Untersuchung des Signalisiermeldungsflusses bei IN-basierter Mobilitätsverwaltung

Michael Schopp, Marcos Bafutto*
Universität Stuttgart, Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Prof. Dr.-Ing. P. Kühn, Seidenstr. 36, D-70174 Stuttgart
E-Mail: schopp@ind.uni-stuttgart.d400.de

* unterstützt durch CAPES Brazil (Grant 9532/88-15),
inzwischen bei Telecommunicações Brasileiras S.A. - Telebrás

Kurzfassung

Mobilkommunikationssysteme der dritten Generation sollen sich auf eine bestehende (Fest-) Netzinfrastruktur abstützen können. Dazu soll auch auf bereits im Netz vorhandene Steuermechanismen zurückgegriffen werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei das Konzept des Intelligenten Netzes (IN), welches ursprünglich für die schnelle und flexible Einführung von Mehrwertdiensten erstellt wurde, das aber auch dazu geeignet ist, die Mobilitätsverwaltung von Teilnehmern und Endgeräten zu unterstützen.

In diesem Artikel soll eine Vorgehensweise zur werkzeugunterstützten Ermittlung des Signalisiermeldungsflusses zur Mobilitätsverwaltung dargestellt werden, die sich stark an das abstrakte IN-Modell (IN Conceptual Model) anlehnt. Dabei wird von der Beschreibung der zur Mobilitätsverwaltung gehörigen Dienstlogik ausgegangen und gezeigt, wie diese durch Abbildungen auf die verschiedenen Ebenen des abstrakten IN-Modells schließlich in Form des Austauschs von Signalisiermeldungen dargestellt werden kann. Bei jeder dieser Abbildungen müssen bestimmte Randbedingungen beachtet werden, und jede dieser Abbildungen hat gewisse Freiheitsgrade, die es erlauben, das Gesamtsystem unter unterschiedlichen Gesichtspunkten zu optimieren. Als Beispiel sei die Zuordnung von Functional Entities (FEs) auf der verteilten funktionalen Ebene zu Physical Entities (PEs) auf der physikalischen Ebene genannt.

Der so ermittelte Signalisiermeldungsfluß kann dann verwendet werden, um die Auslastung sowohl der Physical Entities im Intelligenten Netz als auch der einzelnen Komponenten des zugehörigen Signalisiernetzes zu bestimmen, bzw. die Anforderungen an diese Komponenten zu identifizieren. Modelliert man schließlich diese Komponenten als Wartesysteme, so kann man mit analytischen Methoden Leistungsuntersuchungen durchführen und dabei die Leistungsfähigkeit verschiedener Netzstrukturen vergleichen.

1 Einleitung

Zukünftige Mobilkommunikationssysteme sollen so entworfen werden, daß sie sich auf bestehende Infrastruktur (PSTN, ISDN, B-ISDN) abstützen, persönliche und Dienste-Mobilität unterstützen und in einer Vielzahl von Umgebungen genutzt werden können ([5]). Die angestrebte Integration in bestehende Infrastruktur soll mit Hilfe des Konzepts des Intelligenten Netzes (IN) geschehen ([8]). Das Konzept des IN wurde entworfen, um die schnelle und effiziente Einführung neuer Dienste in Telekommunikationssysteme zu unterstützen ([7]). Die Standardisierung

bei ITU-T und ETSI erfolgt evolutionär. Ein geschlossener Satz von Empfehlungen bildet ein sogenanntes Capability Set (CS), das Standards für eine Gruppe von IN-Leistungsmerkmalen vorgibt ([11]). Dienste, die die Mobilität des Benutzers unterstützen, werden im einzigen von der ITU bisher verabschiedeten Capability Set CS-1 (Q.121x) nur unzureichend ermöglicht. Bemühungen, die Anforderung von Mobilkommunikationssystemen der dritten Generation in die Standardisierung zukünftiger Capability Sets einfließen zu lassen, sind in vollem Gange ([12]).

Neben der vereinfachten Integration in die bestehende Infrastruktur bietet der Ansatz, die Mobilitätsverwaltung im Rahmen des abstrakten IN-Modells (IN Conceptual Model, **Bild 1**) zu betrachten, jedoch noch weitere erkenntnistheoretische Vorteile. So kann etwa auf der Dienstebene (Service Plane) das Zusammenspiel von Mehrwertdiensten und Mobilitätsverwaltung (Service Interaction, Service Feature Interaction) untersucht werden. Ebenso kann die Gruppierung von Functional Entities (FEs) zu Functional Groups (FGs) und ihre Abbildung auf Physical Entities (PEs) im Rahmen des Modells betrachtet werden ([9]).

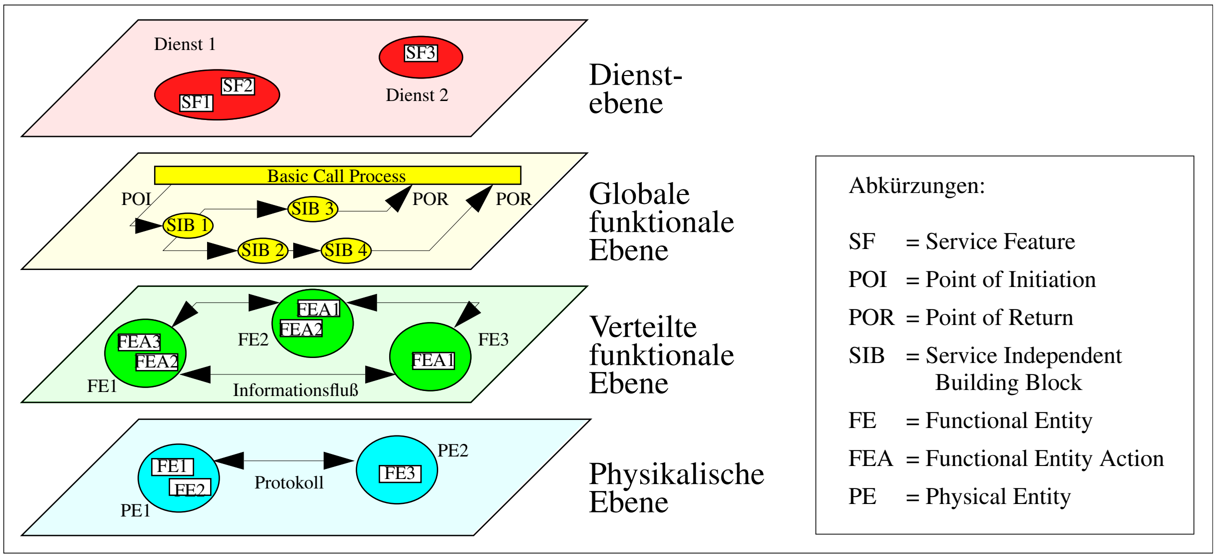

Bild 1 Das abstrakte IN-Modell

ISDN, GSM und IN stützen sich auf ein leistungsfähiges Signalisiernetz ([6]) ab. Mobilkommunikationssysteme der dritten Generation werden dies in noch viel stärkerem Maße tun müssen. Insbesondere das Signalisiersystem im Festnetz muß in der Lage sein, die Mobilität von Diensten, Benutzern und Endgeräten durch schnelle und zuverlässige Signalisierung zu ermöglichen. Es ist daher außerordentlich wichtig, die Anforderungen an das Signalisiersystem frühzeitig zu identifizieren und Leistungsuntersuchungen sowohl des Signalisiernetzes als auch der beteiligten Instanzen der Mobilitätsverwaltung durchzuführen. Aufbauend auf ein Werkzeug zur Analyse des Signalisiersystems Nr. 7 (SS7) ([2],[3],[4],[13]) und einem Konzept für ein IN-Planungswerkzeug ([1]) wurde eine Werkzeugumgebung geschaffen, die es ermöglicht, aus der Definition von Diensten in Form von Service Independent Building Blocks (SIBs), Aussagen über die Leistungsfähigkeit der IN-Infrastruktur und des Signalisiernetzes zu machen. Dies geschieht über mehrere Abbildungen und unter Berücksichtigung von Randbedingungen wie Verkehrsmatrizen, lokaler Zuordnung von FEs zu PEs, Netzstruktur und zusätzlicher Signalisierung für gewöhnliche ISDN-Rufe. Die gewonnenen Ergebnisse beinhalten die Auslastung von SS7-Netzelementen und IN-Komponenten, die Verteilung der Signalisierlast auf verschiedene Signalisierverbindungen und die Laufzeiten von Signalisiermeldungen durch das Netz, sowie Verweilzeiten in IN-Komponenten. Aus den Ergebnissen können beispielsweise

Aussagen über Verbindungsaufbauzeit, Handover-Dauer und Dauer einer Registrierung gewonnen werden. Außerdem bietet sich die Möglichkeit, mit Hilfe des Werkzeugs verschiedene Netzarchitekturen zu vergleichen.

In diesem Artikel wird das schrittweise Vorgehen zur Ermittlung des Signalisermeldungsflusses bei IN-basierter Mobilitätsverwaltung beschrieben, und ein einfaches Analysebeispiel präsentiert. Das Werkzeug ist zur Zeit nur in der Lage, Szenarien, die CS-1-konform sind, zu realisieren, wird jedoch an folgende Capability Sets angepaßt.

2 Beschreibung der Dienstlogik und Abbildung auf Informationsfluß zwischen Functional Entities

Die von der ITU-T in Capability Set 1 vorgeschlagenen Service Independent Building Blocks (SIBs) gelten als für die Diensterstellung (Service Creation) wenig geeignet ([10]). Das Konzept, dienstunabhängige Funktionsbausteine, die bestimmte Fähigkeiten des Netzes zur Diensterbringung repräsentieren, zu verwenden, ist dagegen allgemein gängig. Für ein Werkzeug zur Ermittlung des Signalisiermeldungsflusses genügt eine relativ einfache Dienstablaufbeschreibung, die durch die Verkettung von SIBs, analog den ITU-T Vorschlägen, erfolgen kann.

Betrachtet man die Dienstlogikbeschreibung mit dem Ziel, daraus den zugehörigen Informationsfluß zwischen FEs abzuleiten, so ist die Folge der SIBs alleine noch nicht ausreichend. Diese Folge kann nur einen groben Rahmen beschreiben, der im allgemeinen noch dienstspezifisch gefüllt werden muß. Für das Werkzeug wurde folgender Weg gewählt: Die Dienstlogikbeschreibung, die parallel ablaufende SIB-Ketten beinhalten kann, wird durch serielle Abläufe dargestellt (**Serialisierung**). Innerhalb der Dienstlogik kann es zu Verzweigungen kommen. Verschiedene mögliche Dienstabläufe werden als unterschiedliche Dienstszenarien dargestellt (**Linearisierung**). Im allgemeinen besteht das Dienstszenario dann aus einer Initialisierung durch das Basic Call Model, einer Folge von SIBs und einem Abschluß im Basic Call Model[1]. Schließlich existiert zu jedem SIB ein Katalog sogenannter „Sub-SIBs“, die unterschiedliche Abläufe innerhalb eines SIBs repräsentieren. Die Wahl des entsprechenden Sub-SIBs (**Verfeinerung**) ist zum einen durch den Ausgang des SIBs (also durch das Dienstszenario) festgelegt, und zum anderen durch dienstspezifisches Wissen. So kann beispielsweise das CS-1 SIB *Service Data Management* zum einen erfolgreich oder mit Fehler enden und zum anderen das Anfordern eines Datums oder das Ändern eines Datums bedeuten, was zu jeweils anderem Informationsfluß führt. Neben der Verfeinerung der SIBs muß außerdem noch eine dienstspezifische **Parametrisierung** erfolgen. Dazu gehören zum einen symbolische Bezeichner für FEs (Beispiel: SDF^{local} bzw. SDF^{home}) und zum anderen Informationen, die die Länge der später verwendeten Signalisiermeldungen beeinflussen.

Somit kann die Dienslogikbeschreibung auf verschiedene Dienstszenarien mit einem parametrisierten Informationsfluß zwischen (symbolisch bezeichneten) Functional Entities abgebildet werden.

---

1 Der Begriff Basic Call Model der ITU-T ist etwas irreführend, da das Auslösen eines Dienstlogikablaufs nicht nur in Zusammenhang mit einem Ruf stattfinden kann.

3 Abbildung des Informationsflusses zwischen FEs auf einen Signalisiermeldungsfluß zwischen PEs

Die Abbildung des Informationsflusses zwischen Functional Entities auf einen Signalisiermeldungsfluß zwischen Physical Entities hat zwei Aspekte: a) die Zuordnung von symbolischen FEs eines Dienstszenarios zu konkreten FEs und b) die Abbildung konkreter FEs in PEs. Innerhalb eines Dienstszenarios können etwa mehrere gleichartige FEs beteiligt sein, so zum Beispiel SDF^{local} und $SDF^{home.}$ Welche konkreten FEs (in welchen PEs) dies sind, ergibt sich unter Umständen erst aus dem Ursprung des Szenarios und aus der Identität des Teilnehmers. Im Werkzeug wurde dieser Aspekt durch dienstszenario- und ursprungsabhängige Wahrscheinlichkeiten für bestimmte FEs bzw. PEs berücksichtigt. Wichtig ist dabei auch, Informationsfluß bzw. Signalisiermeldungsfluß außerhalb des INAP (Intelligent Network Application Part) zu betrachten, so etwa ISUP-Signalisierung. Schließlich ist zu beachten, in welcher Weise Operationen des INAP auf TCAP-Meldungen abgebildet werden; so können beispielsweise mehrere Operationen in eine TCAP-Meldung verpackt werden.

Die Plazierung bestimmter FEs in bestimmten PEs ist ein wichtiger Aspekt der Netzstruktur. Hier gibt es sehr viele Freiheitsgrade, die zur Optimierung der Signalisierung oder auch zur Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten genutzt werden können. Im CS-1 sind *Service Switching Function / Call Control Function* (SSF/CCF), *Service Control Function* (SCF), *Service Data Function* (SDF) und *Spezialized Resource Function* (SRF) wesentlich. Darüberhinaus kann für nicht rufbezogenen Dienstzugang noch *Service Control Access Function* (SCAF) betrachtet werden, was nicht im CS-1 enthalten ist.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Abbildung von Informationsfluß auf Signalisiermeldungsfluß ist die Frage der Adressierung von FEs bzw. PEs. Die Adresse einer FE kann lokal vorhanden sein, das heißt mit Hilfe des Service Managements bereitgestellt werden. Die Adressierung kann sich jedoch auch auf Fähigkeiten des Signalisiersystems abstützten, so etwa auf das SCCP Global Title Routing im Signalisiersystem Nr. 7, das auch zur redundanten Netzauslegung genutzt werden kann. Schließlich ist auch die direkte Nutzung eines Directory-Services denkbar, was wiederum einen gewissen Signalisieraufwand zur Folge hätte.

4 Leistungsuntersuchung

Unter Berücksichtigung von Verkehrsmatrizen für alle Dienstszenarien sowie der zugehörigen Aufteilung auf alternative PEs ergibt sich schließlich ein quantifizierbarer Austausch von Signalisiermeldungen unterschiedlicher Länge zwischen den PEs des Netzes, sowie die Belastung einzelner PEs durch Functional Entity Actions (FEAs). Allein diese Ergebnisse ermöglichen eine Aussage über die Leistungsfähigkeit der Netzstruktur. Fügt man der Betrachtung noch die Struktur des Signalisiernetzes hinzu, so erhält man die Auslastung der PEs durch FEAs und durch Signalisierprotokollfunktionen, sowie die Auslastung der Signalisierpunkte und Signalisierverbindungen des Signalisiernetzes, wobei hier auch noch IN- bzw. mobilitätsverwaltungsunabhängige Signalisierlast berücksichtigt werden kann.

