



Technische Universität Ilmenau
Fakultät für Informatik und Automatisierung
Institut für Theoretische und Technische Informatik
Fachgebiet Integrierte Hard- und Softwaresysteme

Lastverteilung in Multistandard - / Multiband - Systemen (UMTS / GSM)

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Diplominformtiker vorgelegt
der Fakultät für Informatik und Automatisierung der Technischen
Universität Ilmenau von

Verfasser:	Andreas Pillekeit
Betriebliche Betreuer:	Dipl.-Ing. Fariborz Derakhshan Dr.-Ing. Enrico Jugl
Hochschulbetreuer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Mitschele Thiel
Verantwortlicher Professor:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Mitschele Thiel
Inventarisierungsnummer:	2003-11-05/067/IN97/2235

Ilmenau den 27.05.2011

Danksagung

Für die Möglichkeit, das Thema dieser Diplomarbeit bearbeiten zu können und für die gewährte Unterstützung bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Andreas Mitschele Thiel. Vielen Dank auch an alle Mitarbeiter der Abteilung FLIG der Firma Lucent Technologies für die Hilfe bei aufgetretenen Fragen und Problemen. Besonderen Dank an meine Betreuer Herrn Dipl.-Ing. Fariborz Derakhshan und Herrn Dr.-Ing. Enrico Jugl. Ich bedanke mich auch bei Herrn Dipl.-Ing. Ulrich Schaffner und Herrn Pedro Uria Recio für die moralische Unterstützung.

Vielen Dank an meine Eltern, die durch ihre große Unterstützung mein Informatikstudium ermöglicht haben.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 EINFÜHRUNG	1
2 GRUNDLAGEN	3
2.1 Common Radio Ressource Management	3
2.1.1 Idee des CRRM.....	3
2.1.2 CRRM zwischen UMTS und GSM	4
2.1.3 UMTS-Funkzugangssystem.....	6
2.1.4 GSM-Funkzugangssystem.....	11
2.1.5 Probleme des CRRM zwischen UMTS und GSM.....	14
2.2 Lastausgleichsverfahren	15
2.2.1 Einordnungskriterien	15
2.2.2 Verfahren	18
2.2.3 Auswahl.....	27
2.3 Lastindex und Lastmodell	28
2.3.1 Einordnungskriterien	29
2.3.2 Lastberechnungsmöglichkeiten für GSM und UMTS.....	29
2.3.3 Auswahl.....	34
2.4 Mechanismen für Dienstqualitätsgarantien	34
2.4.1 Einordnungskriterien	34
2.4.2 Mechanismen und Bewertungsmöglichkeiten der Dienstqualität	35
2.4.3 Auswahl.....	37
2.4.4 Anforderungen an die Dienstqualität in UMTS und GSM	38

2.5	Mechanismen zur Stabilisierung der Lastausgleichsvorgänge	41
2.5.1	Einordnungskriterien	41
2.5.2	Verfahren	41
2.5.3	Auswahl.....	42
3	ENTWURF	43
3.1	STEAM Simulationstool	43
3.2	Modell des Lastausgleichsalgorithmus	44
3.2.1	Einschränkungen	44
3.2.2	Aufbau	45
3.2.3	Parameter des Lastausgleichsalgorithmus.....	57
3.2.4	Umsetzung und Einbindung in STEAM	61
3.2.5	Erweiterung für paketorientierte Verbindungen	69
4	AUSWERTUNG	71
4.1	Aufbau der Simulation	71
4.1.1	Aufbau der Szenarien	72
4.1.2	Ziele der Simulation	75
4.2	Ergebnisse der Simulation	78
4.2.1	Verhalten des Algorithmus.....	78
4.2.2	Bündelungsgewinn.....	85
4.2.3	Einfluss der Parameter	86
4.2.4	Gesamtergebnis.....	97
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	99
	Literaturverzeichnis	VIII
	Thesen.....	X
	Eidesstattliche Erklärung	XII

