

Abschätzung der Anzahl der Basisstationen in QoS-orientierten 2.5G Mobilfunknetzen

**Vom Fachbereich Elektrotechnik und Informatik der
Universität Siegen**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der Ingenieurwissenschaften
(Dr.-Ing.)**

genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Andreas Kunz

1. Gutachter: Univ.- Prof. Dr. Christoph Ruland

2. Gutachter: Univ.- Prof. Dr. Klaus David

Vorsitzender: Univ.- Prof. Dr. Peter Haring-Bolivar

Tag der mündlichen Prüfung: 16.12.2005

UNIVERSITÄT SIEGEN 

**Institut für
Digitale Kommunikationssysteme**

Forschungsberichte

Herausgeber: Univ.-Prof. Dr. Christoph Ruland

Band 16

Andreas Kunz

**Abschätzung der Anzahl
der Basisstationen in
QoS-orientierten
2.5G Mobilfunknetzen**

**SHAKER
VERLAG**

Aachen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Siegen, Univ., Diss., 2005

Copyright Shaker Verlag 2006

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-4882-X

ISSN 1614-0508

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

In Erinnerung an meinen Vater

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Digitale Kommunikationssysteme der Universität Siegen.

Dem Institutsleiter, Herr Prof. Dr. rer. nat. Christoph Ruland, gilt mein besonderer Dank für die Möglichkeit der Durchführung dieser Arbeit, die stete Förderung und Diskussionsbereitschaft, die zahlreichen Ratschläge sowie die sehr guten Arbeitsbedingungen am Institut für Digitale Kommunikationssysteme.

Mein Dank gilt ferner Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus David, Leiter des Lehrstuhls Kommunikationstechnik an der Universität Kassel, für sein Interesse an dieser Arbeit und die Übernahme des Korreferates.

Auch möchte ich mich ausdrücklich bei Herrn Prof. Dr. Peter Haring-Bolivar für den Vorsitz sowie bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Günter Schröder und Herrn Prof. Dr.-Ing. Hubert Roth als Beisitzer der Promotionskommission bedanken.

Für die sehr gute und enge Zusammenarbeit in mehreren Projekten danke ich besonders meinen Kollegen Maria-Elizabeth González-Chacin und Sergiu Tcaciuc sowie Herrn Dr. Volker Rapp und Herrn Dr. Rolf Beranek von Siemens Mobile.

Weiterhin danke ich meinen Kollegen Tobias Lohmann, Luigi Lo Iacono, Natasa Zivic, Markus Dunte, Sibylle Müller, Sergej Goldyrjew, Melanie Wahl, Andreas Friesen, Seung Wook Jung, Nahmi Kang, Christoph Stepping und Thorsten Benkner für das konstruktive und sehr freundliche Arbeitsklima am Institut und Christine Haßler, Matthias Schneider und Wilfried Kahle für die organisatorische Unterstützung.

Mein besonderer Dank geht an meine Ehefrau Miwa und an meine Kinder Florian und Hanna, die mich beim Verfassen dieser Arbeit stets motiviert und unterstützt haben. Meiner Mutter und meinen Geschwistern danke ich für den ständigen Rückhalt.

Siegen, Dezember 2005

Andreas Kunz

Zusammenfassung

Die neuen Generationen der Mobilfunksysteme sowie der Endgeräte erlauben es, viele Festnetz-Dienste nun auch über das Mobiltelefon zu nutzen. Die Dienste haben unterschiedliche Ansprüche an die Übertragungsqualität, die durch die Dienstgüte (Quality of Service, QoS) beschrieben wird. In der bisherigen Mobilfunk-Netzwerkplanung wurde die Dienstgüte nur im Mobilfunk-Festnetzteil (Kernnetz) berücksichtigt, da es nicht möglich war, Dienstgüte im Funkzugangsnetz bereitzustellen. Durch die Integration der Dienstgüte in die Mobilfunknetze GPRS/EDGE und UMTS in den neueren Spezifikationen (ab Release 1999), wird es jetzt für die Netzbetreiber immer interessanter, auch ihren Kunden eine bestimmte Dienstgüte zu garantieren. Die Netzbetreiber müssen aber ihr Netzwerk entsprechend dimensionieren, damit alle Dienstgüteanforderungen der Mobilfunkteilnehmer erfüllt werden können. Aktuelle Planungstools bieten aber bisher nur eine unzureichende Dienstgüteunterstützung an.

Diese Arbeit stellt eine Lösung vor, mit der die Anzahl der Basisstationen in den QoS-orientierten Mobilfunksystemen GSM, GPRS und EDGE abgeschätzt werden kann. Die Lösung integriert die Dienstgüteunterstützung in den Planungsprozess der Funkzugangsnetze für die im Laufe dieser Arbeit ein Angebotsplanungstool entwickelt wurde.