Modelliert man schließlich die PEs und die Signalisierpunkte als Wartesysteme ([13],[1]), so kann man mit analytischen Methoden Leistungsuntersuchungen durchführen[1] und dabei wichtige Größen, wie die mittlere Rufaufbauzeit, die mittlere Dauer eines Handovers und die mittlere Dauer des Einbuchvorgangs oder einer Ortsaktualisierung, bestimmen.

5 Fallstudie

Als illustrierendes Beispiel soll der UPT-ähnliche Dienst des „Intelligent Network User‘s Guide for Capability Set 1“ (Q.1219, [7]) in drei unterschiedlichen Netzstrukturen betrachtet werden.

Dieser Dienst wurde gewählt, da er typische Szenarien zur Mobilitätsverwaltung enthält, dabei aber CS-1-konform bleibt, und damit mit dem Werkzeug untersucht werden kann. Bei diesem Dienst bietet sich dem Teilnehmer die Möglichkeit, sich an beliebigen Endgeräten zu registrieren. Dort ist er dann, bis er sich wieder deregistriert, erreichbar. Rufe, die er von diesem Endgerät aus führt, gehen auf seine Kosten. Vor einer Registrierung, Deregistrierung oder einem ausgehenden Ruf muß der Teilnehmer sich authentifizieren. Die Nummer des Endgeräts, an dem ein Teilnehmer registriert ist, wird in dem ihm zugeordneten SDP (SDF^{home}) gehalten. Vor einem Rufaufbau muß die Teilnehmernummer in die Endgerätnummer umgesetzt werden.

Die untersuchten Netzstrukturen unterscheiden sich im wesentlichen durch die Plazierung der für die Mobilitätsverwaltung notwendigen Dienststeuerlogik (SCF) und die Plazierung der $SDFs^{home}$. Bei einer modernen Infrastruktur kann man davon ausgehen, daß SSF/CCF und SCAF relativ nah Teilnehmer lokalisiert sind, wobei sich SRF im allgemeinen bei SSF/CCF befindet.

Die drei untersuchten Netzstrukturen sind in **Bild 2** dargestellt. Die Teilnehmer können sich zwischen Endgeräten bewegen, die sich an den SSPs der unteren Ebene befinden. Struktur *a* ist „GSM-ähnlich“, d.h. SCF befindet sich relativ nah am Teilnehmer (MSC/VLR), SDF^{home} (HLR) ist dagegen eher zentral lokalisiert. Im Beispiel gibt es zwei SDPs (HLRs) auf der oberen Ebene, die je die Hälfte der Teilnehmer verwalten. Struktur *b* ist „IN-ähnlich“, d.h. SCF und SDFhome sind eher zentral plaziert. Auf der oberen Ebene befinden sich zwei SCPs, die jeweils die beiden unterhalb liegenden SSPs „bedienen“. Die SDPs sind wie in Struktur *a* plaziert und ausgelegt. Struktur *c* schließlich berücksichtigt sicherheitstechnische Aspekte und ist hypothetischer Natur. Die SCFs sind wie in Struktur *a* verteilt, für die Daten über den momentanen Aufenthaltsort des Teilnehmers wird jedoch angenommen, daß sie sich in irgendeiner Weise im Kontrollbereich des Teilnehmers befinden, etwa in einem Art SDP bei ihm zuhause („HomeSDP-Struktur“).

PEs auf der oberen Ebene haben jeweils die doppelte Leistungsfähigkeit von PEs auf der unteren Ebene. Ebenso sind die zugehörigen Signalisierpunkte (SPs) der oberen Ebene leistungsfähiger als die SPs der unteren Ebene (doppelte Zahl an Prozessoren für TCAP und SCCP). Die SPs sind mit je 4 Signalisierlinks (64kBit/s) verbunden, wovon für je zwei davon ein MTP-Prozessor zuständig ist. Die Verarbeitungszeiten sowohl in den IN-Komponenten als auch in den SPs sind willkürlich gewählt.

1 Die Leistungsuntersuchung erfolgt mit Hilfe eines Dekompositionsansatzes, wobei die einzelnen Komponenten als $\Sigma M_i/G_i/1$-Systeme mit meldungsabhängigen Bedienzeiten, Prioritäten und Rückkopplungen modelliert werden, für die exakte Verfahren zur Berechnung von mittleren Durchlaufzeiten je Meldungstyp existieren.

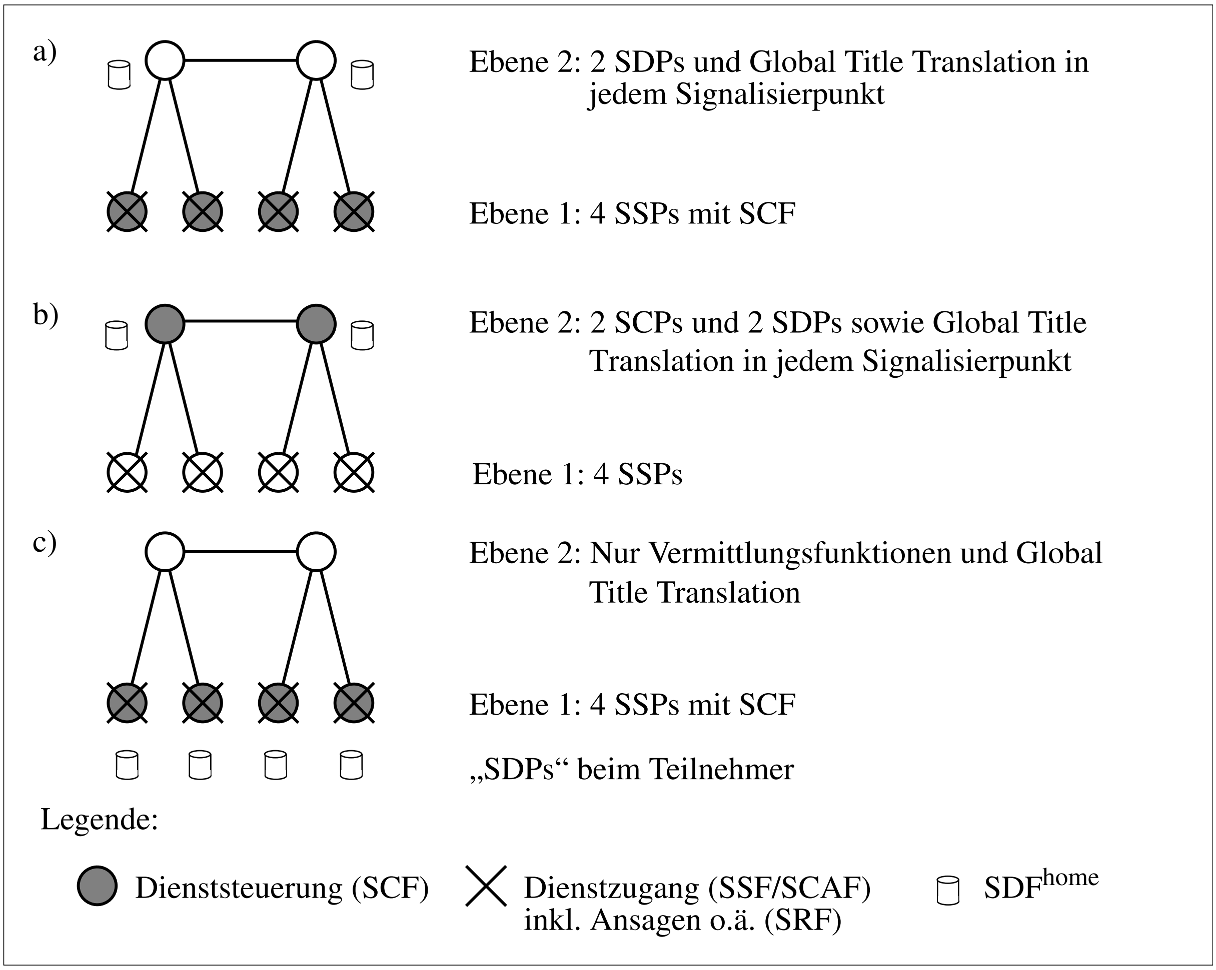

Bild 2 Untersuchte Netzstrukturen: a) „GSM-Struktur“, b) „IN-Struktur“ und c) „HomeSDP-Struktur“

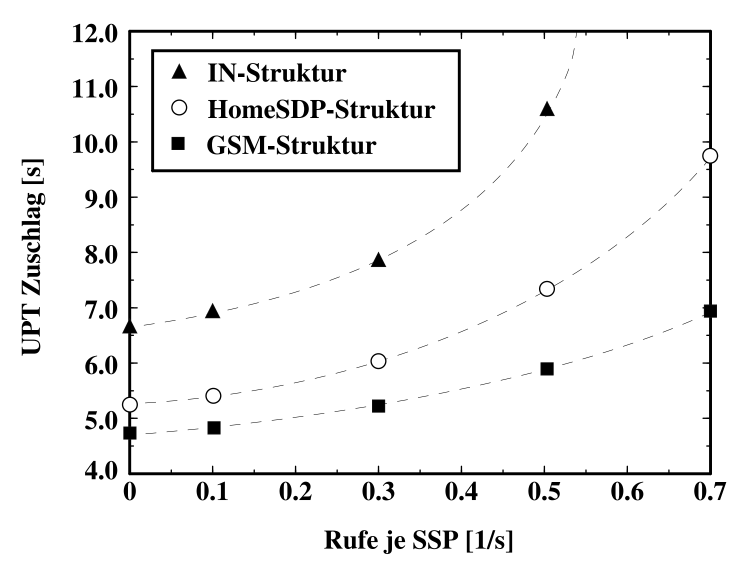

Bild 3 Mittlerer zeitlicher Zuschlag für einen UPT-Rufaufbau im Vergleich zu einem ISDN-Rufaufbau für die drei untersuchten Netzstrukturen bei unterschiedlicher Rufrate.

Der Einfachheit halber wurde angenommen, daß alle Teilnehmer UPT-Teilnehmer sind, sich mit gleicher Wahrscheinlichkeit an einem der vier SSPs befinden, der Verkehr symmetrisch ist, und das Verhältnis Registrierung:Deregistrierung:Ruf 1:1:1 beträgt.

Ermittelt man nun für die drei Strukturen bei unterschiedlicher Last den mittleren zeitlichen Zuschlag, der sich bei einem UPT-Rufaufbau im Vergleich zu einem ISDN-Rufaufbau ergibt, so erhält man die Kurven in **Bild 3**.

Bei der „IN-Struktur“ ergibt sich in allen Fällen der größte Zuschlag, der durch den intensiven Austausch von Meldungen zwischen SCP und SSP über das Signalisiernetz bedingt ist. Dies ist auch die Struktur, die als erste an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit kommt (bei ca. 0.57 Rufen, Registrierungen und Deregistrierungen je SSP je Sekunde). Für die „GSM-Struktur“ ergibt sich der geringste mittlere Zuschlag, während die „HomeSDP-Struktur“ im Vergleich dazu durch die im Mittel längeren Wege zwischen SCP und SDP etwas schlechter abschneidet.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine Vorgehensweise zur Bestimmung des Signalisiermeldungsflusses in einem Netz mit IN-Infrastruktur vorgestellt. Diese Vorgehensweise kann auch auf die Analyse des Signalisiermeldungsflusses zur Mobilitätsverwaltung in Mobilkommunikationssystemen angewandt werden. Es wurde ein Werkzeug vorgestellt, das auf dieser Vorgehensweise beruht und das zur Zeit in der Lage ist, den Signalisiermeldungsfluß CS-1-konformer Dienste zu ermitteln. Anhand eines einfachen Beispiels wurden Ergebnisse des Werkzeugs präsentiert. Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms Mobilkommunikation wird dieses Werkzeug so ausgebaut, daß es Capability Sets, die alle Anforderungen der Mobilitätsverwaltung erfüllen, unterstützen kann.

Danksagung

Gedankt werden soll an dieser Stelle Herrn Dipl.-Ing. A. Kandulski für die während seiner Diplomarbeit geleistete Arbeit.

Dieser Artikel entstand im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms Mobilkommunikation.

Literatur

[1] Bafutto, M., „A Modelling Approach for the Intelligent Network Application Protocol“. *ITG-Fachbericht 124, Mobile Kommunikation, Vorträge der ITG-Fachtagung, September 1993, Neu-Ulm*. Berlin: vde-verlag, 1993. S. 263-275.

[2] Bafutto, M., P.J. Kühn, G. Willmann und J. Zepf, „A Capacity and Performance Planning Tool for Signalling Networks based on CCITT Signalling System No. 7“, *Intelligent Networks - The Path to Global Networking*. Hg. P.W. Bayliss. Washington: IOS Press, 1992. S. 368-379.

[3] Bafutto, M. und P.J. Kühn, „Capacity and Performance Analysis for Signalling Networks Supporting UPT“, *Proc. of the 8th ITC Specialist Seminar on Universal Personal Telecommunication*, Santa Margherita Ligure (Genua), Italien. 1992. S. 201-213.

[4] Bafutto, M., P.J. Kühn und G. Willmann, „Capacity and Performance Analysis of Signaling Networks in Multivendor Environments". *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 3, S. 490-500, April 1994.

[5] Grillo, D., „Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS) - Teletraffic and Performance Issues", *Teletraffic and Datatraffic, Socio-Economic Aspects, ITC-13 Copenhagen*. Amsterdam: North-Holland, 1992, S. 271-276.

[6] ITU-T, „Specifications of Signalling System No. 7", *ITU-T Recommendations Q.700 Series*. Genf: International Telecommunication Union, 1993.

[7] ITU-T, „Intelligent Network Recommendation", *ITU-T Recommendations Q.1200 Series.* Genf: International Telecommunication Union, 1993.

[8] Katoen, J.-P., A. Saïdi und I. Baccaro, „A UMTS Network Architecture", *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 285-289.

[9] Mitts, H., „Dynamic Allocation of Functions to Nodes", *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 314-318.

[10] Reichardt, U. und B. Heilig, „Service Creation im Intelligenten Netz (IN) - Der Schlüssel zum Erfolg". *taschenbuch der telekom praxis 1995*. Hg. B. Seiler. Berlin: Schiele & Schön, 1995. S. 260-290.

[11] Tornow, W.(Bearb.), *Taschenbuch der Nachrichtentechnik*. Hg. Alcatel SEL AG, Stuttgart. Berlin: Schiele & Schön, 1994. S. 67.

[12] Van den Broek, W. und K. Georgokitsos, „Impact of UMTS Development on IN Standardisation", *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 295-298 .

[13] Willmann, G. und P.J. Kühn, „Performance Modeling of Signaling System No. 7", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 28, No. 7, S. 44-56, Juli, 1990.

Untersuchung des Signalisiermeldungsflusses bei IN-basierter Mobilitätsverwaltung

Michael Schopp, Marcos Bafutto*
Universität Stuttgart, Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Prof. Dr.-Ing. P. Kühn, Seidenstr. 36, D-70174 Stuttgart
E-Mail: schopp@ind.uni-stuttgart.d400.de

* unterstützt durch CAPES Brazil (Grant 9532/88-15),
inzwischen bei Telecommunicações Brasileiras S.A. - Telebrás

Kurzfassung

Mobilkommunikationssysteme der dritten Generation sollen sich auf eine bestehende (Fest-) Netzinfrastruktur abstützen können. Dazu soll auch auf bereits im Netz vorhandene Steuermechanismen zurückgegriffen werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei das Konzept des Intelligenten Netzes (IN), welches ursprünglich für die schnelle und flexible Einführung von Mehrwertdiensten erstellt wurde, das aber auch dazu geeignet ist, die Mobilitätsverwaltung von Teilnehmern und Endgeräten zu unterstützen.

