



国际信息工程先进技术译丛



WILEY
www.wiley.com

UMTS中的WCDMA— HSPA演进及LTE(原书第5版)

WCDMA FOR UMTS-HSPA EVOLUTION
AND LTE (Fifth Edition)

(芬) Harri Holma 著
Antti Toskala
杨大成 等译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

UMTS 中的 WCDMA ——HSPA 演进及 LTE

(原书第 5 版)

(芬) Harri Holma 著
Antti Toskala
杨大成 等译

机械工业出版社

WCDMA FOR UMTS: HSPA EVOLUTION AND LTE-5th ed. /edited
by Harri Holma, Antti Toskala.

ISBN: 978-0-470-68646-1. Copyright© 2010 by John Wiley & Sons., Inc.

All Rights Reserved, This translation published under license.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版. 未经出版者书面允许, 本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有, 翻版必究。

本书版权登记号: 图字 01-2011-1125 号

图书在版编目 (CIP) 数据

UMTS 中的 WCDMA: HSPA 演进及 LTE: 第 5 版/(芬) 霍玛
(Holma, H.), (芬) 托斯卡拉 (Toskala, A.) 著; 杨大成等译.

—北京: 机械工业出版社, 2011. 12

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文: WCDMA FOR UMTS-HSPA EVOLUTION AND LTE, Fifth Edition

ISBN 978-7-111-36685-0

I. ①U… II. ①霍…②托…③杨… III. ①码分多址移动通信
—通信网 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 251350 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 张俊红 责任编辑: 赵 任

版式设计: 霍永明 责任校对: 纪 敬

封面设计: 马精明 责任印制: 乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 37 印张 · 827 千字

0001—2500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-36685-0

定价: 158.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

本书是一本非常著名和权威的 WCDMA 技术方面的参考书，主要介绍了第三代移动通信系统中的 WCDMA 无线传输技术，重点是 WCDMA 的技术特点和演进。具体内容为：WCDMA 技术及其标准化、WCDMA 无线接入网络结构、物理层与无线接口协议、无线网络规划与无线资源管理、高速下行链路分组接入（HSDPA）、高速上行链路分组接入（HSUPA）、WCDMA 新业务与性能分析、高速分组接入技术的演进（HSPA+）、UT-RAN 的长期演进（LTE）、基于 TDD 的 TD-SCDMA、家庭基站以及终端射频的设计等。

本书可供从事电信工作，特别是从事移动通信工作的工程技术人员和管理人员阅读；也可作为高等院校相关专业或从事相关课题研究的本科生、研究生的重要参考书。

译者序

第三代移动通信技术是当前主流的无线通信技术之一，在诸多 3G 技术标准中，WCDMA 以及它的演进技术 HSPA 是主要的全球第三代移动通信系统的空中接口技术。

本书主要面向具备一定移动通信背景的工程师以及广大学生。本书从空中接口、网络架构、网络规划、HSPA +、LTE 以及终端射频要求等多个方面对 WCDMA 进行了较为全面的阐释。原书作者在理论研究的发展基础上，又推出了第 5 版，本书对上一版的相当一部分章节进行了重写或补充，全面而详尽地介绍了 WCDMA 的演进及发展。

本书由北京邮电大学无线中心无线理论与技术实验室的杨大成教授主持翻译，常永宇、张欣、韦再雪、刘奕彤、高月红进行了全书的审定，并参与了翻译工作，提出了大量的改进意见。参与翻译工作的有实验室的博士研究生和硕士研究生陈力、曹亘、刘淑慧、刘霄熠、杨金星、沈云、祝晓悦、陈晓航、韩婷、齐一飞、谢振俊、邓志国、夏岩、任政、郑静、宋思达、林言超、倪郑威、文思、蒋文婷、叶璇、杨瑞明、王彦龙、方敏、刘前红、乔楠、郑远、侯丽莹，最后由杨大成负责校订。

