relevant sind. Lediglich die Aktionen, durch die eine Dienstlogik mit ihrer Umgebung im Rahmen des gemeinsamen Einflußbereiches in Verbindung tritt, müssen erfaßt werden. Nach ihrer Abarbeitung kehrt die Dienstlogik mit entsprechenden Anweisungen zur Rufbehandlung zurück. Solche Anweisungen können z. B. der Abbruch des Rufes, die Fortsetzung des Rufes oder die Herstellung einer Verbindung zu einem anderen Teilnehmer sein. Die Rufbehandlung, d. h. das entsprechende BCSM, kann auf diese Anweisungen geeignet reagieren. In [4] wird ein Verfahren zur Spezifikation von IN-Diensten in der Sprache LOTOS vorgestellt. Die in dieser Arbeit verwendete Modellierung ist daran angelehnt.

Da die Dienste mittels der an die Rufbehandlung zurückgegebenen Ergebnisse Einfluß auf die Fortsetzung des Rufes nehmen, muß auch die Vorgehensweise beim Vorhandensein mehrerer Dienste spezifiziert werden. Dabei gibt es die folgenden Fälle:

- Die Dienste werden in unterschiedlichen Rufmodellen ausgelöst. Eine explizite Vorschrift für die Dienstausführung ist hier nicht erforderlich, da direkte Konflikte zwischen den Rückgabewerten nicht auftreten können, weil die Dienste auf verschiedene Rufmodelle wirken.
- Die Dienste werden im selben Rufmodell, aber von unterschiedlichen Detection Points ausgelöst. Da die Kontrolle nach dem Ablauf eines Dienstes wieder an die Rufbehandlung zurückgeht, können hier ebenfalls keine direkten Konflikte zwischen den Rückgabewerten der Dienste auftreten.[2]
- Die Dienste werden im selben Rufmodell von demselben Detection Point aktiviert. Hier können Konflikte auftreten, die geklärt werden müssen, indem Ablaufreihenfolge der Dienste und Reaktionen auf Ergebnisse der Dienstausführung z. B. in Form einer Priorisierung explizit angegeben werden, da zu jedem Zeitpunkt immer nur ein Dienst die Kontrolle über ein Rufmodell haben darf.

3 Ermittlung von Rufszenarien mit Diensten

Ein *Rufszenario* beschreibt die Struktur einer IN-Rufbeziehung unter Berücksichtigung von Diensten und allen beteiligten Teilnehmern sowie deren zugeordneten Rufmodellen (BCSMs). Ein solches Rufszenario wird durch eine LOTOS-Verhaltensbeschreibung nachgebildet (siehe Bild 2) und bietet damit die Grundlage für die Durchführung weiterer Analysen. Auf die Erstellung solcher Rufszenarien unter Verwendung vorgegebener Dienste wird nun näher eingegangen.

---

2 Die Vorgehensweise für Dienste, die eine Kontrollbeziehung (Control Relationship [9]) über längere Zeit aufrecht erhalten, wurde bisher noch nicht näher untersucht, da der Standard in einer solchen Situation die Möglichkeit zum Aufruf eines zweiten Dienstes nicht vorsieht.