In diesem Artikel soll eine Vorgehensweise zur werkzeugunterstützten Ermittlung des Signalisiermeldungsflusses zur Mobilitätsverwaltung dargestellt werden, die sich stark an das abstrakte IN-Modell (IN Conceptual Model) anlehnt. Dabei wird von der Beschreibung der zur Mobilitätsverwaltung gehörigen Dienstlogik ausgegangen und gezeigt, wie diese durch Abbildungen auf die verschiedenen Ebenen des abstrakten IN-Modells schließlich in Form des Austauschs von Signalisiermeldungen dargestellt werden kann. Bei jeder dieser Abbildungen müssen bestimmte Randbedingungen beachtet werden, und jede dieser Abbildungen hat gewisse Freiheitsgrade, die es erlauben, das Gesamtsystem unter unterschiedlichen Gesichtspunkten zu optimieren. Als Beispiel sei die Zuordnung von Functional Entities (FEs) auf der verteilten funktionalen Ebene zu Physical Entities (PEs) auf der physikalischen Ebene genannt.

Der so ermittelte Signalisiermeldungsfluß kann dann verwendet werden, um die Auslastung sowohl der Physical Entities im Intelligenten Netz als auch der einzelnen Komponenten des zugehörigen Signalisiernetzes zu bestimmen, bzw. die Anforderungen an diese Komponenten zu identifizieren. Modelliert man schließlich diese Komponenten als Wartesysteme, so kann man mit analytischen Methoden Leistungsuntersuchungen durchführen und dabei die Leistungsfähigkeit verschiedener Netzstrukturen vergleichen.

1 Einleitung

Zukünftige Mobilkommunikationssysteme sollen so entworfen werden, daß sie sich auf bestehende Infrastruktur (PSTN, ISDN, B-ISDN) abstützen, persönliche und Dienste-Mobilität unterstützen und in einer Vielzahl von Umgebungen genutzt werden können ([5]). Die angestrebte Integration in bestehende Infrastruktur soll mit Hilfe des Konzepts des Intelligenten Netzes (IN) geschehen ([8]). Das Konzept des IN wurde entworfen, um die schnelle und effiziente Einführung neuer Dienste in Telekommunikationssysteme zu unterstützen ([7]). Die Standardisierung

bei ITU-T und ETSI erfolgt evolutionär. Ein geschlossener Satz von Empfehlungen bildet ein sogenanntes Capability Set (CS), das Standards für eine Gruppe von IN-Leistungsmerkmalen vorgibt ([11]). Dienste, die die Mobilität des Benutzers unterstützen, werden im einzigen von der ITU bisher verabschiedeten Capability Set CS-1 (Q.121x) nur unzureichend ermöglicht. Bemühungen, die Anforderung von Mobilkommunikationssystemen der dritten Generation in die Standardisierung zukünftiger Capability Sets einfließen zu lassen, sind in vollem Gange ([12]).

Neben der vereinfachten Integration in die bestehende Infrastruktur bietet der Ansatz, die Mobilitätsverwaltung im Rahmen des abstrakten IN-Modells (IN Conceptual Model, **Bild 1**) zu betrachten, jedoch noch weitere erkenntnistheoretische Vorteile. So kann etwa auf der Dienstebene (Service Plane) das Zusammenspiel von Mehrwertdiensten und Mobilitätsverwaltung (Service Interaction, Service Feature Interaction) untersucht werden. Ebenso kann die Gruppierung von Functional Entities (FEs) zu Functional Groups (FGs) und ihre Abbildung auf Physical Entities (PEs) im Rahmen des Modells betrachtet werden ([9]).

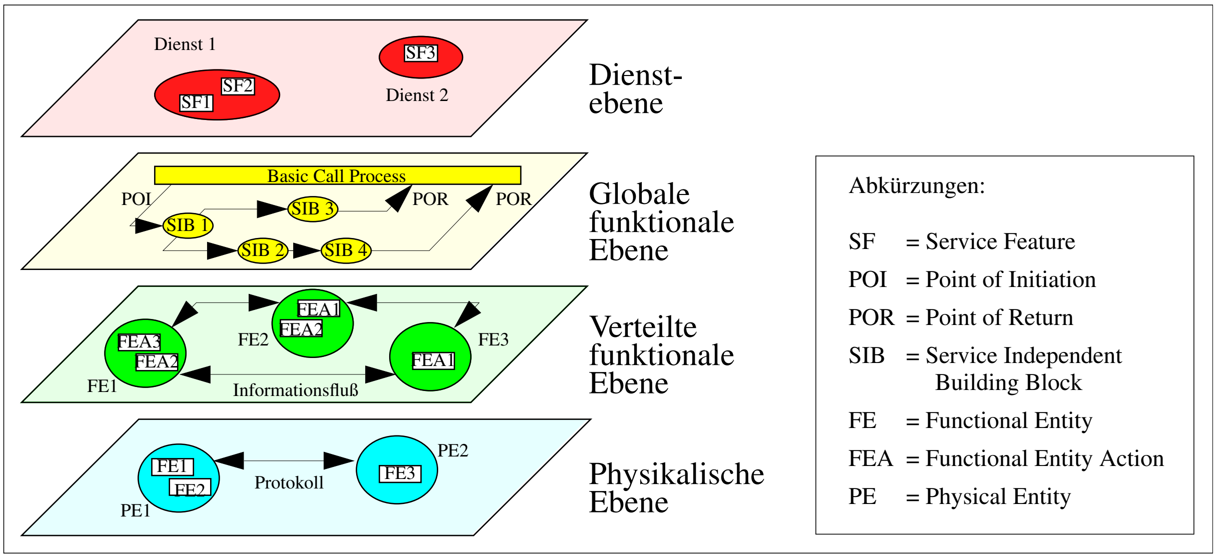

Bild 1 Das abstrakte IN-Modell

ISDN, GSM und IN stützen sich auf ein leistungsfähiges Signalisiernetz ([6]) ab. Mobilkommunikationssysteme der dritten Generation werden dies in noch viel stärkerem Maße tun müssen. Insbesondere das Signalisiersystem im Festnetz muß in der Lage sein, die Mobilität von Diensten, Benutzern und Endgeräten durch schnelle und zuverlässige Signalisierung zu ermöglichen. Es ist daher außerordentlich wichtig, die Anforderungen an das Signalisiersystem frühzeitig zu identifizieren und Leistungsuntersuchungen sowohl des Signalisiernetzes als auch der beteiligten Instanzen der Mobilitätsverwaltung durchzuführen. Aufbauend auf ein Werkzeug zur Analyse des Signalisiersystems Nr. 7 (SS7) ([2],[3],[4],[13]) und einem Konzept für ein IN-Planungswerkzeug ([1]) wurde eine Werkzeugumgebung geschaffen, die es ermöglicht, aus der Definition von Diensten in Form von Service Independent Building Blocks (SIBs), Aussagen über die Leistungsfähigkeit der IN-Infrastruktur und des Signalisiernetzes zu machen. Dies geschieht über mehrere Abbildungen und unter Berücksichtigung von Randbedingungen wie Verkehrsmatrizen, lokaler Zuordnung von FEs zu PEs, Netzstruktur und zusätzlicher Signalisierung für gewöhnliche ISDN-Rufe. Die gewonnenen Ergebnisse beinhalten die Auslastung von SS7-Netzelementen und IN-Komponenten, die Verteilung der Signalisierlast auf verschiedene Signalisierverbindungen und die Laufzeiten von Signalisiermeldungen durch das Netz, sowie Verweilzeiten in IN-Komponenten. Aus den Ergebnissen können beispielsweise

Aussagen über Verbindungsaufbauzeit, Handover-Dauer und Dauer einer Registrierung gewonnen werden. Außerdem bietet sich die Möglichkeit, mit Hilfe des Werkzeugs verschiedene Netzarchitekturen zu vergleichen.

In diesem Artikel wird das schrittweise Vorgehen zur Ermittlung des Signalisermeldungsflusses bei IN-basierter Mobilitätsverwaltung beschrieben, und ein einfaches Analysebeispiel präsentiert. Das Werkzeug ist zur Zeit nur in der Lage, Szenarien, die CS-1-konform sind, zu realisieren, wird jedoch an folgende Capability Sets angepaßt.

2 Beschreibung der Dienstlogik und Abbildung auf Informationsfluß zwischen Functional Entities

Die von der ITU-T in Capability Set 1 vorgeschlagenen Service Independent Building Blocks (SIBs) gelten als für die Diensterstellung (Service Creation) wenig geeignet ([10]). Das Konzept, dienstunabhängige Funktionsbausteine, die bestimmte Fähigkeiten des Netzes zur Diensterbringung repräsentieren, zu verwenden, ist dagegen allgemein gängig. Für ein Werkzeug zur Ermittlung des Signalisiermeldungsflusses genügt eine relativ einfache Dienstablaufbeschreibung, die durch die Verkettung von SIBs, analog den ITU-T Vorschlägen, erfolgen kann.

Betrachtet man die Dienstlogikbeschreibung mit dem Ziel, daraus den zugehörigen Informationsfluß zwischen FEs abzuleiten, so ist die Folge der SIBs alleine noch nicht ausreichend. Diese Folge kann nur einen groben Rahmen beschreiben, der im allgemeinen noch dienstspezifisch gefüllt werden muß. Für das Werkzeug wurde folgender Weg gewählt: Die Dienstlogikbeschreibung, die parallel ablaufende SIB-Ketten beinhalten kann, wird durch serielle Abläufe dargestellt (**Serialisierung**). Innerhalb der Dienstlogik kann es zu Verzweigungen kommen. Verschiedene mögliche Dienstabläufe werden als unterschiedliche Dienstszenarien dargestellt (**Linearisierung**). Im allgemeinen besteht das Dienstszenario dann aus einer Initialisierung durch das Basic Call Model, einer Folge von SIBs und einem Abschluß im Basic Call Model[1]. Schließlich existiert zu jedem SIB ein Katalog sogenannter „Sub-SIBs“, die unterschiedliche Abläufe innerhalb eines SIBs repräsentieren. Die Wahl des entsprechenden Sub-SIBs (**Verfeinerung**) ist zum einen durch den Ausgang des SIBs (also durch das Dienstszenario) festgelegt, und zum anderen durch dienstspezifisches Wissen. So kann beispielsweise das CS-1 SIB *Service Data Management* zum einen erfolgreich oder mit Fehler enden und zum anderen das Anfordern eines Datums oder das Ändern eines Datums bedeuten, was zu jeweils anderem Informationsfluß führt. Neben der Verfeinerung der SIBs muß außerdem noch eine dienstspezifische **Parametrisierung** erfolgen. Dazu gehören zum einen symbolische Bezeichner für FEs (Beispiel: SDF^{local} bzw. SDF^{home}) und zum anderen Informationen, die die Länge der später verwendeten Signalisiermeldungen beeinflussen.

Somit kann die Dienslogikbeschreibung auf verschiedene Dienstszenarien mit einem parametrisierten Informationsfluß zwischen (symbolisch bezeichneten) Functional Entities abgebildet werden.

1 Der Begriff Basic Call Model der ITU-T ist etwas irreführend, da das Auslösen eines Dienstlogikablaufs nicht nur in Zusammenhang mit einem Ruf stattfinden kann.

3 Abbildung des Informationsflusses zwischen FEs auf einen Signalisiermeldungsfluß zwischen PEs

Die Abbildung des Informationsflusses zwischen Functional Entities auf einen Signalisiermeldungsfluß zwischen Physical Entities hat zwei Aspekte: a) die Zuordnung von symbolischen FEs eines Dienstszenarios zu konkreten FEs und b) die Abbildung konkreter FEs in PEs. Innerhalb eines Dienstszenarios können etwa mehrere gleichartige FEs beteiligt sein, so zum Beispiel SDF^{local} und $SDF^{home.}$ Welche konkreten FEs (in welchen PEs) dies sind, ergibt sich unter Umständen erst aus dem Ursprung des Szenarios und aus der Identität des Teilnehmers. Im Werkzeug wurde dieser Aspekt durch dienstszenario- und ursprungsabhängige Wahrscheinlichkeiten für bestimmte FEs bzw. PEs berücksichtigt. Wichtig ist dabei auch, Informationsfluß bzw. Signalisiermeldungsfluß außerhalb des INAP (Intelligent Network Application Part) zu betrachten, so etwa ISUP-Signalisierung. Schließlich ist zu beachten, in welcher Weise Operationen des INAP auf TCAP-Meldungen abgebildet werden; so können beispielsweise mehrere Operationen in eine TCAP-Meldung verpackt werden.

Die Plazierung bestimmter FEs in bestimmten PEs ist ein wichtiger Aspekt der Netzstruktur. Hier gibt es sehr viele Freiheitsgrade, die zur Optimierung der Signalisierung oder auch zur Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten genutzt werden können. Im CS-1 sind *Service Switching Function / Call Control Function* (SSF/CCF), *Service Control Function* (SCF), *Service Data Function* (SDF) und *Spezialized Resource Function* (SRF) wesentlich. Darüberhinaus kann für nicht rufbezogenen Dienstzugang noch *Service Control Access Function* (SCAF) betrachtet werden, was nicht im CS-1 enthalten ist.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Abbildung von Informationsfluß auf Signalisiermeldungsfluß ist die Frage der Adressierung von FEs bzw. PEs. Die Adresse einer FE kann lokal vorhanden sein, das heißt mit Hilfe des Service Managements bereitgestellt werden. Die Adressierung kann sich jedoch auch auf Fähigkeiten des Signalisiersystems abstützten, so etwa auf das SCCP Global Title Routing im Signalisiersystem Nr. 7, das auch zur redundanten Netzauslegung genutzt werden kann. Schließlich ist auch die direkte Nutzung eines Directory-Services denkbar, was wiederum einen gewissen Signalisieraufwand zur Folge hätte.

4 Leistungsuntersuchung

Unter Berücksichtigung von Verkehrsmatrizen für alle Dienstszenarien sowie der zugehörigen Aufteilung auf alternative PEs ergibt sich schließlich ein quantifizierbarer Austausch von Signalisiermeldungen unterschiedlicher Länge zwischen den PEs des Netzes, sowie die Belastung einzelner PEs durch Functional Entity Actions (FEAs). Allein diese Ergebnisse ermöglichen eine Aussage über die Leistungsfähigkeit der Netzstruktur. Fügt man der Betrachtung noch die Struktur des Signalisiernetzes hinzu, so erhält man die Auslastung der PEs durch FEAs und durch Signalisierprotokollfunktionen, sowie die Auslastung der Signalisierpunkte und Signalisierverbindungen des Signalisiernetzes, wobei hier auch noch IN- bzw. mobilitätsverwaltungsunabhängige Signalisierlast berücksichtigt werden kann.

Modelliert man schließlich die PEs und die Signalisierpunkte als Wartesysteme ([13],[1]), so kann man mit analytischen Methoden Leistungsuntersuchungen durchführen[1] und dabei wichtige Größen, wie die mittlere Rufaufbauzeit, die mittlere Dauer eines Handovers und die mittlere Dauer des Einbuchvorgangs oder einer Ortsaktualisierung, bestimmen.