由于译者水平有限，译稿中难免存在错谬之处，敬请各位专家、同仁指正。

原 书 前 言

第二代移动通信系统，如 GSM，促使话音业务走入了无线传输方式。在一些无线通信市场最为发达的国家，移动电话的数量已经超过了固定电话的数量，并且移动电话的普及率达到 100%。然而，第二代系统的数据处理能力有限，这就要求第三代系统能够提供高比特速率业务来传输和接收高质量的图像和视频，并且还能以高数据速率接入网站。本书中的这些第三代移动通信系统是指通用移动通信系统（Universal Mobile Telecommunication System，UMTS）。宽带码分多址（Wideband Code Division Multiple Access，WCDMA）及其演进方式 HSPA（High Speed Packet Access）就是世界上主要的第三代移动通信空中接口方案。在本书第 5 版发行的过程中，WCDMA/HSPA 的用户数已经超过了 5 亿。预计在未来两年的时间里这个数字将超过 10 亿。全球目前有超过 300 个 HSPA 商用网络，支持的峰值数据传输速率可达 42Mbit/s。HSPA 已经成长为提供宽带无线接入首选的无线网络，并可以支持日益增多的新款手机，为它们有效地提供了大容量高品质的话音业务。本书将详细地介绍 WCDMA/HSPA 的空中接口及其应用。图 1 概括了本书的内容。

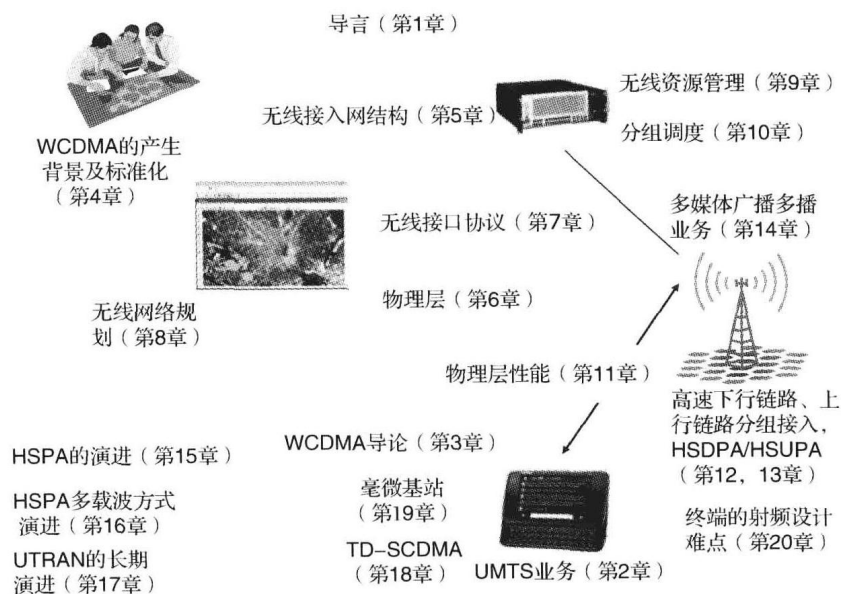


图 1 本书的内容

本书结构如下：第 1~4 章介绍技术和相应的标准；第 5~7 章详细讲述 WC-

DMA 标准；第 8~11 章介绍标准的应用及性能；第 12~16 章讨论 HSPA 及其演进；第 17 章介绍了在 R8 和 R9 中出现的 LTE 技术；第 18 章讲述 TD-SCDMA 技术；家用基站，也称毫微蜂窝的问题放在第 19 章；第 20 章讲解终端射频设计的难点。