Dabei ist von der Lösung der komplette Planungsprozess betroffen; dies beinhaltet die Untersuchung der Mechanismen, die für die Dienstgüteunterstützung hinsichtlich des Planungsprozesses relevant sind, die Architektur der Eingabeparameter, mit denen der Planungsprozess beschrieben wird und die Abdeckungs- und Kapazitätsplanung für die Abschätzung der Anzahl der Basisstationen.

Es wird eine Lösung für die Dienstgüteunterstützung der leitungsvermittelnde Technologien vorgestellt, in der die multidimensionale Erlang-B Formel verwendet wird, die mit einem Algorithmus für das Multiplexen von leitungsvermittelten Diensten, mit unterschiedlichen Blockierungsraten und unterschiedlicher Anzahl an gleichzeitig benötigten Zeitschlitzten, kombiniert wird. Die Dienstgüteunterstützung des Verkehrs der paketvermittelnden Technologien wird mit Hilfe eines Verkehrssimulators im Kapazitätsplanungsprozess erreicht. Im Verkehrssimulator werden alle Anwendungen mittels einer statistischen Beschreibung des Verkehrsmodells simuliert, und die Einhaltung ihrer Dienstgüteanforderungen wird überprüft. Der Verkehrssimulator simuliert die Luftschnittstelle unter Verwendung der durchschnittlichen Kapazität eines Datenzeitschlitzes. Alle Übertragungsfehler auf der Luftschnittstelle, Wiederholungen der Sicherungsprotokolle, Effekte der Teilnehmermobilität und die Link Adaption durch unterschiedliche Modulations- und Codierungsschemata werden in der Berechnung der durchschnittlichen Kapazität eines Datenzeitschlitzes berücksichtigt, bei der auf vorher erstellte Simulationsergebnisse zurückgegriffen wird.

Falls die angenommene Anzahl an Basisstationen die Dienstgüteanforderungen der Teilnehmer nicht erfüllen kann, wird mit einem Algorithmus die benötigte Basisstationsanzahl geschätzt, und erneut geprüft, ob jetzt die geforderte Dienstgüte unterstützt werden kann.

Abstract

The new generations of mobile communication systems as well as the terminals allow now the usage of services of the fixed network on the mobile phone. These services have different requirements according to the transmission quality, which is described by the Quality of Service (QoS) parameters. The traditional mobile network planning is taking the QoS only in the core network into account, because it was not possible to provide QoS in the radio access network. The new releases of the GPRS/EDGE and UMTS specifications support QoS in the radio access network. So, the mobile network providers are now interested to guarantee their customers QoS. For this case, the network of the mobile network providers must be dimensioned for QoS support in order to satisfy all QoS demands of the subscribers, but actual network planning tools provide only an insufficient QoS support.

This work provides a solution for the estimation of the number of base stations in the QoS-oriented mobile communication systems GMS, GPRS and EDGE. The solution integrates QoS support in the planning process of the radio access networks and an offer planning tool was developed during this work.

The solution affects the complete planning process and consists of the analysis of the mechanisms for QoS support according to their relevance in the planning process, the architecture of the input parameters and the coverage and capacity planning for the estimation of the number of required base stations.

The solution presents the QoS support for the circuit switched technologies, which applies the multidimensional Erlang-B formula in combination with an algorithm for multiplexing circuit switched services with different blocking probabilities and different numbers of simultaneously required time slots.

The QoS support of the traffic in the packet switched technologies is achieved with a traffic simulator in the capacity planning process. The traffic simulator simulates all services by means of a statistical description of the traffic model and the simulator checks the QoS requirements of all services.

The traffic simulator concentrates on the simulation of the air interface with the usage of the average capacity of a data time slot. Transmission errors in the air interface, repetitions of the protocols, effects of the user mobility and the link adaptation due to different modulation and coding schemes are considered in the computation of the average data time slot capacity that is based on previous generated simulation results.

For the case that the assumed number of base stations can not fulfill the QoS requirements of the subscribers, an algorithm estimates the number of required base stations and proves again, if the demanded QoS can be supported.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	GSM/GPRS und EDGE	5
2.1	Global System for Mobile Communications (GSM)	7
2.2	General Packet Radio Service (GPRS)	8
2.2.1	GPRS-Benutzerebene	11
2.2.1.1	GPRS Tunneling Protocol (GTP)	12
2.2.1.2	Sub-Network Dependent Convergence Protocol (SNDCP)	12
2.2.1.3	Logical Link Control (LLC)	12
2.2.1.4	Basestation Subsystem GPRS Protocol (BSSGP)	13
2.2.1.5	Radio Link Control (RLC) and Medium Access Control (MAC)	13
2.2.1.6	Physikalische Schicht	14
2.2.2	GPRS Steuerebene	16
2.3	Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)	17
2.3.1.1	EDGE Modulationstechnik	19
2.3.1.2	Codierschemata	20
2.4	High-Speed Circuit-Switched Data (HSCSD)	21
2.5	Enhanced Circuit Switched Data (ECSD)	21
3	Dienstgüte in GPRS/UMTS	25
3.1	Dienstgüteunterstützung in GPRS und UMTS	27
3.1.1	Release 1997	27
3.1.1.1	PDP-Kontext in R97	27
3.1.1.2	QoS-Profil Beschreibung	29
3.1.1.3	Auswirkungen von R97 auf die RAN-Netzwerkplanung	32
3.1.2	Release 1999	33
3.1.2.1	UMTS Dienstgütearchitektur	33
3.1.2.2	PDP-Kontext ab R99	34
3.1.2.3	ABQP Beschreibung	36
3.1.2.4	Auswirkungen von R99 auf die RAN-Netzwerkplanung	38
3.1.3	Release 4	38
3.1.4	Release 5 und 6	39
3.2	QoS-Charakterisierung der Teleservices	39