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG (1) : CRRM EINFLUSSFAKTOREN	3
ABBILDUNG (2) : GRUNDLEGENDER ABLAUF DES CRRM	4
ABBILDUNG (3) : STRUKTUR GSM/UMTS FUNKZUGANGSSYSTEM	5
ABBILDUNG (4) : ABDECKUNGSBEREICHE UND LAYERSTRUKTUR.....	6
ABBILDUNG (5) : FREQUENZAUFTEILUNG IN UMTS	8
ABBILDUNG (6) : ZUSAMMENHANG ZWISCHEN „CHANNELIZATION“ UND „SPREADING“ CODE	9
ABBILDUNG (7) : BEISPIEL EINES ORTHOGONALEN CODEBAUMS	9
ABBILDUNG (8) : SOFT- UND SOFTERHANDOVER IN UMTS FDD.....	11
ABBILDUNG (9) : FREQUENZAUFTEILUNG IN GSM-900.....	12
ABBILDUNG (10) : HANDOVER IN GSM.....	13
ABBILDUNG (11) : AUSWAHL IM KRÄFTEMODELL	21
ABBILDUNG (12) : ABLAUF PCB VERFAHREN.....	23
ABBILDUNG (13) : METRIK ZUR DIENSTQUALITÄTBEWERTUNG	36
ABBILDUNG (14) : DIENSTEINORDNUNGSMÖGLICHKEIT LAUT	39
ABBILDUNG (15) : ZUSTANDSAUTOMAT DER MOBILE IN STEAM,	43
ABBILDUNG (16) : UMGEBUNGSMODELL FÜR DEN LASTAUSGLEICHSALGORITHMUS.....	46
ABBILDUNG (17) : ABLAUF DES LASTAUSGLEICHSALGORITHMUS	47
ABBILDUNG (18) : ZUSAMMENSETZUNG DER GESAMTKRAFT AUS DER ZELLE J IN DIE ZELLE K.....	50
ABBILDUNG (19) : SCHÄTZUNG FÜR F_{MS}	55
ABBILDUNG (20) : PROGRAMMABLAUFPLAN STARTEN UND STOPPEN DER MESSUNGEN	62
ABBILDUNG (21) : MESSWERTREPORTE ERSTELLEN UND SENDEN	63
ABBILDUNG (22) : MESSWERTREPORT FÜR LASTVERTEILUNG AUSWERTEN	64
ABBILDUNG (23) : ZIELWAHL DES LASTAUGLEICHSALGORITHMUS	65
ABBILDUNG (24) : HANDOVER DURCHFÜHREN	66
ABBILDUNG (25) : RINGSPEICHER.....	68
ABBILDUNG (26) : GRUNDLEGENDER AUFBAU DER STEAM-SZENARIEN	72
ABBILDUNG (27) : SZENARIENVARIATION	74
ABBILDUNG (28) : BÜNDELUNGSGEWINN DURCH LASTAUSGLEICH	75
ABBILDUNG (29) : VERLAUF DER ANKUNFTSRATE IM SZENARIO 1.....	78
ABBILDUNG (30) : VERLAUF DER ANKUNFTSRATE IM SZENARIO 2.....	78
ABBILDUNG (31) : EFFEKT DER SORTIERUNG FÜR GSM-UMTS UND UMTS-GSM HANDOVER.....	79
ABBILDUNG (32) : WIRKUNG DES LASTAUSGLEICHSALGORITHMUS	80
ABBILDUNG (33) : GSM HANDOVERPROBLEM	84
ABBILDUNG (34) : SOFT-HANDOVERPROBLEM	85
ABBILDUNG (35) : REPORTINTERVALL: HANDOVERVERLAUF, SZENARIO 1.....	88
ABBILDUNG (36) : REPORTINTERVALL: GETRAGENER VERKEHR, SZENARIO 1.....	88
ABBILDUNG (37) : MIGRATIONS DÄMPFUNG: HANDOVERVERLAUF, SZENARIO 1.....	89
ABBILDUNG (38) : MIGRATIONS DÄMPFUNG: GETRAGENER VERKEHR, SZENARIO 1.....	90
ABBILDUNG (39) : ALTERUNG DER WERTE: HANDOVERVERLAUF, SZENARIO 1.....	91
ABBILDUNG (40) : ALTERUNG DER WERTE: GETRAGENER VERKEHR, SZENARIO 1.....	91

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNG (41) : PARAMETERVARIATION FÜR SZENARIO 2	94
ABBILDUNG (42) : LASTVERLAUF SZENARIO 2	94
ABBILDUNG (43) : LASTVERLAUF BEI VERÄNDERTEN REPORTINTERVALL	95
ABBILDUNG (44) : LASTVERLAUF MIT VERÄNDERTER MIGRATIONS DÄMPFUNG	95
ABBILDUNG (45) : LASTVERLAUF MIT VERÄNDERTER ALTERUNG DER WERTE	95
ABBILDUNG (46) : EINFLUSS DER BETRACHTETEN PARAMETER AUF DEN LASTVERLAUF	97
ABBILDUNG (47) : WEITERE ANHALTSPUNKTE FÜR OPTIMIERUNG	98
ABBILDUNG (48) : INTERLAYER-KRAFT	100