第 1 章简要介绍 WCDMA/HSPA 的背景、发展脉络、现状及未来的走向。第 2 章介绍当前 UMTS 的应用实例及主要的使用案例。第 3 章介绍 WCDMA 空中接口的原理，包括扩频、Rake 接收机、功率控制和切换。第 4 章介绍 WCDMA 的背景、全球的融合进程和标准化过程。第 5 章讲述无线接入网的结构、无线接入网内部的基站和无线网络控制器（RNC）之间的接口，以及无线接入网和核心网之间的接口。第 6 章涵盖物理层（层 1）的内容，包括扩频、调制、用户数据和信令的传输，以及功率控制、寻呼、发射分集和切换测量这些主要的物理层过程。第 7 章介绍无线接口协议，包括数据链路层（层 2）和网络层（层 3）。第 8 章介绍无线网络规划的要领，举例详细讲述容量和覆盖的规划，包括与 GSM 的联合规划。第 9 章讲述为确保空中接口资源有效应用和服务质量而采用的无线资源管理算法，包括功率控制、切换、接纳和负荷控制。第 10 章讲述分组接入问题，并介绍了 WCDMA 分组协议的性能。第 11 章分析 WCDMA 空中接口的覆盖和容量。第 12 章讲述 Release 5 版本的一个非常重要的特点，高速下行链路分组接入技术（High Speed Downlink Packet Access, HSDPA）。第 13 章是与之对应的 Release 6 版本中的高速上行链路分组接入技术（High Speed Uplink Packet Access, HSUPA）。第 14 章介绍多媒体广播多播系统（MBMS）。第 15 章介绍在 Release 7、8、9 各版本中出现的 HSPA 演进问题。第 16 章介绍 HSPA 多达 4 个载波的多载波演进技术。第 17 章介绍在 Release 8 和 9 版本中出现的长期演进（Long-Term Evolution, LTE）技术。第 18 章具体讨论基于时分双工（TDD）的 TD-SCDMA 技术。第 19 章讲述毫微蜂窝。终端设计的方方面面在第 20 章中讨论。本书第 2 版涵盖了 3GPP Release 5 版本技术标准中最近引入的一些关键特征，包括高速下行链路分组接入（HSDPA）和 IP 多媒体子系统（IMS）。本书第 3 版继续加强对几个现有问题的关注，对这些方面既着眼于现场实验又要考虑更为详尽的仿真研究结果。第 3 版中涵盖有 3GPP 标准 Release 6 版本中主要的各项进展。本书第 4 版增加了对 Release 6 版本特点的详细内容，包括高速上行链路分组接入（HSUPA）、多媒体广播多播系统（MBMS）、HSPA 演进以及终端 RF 设计方面的难点问题等内容。

本书第 5 版在 HSPA 演进方面增加了新的内容，包括介绍 Release 8 和 9 版本、HSPA 多载波解决方案、GSM 频段改制用于 HSPA、综合移动广播（IMB）、TD-SCDMA、毫微基站、终端功耗估算、业务以及 LTE。

本书第 4 版详尽地包含了 3GPP Release 6 版本中的特点，包括第 13 章中的 HSUPA 和第 14 章中的 MBMS。3GPP Release 7 版本已经提出了 HSPA+，它囊括

了在早期各个版本之上扩展的各项改进。HSPA + 是第 15 章中讲述的内容。3GPP 当前正致力于 Release 8 版本的 LTE, 这方面的内容在第 16 章中。在本书的写作期间, Release 7 版本的试运行已经完成, 而 Release 8 版本的标准化工作正在铺开。第 4 版中加入的第 18 章讲述的就是终端上 RF 设计的方方面面。

本书面向的读者为运营商、网络和终端设备制造商、业务提供商、高校学生和网路管理者。深入理解 WCDMA/HSPA 的空中接口及其各项性能和最佳使用是 UMTS 商业成功的关键。

本书的内容仅代表作者个人的观点和见解, 并不一定代表其所在单位的观点。

原书致谢

本书编辑人员感谢各位同仁为本书的出版所投入的时间和所付出的努力。除了各位编辑人员做出的贡献以外，为本书出版做出贡献的还有 Dominique Brunel, Leo Chan, Renaud Cuny, Karol Drazynski, Frank Frederiksen, Jack Gora, Zhi-Chun Honkasalo, Seppo Hämäläinen, Kari Horneman, Markka Juntti, Jorma Kaikkonen, Troels Kolding, Martin Kristensson, Janna Laiho, Fabio Longoni, Atte Länsisalmi, Nina Madsen, Preben Mogensen, Peter Muszynski, Laurent Noel, Maciej Pakulski, Klaus Pedersen, Johama Pekonen, Patry Pisowacki, Karri Ranta-aho, Jussi Reunanen, Oscar Salonaho, Jouni Sadonen, Hams-Jurgen Schwarzbauer, Kari Sipilä, Tommi Uitto, Jukka Vialen, Jaakko Vihriälä, Achim Wachker, Jeroen Wigard。