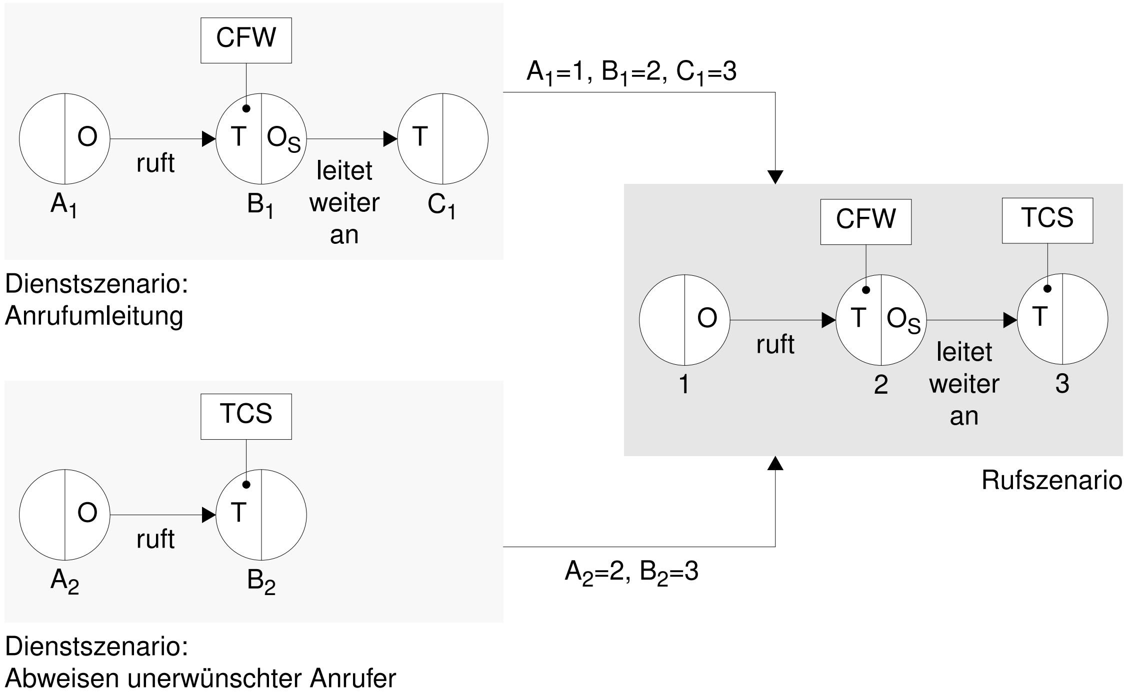


Bild 4: Erzeugung eines Rufszenarios aus zwei Dienstszenarien

Jeder einzelne Dienst im IN besitzt einen Standard-Anwendungsfall, der sich in Form eines sogenannten *Dienstszenarios* darstellen läßt. Ein solches Dienstszenario besteht aus den Teilnehmern, die zum Ablauf eines Dienstes gehören, beispielsweise bei einer Anrufumleitung der rufende Teilnehmer, der weiterleitende Teilnehmer, der Empfänger des weitergeleiteten Rufes, sowie aus den Rufmodellen (BCSMs), die bei diesen Teilnehmern im Rahmen des IN-Dienstes beteiligt sind. Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang das Rufmodell, durch das der Dienst ausgelöst wird, das ist im Beispiel der Anrufweiterschaltung das gerufene Modell beim weiterleitenden Teilnehmer. In Bild 4 sind in der linken Bildhälfte solche Szenarien beispielhaft für die Dienste „Anrufumleitung“ (CFW, Call Forwarding) und „Abweisen unerwünschter Anrufer“ (TCS, Terminating Call Screening) dargestellt. Die Pfeile in den Szenarien markieren die zusammengehörigen Rufmodellhälften, die Auslösung eines Dienstes wird symbolisiert durch einen Punkt in dem Rufmodell, das den Detection Point für den Dienst enthält.

Ein Rufszenario kann mit Hilfe solcher Dienstszenarien dadurch erzeugt werden, daß den Teilnehmern in den Dienstszenarien reale Teilnehmer zugeordnet werden. Dieser Vorgang ist in Bild 4 in der rechten Bildhälfte dargestellt. Auf diese Weise kann aus zwei Dienstszenarien eine Anzahl topologisch unterschiedlicher Rufszenarien gewonnen werden. In [10] werden Bedingungen vorgestellt, mit deren Hilfe aus dieser Menge von Rufszenarien diejenigen extrahiert werden können, die aufgrund bestimmter Eigenschaften potentielle Quellen für Wechselwirkungen sind. Es wurde gezeigt, daß es genügt, solche Rufszenarien zu betrachten, in denen mindestens ein Zweig, bestehend aus einander zugeordneten rufenden und gerufenen Rufmodellen, existiert, der sowohl in beiden beteiligten Dienstszenarien vorhanden ist als auch den Dienst-Auslöser für mindestens einen der Dienste im Rufszenario enthält.

4 Techniken zur Ermittlung von Wechselwirkungen

4.1 Erreichbarkeitsanalyse

Mit Hilfe der Erreichbarkeitsanalyse ist es möglich, zu erkennen, daß ein Dienst den Rufablauf so beeinflußt, daß ein anderer Dienst auf diese Weise nie zum Einsatz kommen kann oder der gleiche Dienst erneut ausgelöst wird, was einen Hinweis auf (Endlos-)Schleifen liefern kann. Ein Beispiel für das Nichterreichen eines Dienst-Auslösers soll diesen Sachverhalt illustrieren:

„Anrufbeantworter im Belegtfall“ (VMB, Voicemail on Busy) ist ein Dienst, bei dem ein Anrufer im Belegtfall mit einem im Netz befindlichen Anrufbeantworter verbunden wird, auf dem er eine Nachricht für den nicht erreichten Teilnehmer hinterlassen kann. „Erneuter Anruf im Belegtfall“ (ARC, Automatic Recall) ist ein Dienst, der im Fall, daß der gewünschte Teilnehmer gerade belegt ist, automatisch einen zweiten Anrufversuch unternimmt, sobald der belegte Teilnehmer wieder frei ist.