Tabellenverzeichnis

TABELLE (1) : EINORDNUNGSKRITERIEN	16
TABELLE (2) : MÖGLICHE DATENRATEN PRO ZEITSCHLITZ IM GSM-SYSTEM	32
TABELLE (3) : ENDNUTZER DIENSTQUALITÄTSERWARTUNG LAUT	40
TABELLE (4) : ENDNUTZER STREAMING-DIENSTQUALITÄTSERWARTUNG LAUT	40
TABELLE (5) : PARAMETER FÜR KONFIGURATIONSDATEI.....	60
TABELLE (6) : ZELLZENTRIERTES AUSWAHLVERFAHREN DURCH SORTIEREN	67
TABELLE (7) : UMTS SPRACHDIENSTANFORDERUNG FÜR DIE SZENARIEN	73
TABELLE (8) : WIRKUNG DES LASTAUSGLEICHSALGORITHMUS	81
TABELLE (9) : WIRKUNG DES LASTAUSGLEICHSALGORITHMUS	81
TABELLE (10) : WIRKUNG DES LASTAUSGLEICHSALGORITHMUS IM ÜBERLASTFALL.....	82
TABELLE (11) : WIRKUNG DES LASTAUSGLEICHSALGORITHMUS IM ÜBERLASTFALL.....	82
TABELLE (12) : BÜNDELUNGSGEWINN DURCH LASTAUSGLEICH.....	86
TABELLE (13) : BÜNDELUNGSGEWINN DURCH LASTAUSGLEICH.....	86

Abkürzungsverzeichnis

BSC	Base Station Controller
BS	Base Station
BSIC	Base Station Identity Code
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
CRRM	Common Radio Ressource Management
DRNC	Drift Radio Network Controller
FDD	Frequency Division Duplex
FER	Frame Error Rate
GSM	Global System For Mobile Communication
GPRS	General Packet Radio Service
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
LA	Lastausgleich
LAHO	Lastausgleichshandover
MS	Mobile Station (Mobile)
N.A.	Nicht Angegeben
Node B	UMTS Base Station
PCB	Precomputation Based Loadbalancing
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
SF	Spreading Factor
STEAM	Simulation Tool for the Evaluation of Algorithms in Mobile networks
RAT	Radio Access Technologie
RNC	Radio Network Controller
RRM	Radio Resource Management
RSSI	Radio Signal Strength Indicator
RxLevel	Receive Level
SRNC	Serving Radio Network Controller
TCH	Traffic Channel
TDD	Time Division Duplex
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network

1 Einführung

Durch die hohen Kosten für die Ersteigerung der UMTS-Lizenzen entstanden große finanzielle Belastungen für die Betreiber der Mobilfunksysteme. Außerdem verursachen die große Zahl der benötigten Funkzellen und die hohen Installationskosten pro UMTS-Zelle weitere hohe Kosten für die Inbetriebnahme des UMTS-Mobilfunknetzes. Eine hohe Anzahl von UMTS-Funkzellen ist nötig, um eine optimale Versorgung zu erreichen; denn die Anzahl der Nutzer, die Dienste mit größeren Datenraten über eine UMTS-Zelle nutzen können, ist durch Code- und Interferenzlimitierung begrenzt. Zusätzlich verschlechtert sich mit dem Anstieg der zu übertragenen Gesamtdatenrate und dem Abstand der Nutzer von der Basisstation, durch die steigende Interferenz, die Qualität der Funkverbindung für alle Nutzer in einer UMTS-Zelle. Besonders in der Anfangsphase verhindern die hohen Kosten den optimalen Ausbau des UMTS-Mobilfunksystems. Lastverteilungsalgorithmen als Bestandteil eines Common Radio Resource Managements (CRRM) ermöglichen es, auf die Kapazitäten der bereits installierten Mobilfunknetze der zweiten Generation zurückzugreifen. Das GSM-Mobilfunksystem ist das weltweit meist verbreitete Mobilfunksystem der zweiten Generation. Die hohe Zahl der vorhandenen GSM-Nutzer garantiert die mittelfristige Aufrechterhaltung dieses Netzes. Das GSM-Mobilfunksystem mit seiner Erweiterung GPRS ist besonders für Sprachdienste und niederrate Datendienste geeignet. Durch seine gute Netzabdeckung bietet es sich an, geeignete Dienste in das GSM-System zu verschieben, um das UMTS-System zu entlasten und dort freie Kapazitäten für höherrate Dienste zu erhalten. Dabei muss versucht werden, eine möglichst optimale Zuordnung der Dienste auf die unterschiedlichen Mobilfunksysteme zu erreichen, um den Kunden eine zufrieden stellende Dienstqualität bieten zu können. Lastverteilungsalgorithmen können also durch die Gewährleistung der Kundenzufriedenheit bei niedrigeren Installationskosten einen Kosten- und Wettbewerbsvorteil für die Betreiber der UMTS-Netze bieten.