就在我们致力于本书的出版过程中，来自诺基亚和诺基亚西门子网络的我们的许多同事为本书的内容提出了许多的建议并发现了不少有误之处。另外，其他一些公司的同仁们也帮助我们改进本书的质量。本书的编辑要感谢来自 Heikki Ahava, Erkka Ala-Tauriala, David Astely, Erkki Autio, Matthew Baker, Luis Barreto, Johan Bergnan, Angelo Cenonza, Kai Heikkinen, Kari Heiska, Kimmo Hiltunen, Klaus Hugl, Alberg Höglund, Kaisu Iisakkila, Ann-Louise Johansson, /Kalle Jokio, Susanna Kallio, Istvan Kovacs, Ilkka Keskitalo, Pasi Kinnunen, Tero Kola, Petri Komulainen, //Mika Laasonen, Lauri Laitinen, Olivier Claude Lebreton, Anne Leino, Arto Leppisasari, Perti Lukander, Esko Lutinen, ///Peter Merz, Wolf-Dietrich Moeller, Risto Mononen, Jonathan Moss, Jari Mäkinen, Magdalena Duniewicz Noel, Olli Nurminen, Tero Ojanperä, Lauri Oksanen, Kari Pajukoski, Kari Pehkonen, /Eetu Prieur, Mika Rinne, Sabine Roessel, Rauno Ruismaki, David Soldani, Agnieszka Szufarska, Pekka Talmola, Kimmo Terävä, Mitch Tseng, Anti Tölli, Veli Voipio, Helen Wait, Dong Zhao 等人的宝贵意见。

John Wiley & Son 公司参与本书制作的团队为本书的出版提供了很好的支持并一直努力保证本书的进度要求。我们各位编辑要特别感谢 Sarah Tiley 和 Mark Hammond, 感谢他们在本书的制作过程中帮助解决了很多实际问题。还要特别感谢负责本书校订的编辑，因为他的努力使得书中英语的表达更符合工程的习惯用语。

我们还要向我们各自的家庭和各位作者的家庭表示深深的致意，感谢他们的

容忍和支持，特别是在本书制作的各个重要当口，每当需要在夜深人静和周末加班编辑的时候他们所体现的容忍和给予的支持。

在此还要特别感谢我们所在的机构——诺基亚西门子网络公司，感谢它对本书的支持和鼓励，并感谢公司为本书的出版提供了插图。

最后，我们对在无线领域工作的各位同仁的努力表示感谢，感谢大家在第三代伙伴计划 (3GPP) 里所做的大量工作。正是这些工作，在短短一年的时间里产生了全球的 WCDMA 标准，是它为本书创设了一个基本架构。没有这样一些原创性的工作，绝不可能有本书的出版。

各位编辑和作者欢迎为本书的改进和修改提出任何的评论和建议，这些都有可能将在本书未来的版本中得以体现。欢迎将反馈意见发送到编辑部的邮箱地址 harri.holma@nsn.com 和 atti.toskala@nsn.com。

目 录

译者序

原书前言

原书致谢

第1章 导言	1
1.1 WCDMA 初期	1
1.2 HSPA 介绍及数据业务增长	2
1.3 HSPA 全球部署情况	4
1.4 HSPA 的演进	5
1.5 HSPA 网络产品	6
1.6 HSPA 未来展望	7
参考文献	8
第2章 UMTS 业务	9
2.1 引言	9
2.2 话音业务	11
2.2.1 窄带 AMR 和宽带 AMR 话音业务	12
2.2.2 HSPA 上的电路交换方式	15
2.2.3 蜂窝网对讲业务	16
2.2.4 IP 话音	17
2.2.5 话音业务的关键性能指标	18
2.3 可视电话	19
2.3.1 电路交换接续方式的多媒体体系结构	20
2.3.2 视频编解码器	21
2.4 消息传递	21
2.4.1 短消息传递业务	22
2.4.2 多媒体消息传递业务	22
2.4.3 话音邮件和消息传递业务	23
2.4.4 即时消息传递业务	23
2.5 移动电子邮件	23
2.6 网页浏览	24
2.7 应用与内容下载	25
2.8 在线播放	27
2.9 交互游戏	28
2.10 连接便携式电脑和网络的移动宽带	28

2.10.1 端到端的安全性	30
2.10.2 顺延对应用性能的影响	31
2.11 社交联网	32
2.12 移动电视	33
2.13 基于位置的服务	33
2.13.1 基于小区覆盖的位置计算	34
2.13.2 GPS 辅助 (A-GPS) 的方式	35
2.14 设备间通信	36
2.15 差异化服务质量	36
2.16 空中接口最大容量	41
2.17 终端	45
2.18 资费方案	45
参考文献	46
第 3 章 WCDMA 导论	47
3.1 引言	47
3.2 WCDMA 主要参数概览	47
3.3 扩频和解扩	49
3.4 多径无线信道和 Rake 接收	51
3.5 功率控制	54
3.6 更软切换和软切换	56
参考文献	58
第 4 章 WCDMA 的产生背景及标准化	59
4.1 引言	59
4.2 欧洲的背景情况	59
4.2.1 宽带 CDMA	60
4.2.2 宽带 TDMA	60
4.2.3 宽带 TDMA/CDMA	61
4.2.4 OFDMA	61
4.2.5 ODMA	62
4.2.6 ETSI 的选择	62
4.3 日本的背景情况	63
4.4 韩国的背景情况	63
4.5 美国的背景情况	63
4.5.1 W-CDMA N/A	63
4.5.2 UWC-136	64
4.5.3 cdma2000	64
4.5.4 TR46.1	64
4.5.5 WP-CDMA	64