5 Fallstudie

Als illustrierendes Beispiel soll der UPT-ähnliche Dienst des „Intelligent Network User's Guide for Capability Set 1" (Q.1219, [7]) in drei unterschiedlichen Netzstrukturen betrachtet werden.

Dieser Dienst wurde gewählt, da er typische Szenarien zur Mobilitätsverwaltung enthält, dabei aber CS-1-konform bleibt, und damit mit dem Werkzeug untersucht werden kann. Bei diesem Dienst bietet sich dem Teilnehmer die Möglichkeit, sich an beliebigen Endgeräten zu registrieren. Dort ist er dann, bis er sich wieder deregistriert, erreichbar. Rufe, die er von diesem Endgerät aus führt, gehen auf seine Kosten. Vor einer Registrierung, Deregistrierung oder einem ausgehenden Ruf muß der Teilnehmer sich authentifizieren. Die Nummer des Endgeräts, an dem ein Teilnehmer registriert ist, wird in dem ihm zugeordneten SDP (SDF^{home}) gehalten. Vor einem Rufaufbau muß die Teilnehmernummer in die Endgerätnummer umgesetzt werden.

Die untersuchten Netzstrukturen unterscheiden sich im wesentlichen durch die Plazierung der für die Mobilitätsverwaltung notwendigen Dienststeuerlogik (SCF) und die Plazierung der $SDFs^{home}$. Bei einer modernen Infrastruktur kann man davon ausgehen, daß SSF/CCF und SCAF relativ nah Teilnehmer lokalisiert sind, wobei sich SRF im allgemeinen bei SSF/CCF befindet.

Die drei untersuchten Netzstrukturen sind in **Bild 2** dargestellt. Die Teilnehmer können sich zwischen Endgeräten bewegen, die sich an den SSPs der unteren Ebene befinden. Struktur *a* ist „GSM-ähnlich", d.h. SCF befindet sich relativ nah am Teilnehmer (MSC/VLR), SDF^{home} (HLR) ist dagegen eher zentral lokalisiert. Im Beispiel gibt es zwei SDPs (HLRs) auf der oberen Ebene, die je die Hälfte der Teilnehmer verwalten. Struktur *b* ist „IN-ähnlich", d.h. SCF und SDFhome sind eher zentral plaziert. Auf der oberen Ebene befinden sich zwei SCPs, die jeweils die beiden unterhalb liegenden SSPs „bedienen". Die SDPs sind wie in Struktur *a* plaziert und ausgelegt. Struktur *c* schließlich berücksichtigt sicherheitstechnische Aspekte und ist hypothetischer Natur. Die SCFs sind wie in Struktur *a* verteilt, für die Daten über den momentanen Aufenthaltsort des Teilnehmers wird jedoch angenommen, daß sie sich in irgendeiner Weise im Kontrollbereich des Teilnehmers befinden, etwa in einem Art SDP bei ihm zuhause („HomeSDP-Struktur").

PEs auf der oberen Ebene haben jeweils die doppelte Leistungsfähigkeit von PEs auf der unteren Ebene. Ebenso sind die zugehörigen Signalisierpunkte (SPs) der oberen Ebene leistungsfähiger als die SPs der unteren Ebene (doppelte Zahl an Prozessoren für TCAP und SCCP). Die SPs sind mit je 4 Signalisierlinks (64kBit/s) verbunden, wovon für je zwei davon ein MTP-Prozessor zuständig ist. Die Verarbeitungszeiten sowohl in den IN-Komponenten als auch in den SPs sind willkürlich gewählt.

---

1 Die Leistungsuntersuchung erfolgt mit Hilfe eines Dekompositionsansatzes, wobei die einzelnen Komponenten als $\Sigma M_i/G_i/1$-Systeme mit meldungsabhängigen Bedienzeiten, Prioritäten und Rückkopplungen modelliert werden, für die exakte Verfahren zur Berechnung von mittleren Durchlaufzeiten je Meldungstyp existieren.

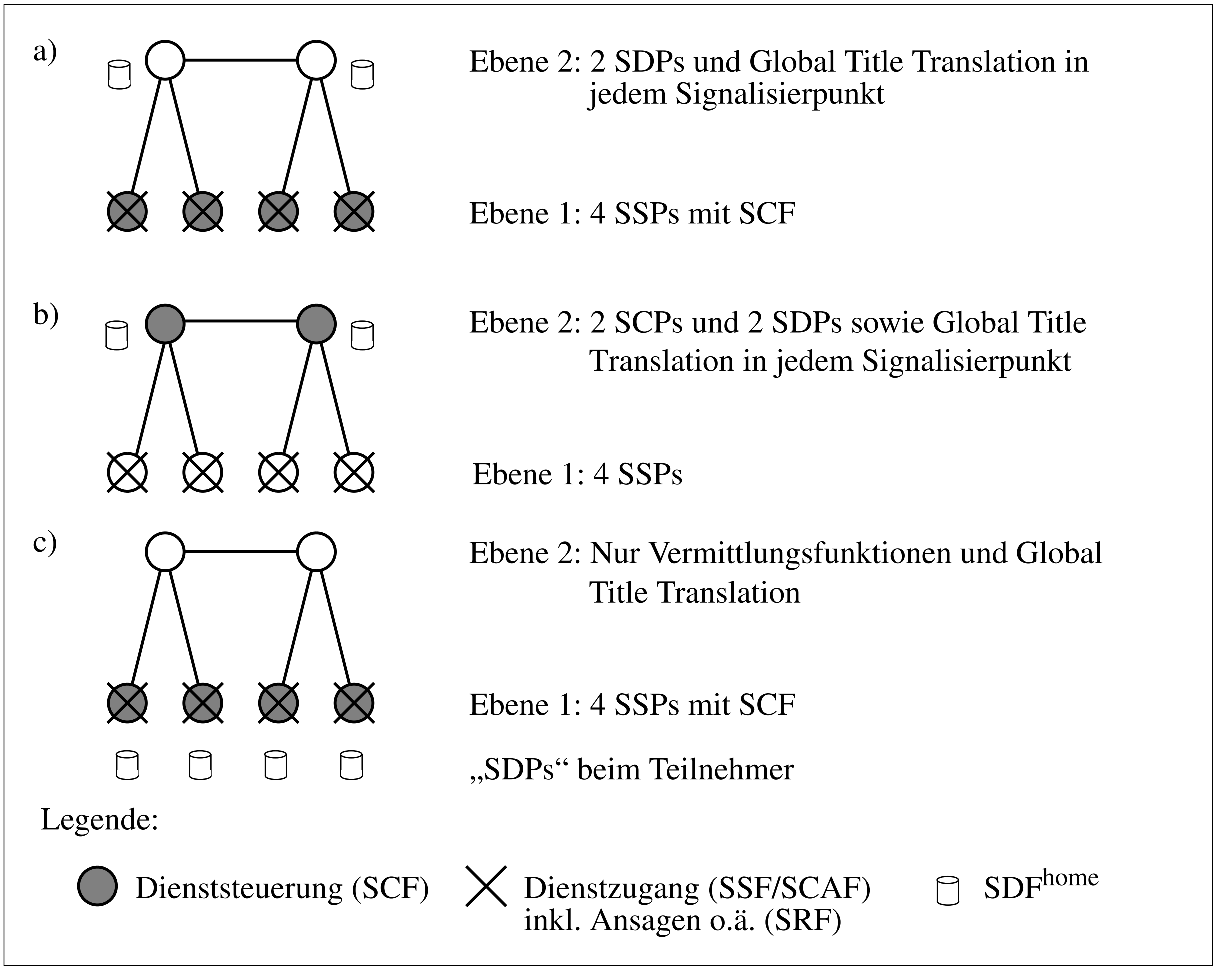

Bild 2 Untersuchte Netzstrukturen: a) „GSM-Struktur“, b) „IN-Struktur“ und c) „HomeSDP-Struktur“

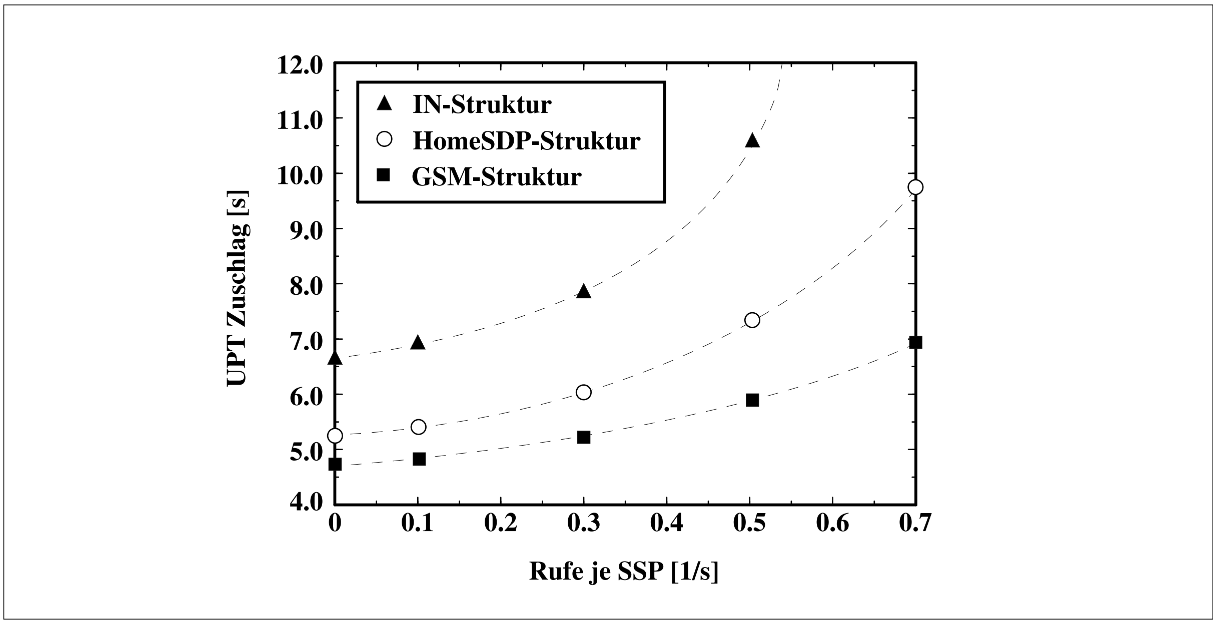

Bild 3 Mittlerer zeitlicher Zuschlag für einen UPT-Rufaufbau im Vergleich zu einem ISDN-Rufaufbau für die drei untersuchten Netzstrukturen bei unterschiedlicher Rufrate.

Der Einfachheit halber wurde angenommen, daß alle Teilnehmer UPT-Teilnehmer sind, sich mit gleicher Wahrscheinlichkeit an einem der vier SSPs befinden, der Verkehr symmetrisch ist, und das Verhältnis Registrierung:Deregistrierung:Ruf 1:1:1 beträgt.

Ermittelt man nun für die drei Strukturen bei unterschiedlicher Last den mittleren zeitlichen Zuschlag, der sich bei einem UPT-Rufaufbau im Vergleich zu einem ISDN-Rufaufbau ergibt, so erhält man die Kurven in **Bild 3**.

Bei der „IN-Struktur“ ergibt sich in allen Fällen der größte Zuschlag, der durch den intensiven Austausch von Meldungen zwischen SCP und SSP über das Signalisiernetz bedingt ist. Dies ist auch die Struktur, die als erste an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit kommt (bei ca. 0.57 Rufen, Registrierungen und Deregistrierungen je SSP je Sekunde). Für die „GSM-Struktur“ ergibt sich der geringste mittlere Zuschlag, während die „HomeSDP-Struktur“ im Vergleich dazu durch die im Mittel längeren Wege zwischen SCP und SDP etwas schlechter abschneidet.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine Vorgehensweise zur Bestimmung des Signalisiermeldungsflusses in einem Netz mit IN-Infrastruktur vorgestellt. Diese Vorgehensweise kann auch auf die Analyse des Signalisiermeldungsflusses zur Mobilitätsverwaltung in Mobilkommunikationssystemen angewandt werden. Es wurde ein Werkzeug vorgestellt, das auf dieser Vorgehensweise beruht und das zur Zeit in der Lage ist, den Signalisiermeldungsfluß CS-1-konformer Dienste zu ermitteln. Anhand eines einfachen Beispiels wurden Ergebnisse des Werkzeugs präsentiert. Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms Mobilkommunikation wird dieses Werkzeug so ausgebaut, daß es Capability Sets, die alle Anforderungen der Mobilitätsverwaltung erfüllen, unterstützen kann.

Danksagung

Gedankt werden soll an dieser Stelle Herrn Dipl.-Ing. A. Kandulski für die während seiner Diplomarbeit geleistete Arbeit.

Dieser Artikel entstand im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms Mobilkommunikation.

Literatur

[1] Bafutto, M., „A Modelling Approach for the Intelligent Network Application Protocol“. *ITG-Fachbericht 124, Mobile Kommunikation, Vorträge der ITG-Fachtagung, September 1993, Neu-Ulm*. Berlin: vde-verlag, 1993. S. 263-275.

[2] Bafutto, M., P.J. Kühn, G. Willmann und J. Zepf, „A Capacity and Performance Planning Tool for Signalling Networks based on CCITT Signalling System No. 7“, *Intelligent Networks - The Path to Global Networking*. Hg. P.W. Bayliss. Washington: IOS Press, 1992. S. 368-379.

[3] Bafutto, M. und P.J. Kühn, „Capacity and Performance Analysis for Signalling Networks Supporting UPT“, *Proc. of the 8th ITC Specialist Seminar on Universal Personal Telecommunication*, Santa Margherita Ligure (Genua), Italien. 1992. S. 201-213.

[4] Bafutto, M., P.J. Kühn und G. Willmann, „Capacity and Performance Analysis of Signaling Networks in Multivendor Environments". *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 3, S. 490-500, April 1994.

[5] Grillo, D., „Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS) - Teletraffic and Performance Issues", *Teletraffic and Datatraffic, Socio-Economic Aspects, ITC-13 Copenhagen*. Amsterdam: North-Holland, 1992, S. 271-276.

[6] ITU-T, „Specifications of Signalling System No. 7", *ITU-T Recommendations Q.700 Series*. Genf: International Telecommunication Union, 1993.

[7] ITU-T, „Intelligent Network Recommendation", *ITU-T Recommendations Q.1200 Series.* Genf: International Telecommunication Union, 1993.

[8] Katoen, J.-P., A. Saïdi und I. Baccaro, „A UMTS Network Architecture", *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 285-289.

[9] Mitts, H., „Dynamic Allocation of Functions to Nodes", *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 314-318.

[10] Reichardt, U. und B. Heilig, „Service Creation im Intelligenten Netz (IN) - Der Schlüssel zum Erfolg". *taschenbuch der telekom praxis 1995*. Hg. B. Seiler. Berlin: Schiele & Schön, 1995. S. 260-290.

[11] Tornow, W.(Bearb.), *Taschenbuch der Nachrichtentechnik*. Hg. Alcatel SEL AG, Stuttgart. Berlin: Schiele & Schön, 1994. S. 67.

[12] Van den Broek, W. und K. Georgokitsos, „Impact of UMTS Development on IN Standardisation", *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 295-298 .

[13] Willmann, G. und P.J. Kühn, „Performance Modeling of Signaling System No. 7", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 28, No. 7, S. 44-56, Juli, 1990.