Eine Erreichbarkeitsanalyse eines Szenarios, in dem der rufende Teilnehmer den Dienst ARC und der gerufene den Dienst VMB aktiviert haben, ergibt für die Dienst-Auslöser in der rufenden Modellhälfte das Ergebnis, daß der ARC-Dienst nie ausgelöst werden kann, da durch die Aktivierung des VMB-Dienstes wegen der Verbindung mit einem Anrufbeantworter im Netz die Rückgabe des Belegtsignals unterdrückt wird und damit beim rufenden Teilnehmer der Detection Point für den Belegtfall nie erreicht und dadurch der ARC-Dienst nicht ausgelöst werden kann.

Dieses Szenario wirft die Frage nach dem erwünschten bzw. erwarteten Verhalten dieser beiden Dienste im Zusammenspiel auf, und zwar auf der Ebene der prinzipiellen Erfüllbarkeit der Anforderungen beider Dienste [11], was jedoch nicht Gegenstand dieses Beitrags ist. Auf der rein funktionalen Ebene wird die Wechselwirkung durch die Erreichbarkeitsanalyse klar aufgedeckt.

4.2 Datenflußanalyse

Die Datenflußanalyse erlaubt es, den Weg und die Einflüsse eines bestimmten Datums während einer Rufbeziehung zu verfolgen. Mit ihrer Hilfe läßt sich eine ganze Klasse von Wechselwirkungen erkennen, die über die Veränderung und Benutzung von Informationen wie der gewählten Rufnummer, der gerufenen Nummer und der Nummer des rufenden Teilnehmers zustande kommen. Diese Informationen ändern sich in der Regel während des Fortschreitens eines IN-Rufes dadurch, daß Rufbehandlung und Dienste diese Daten verändern. Gleichzeitig ist jedoch auch ein Lesen bzw. Auswerten dieser Informationen durch eine Dienstlogik und durch die Rufbehandlung möglich, was dazu führt, daß die Auswertung derselben Datenstruktur zu verschiedenen Zeitpunkten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann – ganz offensichtlich eine Quelle für Wechselwirkungen.

Als erstes erläuterndes Beispiel dient das bereits in Bild 4 dargestellte Rufszenario. Der IN-Dienst „Abweisen unerwünschter Anrufer“ (TCS) entscheidet aufgrund einer schwarzen Liste, ob der Anruf eines bestimmten Teilnehmers entgegengenommen werden soll. „Anrufumleitung“ (CFW) leitet einen Anruf von einem Teilnehmer an einen anderen Teilnehmer weiter. Die Wechselwirkung in diesem Szenario besteht in der Möglichkeit, daß ein Teilnehmer von einem Teilnehmer, der eigentlich abgeblockt werden sollte, erreicht wird, wenn eine Anrufweiterschaltung dazwischen steht und damit der weiterleitende Teilnehmer und nicht mehr der ursprüngliche als Anrufer gilt.

Das in diesem Beispiel betrachtete Datum ist die Telefonnummer des rufenden Teilnehmers. Aus einer Erreichbarkeitsanalyse für dieses Szenario wurden die möglichen Manipulationen für die Nummer des rufenden Teilnehmers extrahiert (Bild 5). Es sind folgende Vorgänge erkennbar (Die mit i bezeichneten Übergänge sind „leere“ Übergänge und dehalb ohne Bedeutung für die hier durchgeführten Untersuchungen):

(a) Die Rufbehandlung für das erste Segment zwischen Teilnehmer 1 und 2 initialisiert die Nummer des gerufenen Teilnehmers nach dem Abheben, vor Aufbau eines neuen Rufes, im Graphen durch W^1 markiert.

(b) Die Weiterleitung beeinflußt dieses Datum dadurch, daß die Rufbehandlung für das weitergeleitete Segment zwischen Teilnehmer 2 und 3 den Wert neu setzt (W^2).

(c) Das „Abblocken unerwünschter Anrufer“ liest den aktuellen Wert (R^{TCS}) und entscheidet, ob der Ruf entgegengenommen werden darf, oder ob er abgebrochen wird.