4.6 3GPP 的创立	65
4.7 3GPP 如何运作	66
4.8 3GPP2 的创立	67
4.9 融合阶段	67
4.10 ITU 中的 IMT-2000 进程	68
4.11 3GPP Release99 版本发布版之后的工作	69
4.12 LTE 和 LTE-Advanced 的业界整合	71
参考文献	72
第 5 章 无线接入网结构	73
5.1 引言	73
5.2 UTRAN 结构	75
5.2.1 无线网络控制器	76
5.2.2 Node B	77
5.3 UTRAN 地面接口的通用协议模型	77
5.3.1 概述	77
5.3.2 水平层面	78
5.3.3 垂直平面	78
5.4 Iu, UTRAN-CN 的接口	79
5.4.1 Iu CS 的协议结构	79
5.4.2 Iu PS 的协议结构	80
5.4.3 RANAP 协议	81
5.4.4 Iu 用户平面协议	82
5.4.5 Iu BC 的协议结构和服务区广播协议	83
5.5 UTRAN 内部接口	83
5.5.1 RNC-RNC 接口和 RNSAP 信令	83
5.5.2 RNC-Node B 接口和 NBAP 信令	86
5.6 UTRAN 的增强和演进	88
5.6.1 UTRAN 中的 IP 传输	88
5.6.2 Iu 可塑性	88
5.6.3 自成体系的 SMLC 和 Iupc 接口	88
5.6.4 GERAN 和 UTRAN 之间互操作以及 Iur-g 接口	89
5.6.5 基于 IP 的 RAN 的结构	89
5.7 UMTS 核心网的结构和演进	90
5.7.1 Release 99 版本核心网的网元	90
5.7.2 Release 5 版本核心网和 IP 多媒体子系统	91
参考文献	92
第 6 章 物理层	93
6.1 引言	93

6.2 传输信道及其到物理信道的映射	94
6.2.1 专用传输信道	95
6.2.2 公共传输信道	95
6.2.3 传输信道到物理信道的映射	96
6.2.4 传输信道的帧结构	97
6.3 扩频与调制	97
6.3.1 扰码	97
6.3.2 信道化码	98
6.3.3 上行链路扩频与调制	99
6.3.4 下行链路扩频与调制	103
6.3.5 发射机特性	105
6.4 用户数据传输	105
6.4.1 上行链路专用信道	106
6.4.2 上行链路复接	108
6.4.3 随机接入信道的用户数据传输	110
6.4.4 上行链路公共分组信道	111
6.4.5 下行链路专用信道	111
6.4.6 下行链路复接	113
6.4.7 下行链路共享信道	114
6.4.8 用于用户数据传输的前向接入信道	115
6.4.9 用户数据的信道编码	115
6.4.10 TFCI 信息的编码	116
6.5 信令	116
6.5.1 公共导频信道	117
6.5.2 同步信道	117
6.5.3 主公共控制物理信道	118
6.5.4 辅公共控制物理信道	119
6.5.5 用于信令传送的随机接入信道	120
6.5.6 捕获指示信道	120
6.5.7 寻呼指示信道	121
6.6 物理层进程	121
6.6.1 快速闭环功率控制进程	121
6.6.2 开环功率控制	122
6.6.3 寻呼进程	122
6.6.4 RACH 进程	123
6.6.5 小区搜索进程	124
6.6.6 发送分集进程	125
6.6.7 切换测量进程	125
6.6.8 压缩模式测量进程	127
6.6.9 其他测量	129

