

Beitrag zur objektorientierten Planung  
von verbindungsorientierten Mehrdienstenetzen

Von der Gemeinsamen Fakultät für Maschinenbau und Elektrotechnik  
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

zur Erlangung der Würde eines  
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)  
genehmigte Dissertation

von: Jörg Grunenberg

aus: Lübeck

eingereicht am: 12. Juli 1999

mündliche Prüfung am : 15. März 2000

Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. Harro Lothar Hartmann

Mitberichterstatterin: Prof. Dr. rer. nat. Ursula Goltz



# Telekommunikationsnetze

Als Institutsreihe herausgegeben

von

Prof. Dr.-Ing. H. L. Hartmann

Institut für Nachrichtensysteme (INS)  
Technische Universität Braunschweig

Jörg Grunenberg

Beitrag zur objektorientierten Planung von  
verbindungsorientierten Mehrdienstnetzen

Shaker Verlag  
Aachen 2000

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Grunenberg, Jörg:*

Beitrag zur objektorientierten Planung von  
verbindungsorientierten Mehrdienstenetzen/  
Jörg Grunenberg. Aachen : Shaker, 2000

(Telekommunikationsnetze)

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-7677-2

Copyright Shaker Verlag 2000

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-7677-2

ISSN 1432-4423

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Geleitwort des Herausgebers

James Martin definierte 1993 ein Objekt durch die Aussage: 'An Object is any thing, real or abstract, about which we store data and those operations that manipulate the data'.

Bei der relativ weit entwickelten objektorientierten Programmierung geht man von gleichberechtigten und einheitlich erscheinenden Objekten aus. Diese besitzen Zustände, führen Operationen aus und können wechselseitig Nachrichten austauschen. Mit der zunehmenden Funktions- und Implementierungsvielfalt heutiger Vermittlungs- und Cross Connect Systeme als Netzknoten ist man gezwungen, den direkten Bezug zur Hardware zu verlassen und eine funktionale Abstraktion, das sogenannte Netzelement (NE) einzuführen. Dieses ist erstens stets auf einen Standort konzentriert und besitzt zweitens eine Funktionalität, welche die international spezifischen Implementierungsvarianten verschiedenster Hersteller abstrakt repräsentiert. Bei der heutigen kombinatorischen Komplexität von Kommunikationsnetzen kann deren Planung nur auf der Basis von Software-Tools oder Tool Boxes erfolgen. Wenn für diese aber die bekannten Vorteile der objektorientierten Programmierung gelten und Netze sich wie kommunizierende Objekte verhalten, resultiert die Frage, ob die Objektorientierung bei der zur Planung erforderlichen funktionalen Abstraktion der Netze, d. h. bereits im Stadium der Modellbildung, deutliche Vorleistungen für die anschließende objektorientierte Tool-Entwicklung beinhaltet?

Die Unified Modeling Language (UML) ist eine Sprache und Notation zur Spezifikation, Konstruktion, Visualisierung und Dokumentation von Modellen für Softwaresysteme. UML führt bewährte objektorientierte Ansätze vereinheitlichend zusammen und hat sich aufgrund erfolgreicher Anwendungen als Standard durchgesetzt. Relevante UML-Komponenten werden daher vom Verfasser zur objektorientierten Planung eines verbindungsorientierten Mehrdiensternetzes selektiert, an Beispielen aus dem Netzumfeld veranschaulicht und schließlich mit Modulverknüpfungen bestehender Lösungen der strukturierten Programmierung verglichen.

Das veranschlagte Mehrdiensternetz arbeitet bei exemplarisch klein gewählter Knotenzahl mit nichthierarchischer Verkehrslenkung und unsymmetrischen Verkehrsangeboten für drei Diensteklassen. Die erforderlichen Linkkapazitäten werden so bestimmt, dass die dienstespezifischen Ende zu Ende Blockierungen den angenommenen Grade of Service nicht überschreiten. Da ohne Connection Admission Controls mit Fairness gearbeitet wird, müssen die Linkkapazitäten dem ressourcenschonendsten Dienst entsprechen. Trotzdem resultieren gegenüber einem Complete Partitioning Mode für jede Diensteklasse signifikante Kapazitätsgewinne.

Schließlich wird vom ausgewählten Netzenario ausgehend eine objektorientierte Architektur entworfen, welche durch die Verwendung von UML-Komponenten auch universellere Modellierungen erlaubt. Bei invarianter Grundstruktur und Nutzung der vorgestellten Kompositionssowie Strategiemuster können daher erweiterte oder neue Netzmodelle erschlossen werden, welche zugleich den Kriterien der Objektorientierung genügen, so dass deren Vorteile bereits bei der Modellierung und dem 'draft Prototyping' wirksam werden.



## Vorwort

Das sich schnell verändernde Umfeld der Telekommunikation inklusive schnell fluktuierender Bedarfsanforderungen an die Kommunikationsnetze zwingt Netzbetreiber auf die Veränderung dieser Rahmenbedingungen zu reagieren. Für die Netzplanungstheorie und die ihr zugrunde liegenden Algorithmen führt dies seit vielen Jahren zu sich immer wieder verändernden Rahmenbedingungen. Diese Veränderungen müssen in den Programmen, die den Netzplanungsingenieur bei der Berechnung unterschiedlicher Netzszenarien unterstützen, berücksichtigt werden. Änderungen der Netztechnologien sowie Änderungen der Algorithmen müssen eingearbeitet und verifiziert werden.