Die Nummer des rufenden Teilnehmers wird gesetzt und anschließend geändert, bevor der Dienst „Abweisen unerwünschter Anrufer“ die Entscheidung über die Fortsetzung des Rufes fällt. Der erste Wert ist durch helle Unterlegung, der zweite durch dunklere Unterlegung in Bild 5 markiert. Die Wechselwirkung manifestiert sich durch die für diesen Dienst fehlende Sicht bis an den Anfang des Rufes.

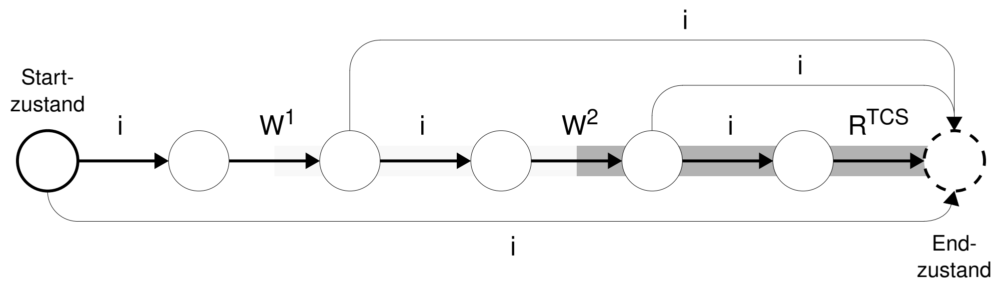


Bild 5: Nummer des rufenden Teilnehmers im Erreichbarkeitsgraph für die Dienste „Abweisen unerwünschter Anrufer“ (TCS) und „Anrufumleitung“ (CFW)

Als zweites Beispiel dient ein ähnliches Szenario, in Bild 6 a dargestellt. „Schwarze Liste“ (OCS, Originating Call Screening) ist ein Dienstmerkmal, das anhand der Nummer des gerufenen Teilnehmers und einer sogenannten „schwarzen Liste“ von Rufnummern, die als Rufziel nicht erwünscht sind, entscheidet, ob ein Ruf zugelassen oder nicht zugelassen, also abgebrochen wird. Dieser Dienst wird mit einer Anrufumleitung kombiniert.

Hier besteht die Schwierigkeit darin, daß nicht eindeutig gesagt werden kann, welche der beiden denkbaren Verhaltensweisen die erwünschte bzw. durch die Benutzer erwartete ist. Die erste Variante, den Ruf an einen Teilnehmer weiterzuleiten, obwohl dieser auf der schwarzen Liste steht, resultiert in einem Anruf bei einem Teilnehmer, der eigentlich nicht erreichbar sein sollte. Für diese Vorgehensweise spricht jedoch die Tatsache, daß das Ziel der Weiterleitung Sache des Weiterleitenden ist, da dieser in der Regel auch für den weitergeleiteten Zweig des Rufes bezahlt. Die zweite Variante, den Ruf abzubrechen, wenn das Ziel der Weiterleitung auf der schwarzen Liste steht, könnte den Rufer erheblich verwirren, da es ihm unter Umständen einmal gelingt und einmal mißlingt, bei ein und derselben Rufnummer anzurufen, je nach dem, ob bzw. wie dieser gerufene Teilnehmer eine Umleitung aktiviert hat. Dieses Beispiel illustriert auch die Probleme der Entscheidung zwischen erwünschten und unerwünschten Wechselwirkungen, die auch daher rührt, daß die Umleitung mit ganz unterschiedlichen Intentionen aktiviert werden kann [17].

Durch Betrachtung der gerufenen Nummer in einem Erreichbarkeitsgraphen[3] (Bild 6 b) läßt sich das Problem auf dem etwas dicker gezeichneten Weg klar erkennen. Zunächst wird der Wert nach der Eingabe der Rufnummer durch die Rufbehandlung initialisiert (W^1). Der Dienst OCS wertet daraufhin diese Rufnummer, durch helle Unterlegung gekennzeichnet, aus und entscheidet, ob der Ruf abgebrochen wird oder nicht (R^{OCS}). Diese Entscheidung hat Auswirkungen auf die gesamte Rufbeziehung. Zur Herstellung einer Verbindung zum ursprünglich gerufenen Teilnehmer wird die Rufnummer durch die Rufbehandlung ausgewertet (R^1). Beim diesem Teilnehmer, der weiterleitet, setzt die CFW-Dienstlogik die Rufnummer um auf die des Empfängers der Weiterleitung (W^2), was durch dunkle Unterlegung gekennzeichnet wird, und verändert damit die Voraussetzung, anhand derer der OCS-Dienst die Entscheidung für die gesamte Rufbeziehung getroffen hat. Die neue Rufnummer wird durch die Rufbehandlung dar-