6.6.10 自适应天线的运用	129
6.6.11 站址选择分集发送	130
6.7 终端无线接入能力	131
6.8 小结	134
参考文献	134
第7章 无线接口协议	135
7.1 引言	135
7.2 无线接口协议结构	135
7.3 媒体接入控制协议	136
7.3.1 MAC 层结构	137
7.3.2 MAC 层功能	137
7.3.3 逻辑信道	138
7.3.4 逻辑信道和传输信道之间的映射	139
7.3.5 MAC 层的数据处理实例	139
7.4 无线链路控制协议	141
7.4.1 RLC 层结构	141
7.4.2 RLC 层功能	142
7.4.3 RLC 层的数据处理实例	143
7.5 分组数据汇聚协议	144
7.5.1 PDCP 层结构	145
7.5.2 PDCP 层功能	145
7.6 广播/多播控制协议	146
7.6.1 BMC 层结构	146
7.6.2 BMC 功能	146
7.7 多媒体广播多播业务	147
7.8 无线资源控制协议	147
7.8.1 RRC 层的逻辑结构	147
7.8.2 RRC 层的业务状态	148
7.8.3 RRC 功能和信令进程	151
7.9 早期的 UE 处理的原则	162
7.10 缩短呼叫建立时间的一些改进	163
参考文献	164
第8章 无线网络规划	165
8.1 引言	165
8.2 初步规划	166
8.2.1 无线链路预算	166
8.2.2 负荷因子	171
8.2.3 容量提升方法	180

8.2.4 每平方千米的容量	181
8.2.5 软容量	182
8.2.6 网络共享	185
8.3 容量和覆盖的规划及优化	186
8.3.1 迭代容量和覆盖预测	186
8.3.2 规划工具	186
8.3.3 案例研究	188
8.3.4 网络优化	192
8.4 GSM 共同规划	194
8.5 运营商间干扰	196
8.5.1 简介	196
8.5.2 上行链路和下行链路的相互影响	197
8.5.3 本地下行链路的干扰	198
8.5.4 下行链路平均干扰	199
8.5.5 路径损耗的测量	200
8.5.6 避免邻道干扰的方法	200
8.6 WCDMA 的衍生频段	201
8.7 UMTS 改制到 GSM 频段	202
8.7.1 UMTS900 的覆盖	203
8.8 GSM 和 UMTS 之间的干扰	205
8.9 剩余的 GSM 话音业务容量	206
8.10 GSM 和 UMTS 共享站址解决方案	207
8.11 UMTS900 和 UMTS2100 的互联互通	208
参考文献	209
第 9 章 无线资源管理	210
9.1 引言	210
9.2 功率控制	211
9.2.1 快速功率控制	211
9.2.2 外环功率控制	217
9.3 切换	221
9.3.1 同频切换	221
9.3.2 WCDMA 和 GSM 之间的系统间切换	230
9.3.3 WCDMA 内的异频切换	233
9.3.4 切换总结	234
9.4 空中接口负荷的测量	235
9.4.1 上行链路负荷	235
9.4.2 下行链路负荷	237
9.5 接纳控制	238
9.5.1 接纳控制的原理	238

9.5.2 基于宽带功率的接纳控制策略	238
9.5.3 基于吞吐量的接纳控制策略	240
9.6 负荷控制（拥塞控制）	240
参考文献	241
第10章 分组调度	242
10.1 引言	242
10.2 传输控制协议	242
10.3 往返时间	248
10.4 用户专用分组调度技术	250
10.4.1 公共信道	250
10.4.2 专用信道	252
10.4.3 下行链路共享信道	253
10.4.4 上行链路公共分组信道	253
10.4.5 传输信道的选择	253
10.4.6 寻呼信道状态	256
10.5 小区专用分组调度技术	257
10.5.1 优先级	258
10.5.2 调度算法	259
10.5.3 软切换时的分组调度器	259
10.6 分组数据系统性能	260
10.6.1 链路级性能	260
10.6.2 系统级性能	261
10.7 分组数据的应用性能	263
10.7.1 分组应用性能简介	264
10.7.2 人际应用	264
10.7.3 内容送达应用	267
10.7.4 商用互通	269
10.7.5 应用性能总结	272
参考文献	272
第11章 物理层性能	273
11.1 引言	273
11.2 小区覆盖	273
11.2.1 上行链路覆盖	275
11.2.2 下行链路覆盖	283
11.3 小区下行链路容量	284
11.3.1 下行链路的正交码	284
11.3.2 下行链路发送分集	288
11.3.3 下行链路话音容量	290
11.4 容量试验	292