In der vorliegenden Arbeit wird eine objektorientierte Modellierung für Netzplanungswerkzeuge eingeführt, die im Umfeld sich verändernder Randbedingungen und Basistechnologien eine robuste Architektur für die Planungssoftware von Kommunikationsnetzen bietet. Ein aus der Planung von kanalvermittelnden Netzen stammender, evolutionär weiterentwickelter Algorithmus zur Kapazitätsoptimierung von verbindungsorientierten Mehrdienstnetzen wird exemplarisch in die objektorientierte Modellierung eingebunden.

Die Kapazitätzuweisung bei einstufigen Mehrdienstesystemen wird erläutert, um darauf aufbauend die Kapazitätsoptimierung verbindungsorientierter Mehrdienstnetze einzuführen. Die Begriffe der Netzoptimierung, Definitionen und Algorithmen zur Lösung der vorliegenden Aufgabe werden erläutert. Unterschiede zur Kapazitätsoptimierung kanalvermittelnder Einzeldienstnetze werden dargelegt. Im Ergebnis wird eine Modellierung vorgestellt, die sich durch ihre Robustheit gegenüber Veränderungen der Rahmenbedingungen auszeichnet sowie ideale Voraussetzungen für Erweiterungen in verschiedene Richtungen bietet. Beide Eigenschaften werden im letzten thematischen Abschnitt näher beschrieben.

Angeregt und betreut wurde die Arbeit von Herrn Prof. Dr.-Ing. H. L. Hartmann, dem ich an dieser Stelle für seine Mühewaltung und die langjährige gute Zusammenarbeit danke. Frau Prof. Dr. rer. nat. U. Goltz danke ich für die kurzfristige Übernahme der Mitberichterstattung und für das Interesse an meiner Arbeit.

Mein besonderer Dank aber gilt meiner Familie und insbesondere meiner Frau Gudrun, die für mich immer ein besonderer Rückhalt waren.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung und Zielsetzung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Objektorientierte Programmierung und Modellierung</b> .....	<b>7</b>
2.1 Das Objektmodell.....	11
2.1.1 Objektorientierte Softwareentwicklung.....	11
2.1.2 Objekte und Klassen.....	16
2.1.3 Generalisierung und Vererbung.....	20
2.1.4 Verknüpfungen und Assoziationen.....	22
2.1.5 Diagrammtypen in der UML.....	24
2.2 Entwurfsmuster.....	27
2.2.1 Das Kompositionsmuster.....	28
2.2.2 Das Strategiemuster.....	30
<b>3 Algorithmen zur Kapazitätsoptimierung verbindungsorientierter     Mehrdienstenetze mit nichthierarchischer Verkehrslenkung</b> .....	<b>33</b>
3.1 Kapazitätszuweisung bei einstufigen Mehrdienstesystemen.....	37
3.1.1 Modellbildung.....	37
3.1.2 Exakte Analyse des einstufigen Mehrdienste-Verlustsystems.....	38
3.1.3 Berechnung der Mehrdiensteblockierungen nach Mitra, Morrison und Ramakrishnan.....	41
3.1.4 Berechnung der Linkkapazität.....	44
3.2 Kapazitätsoptimierung von Mehrdienstenetzen.....	48
3.2.1 Modellbildung.....	48
3.2.2 Problemdefinition.....	52
3.2.3 Fixed Point Gleichungen und Performance-Analyse.....	53
3.2.4 Mathematische Formulierung des Optimierungsproblems.....	55
3.2.5 Optimale Dimensionierung verbindungsorientierter Mehrdienstenetze als restriktionsfreies Problem.....	57
3.2.6 Unterschiede zur Kapazitätsoptimierung im Umfeld kanalvermittelnder Netze.....	64
<b>4 Eine objektorientierte Architektur für die Mehrdienstenetzplanung</b> .....	<b>67</b>
4.1 Objektorientierte Elemente der Netzplanung.....	68
4.1.1 Netzelemente.....	68

4.1.2 Planungsalgorithmen.....	71
4.2 Die Architektur in UML-Notation.....	74
4.2.1 Klassendiagramm.....	74
4.2.2 Sequenzdiagramme.....	82
4.3 Die Aggregationen in der Netzplanungsmodellierung.....	85
4.3.1 Aggregationen in der Netzrepräsentation.....	85
4.3.2 Aggregationen in der Algorithmenanbindung.....	86
4.3.3 Veränderungen der Aggregationen zur Laufzeit.....	87
<b>5 Ergebnisse und Diskussion.....</b>	<b>89</b>
5.1 Vergleich strukturierte <-> objektorientierte Modellierung.....	90
5.1.1 Funktionsstruktur und objektorientierte Modellierung.....	90
5.1.2 Funktionsaufrufe.....	92
5.2 Aufwandsvergleich beim Übergang zur Mehrdienstedimensionierung.....	94
5.3 Erweiterungsmöglichkeiten in der objektorientierten Modellierung.....	96
5.3.1 Partial Network Sizing.....	96
5.3.2 Fairmeßverfahren.....	96
5.4 Laufzeitverhalten.....	98
<b>6 Zusammenfassung nebst Schlußfolgerungen.....</b>	<b>101</b>
<b>7 Anhang.....</b>	<b>105</b>
7.1 Formeln zur Berechnung der Mehrdienste-Blockierung nach Mitra, Morrison und Ramakrishnan.....	105
<b>8 Quellenverzeichnis.....</b>	<b>109</b>
<b>9 Symbolverzeichnis, Glossar und Index.....</b>	<b>113</b>
9.1 Symbolverzeichnis.....	113
9.2 Glossar.....	115
9.3 Index.....	122