3 Erstellt mit Hilfe der LOTOS-Werkzeuge Caesar und Aldébaran.

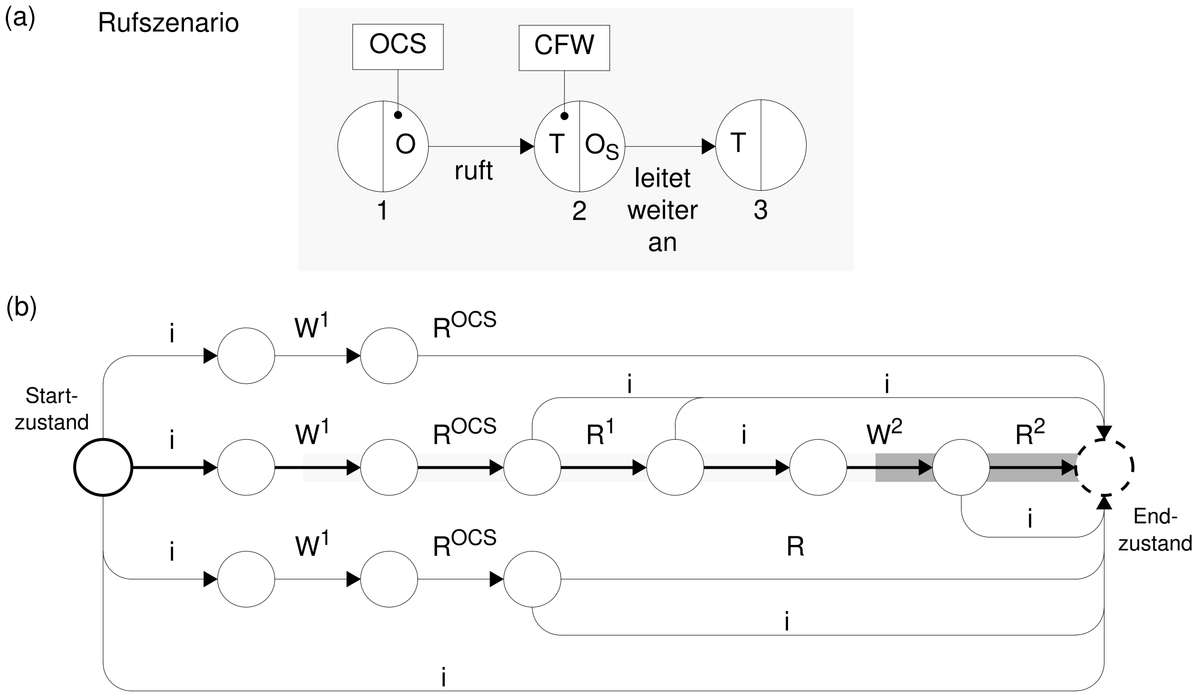


Bild 6: Nummer des gerufenen Teilnehmers im Erreichbarkeitsgraph für die Dienste „Schwarze Liste“ (OCS) und Anrufweiterschaltung (CFW)

aufhin noch ausgewertet (R^2), um die Verbindung herzustellen. Die Wechselwirkung äußert sich darin, daß der durch die „schware Liste“ zur Entscheidung für die gesamte Rufbeziehung herangezogene Wert im späteren Verlauf verändert und erneut ausgewertet wird.

Durch die Realisierung der Dienste im IN steht das Verhalten dieses Dienstszenarios faktisch fest, da es hier prinzipiell nicht möglich ist, zum Zeitpunkt des OCS-Aufrufs das Ziel der späteren Weiterleitung festzustellen. Dennoch handelt es sich um eine Wechselwirkung, bei der das Verhalten eines Dienstes durch den anderen beeinflußt wird.

4.3 Überwachung von Ressourcen

Durch Überwachung von Ressourcen im Netz läßt sich aus dem Erreichbarkeitsgraphen erkennen, ob Konflikte vorliegen, die auf Wechselwirkungen hinweisen. Dabei ist zu betonen, daß diese Wechselwirkungen nicht zwangsläufig unerwünscht sein müssen.