Untersuchung des Signalisiermeldungsflusses bei IN-basierter Mobilitätsverwaltung

Michael Schopp, Marcos Bafutto*
Universität Stuttgart, Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Prof. Dr.-Ing. P. Kühn, Seidenstr. 36, D-70174 Stuttgart
E-Mail: schopp@ind.uni-stuttgart.d400.de

* unterstützt durch CAPES Brazil (Grant 9532/88-15),
inzwischen bei Telecommunicações Brasileiras S.A. - Telebrás

Kurzfassung

Mobilkommunikationssysteme der dritten Generation sollen sich auf eine bestehende (Fest-) Netzinfrastruktur abstützen können. Dazu soll auch auf bereits im Netz vorhandene Steuermechanismen zurückgegriffen werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei das Konzept des Intelligenten Netzes (IN), welches ursprünglich für die schnelle und flexible Einführung von Mehrwertdiensten erstellt wurde, das aber auch dazu geeignet ist, die Mobilitätsverwaltung von Teilnehmern und Endgeräten zu unterstützen.

In diesem Artikel soll eine Vorgehensweise zur werkzeugunterstützten Ermittlung des Signalisiermeldungsflusses zur Mobilitätsverwaltung dargestellt werden, die sich stark an das abstrakte IN-Modell (IN Conceptual Model) anlehnt. Dabei wird von der Beschreibung der zur Mobilitätsverwaltung gehörigen Dienstlogik ausgegangen und gezeigt, wie diese durch Abbildungen auf die verschiedenen Ebenen des abstrakten IN-Modells schließlich in Form des Austauschs von Signalisiermeldungen dargestellt werden kann. Bei jeder dieser Abbildungen müssen bestimmte Randbedingungen beachtet werden, und jede dieser Abbildungen hat gewisse Freiheitsgrade, die es erlauben, das Gesamtsystem unter unterschiedlichen Gesichtspunkten zu optimieren. Als Beispiel sei die Zuordnung von Functional Entities (FEs) auf der verteilten funktionalen Ebene zu Physical Entities (PEs) auf der physikalischen Ebene genannt.

Der so ermittelte Signalisiermeldungsfluß kann dann verwendet werden, um die Auslastung sowohl der Physical Entities im Intelligenten Netz als auch der einzelnen Komponenten des zugehörigen Signalisiernetzes zu bestimmen, bzw. die Anforderungen an diese Komponenten zu identifizieren. Modelliert man schließlich diese Komponenten als Wartesysteme, so kann man mit analytischen Methoden Leistungsuntersuchungen durchführen und dabei die Leistungsfähigkeit verschiedener Netzstrukturen vergleichen.

1 Einleitung

Zukünftige Mobilkommunikationssysteme sollen so entworfen werden, daß sie sich auf bestehende Infrastruktur (PSTN, ISDN, B-ISDN) abstützen, persönliche und Dienste-Mobilität unterstützen und in einer Vielzahl von Umgebungen genutzt werden können ([5]). Die angestrebte Integration in bestehende Infrastruktur soll mit Hilfe des Konzepts des Intelligenten Netzes (IN) geschehen ([8]). Das Konzept des IN wurde entworfen, um die schnelle und effiziente Einführung neuer Dienste in Telekommunikationssysteme zu unterstützen ([7]). Die Standardisierung

bei ITU-T und ETSI erfolgt evolutionär. Ein geschlossener Satz von Empfehlungen bildet ein sogenanntes Capability Set (CS), das Standards für eine Gruppe von IN-Leistungsmerkmalen vorgibt ([11]). Dienste, die die Mobilität des Benutzers unterstützen, werden im einzigen von der ITU bisher verabschiedeten Capability Set CS-1 (Q.121x) nur unzureichend ermöglicht. Bemühungen, die Anforderung von Mobilkommunikationssystemen der dritten Generation in die Standardisierung zukünftiger Capability Sets einfließen zu lassen, sind in vollem Gange ([12]).

Neben der vereinfachten Integration in die bestehende Infrastruktur bietet der Ansatz, die Mobilitätsverwaltung im Rahmen des abstrakten IN-Modells (IN Conceptual Model, **Bild 1**) zu betrachten, jedoch noch weitere erkenntnistheoretische Vorteile. So kann etwa auf der Dienstebene (Service Plane) das Zusammenspiel von Mehrwertdiensten und Mobilitätsverwaltung (Service Interaction, Service Feature Interaction) untersucht werden. Ebenso kann die Gruppierung von Functional Entities (FEs) zu Functional Groups (FGs) und ihre Abbildung auf Physical Entities (PEs) im Rahmen des Modells betrachtet werden ([9]).

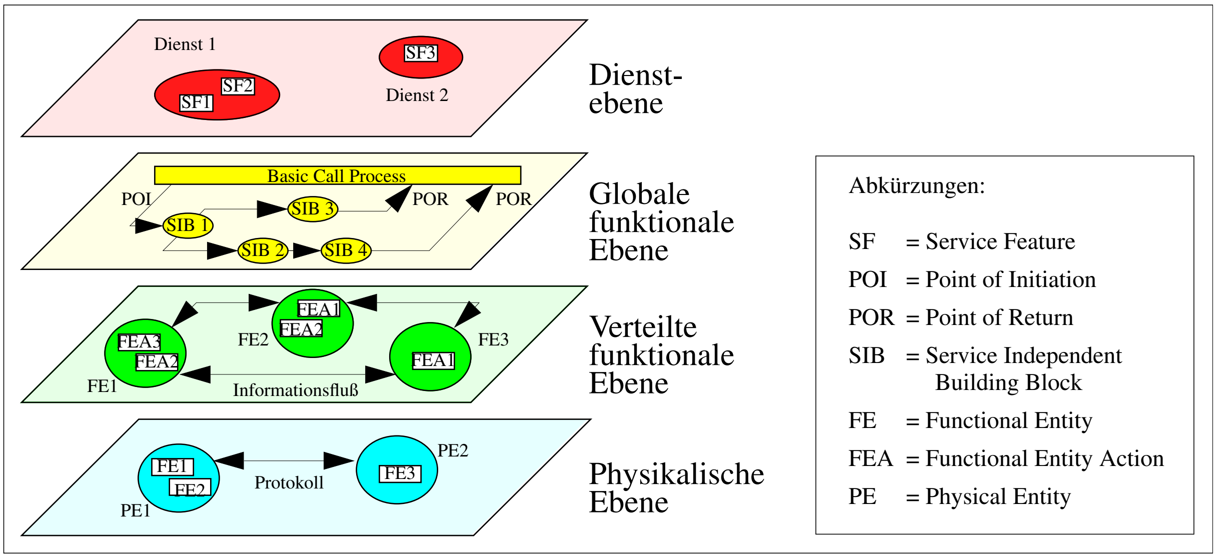

Bild 1 Das abstrakte IN-Modell

ISDN, GSM und IN stützen sich auf ein leistungsfähiges Signalisiernetz ([6]) ab. Mobilkommunikationssysteme der dritten Generation werden dies in noch viel stärkerem Maße tun müssen. Insbesondere das Signalisiersystem im Festnetz muß in der Lage sein, die Mobilität von Diensten, Benutzern und Endgeräten durch schnelle und zuverlässige Signalisierung zu ermöglichen. Es ist daher außerordentlich wichtig, die Anforderungen an das Signalisiersystem frühzeitig zu identifizieren und Leistungsuntersuchungen sowohl des Signalisiernetzes als auch der beteiligten Instanzen der Mobilitätsverwaltung durchzuführen. Aufbauend auf ein Werkzeug zur Analyse des Signalisiersystems Nr. 7 (SS7) ([2],[3],[4],[13]) und einem Konzept für ein IN-Planungswerkzeug ([1]) wurde eine Werkzeugumgebung geschaffen, die es ermöglicht, aus der Definition von Diensten in Form von Service Independent Building Blocks (SIBs), Aussagen über die Leistungsfähigkeit der IN-Infrastruktur und des Signalisiernetzes zu machen. Dies geschieht über mehrere Abbildungen und unter Berücksichtigung von Randbedingungen wie Verkehrsmatrizen, lokaler Zuordnung von FEs zu PEs, Netzstruktur und zusätzlicher Signalisierung für gewöhnliche ISDN-Rufe. Die gewonnenen Ergebnisse beinhalten die Auslastung von SS7-Netzelementen und IN-Komponenten, die Verteilung der Signalisierlast auf verschiedene Signalisierverbindungen und die Laufzeiten von Signalisiermeldungen durch das Netz, sowie Verweilzeiten in IN-Komponenten. Aus den Ergebnissen können beispielsweise

Aussagen über Verbindungsaufbauzeit, Handover-Dauer und Dauer einer Registrierung gewonnen werden. Außerdem bietet sich die Möglichkeit, mit Hilfe des Werkzeugs verschiedene Netzarchitekturen zu vergleichen.

In diesem Artikel wird das schrittweise Vorgehen zur Ermittlung des Signalisermeldungsflusses bei IN-basierter Mobilitätsverwaltung beschrieben, und ein einfaches Analysebeispiel präsentiert. Das Werkzeug ist zur Zeit nur in der Lage, Szenarien, die CS-1-konform sind, zu realisieren, wird jedoch an folgende Capability Sets angepaßt.

2 Beschreibung der Dienstlogik und Abbildung auf Informationsfluß zwischen Functional Entities

Die von der ITU-T in Capability Set 1 vorgeschlagenen Service Independent Building Blocks (SIBs) gelten als für die Diensterstellung (Service Creation) wenig geeignet ([10]). Das Konzept, dienstunabhängige Funktionsbausteine, die bestimmte Fähigkeiten des Netzes zur Diensterbringung repräsentieren, zu verwenden, ist dagegen allgemein gängig. Für ein Werkzeug zur Ermittlung des Signalisiermeldungsflusses genügt eine relativ einfache Dienstablaufbeschreibung, die durch die Verkettung von SIBs, analog den ITU-T Vorschlägen, erfolgen kann.

Betrachtet man die Dienstlogikbeschreibung mit dem Ziel, daraus den zugehörigen Informationsfluß zwischen FEs abzuleiten, so ist die Folge der SIBs alleine noch nicht ausreichend. Diese Folge kann nur einen groben Rahmen beschreiben, der im allgemeinen noch dienstspezifisch gefüllt werden muß. Für das Werkzeug wurde folgender Weg gewählt: Die Dienstlogikbeschreibung, die parallel ablaufende SIB-Ketten beinhalten kann, wird durch serielle Abläufe dargestellt (**Serialisierung**). Innerhalb der Dienstlogik kann es zu Verzweigungen kommen. Verschiedene mögliche Dienstabläufe werden als unterschiedliche Dienstszenarien dargestellt (**Linearisierung**). Im allgemeinen besteht das Dienstszenario dann aus einer Initialisierung durch das Basic Call Model, einer Folge von SIBs und einem Abschluß im Basic Call Model[1]. Schließlich existiert zu jedem SIB ein Katalog sogenannter „Sub-SIBs", die unterschiedliche Abläufe innerhalb eines SIBs repräsentieren. Die Wahl des entsprechenden Sub-SIBs (**Verfeinerung**) ist zum einen durch den Ausgang des SIBs (also durch das Dienstszenario) festgelegt, und zum anderen durch dienstspezifisches Wissen. So kann beispielsweise das CS-1 SIB *Service Data Management* zum einen erfolgreich oder mit Fehler enden und zum anderen das Anfordern eines Datums oder das Ändern eines Datums bedeuten, was zu jeweils anderem Informationsfluß führt. Neben der Verfeinerung der SIBs muß außerdem noch eine dienstspezifische **Parametrisierung** erfolgen. Dazu gehören zum einen symbolische Bezeichner für FEs (Beispiel: SDF^{local} bzw. SDF^{home}) und zum anderen Informationen, die die Länge der später verwendeten Signalisiermeldungen beeinflussen.

Somit kann die Dienslogikbeschreibung auf verschiedene Dienstszenarien mit einem parametrisierten Informationsfluß zwischen (symbolisch bezeichneten) Functional Entities abgebildet werden.

1 Der Begriff Basic Call Model der ITU-T ist etwas irreführend, da das Auslösen eines Dienstlogikablaufs nicht nur in Zusammenhang mit einem Ruf stattfinden kann.

3 Abbildung des Informationsflusses zwischen FEs auf einen Signalisiermeldungsfluß zwischen PEs

Die Abbildung des Informationsflusses zwischen Functional Entities auf einen Signalisiermeldungsfluß zwischen Physical Entities hat zwei Aspekte: a) die Zuordnung von symbolischen FEs eines Dienstszenarios zu konkreten FEs und b) die Abbildung konkreter FEs in PEs. Innerhalb eines Dienstszenarios können etwa mehrere gleichartige FEs beteiligt sein, so zum Beispiel SDF^{local} und $SDF^{home.}$ Welche konkreten FEs (in welchen PEs) dies sind, ergibt sich unter Umständen erst aus dem Ursprung des Szenarios und aus der Identität des Teilnehmers. Im Werkzeug wurde dieser Aspekt durch dienstszenario- und ursprungsabhängige Wahrscheinlichkeiten für bestimmte FEs bzw. PEs berücksichtigt. Wichtig ist dabei auch, Informationsfluß bzw. Signalisiermeldungsfluß außerhalb des INAP (Intelligent Network Application Part) zu betrachten, so etwa ISUP-Signalisierung. Schließlich ist zu beachten, in welcher Weise Operationen des INAP auf TCAP-Meldungen abgebildet werden; so können beispielsweise mehrere Operationen in eine TCAP-Meldung verpackt werden.

Die Plazierung bestimmter FEs in bestimmten PEs ist ein wichtiger Aspekt der Netzstruktur. Hier gibt es sehr viele Freiheitsgrade, die zur Optimierung der Signalisierung oder auch zur Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten genutzt werden können. Im CS-1 sind *Service Switching Function / Call Control Function* (SSF/CCF), *Service Control Function* (SCF), *Service Data Function* (SDF) und *Spezialized Resource Function* (SRF) wesentlich. Darüberhinaus kann für nicht rufbezogenen Dienstzugang noch *Service Control Access Function* (SCAF) betrachtet werden, was nicht im CS-1 enthalten ist.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Abbildung von Informationsfluß auf Signalisiermeldungsfluß ist die Frage der Adressierung von FEs bzw. PEs. Die Adresse einer FE kann lokal vorhanden sein, das heißt mit Hilfe des Service Managements bereitgestellt werden. Die Adressierung kann sich jedoch auch auf Fähigkeiten des Signalisiersystems abstützten, so etwa auf das SCCP Global Title Routing im Signalisiersystem Nr. 7, das auch zur redundanten Netzauslegung genutzt werden kann. Schließlich ist auch die direkte Nutzung eines Directory-Services denkbar, was wiederum einen gewissen Signalisieraufwand zur Folge hätte.

4 Leistungsuntersuchung

Unter Berücksichtigung von Verkehrsmatrizen für alle Dienstszenarien sowie der zugehörigen Aufteilung auf alternative PEs ergibt sich schließlich ein quantifizierbarer Austausch von Signalisiermeldungen unterschiedlicher Länge zwischen den PEs des Netzes, sowie die Belastung einzelner PEs durch Functional Entity Actions (FEAs). Allein diese Ergebnisse ermöglichen eine Aussage über die Leistungsfähigkeit der Netzstruktur. Fügt man der Betrachtung noch die Struktur des Signalisiernetzes hinzu, so erhält man die Auslastung der PEs durch FEAs und durch Signalisierprotokollfunktionen, sowie die Auslastung der Signalisierpunkte und Signalisierverbindungen des Signalisiernetzes, wobei hier auch noch IN- bzw. mobilitätsverwaltungsunabhängige Signalisierlast berücksichtigt werden kann.