Diese Arbeit beschreibt die Verwendung und Anpassung eines Lastausgleichsalgorithmus, der ursprünglich für die Verwendung in Multiprozessorumgebungen konzipiert wurde. Er basiert auf dem Modell der physikalischen Kraftwirkung und leitet daraus Konzepte für den Lastausgleich ab. Da das CRRM keinen direkten Lastausgleich erfordert, sondern die Lastverteilung unter Berücksichtigung verschiedener Einflussgrößen nötig ist, wurde der Algorithmus entsprechend angepasst. Über ihn wurde die Möglichkeit geschaffen, geeignete Mobilfunkzellen zu identifizieren und zwischen den Mobilfunksystemen zu verschieben. Dadurch können definierte Lastgrenzen eingehalten werden.

Dies ermöglicht es, möglichst viel des angebotenen Verkehrs in einer Überlastsituation zu bedienen und dabei eine möglichst hohe Nutzerzufriedenheit, bei vertretbarem Ressourcenverbrauch, zu erreichen. Der Lastausgleichsalgorithmus wurde für die Implementierung auf die Verwaltung von leitungsvermittelten Sprachdiensten beschränkt. Das Konzept ist, durch seine Flexibilität und einfache Erweiterbarkeit, aber auch für paketvermittelte Verbindungen geeignet. Mit der Implementierung dieses Lastausgleichsalgorithmus im STEAM-Simulator der Firma Lucent Technologies wurde es möglich, die Wirkung der Lastverteilung in kombinierten UMTS-GSM Mobilfunksystemen, unter Berücksichtigung verschiedener Einflussgrößen, simulativ zu bestimmen. Für das CRRM und damit für die Lastverteilung sind alle Architekturelemente der unterschiedlichen Netze von Bedeutung. Diese Diplomarbeit konzentriert sich auf das Funkzugangsnetz. Die Auswirkungen auf die Elemente des Core-Networks werden nicht berücksichtigt.

Die Diplomarbeit untergliedert sich in fünf Kapitel. Neben der Einführung im ersten Kapitel, werden die theoretischen Grundlagen für eine Lastverteilung in kombinierten UMTS-GSM Mobilfunksystemen im Kapitel 2 beschrieben. Es wird näher auf die Anforderungen und nötigen Voraussetzungen des CRRM eingegangen. Weiterhin werden Kriterien für die Einordnung und Bewertung verschiedener Lastausgleichsalgorithmen und deren benötigter Bestandteile, wie Lastindex, Dienstqualitätsbewertung und Stabilisierungsmechanismen vorgestellt. Die vorgestellten Kriterien werden benutzt, um im Vergleich geeignete Verfahren zu identifizieren, die für die Verwendung in Mobilfunksystemen geeignet sind.

Im dritten Kapitel wird zu Beginn das verwendete Simulationsprogramm STEAM beschrieben. Nachfolgend wird das Modell ausgearbeitet, das der Implementierung des Lastausgleichsalgorithmus zu Grunde liegt. Zusätzlich wird die Implementierung in STEAM beschrieben und eine Möglichkeit für die Berücksichtigung von paketvermittelten Verbindungen aufgezeigt.

Im vierten Kapitel wird der Aufbau der durchgeführten Simulationen beschrieben und die Ergebnisse der simulativen Untersuchungen vorgestellt. Besonders wird dabei auf den Einfluss ausgewählter Parameter des Lastausgleichsalgorithmus und den durch den Algorithmus ermöglichten Bündelungsgewinn eingegangen.

Das fünfte Kapitel bietet eine Zusammenfassung der Ergebnisse und einen Ausblick für die weitere Entwicklung des vorgestellten Lastausgleichsalgorithmus.