Das in [2] angeführte Beispiel für die Wechselwirkung zwischen Kreditkartenruf und Anrufbeantworterdienst fällt in die Kategorie, die mit diesem Verfahren aufgedeckt werden können. Beim dort beschriebenen Kreditkartenruf dient die Betätigung der #-Taste dazu, ein Gespräch zu beenden, um die Möglichkeit zu bekommen, ohne erneute Eingabe der Kartennummer ein neues Gespräch zu führen. Beim Anrufbeantworterdienst besitzt die #-Taste ebenfalls eine bestimmte Funktion. Wird der Kreditkartenruf genutzt, um den Anrufbeantworter zu bedienen, so ist die Reaktion auf die #-Taste unklar, weil diese in beiden Dienste (unterschiedliche) Bedeutungen besitzt.

Diese Wechselwirkung läßt sich erkennen, indem ein Modell #-Taste als Ressource mit den Zuständen „verfügbar“ und „reserviert“ bereitgestellt wird (s. LOTOS-Fragment in Bild 7) und durch die die Prozesse der Systemspezifikation eine Reservierung bzw. Freigabe dieser Ressource durchführen läßt. Der in diesem Fall zweite Dienst, der Anrufbeantworter, trifft auf eine bereits reservierte #-Taste, was in Form einer Verklemmung bei der Erreichbarkeitsanalyse auf die Wechselwirkung hinweist.

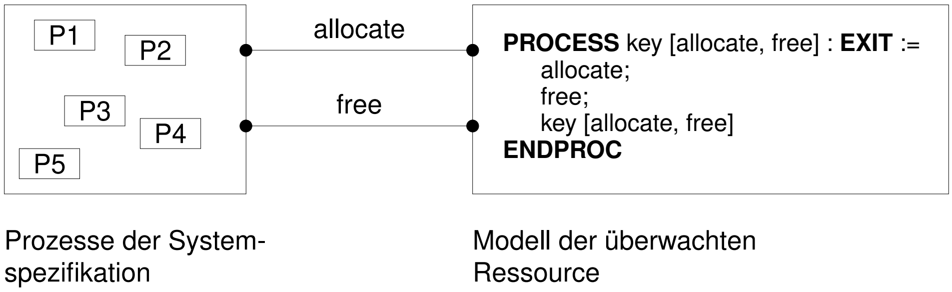


Bild 7: LOTOS-Beschreibung einer einfachen Ressource

5 Integration der Verfahren

Nachdem zuvor die einzelnen Schritte zur Erkennung von Wechselwirkungen erläutert worden sind, werden diese nun zu einem durchgängigen Verfahren kombiniert. Ausgangssituation ist eine Sammlung von IN-Diensten, zu denen ein neuer Dienst hinzugefügt werden soll. Dieser soll auf Wechselwirkungen mit den bestehenden Diensten untersucht werden. Der erste Schritt besteht in einer Spezifikation dieses neuen Dienstes in der Sprache LOTOS, die alle Informationen über die nicht-privaten Einflußbereiche des Dienstes, d. h. gemeinsame Daten und Ressourcen sowie die Auswirkungen auf den Rufablauf in Form von Rückgabewerten enthält und die mit den Rufmodellen, deren LOTOS-Beschreibung ebenfalls vorliegt, zusammenarbeiten kann. Dabei wird vorausgesetzt, daß für die anderen Dienste ebenfalls die Beschreibungen in dieser Form bereits vorliegen. Erfolgte die Erstellung des Dienstes mittels eines Service Creation Environments (SCE), dann kann die Dienst-Spezifikation in LOTOS bei Vorliegen einer Schnittstelle für Dienstbeschreibungen auch automatisch aus den Informationen über die einzelnen Dienst-Bausteine (SIBs) generiert werden.

Weiterhin ist für den neuen Dienst ein Dienstszenario erforderlich, das die im Standardfall beteiligten Teilnehmer enthält. Aus diesem werden zusammen mit den Dienstszenarien der bereits vorhandenen Dienste Rufszenarien erzeugt, die als Ausgangspunkte für die weiteren Untersuchungen dienen. Diese Rufszenarien werden in LOTOS-Verhaltensbeschreibungen umgesetzt, was nichts anderes als ein Zusammensetzen der bereits vorhandenen LOTOS-Dienstbeschreibungen mit den Prozessen der Rufbehandlung bedeutet.