Modelliert man schließlich die PEs und die Signalisierpunkte als Wartesysteme ([13],[1]), so kann man mit analytischen Methoden Leistungsuntersuchungen durchführen[1] und dabei wichtige Größen, wie die mittlere Rufaufbauzeit, die mittlere Dauer eines Handovers und die mittlere Dauer des Einbuchvorgangs oder einer Ortsaktualisierung, bestimmen.

5 Fallstudie

Als illustrierendes Beispiel soll der UPT-ähnliche Dienst des „Intelligent Network User‘s Guide for Capability Set 1“ (Q.1219, [7]) in drei unterschiedlichen Netzstrukturen betrachtet werden.

Dieser Dienst wurde gewählt, da er typische Szenarien zur Mobilitätsverwaltung enthält, dabei aber CS-1-konform bleibt, und damit mit dem Werkzeug untersucht werden kann. Bei diesem Dienst bietet sich dem Teilnehmer die Möglichkeit, sich an beliebigen Endgeräten zu registrieren. Dort ist er dann, bis er sich wieder deregistriert, erreichbar. Rufe, die er von diesem Endgerät aus führt, gehen auf seine Kosten. Vor einer Registrierung, Deregistrierung oder einem ausgehenden Ruf muß der Teilnehmer sich authentifizieren. Die Nummer des Endgeräts, an dem ein Teilnehmer registriert ist, wird in dem ihm zugeordneten SDP (SDF^{home}) gehalten. Vor einem Rufaufbau muß die Teilnehmernummer in die Endgerätnummer umgesetzt werden.

Die untersuchten Netzstrukturen unterscheiden sich im wesentlichen durch die Plazierung der für die Mobilitätsverwaltung notwendigen Dienststeuerlogik (SCF) und die Plazierung der $SDFs^{home}$. Bei einer modernen Infrastruktur kann man davon ausgehen, daß SSF/CCF und SCAF relativ nah Teilnehmer lokalisiert sind, wobei sich SRF im allgemeinen bei SSF/CCF befindet.

Die drei untersuchten Netzstrukturen sind in **Bild 2** dargestellt. Die Teilnehmer können sich zwischen Endgeräten bewegen, die sich an den SSPs der unteren Ebene befinden. Struktur *a* ist „GSM-ähnlich“, d.h. SCF befindet sich relativ nah am Teilnehmer (MSC/VLR), SDF^{home} (HLR) ist dagegen eher zentral lokalisiert. Im Beispiel gibt es zwei SDPs (HLRs) auf der oberen Ebene, die je die Hälfte der Teilnehmer verwalten. Struktur *b* ist „IN-ähnlich“, d.h. SCF und SDFhome sind eher zentral plaziert. Auf der oberen Ebene befinden sich zwei SCPs, die jeweils die beiden unterhalb liegenden SSPs „bedienen“. Die SDPs sind wie in Struktur *a* plaziert und ausgelegt. Struktur *c* schließlich berücksichtigt sicherheitstechnische Aspekte und ist hypothetischer Natur. Die SCFs sind wie in Struktur *a* verteilt, für die Daten über den momentanen Aufenthaltsort des Teilnehmers wird jedoch angenommen, daß sie sich in irgendeiner Weise im Kontrollbereich des Teilnehmers befinden, etwa in einem Art SDP bei ihm zuhause („HomeSDP-Struktur“).

PEs auf der oberen Ebene haben jeweils die doppelte Leistungsfähigkeit von PEs auf der unteren Ebene. Ebenso sind die zugehörigen Signalisierpunkte (SPs) der oberen Ebene leistungsfähiger als die SPs der unteren Ebene (doppelte Zahl an Prozessoren für TCAP und SCCP). Die SPs sind mit je 4 Signalisierlinks (64kBit/s) verbunden, wovon für je zwei davon ein MTP-Prozessor zuständig ist. Die Verarbeitungszeiten sowohl in den IN-Komponenten als auch in den SPs sind willkürlich gewählt.

1 Die Leistungsuntersuchung erfolgt mit Hilfe eines Dekompositionsansatzes, wobei die einzelnen Komponenten als $\Sigma M_i/G_i/1$-Systeme mit meldungsabhängigen Bedienzeiten, Prioritäten und Rückkopplungen modelliert werden, für die exakte Verfahren zur Berechnung von mittleren Durchlaufzeiten je Meldungstyp existieren.

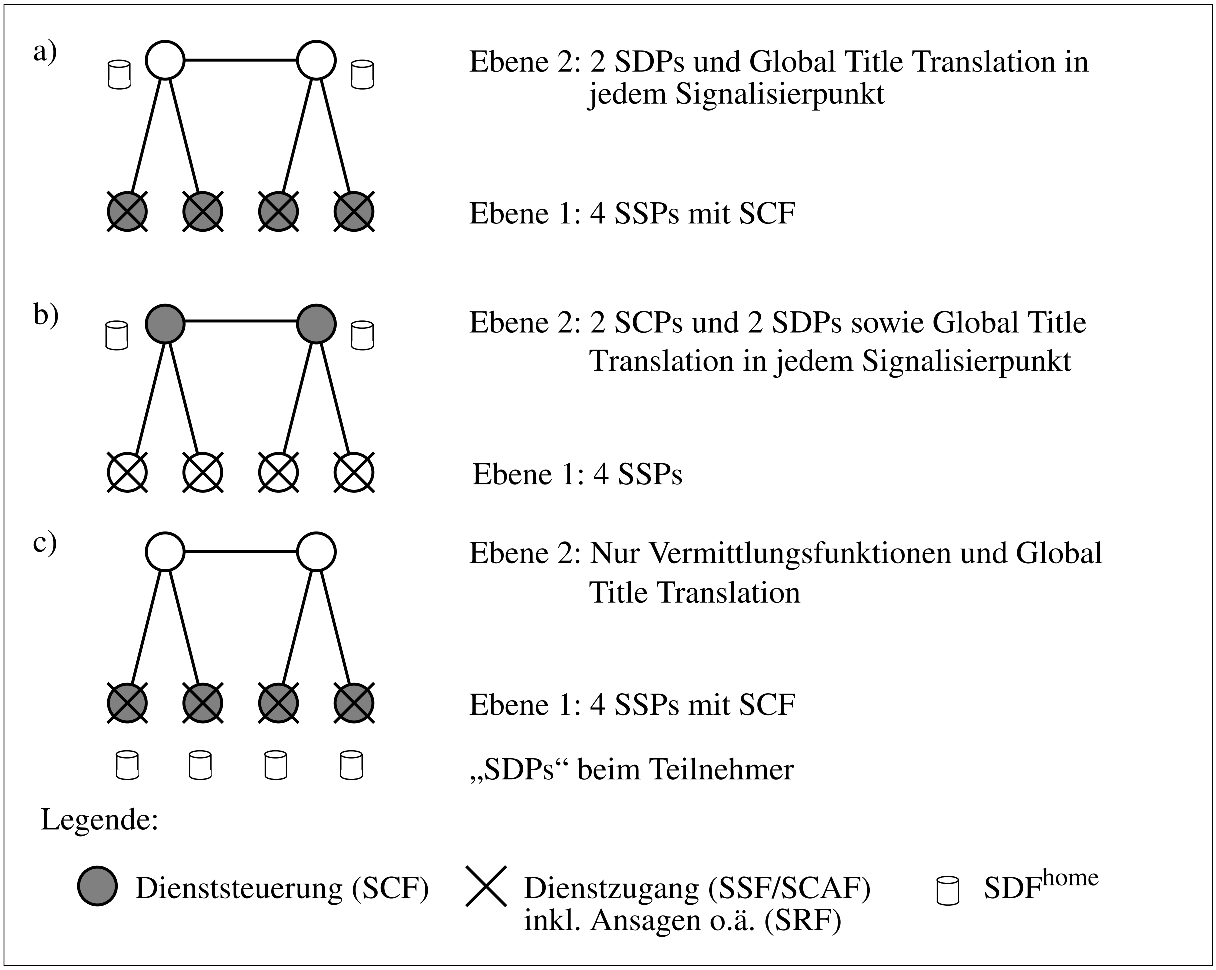

Bild 2 Untersuchte Netzstrukturen: a) „GSM-Struktur“, b) „IN-Struktur“ und c) „HomeSDP-Struktur“

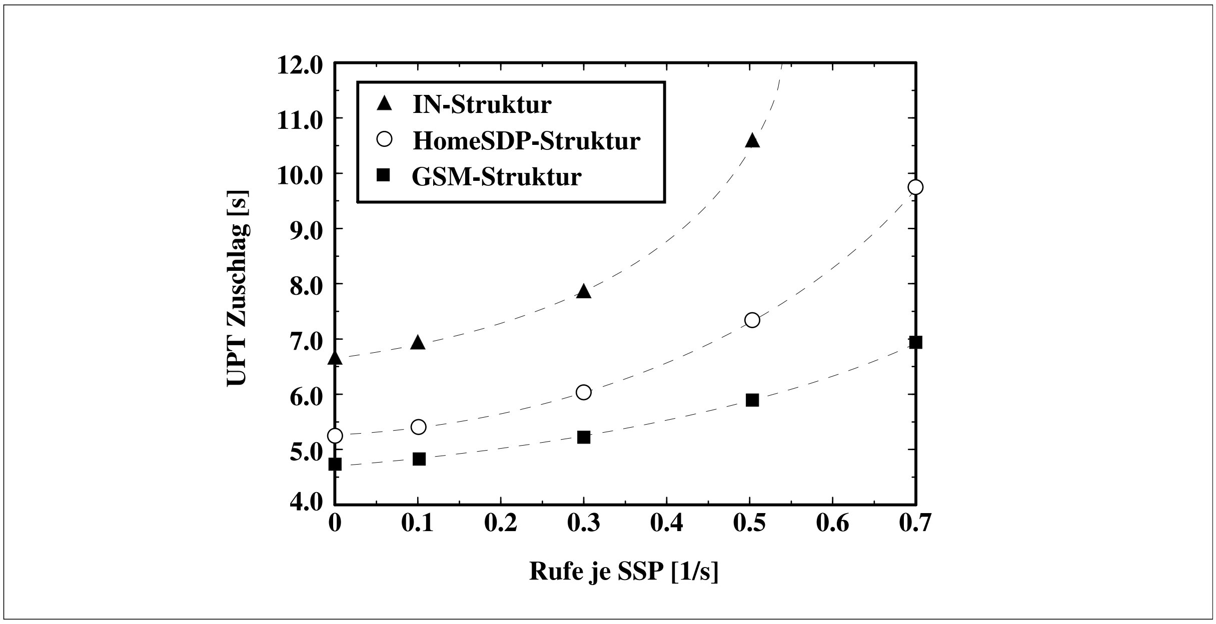

Bild 3 Mittlerer zeitlicher Zuschlag für einen UPT-Rufaufbau im Vergleich zu einem ISDN-Rufaufbau für die drei untersuchten Netzstrukturen bei unterschiedlicher Rufrate.

Der Einfachheit halber wurde angenommen, daß alle Teilnehmer UPT-Teilnehmer sind, sich mit gleicher Wahrscheinlichkeit an einem der vier SSPs befinden, der Verkehr symmetrisch ist, und das Verhältnis Registrierung:Deregistrierung:Ruf 1:1:1 beträgt.

Ermittelt man nun für die drei Strukturen bei unterschiedlicher Last den mittleren zeitlichen Zuschlag, der sich bei einem UPT-Rufaufbau im Vergleich zu einem ISDN-Rufaufbau ergibt, so erhält man die Kurven in **Bild 3**.

Bei der „IN-Struktur" ergibt sich in allen Fällen der größte Zuschlag, der durch den intensiven Austausch von Meldungen zwischen SCP und SSP über das Signalisiernetz bedingt ist. Dies ist auch die Struktur, die als erste an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit kommt (bei ca. 0.57 Rufen, Registrierungen und Deregistrierungen je SSP je Sekunde). Für die „GSM-Struktur" ergibt sich der geringste mittlere Zuschlag, während die „HomeSDP-Struktur" im Vergleich dazu durch die im Mittel längeren Wege zwischen SCP und SDP etwas schlechter abschneidet.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine Vorgehensweise zur Bestimmung des Signalisiermeldungsflusses in einem Netz mit IN-Infrastruktur vorgestellt. Diese Vorgehensweise kann auch auf die Analyse des Signalisiermeldungsflusses zur Mobilitätsverwaltung in Mobilkommunikationssystemen angewandt werden. Es wurde ein Werkzeug vorgestellt, das auf dieser Vorgehensweise beruht und das zur Zeit in der Lage ist, den Signalisiermeldungsfluß CS-1-konformer Dienste zu ermitteln. Anhand eines einfachen Beispiels wurden Ergebnisse des Werkzeugs präsentiert. Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms Mobilkommunikation wird dieses Werkzeug so ausgebaut, daß es Capability Sets, die alle Anforderungen der Mobilitätsverwaltung erfüllen, unterstützen kann.

Danksagung

Gedankt werden soll an dieser Stelle Herrn Dipl.-Ing. A. Kandulski für die während seiner Diplomarbeit geleistete Arbeit.

Dieser Artikel entstand im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms Mobilkommunikation.

Literatur

[1] Bafutto, M., „A Modelling Approach for the Intelligent Network Application Protocol". *ITG-Fachbericht 124, Mobile Kommunikation, Vorträge der ITG-Fachtagung, September 1993, Neu-Ulm*. Berlin: vde-verlag, 1993. S. 263-275.

[2] Bafutto, M., P.J. Kühn, G. Willmann und J. Zepf, „A Capacity and Performance Planning Tool for Signalling Networks based on CCITT Signalling System No. 7", *Intelligent Networks - The Path to Global Networking*. Hg. P.W. Bayliss. Washington: IOS Press, 1992. S. 368-379.

[3] Bafutto, M. und P.J. Kühn, „Capacity and Performance Analysis for Signalling Networks Supporting UPT", *Proc. of the 8th ITC Specialist Seminar on Universal Personal Telecommunication*, Santa Margherita Ligure (Genua), Italien. 1992. S. 201-213.

[4] Bafutto, M., P.J. Kühn und G. Willmann, „Capacity and Performance Analysis of Signaling Networks in Multivendor Environments“. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 3, S. 490-500, April 1994.

[5] Grillo, D., „Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS) - Teletraffic and Performance Issues“, *Teletraffic and Datatraffic, Socio-Economic Aspects, ITC-13 Copenhagen*. Amsterdam: North-Holland, 1992, S. 271-276.

[6] ITU-T, „Specifications of Signalling System No. 7“, *ITU-T Recommendations Q.700 Series*. Genf: International Telecommunication Union, 1993.

[7] ITU-T, „Intelligent Network Recommendation“, *ITU-T Recommendations Q.1200 Series.* Genf: International Telecommunication Union, 1993.

[8] Katoen, J.-P., A. Saïdi und I. Baccaro, „A UMTS Network Architecture“, *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 285-289.

[9] Mitts, H., „Dynamic Allocation of Functions to Nodes“, *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 314-318.

[10] Reichardt, U. und B. Heilig, „Service Creation im Intelligenten Netz (IN) - Der Schlüssel zum Erfolg“. *taschenbuch der telekom praxis 1995*. Hg. B. Seiler. Berlin: Schiele & Schön, 1995. S. 260-290.