3.3	QoS beeinflussende Faktoren in GPRS/EDGE.....	41
4	Verkehrsmodelle der Anwendungen.....	43
4.1	Sprache und leitungsvermittelte Datenübertragung	46
4.2	http.....	46
4.3	Email	47
4.4	FTP.....	47
4.5	WAP.....	48
4.6	MMS.....	49
4.7	MPEG-Verkehrsmodellierung	49
4.8	Verkehrsmodelle der ITU- und 3GPP-Standards	50
4.9	Beispiele der Parametrisierung einiger Verkehrsmodelle	55
5	Planungsstrategie und Beschreibungsmodell.....	57
5.1	Planungsstrategie.....	57
5.2	Beschreibungsmodell.....	60
5.2.1	Projekt und Szenarios	61
5.2.2	Hardwarebeschreibung	65
5.2.3	Benutzerprofil	66
5.2.4	Teleservice	67
5.2.5	QoS-Profil	68
6	Abdeckungsplanung	69
6.1	Ausgleichsrechnung aller Gewinne und Verluste.....	71
6.2	Ausbreitungsmodelle.....	74
6.2.1	Hata-Ausbreitungsmodell.....	74
6.2.2	COST 231 - Hata-Ausbreitungsmodell.....	77
6.2.3	Slow Fading	78
6.2.4	Maximale Reichweite	79
6.2.5	Kombination des Hata-Modells mit der Freiraumausbreitung	80
6.2.6	Reichweitenungleichgewicht Uplink versus Downlink	81
6.2.7	Berechnung der Zellabdeckung	81
6.2.8	Berechnung der minimalen Anzahl der benötigten Basisstationen	82

6.3	Beispiel zur Abdeckungsrechnung	83
7	Kapazitätsplanung	87
7.1	Kapazitätsplanungsalgorithmus	87
7.2	CS Planung	91
7.2.1	Erlang-B Formel	91
7.2.2	Multidimensionale Erlang-B Formel.....	92
7.2.3	Multiplexen von CS Diensten mit unterschiedlichen Blockierungsanforderungen	96
7.2.4	CS Planungsalgorithmus.....	99
7.3	PS Planung	101
7.3.1	Berechnung der durchschnittlichen Kapazität eines PDTCHs	102
7.3.1.1	PDTCH Kapazitätsberechnung.....	103
7.3.1.2	Pfadverlust und CIR Simulation.....	105
7.3.1.3	Algorithmus für die Berechnung des mittleren Durchsatzes	110
7.3.1.4	PDTCH-Durchsatz Ergebnisse	112
7.3.2	PS Verkehrssimulator	115
7.3.2.1	Benutzermodell	116
7.3.2.2	Verkehrsgenerator	119
7.3.2.3	Segmentierungsmodell	120
7.3.2.4	TDMA-Rahmenmodell.....	122
7.3.2.5	Simulationsmodell „Diskrete Event Simulation“	123
7.3.2.6	Simulationsergebnisse.....	127
7.4	Algorithmus zur Abschätzung der Anzahl der benötigten Basisstationen	132
8	Planungsbeispiele.....	137
9	Software Architektur vom GOTOR'04 Tool	147
9.1	Implementation.....	147
9.2	Verifikation	153
10	Zusammenfassung und Ausblick	155
Anhang A	Eigenschaften des Mobilfunkkanals	157
A.1	Mehrwegeausbreitung – Fast Fading	158
A.1.1	Rayleigh Verteilung	159
A.1.2	Rice Verteilung	159
A.2	Delay Spread	160

A.3	Dopplerverschiebung und Frequenzdispersion	161
A.4	Slow Fading durch Abschattungseffekte	161
A.5	Gleichkanalstörungen	162
A.6	Sendeleistungsregelung	164
Anhang B Verteilungsfunktionen.....		165
B.1	Gleichverteilung	166
B.2	Normal-Verteilung.....	167
B.3	Exponential-Verteilung.....	167
B.4	Weibull-Verteilung	168
B.5	Pareto-Verteilung	169
B.6	Extreme-Verteilung.....	169
B.7	Übersicht der Verteilungsfunktionen.....	171
Abkürzungsverzeichnis		173
Literaturverzeichnis		177