Die nun für die einzelnen Rufszenarien vorliegenden, in sich abgeschlossenen LOTOS-Beschreibungen werden den oben beschriebenen Techniken zur Erkennung von Wechselwirkungen unterzogen, d. h. Erreichbarkeitsanalyse, Datenflußanalyse und Untersuchung von Ressourcen-Konflikten. Die dabei unter Umständen erkannten Wechselwirkungen treten mit einiger Wahrscheinlichkeit in mehreren unterschiedlichen Rufszenarien auf, obwohl sie auf dieselbe Ursache zurückzuführen sind. Die Reduktion der Ergebnisse auf die prinzipiell unterschiedlichen Wechselwirkungen ist deshalb eine wichtige Aufgabe und wesentlicher Bestandteil der Ergebnisnachbearbeitung. Hierbei können u. a. auch Minimierungsverfahren zum Einsatz kommen.

6 Einschränkungen

Die vorgestellte Arbeit beruht auf der Durchführung von Erreichbarkeitsanalysen auf einem in der formalen Sprache LOTOS erstellten Modell der Rufbehandlung und Dienstebearbeitung im IN. Dieses Modell vereinfacht und abstrahiert von der Realität, indem weggelassen wird, was für die Funktionen der Rufbehandlung und Dienstbearbeitung nicht relevant ist, um den Zustandsraum des Systems so klein wie möglich zu halten und dem Problem der Zustandsraumexplosion zu entgehen. Wechselwirkungen werden über die Einflüsse von Diensten auf bestimmte Objekte erkannt. Die vollständige Erkennung und richtige Modellierung der relevanten Einflußbereiche ist deshalb Schlüssel zu einer umfassenden Erkennung von Wechselwirkungen.

Es wird nicht zwischen erwünschten und unerwünschten Wechselwirkungen unterschieden. Bisher liegen noch keine Erfahrungen vor, wie groß das Verhältnis von erkannten Wechselwirkungen zu wirklich unerwünschten Wechselwirkungen ist. Da jedoch auch erwünschte Wechselwirkungen, die mit dieser Methode identifiziert werden, auf Konflikte hinweisen können, liefern auch diese möglicherweise wichtige Anhaltspunkte für später auftretende Probleme.

Die Erkennung von Wechselwirkungen zwischen Diensten und deren Ursachen ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur Beherrschung dieses Problems. Zur Vermeidung und Auflösung von Wechselwirkungen kann trägt die hier vorgestellte Methode die Einsicht bei, daß Dienste in Wechselwirkung treten, wenn sie überlappende Einflußbereiche besitzen, und daß umgekehrt Wechselwirkungen dadurch vermieden werden könnten, daß man für disjunkte Einflußbereiche sorgt – eine Eigenschaft, die jedoch wegen der in der IN-Architektur von mehreren Diensten beeinflußbaren Rufbehandlung praktisch nicht erfüllbar ist.

7 Zusammenfassung

Dieser Beitrag stellt ein Verfahren zur Erkennung von Wechselwirkungen zwischen Diensten für das Intelligente Netz vor. Dieses Verfahren trifft keine Entscheidungen bezüglich der Erwünschtheit oder Unerwünschtheit einer Wechselwirkung, sondern identifiziert Wechselwirkungen anhand der Beobachtung der gemeinsamen Einflußbereiche der untersuchten Dienste und der Rufbehandlung. Es beruht auf einer Modellierung der Rufbehandlung und der Dienstbearbeitung im Intelligenten Netz auf der Ebene verteilter Funktionen in der formalen Spezifikationssprache LOTOS. Aus den Standardszenarien für einzelne Dienste werden auf Wechselwirkungen hin zu untersuchende Rufszenarien erzeugt, die in der formalen Sprache beschrieben werden. Diese Beschreibung wird mit Hilfe formaler Techniken untersucht. Aus dem Erreichbarkeitsgraphen können Informationen über die Erreichbarkeit bestimmter Detection Points ermittelt werden. Die Datenflußanalyse liefert Wechselwirkungen, die über den Zugriff auf gemeinsame Daten entstehen, und durch die Modellierung gemeinsamer Ressourcen können Konflikte bei der Benutzung derselben im Laufe eines Rufs ermittelt werden.