[11] Tornow, W.(Bearb.), *Taschenbuch der Nachrichtentechnik*. Hg. Alcatel SEL AG, Stuttgart. Berlin: Schiele & Schön, 1994. S. 67.

[12] Van den Broek, W. und K. Georgokitsos, „Impact of UMTS Development on IN Standardisation“, *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 295-298 .

[13] Willmann, G. und P.J. Kühn, „Performance Modeling of Signaling System No. 7“, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 28, No. 7, S. 44-56, Juli, 1990.

Untersuchung des Signalisiermeldungsflusses bei IN-basierter Mobilitätsverwaltung

Michael Schopp, Marcos Bafutto*
Universität Stuttgart, Institut für Nachrichtenvermittlung und Datenverarbeitung
Prof. Dr.-Ing. P. Kühn, Seidenstr. 36, D-70174 Stuttgart
E-Mail: schopp@ind.uni-stuttgart.d400.de

* unterstützt durch CAPES Brazil (Grant 9532/88-15),
inzwischen bei Telecommunicações Brasileiras S.A. - Telebrás

Kurzfassung

Mobilkommunikationssysteme der dritten Generation sollen sich auf eine bestehende (Fest-) Netzinfrastruktur abstützen können. Dazu soll auch auf bereits im Netz vorhandene Steuermechanismen zurückgegriffen werden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei das Konzept des Intelligenten Netzes (IN), welches ursprünglich für die schnelle und flexible Einführung von Mehrwertdiensten erstellt wurde, das aber auch dazu geeignet ist, die Mobilitätsverwaltung von Teilnehmern und Endgeräten zu unterstützen.

In diesem Artikel soll eine Vorgehensweise zur werkzeugunterstützten Ermittlung des Signalisiermeldungsflusses zur Mobilitätsverwaltung dargestellt werden, die sich stark an das abstrakte IN-Modell (IN Conceptual Model) anlehnt. Dabei wird von der Beschreibung der zur Mobilitätsverwaltung gehörigen Dienstlogik ausgegangen und gezeigt, wie diese durch Abbildungen auf die verschiedenen Ebenen des abstrakten IN-Modells schließlich in Form des Austauschs von Signalisiermeldungen dargestellt werden kann. Bei jeder dieser Abbildungen müssen bestimmte Randbedingungen beachtet werden, und jede dieser Abbildungen hat gewisse Freiheitsgrade, die es erlauben, das Gesamtsystem unter unterschiedlichen Gesichtspunkten zu optimieren. Als Beispiel sei die Zuordnung von Functional Entities (FEs) auf der verteilten funktionalen Ebene zu Physical Entities (PEs) auf der physikalischen Ebene genannt.

Der so ermittelte Signalisiermeldungsfluß kann dann verwendet werden, um die Auslastung sowohl der Physical Entities im Intelligenten Netz als auch der einzelnen Komponenten des zugehörigen Signalisiernetzes zu bestimmen, bzw. die Anforderungen an diese Komponenten zu identifizieren. Modelliert man schließlich diese Komponenten als Wartesysteme, so kann man mit analytischen Methoden Leistungsuntersuchungen durchführen und dabei die Leistungsfähigkeit verschiedener Netzstrukturen vergleichen.

1 Einleitung

Zukünftige Mobilkommunikationssysteme sollen so entworfen werden, daß sie sich auf bestehende Infrastruktur (PSTN, ISDN, B-ISDN) abstützen, persönliche und Dienste-Mobilität unterstützen und in einer Vielzahl von Umgebungen genutzt werden können ([5]). Die angestrebte Integration in bestehende Infrastruktur soll mit Hilfe des Konzepts des Intelligenten Netzes (IN) geschehen ([8]). Das Konzept des IN wurde entworfen, um die schnelle und effiziente Einführung neuer Dienste in Telekommunikationssysteme zu unterstützen ([7]). Die Standardisierung

bei ITU-T und ETSI erfolgt evolutionär. Ein geschlossener Satz von Empfehlungen bildet ein sogenanntes Capability Set (CS), das Standards für eine Gruppe von IN-Leistungsmerkmalen vorgibt ([11]). Dienste, die die Mobilität des Benutzers unterstützen, werden im einzigen von der ITU bisher verabschiedeten Capability Set CS-1 (Q.121x) nur unzureichend ermöglicht. Bemühungen, die Anforderung von Mobilkommunikationssystemen der dritten Generation in die Standardisierung zukünftiger Capability Sets einfließen zu lassen, sind in vollem Gange ([12]).

Neben der vereinfachten Integration in die bestehende Infrastruktur bietet der Ansatz, die Mobilitätsverwaltung im Rahmen des abstrakten IN-Modells (IN Conceptual Model, **Bild 1**) zu betrachten, jedoch noch weitere erkenntnistheoretische Vorteile. So kann etwa auf der Dienstebene (Service Plane) das Zusammenspiel von Mehrwertdiensten und Mobilitätsverwaltung (Service Interaction, Service Feature Interaction) untersucht werden. Ebenso kann die Gruppierung von Functional Entities (FEs) zu Functional Groups (FGs) und ihre Abbildung auf Physical Entities (PEs) im Rahmen des Modells betrachtet werden ([9]).

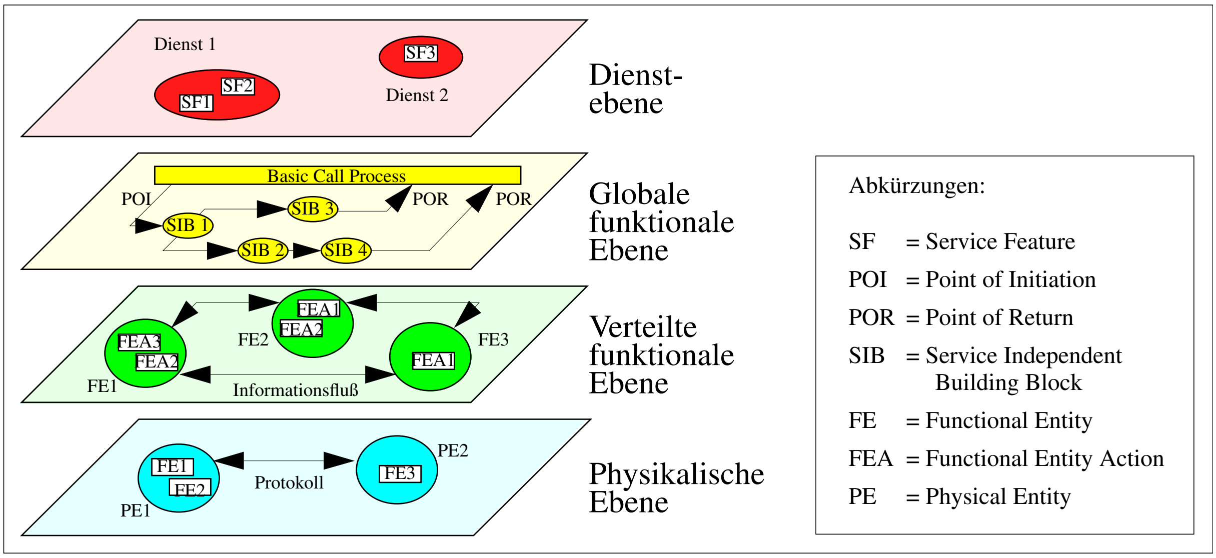

Bild 1 Das abstrakte IN-Modell

ISDN, GSM und IN stützen sich auf ein leistungsfähiges Signalisiernetz ([6]) ab. Mobilkommunikationssysteme der dritten Generation werden dies in noch viel stärkerem Maße tun müssen. Insbesondere das Signalisiersystem im Festnetz muß in der Lage sein, die Mobilität von Diensten, Benutzern und Endgeräten durch schnelle und zuverlässige Signalisierung zu ermöglichen. Es ist daher außerordentlich wichtig, die Anforderungen an das Signalisiersystem frühzeitig zu identifizieren und Leistungsuntersuchungen sowohl des Signalisiernetzes als auch der beteiligten Instanzen der Mobilitätsverwaltung durchzuführen. Aufbauend auf ein Werkzeug zur Analyse des Signalisiersystems Nr. 7 (SS7) ([2],[3],[4],[13]) und einem Konzept für ein IN-Planungswerkzeug ([1]) wurde eine Werkzeugumgebung geschaffen, die es ermöglicht, aus der Definition von Diensten in Form von Service Independent Building Blocks (SIBs), Aussagen über die Leistungsfähigkeit der IN-Infrastruktur und des Signalisiernetzes zu machen. Dies geschieht über mehrere Abbildungen und unter Berücksichtigung von Randbedingungen wie Verkehrsmatrizen, lokaler Zuordnung von FEs zu PEs, Netzstruktur und zusätzlicher Signalisierung für gewöhnliche ISDN-Rufe. Die gewonnenen Ergebnisse beinhalten die Auslastung von SS7-Netzelementen und IN-Komponenten, die Verteilung der Signalisierlast auf verschiedene Signalisierverbindungen und die Laufzeiten von Signalisiermeldungen durch das Netz, sowie Verweilzeiten in IN-Komponenten. Aus den Ergebnissen können beispielsweise

Aussagen über Verbindungsaufbauzeit, Handover-Dauer und Dauer einer Registrierung gewonnen werden. Außerdem bietet sich die Möglichkeit, mit Hilfe des Werkzeugs verschiedene Netzarchitekturen zu vergleichen.

In diesem Artikel wird das schrittweise Vorgehen zur Ermittlung des Signalisermeldungsflusses bei IN-basierter Mobilitätsverwaltung beschrieben, und ein einfaches Analysebeispiel präsentiert. Das Werkzeug ist zur Zeit nur in der Lage, Szenarien, die CS-1-konform sind, zu realisieren, wird jedoch an folgende Capability Sets angepaßt.

2 Beschreibung der Dienstlogik und Abbildung auf Informationsfluß zwischen Functional Entities

Die von der ITU-T in Capability Set 1 vorgeschlagenen Service Independent Building Blocks (SIBs) gelten als für die Diensterstellung (Service Creation) wenig geeignet ([10]). Das Konzept, dienstunabhängige Funktionsbausteine, die bestimmte Fähigkeiten des Netzes zur Diensterbringung repräsentieren, zu verwenden, ist dagegen allgemein gängig. Für ein Werkzeug zur Ermittlung des Signalisiermeldungsflusses genügt eine relativ einfache Dienstablaufbeschreibung, die durch die Verkettung von SIBs, analog den ITU-T Vorschlägen, erfolgen kann.

Betrachtet man die Dienstlogikbeschreibung mit dem Ziel, daraus den zugehörigen Informationsfluß zwischen FEs abzuleiten, so ist die Folge der SIBs alleine noch nicht ausreichend. Diese Folge kann nur einen groben Rahmen beschreiben, der im allgemeinen noch dienstspezifisch gefüllt werden muß. Für das Werkzeug wurde folgender Weg gewählt: Die Dienstlogikbeschreibung, die parallel ablaufende SIB-Ketten beinhalten kann, wird durch serielle Abläufe dargestellt (**Serialisierung**). Innerhalb der Dienstlogik kann es zu Verzweigungen kommen. Verschiedene mögliche Dienstabläufe werden als unterschiedliche Dienstszenarien dargestellt (**Linearisierung**). Im allgemeinen besteht das Dienstszenario dann aus einer Initialisierung durch das Basic Call Model, einer Folge von SIBs und einem Abschluß im Basic Call Model[1]. Schließlich existiert zu jedem SIB ein Katalog sogenannter „Sub-SIBs“, die unterschiedliche Abläufe innerhalb eines SIBs repräsentieren. Die Wahl des entsprechenden Sub-SIBs (**Verfeinerung**) ist zum einen durch den Ausgang des SIBs (also durch das Dienstszenario) festgelegt, und zum anderen durch dienstspezifisches Wissen. So kann beispielsweise das CS-1 SIB *Service Data Management* zum einen erfolgreich oder mit Fehler enden und zum anderen das Anfordern eines Datums oder das Ändern eines Datums bedeuten, was zu jeweils anderem Informationsfluß führt. Neben der Verfeinerung der SIBs muß außerdem noch eine dienstspezifische **Parametrisierung** erfolgen. Dazu gehören zum einen symbolische Bezeichner für FEs (Beispiel: SDF^{local} bzw. SDF^{home}) und zum anderen Informationen, die die Länge der später verwendeten Signalisiermeldungen beeinflussen.

Somit kann die Dienslogikbeschreibung auf verschiedene Dienstszenarien mit einem parametrisierten Informationsfluß zwischen (symbolisch bezeichneten) Functional Entities abgebildet werden.

1 Der Begriff Basic Call Model der ITU-T ist etwas irreführend, da das Auslösen eines Dienstlogikablaufs nicht nur in Zusammenhang mit einem Ruf stattfinden kann.

3 Abbildung des Informationsflusses zwischen FEs auf einen Signalisiermeldungsfluß zwischen PEs

Die Abbildung des Informationsflusses zwischen Functional Entities auf einen Signalisiermeldungsfluß zwischen Physical Entities hat zwei Aspekte: a) die Zuordnung von symbolischen FEs eines Dienstszenarios zu konkreten FEs und b) die Abbildung konkreter FEs in PEs. Innerhalb eines Dienstszenarios können etwa mehrere gleichartige FEs beteiligt sein, so zum Beispiel SDF^{local} und $SDF^{home.}$ Welche konkreten FEs (in welchen PEs) dies sind, ergibt sich unter Umständen erst aus dem Ursprung des Szenarios und aus der Identität des Teilnehmers. Im Werkzeug wurde dieser Aspekt durch dienstszenario- und ursprungsabhängige Wahrscheinlichkeiten für bestimmte FEs bzw. PEs berücksichtigt. Wichtig ist dabei auch, Informationsfluß bzw. Signalisiermeldungsfluß außerhalb des INAP (Intelligent Network Application Part) zu betrachten, so etwa ISUP-Signalisierung. Schließlich ist zu beachten, in welcher Weise Operationen des INAP auf TCAP-Meldungen abgebildet werden; so können beispielsweise mehrere Operationen in eine TCAP-Meldung verpackt werden.

Die Plazierung bestimmter FEs in bestimmten PEs ist ein wichtiger Aspekt der Netzstruktur. Hier gibt es sehr viele Freiheitsgrade, die zur Optimierung der Signalisierung oder auch zur Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten genutzt werden können. Im CS-1 sind *Service Switching Function / Call Control Function* (SSF/CCF), *Service Control Function* (SCF), *Service Data Function* (SDF) und *Spezialized Resource Function* (SRF) wesentlich. Darüberhinaus kann für nicht rufbezogenen Dienstzugang noch *Service Control Access Function* (SCAF) betrachtet werden, was nicht im CS-1 enthalten ist.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Abbildung von Informationsfluß auf Signalisiermeldungsfluß ist die Frage der Adressierung von FEs bzw. PEs. Die Adresse einer FE kann lokal vorhanden sein, das heißt mit Hilfe des Service Managements bereitgestellt werden. Die Adressierung kann sich jedoch auch auf Fähigkeiten des Signalisiersystems abstützten, so etwa auf das SCCP Global Title Routing im Signalisiersystem Nr. 7, das auch zur redundanten Netzauslegung genutzt werden kann. Schließlich ist auch die direkte Nutzung eines Directory-Services denkbar, was wiederum einen gewissen Signalisieraufwand zur Folge hätte.