Die in diesem Beitrag berichteten Ergebnisse entstammen einem laufenden Forschungsvorhaben. Weitere Bemühungen werden der Verbesserung der Modellierung von Rufbehandlung und Dienstbearbeitung sowie einer Verfeinerung und Automatisierung der Analysemethoden für die mit Hilfe formaler Techniken wie der Erreichbarkeitsanalyse gewonnenen Ergebnisse gelten. Ferner ist Unterstützung der automatischen Generierung von formalen Dienst-Beschreibungen aus den Dienstbeschreibungen der Dienstentwicklungsumgebung (SCE) Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Literatur

[1] T. F. Bowen, F. S. Dworack, C. H. Chow, N. Griffeth, G. E. Herman, Y.-J. Lin, "The Feature Interaction Problem in Telecommunications Systems," *Proceedings of the 7th International Conference on Software Engineering for Telecommunications Switching Systems,* Bournemouth, U.K., Juli 1989, pp. 59-62.

[2] E. J. Cameron, N. D. Griffeth, Y.-J. Lin, M. E. Nilson, W. K. Schnure, "A Feature Interaction Benchmark for IN and Beyond," in *Feature Interactions in Telecommunications Systems,* L. G. Bouma, H. Velthuijsen (Eds.), IOS Press, 1994, pp. 1-23.

[3] E. J. Cameron, H. Velthuijsen, "Feature Interactions in Telecommunications Systems," in *IEEE Communications Magazine,* Vol. 31, No 8, August 1993, pp. 18-23.

[4] K. E. Cheng, "Towards a Formal Model for Incremental Service Specification and Interaction Management Support," in *Feature Interactions in Telecommunications Systems,* L. G. Bouma, H. Velthuijsen (Eds.), IOS Press, 1994, pp. 152-166.

[5] J. J. GARRAHAN, P. A. RUSSO, K. KITAMI, R. KUNG, “Intelligent Network Overview,” IEEE Communications Magazine, Vol. 31, No. 3, March 1993, pp. 30-36.

[6] J. C. GODSKESEN, “A Formal Framework for Feature Interaction with Emphasis on Testing,” in *Feature Interactions in Telecommunications Systems III,* K. E. Cheng, T. Ohta (Eds.), IOS Press, 1995, pp. 21-30.

[7] J. HARJU, T. KARTTUNEN, O. MARTIKAINEN, “Introduction to Intelligent Networks,” in *Intelligent Networks (Proceedings of the IFIP workshop on intelligent networks 1994),* J. Harju, T. Karttunen, O. Martikainen (Eds.), Chapman & Hall, 1995, pp. 1-33.

[8] ITU-T Recommendation Q.1201 “Principles of Intelligent Network Architecture,” Geneva, October 1992.

[9] ITU-T Recommendation Q.1214 “Distributed Functional Plane for Intelligent Network CS-1,” Geneva, March 1993.

[10] D. O. KECK, “Identification of Call Scenarios with Potential Feature Interactions,” in *International Workshop on Advanced Intelligent Networks (AIN ’96),* T. Margaria (Ed.), Lehrstuhl für Informatik, Universität Passau MIP-9604, Passau, März 1996, pp. 42-55.

[11] K. KIMBLER, H. VELTHUIJSEN, “Feature Interaction Benchmark,” vorgetragen auf dem *Feature Interaction Workshop 1995,* Kyoto (Japan), October 1995.

[12] L. LOGRIPPO, M. FACI, M. HAJ-HUSSEIN, “An introduction to LOTOS: learning by examples,” in *Computer Networks and ISDN Systems,* 23 (1992), pp. 325-342.

[13] T. MAGEDANZ, R. POPESCU-ZELETIN, *Intelligent Networks – Basic Technology, Standards and Evolution,* International Thomson Computer Press, London, Boston, 1996.

[14] J. THÖRNER, *Intelligent Networks,* Artech House, Boston, London, 1994.

[15] H. VELTHUIJSEN, “Issues of Non-Monotonicity in Feature-Interaction Detection,” in *Feature Interactions in Telecommunications Systems III,* K. E. Cheng, T. Ohta (Eds.), IOS Press, 1995, pp. 31-42.

[16] C. A. VISSERS, “Architecture and Specification Style in Formal Descriptions of Distributed Systems,” in *Protocol Specification, Testing, and Verification VIII,* S. Aggarwal, K. Sabnani (Eds.), Elsevier Science Publishers B. V. (North-Holland), 1988, pp. 189-204.

[17] P. ZAVE, “Secrets of call forwarding: A specification case study,” in *Formal Description Techniques VIII,* G. v. Bochmann, R. Dssouli, O. Rafiq (Eds.), Chapman & Hall, 1996, pp. 169-184.