4 Leistungsuntersuchung

Unter Berücksichtigung von Verkehrsmatrizen für alle Dienstszenarien sowie der zugehörigen Aufteilung auf alternative PEs ergibt sich schließlich ein quantifizierbarer Austausch von Signalisiermeldungen unterschiedlicher Länge zwischen den PEs des Netzes, sowie die Belastung einzelner PEs durch Functional Entity Actions (FEAs). Allein diese Ergebnisse ermöglichen eine Aussage über die Leistungsfähigkeit der Netzstruktur. Fügt man der Betrachtung noch die Struktur des Signalisiernetzes hinzu, so erhält man die Auslastung der PEs durch FEAs und durch Signalisierprotokollfunktionen, sowie die Auslastung der Signalisierpunkte und Signalisierverbindungen des Signalisiernetzes, wobei hier auch noch IN- bzw. mobilitätsverwaltungsunabhängige Signalisierlast berücksichtigt werden kann.

Modelliert man schließlich die PEs und die Signalisierpunkte als Wartesysteme ([13],[1]), so kann man mit analytischen Methoden Leistungsuntersuchungen durchführen[1] und dabei wichtige Größen, wie die mittlere Rufaufbauzeit, die mittlere Dauer eines Handovers und die mittlere Dauer des Einbuchvorgangs oder einer Ortsaktualisierung, bestimmen.

5 Fallstudie

Als illustrierendes Beispiel soll der UPT-ähnliche Dienst des „Intelligent Network User's Guide for Capability Set 1" (Q.1219, [7]) in drei unterschiedlichen Netzstrukturen betrachtet werden.

Dieser Dienst wurde gewählt, da er typische Szenarien zur Mobilitätsverwaltung enthält, dabei aber CS-1-konform bleibt, und damit mit dem Werkzeug untersucht werden kann. Bei diesem Dienst bietet sich dem Teilnehmer die Möglichkeit, sich an beliebigen Endgeräten zu registrieren. Dort ist er dann, bis er sich wieder deregistriert, erreichbar. Rufe, die er von diesem Endgerät aus führt, gehen auf seine Kosten. Vor einer Registrierung, Deregistrierung oder einem ausgehenden Ruf muß der Teilnehmer sich authentifizieren. Die Nummer des Endgeräts, an dem ein Teilnehmer registriert ist, wird in dem ihm zugeordneten SDP (SDF^{home}) gehalten. Vor einem Rufaufbau muß die Teilnehmernummer in die Endgerätnummer umgesetzt werden.

Die untersuchten Netzstrukturen unterscheiden sich im wesentlichen durch die Plazierung der für die Mobilitätsverwaltung notwendigen Dienststeuerlogik (SCF) und die Plazierung der $SDFs^{home}$. Bei einer modernen Infrastruktur kann man davon ausgehen, daß SSF/CCF und SCAF relativ nah Teilnehmer lokalisiert sind, wobei sich SRF im allgemeinen bei SSF/CCF befindet.

Die drei untersuchten Netzstrukturen sind in **Bild 2** dargestellt. Die Teilnehmer können sich zwischen Endgeräten bewegen, die sich an den SSPs der unteren Ebene befinden. Struktur *a* ist „GSM-ähnlich", d.h. SCF befindet sich relativ nah am Teilnehmer (MSC/VLR), SDF^{home} (HLR) ist dagegen eher zentral lokalisiert. Im Beispiel gibt es zwei SDPs (HLRs) auf der oberen Ebene, die je die Hälfte der Teilnehmer verwalten. Struktur *b* ist „IN-ähnlich", d.h. SCF und SDFhome sind eher zentral plaziert. Auf der oberen Ebene befinden sich zwei SCPs, die jeweils die beiden unterhalb liegenden SSPs „bedienen". Die SDPs sind wie in Struktur *a* plaziert und ausgelegt. Struktur *c* schließlich berücksichtigt sicherheitstechnische Aspekte und ist hypothetischer Natur. Die SCFs sind wie in Struktur *a* verteilt, für die Daten über den momentanen Aufenthaltsort des Teilnehmers wird jedoch angenommen, daß sie sich in irgendeiner Weise im Kontrollbereich des Teilnehmers befinden, etwa in einem Art SDP bei ihm zuhause („HomeSDP-Struktur").

PEs auf der oberen Ebene haben jeweils die doppelte Leistungsfähigkeit von PEs auf der unteren Ebene. Ebenso sind die zugehörigen Signalisierpunkte (SPs) der oberen Ebene leistungsfähiger als die SPs der unteren Ebene (doppelte Zahl an Prozessoren für TCAP und SCCP). Die SPs sind mit je 4 Signalisierlinks (64kBit/s) verbunden, wovon für je zwei davon ein MTP-Prozessor zuständig ist. Die Verarbeitungszeiten sowohl in den IN-Komponenten als auch in den SPs sind willkürlich gewählt.

---

1 Die Leistungsuntersuchung erfolgt mit Hilfe eines Dekompositionsansatzes, wobei die einzelnen Komponenten als $\Sigma M_i/G_i/1$-Systeme mit meldungsabhängigen Bedienzeiten, Prioritäten und Rückkopplungen modelliert werden, für die exakte Verfahren zur Berechnung von mittleren Durchlaufzeiten je Meldungstyp existieren.

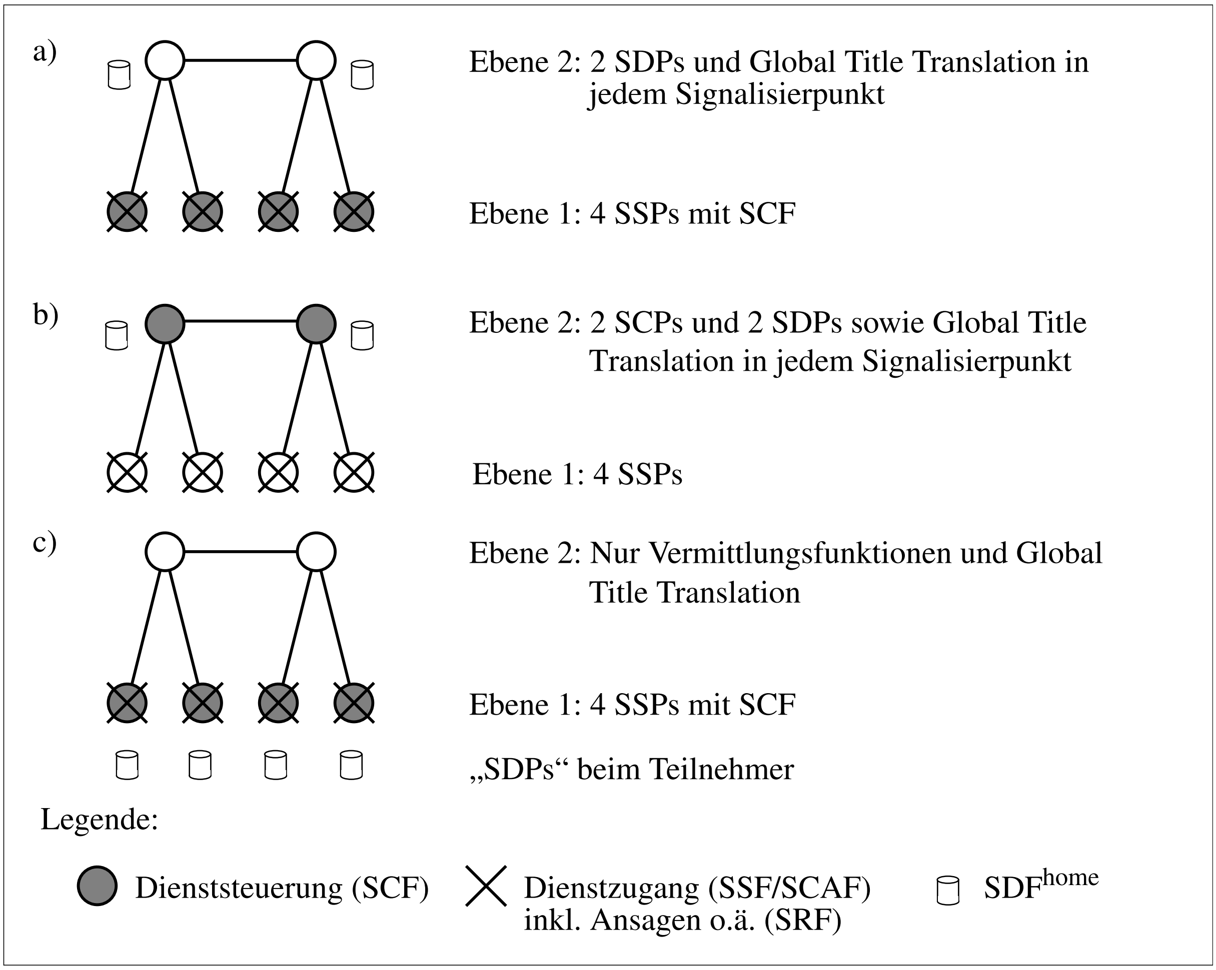

Bild 2 Untersuchte Netzstrukturen: a) „GSM-Struktur“, b) „IN-Struktur“ und c) „HomeSDP-Struktur“

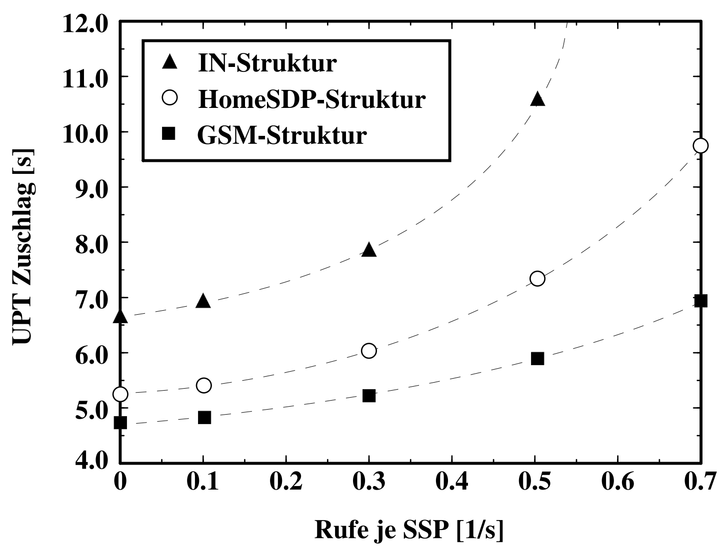

Bild 3 Mittlerer zeitlicher Zuschlag für einen UPT-Rufaufbau im Vergleich zu einem ISDN-Rufaufbau für die drei untersuchten Netzstrukturen bei unterschiedlicher Rufrate.

Der Einfachheit halber wurde angenommen, daß alle Teilnehmer UPT-Teilnehmer sind, sich mit gleicher Wahrscheinlichkeit an einem der vier SSPs befinden, der Verkehr symmetrisch ist, und das Verhältnis Registrierung:Deregistrierung:Ruf 1:1:1 beträgt.

Ermittelt man nun für die drei Strukturen bei unterschiedlicher Last den mittleren zeitlichen Zuschlag, der sich bei einem UPT-Rufaufbau im Vergleich zu einem ISDN-Rufaufbau ergibt, so erhält man die Kurven in **Bild 3**.

Bei der „IN-Struktur" ergibt sich in allen Fällen der größte Zuschlag, der durch den intensiven Austausch von Meldungen zwischen SCP und SSP über das Signalisiernetz bedingt ist. Dies ist auch die Struktur, die als erste an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit kommt (bei ca. 0.57 Rufen, Registrierungen und Deregistrierungen je SSP je Sekunde). Für die „GSM-Struktur" ergibt sich der geringste mittlere Zuschlag, während die „HomeSDP-Struktur" im Vergleich dazu durch die im Mittel längeren Wege zwischen SCP und SDP etwas schlechter abschneidet.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde eine Vorgehensweise zur Bestimmung des Signalisiermeldungsflusses in einem Netz mit IN-Infrastruktur vorgestellt. Diese Vorgehensweise kann auch auf die Analyse des Signalisiermeldungsflusses zur Mobilitätsverwaltung in Mobilkommunikationssystemen angewandt werden. Es wurde ein Werkzeug vorgestellt, das auf dieser Vorgehensweise beruht und das zur Zeit in der Lage ist, den Signalisiermeldungsfluß CS-1-konformer Dienste zu ermitteln. Anhand eines einfachen Beispiels wurden Ergebnisse des Werkzeugs präsentiert. Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms Mobilkommunikation wird dieses Werkzeug so ausgebaut, daß es Capability Sets, die alle Anforderungen der Mobilitätsverwaltung erfüllen, unterstützen kann.

Danksagung

Gedankt werden soll an dieser Stelle Herrn Dipl.-Ing. A. Kandulski für die während seiner Diplomarbeit geleistete Arbeit.

Dieser Artikel entstand im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms Mobilkommunikation.

Literatur

[1] Bafutto, M., „A Modelling Approach for the Intelligent Network Application Protocol". *ITG-Fachbericht 124, Mobile Kommunikation, Vorträge der ITG-Fachtagung, September 1993, Neu-Ulm*. Berlin: vde-verlag, 1993. S. 263-275.

[2] Bafutto, M., P.J. Kühn, G. Willmann und J. Zepf, „A Capacity and Performance Planning Tool for Signalling Networks based on CCITT Signalling System No. 7", *Intelligent Networks - The Path to Global Networking*. Hg. P.W. Bayliss. Washington: IOS Press, 1992. S. 368-379.

[3] Bafutto, M. und P.J. Kühn, „Capacity and Performance Analysis for Signalling Networks Supporting UPT", *Proc. of the 8th ITC Specialist Seminar on Universal Personal Telecommunication*, Santa Margherita Ligure (Genua), Italien. 1992. S. 201-213.

[4] Bafutto, M., P.J. Kühn und G. Willmann, „Capacity and Performance Analysis of Signaling Networks in Multivendor Environments". *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12, No. 3, S. 490-500, April 1994.

[5] Grillo, D., „Future Public Land Mobile Telecommunication Systems (FPLMTS) - Teletraffic and Performance Issues", *Teletraffic and Datatraffic, Socio-Economic Aspects, ITC-13 Copenhagen*. Amsterdam: North-Holland, 1992, S. 271-276.

[6] ITU-T, „Specifications of Signalling System No. 7", *ITU-T Recommendations Q.700 Series*. Genf: International Telecommunication Union, 1993.

[7] ITU-T, „Intelligent Network Recommendation", *ITU-T Recommendations Q.1200 Series.* Genf: International Telecommunication Union, 1993.

[8] Katoen, J.-P., A. Saïdi und I. Baccaro, „A UMTS Network Architecture", *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 285-289.

[9] Mitts, H., „Dynamic Allocation of Functions to Nodes", *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 314-318.

[10] Reichardt, U. und B. Heilig, „Service Creation im Intelligenten Netz (IN) - Der Schlüssel zum Erfolg". *taschenbuch der telekom praxis 1995*. Hg. B. Seiler. Berlin: Schiele & Schön, 1995. S. 260-290.

[11] Tornow, W.(Bearb.), *Taschenbuch der Nachrichtentechnik*. Hg. Alcatel SEL AG, Stuttgart. Berlin: Schiele & Schön, 1994. S. 67.

[12] Van den Broek, W. und K. Georgokitsos, „Impact of UMTS Development on IN Standardisation", *Proc. RACE Mobile Telecommunications Workshop, Amsterdam, May 1994*. S. 295-298 .

[13] Willmann, G. und P.J. Kühn, „Performance Modeling of Signaling System No. 7", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 28, No. 7, S. 44-56, Juli, 1990.