



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4版)

WCDMA FOR UMTS
——HSPA EVOLUTION
AND LTE

(芬) Harri Holma 编著
Antti Toskala
杨大成 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TN929. 533/62

2008

国际信息工程先进技术译丛

UMTS 中的 WCDMA ——HSPA 演进及 LTE

(原书第 4 版)

(芬) Harri Holma
Antti Toskala 编著

杨大成 译

机械工业出版社

本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 的产业背景及标准化、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+)、UTRAN 的长期演进(LTE)、WCDMA TDD 模式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。

Harri Holma, Antti Toskala: WCDMA for UMTS—HSPA evolution and LTE(fourth edition)

Authorized translation from the English language edition published by John Wiley. All right reserved.

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,翻印必究。

图字:01-2008-0416

图书在版编目(CIP)数据

UMTS 中的 WCDMA: HSPA 演进及 LTE: 第4版 / (芬)

霍尔马(Holma, H.), (芬)托斯卡拉(Toskala, A.) 编著; 杨大成译. —北京: 机械工业出版社, 2008.6

(国际信息工程先进技术译丛)

ISBN 978-7-111-24535-3

I. U... II. ①霍... ②托... ③杨... III. 码分多址-宽带通信系统 IV. TN929.533

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第096385号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:吉玲(E-mail: jiling@mail.machineinfo.gov.cn)

责任印制:洪汉军

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2008年7月第1版第1次印刷

169mm×239mm·35印张·681千字

0001—3500册

标准书号: ISBN 978-7-111-24535-3

定价: 78.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

译者序

基于 WCDMA 技术标准的第三代移动通信系统是世界上较早商用的 3G 系统，目前在全世界拥有最广泛的商业应用。近年来，WCDMA 的网络建设、商业部署以及长期演进都得到了业界十分广泛的关注和极其迅猛的发展。

本书是一本非常著名和权威的 WCDMA 技术方面的参考书。原书的前三版受到了广大从业人员和研究人员的欢迎与好评。原书作者在理论研究的飞速进步和现场经验的不断累积之上，又推出了第 4 版——HSPA 演进及 LTE。本版对上一版的相当一部分章节进行了重写或扩充，全面而详尽地介绍了 WCDMA 的演进及发展，补充了近年来 3GPP 推出的几个新的技术规范，加入了近年来业界对 WCDMA 长期演进的探讨；此外对这几种技术规范的一些特点给出了更加详尽的介绍，对技术研究、工程实践中所提出的新问题有了新的讨论；根据实际建网经验，更新了一部分数据统计结果；同时伴随实际情况的变化，取消了前几版的部分章节。应该说，本版较之前几版来说有了很大的更新，重点也有所倾斜。

本书可以作为电信运营商、网络和终端设备制造商、业务提供商和频率管理者的参考用书，也可作为高等院校学生、研究人员深入学习的蓝本。

本书由北京邮电大学杨大成教授主持翻译；刘奕彤负责全书的审校；常永宇、张欣、王亚峰、韦再雪进行了全书的审订，并提出了大量的改进意见；高月红、郑瑞明、张浩川、潘岷、牛芳芳、陈文文、安瑞虹做了大量的后期工作，并在译稿整理过程中给予了大力支持，在此一并表示感谢；同时还要感谢原书第 3 版的翻译者陈泽强、周华、付景兴、张蕾、秦贤菊、马敏等，第 4 版的翻译也是在第 3 版的基础之上展开的。

当前第三代移动通信技术发展迅猛，许多技术问题尚未解决，鉴于译者和校者的水平有限，书中难免存在疏漏和不当之处，恳请广大读者批评指正。

译者

前言

第二代移动通信系统,如 GSM,促使话音业务走向了无线传输方式。在无线通信市场最为发达的一些国家,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超过了 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。本书中的第三代移动通信系统是指 UMTS (Universal Mobile Telecommunication System, 通用移动通信系统)。WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access, 宽带码分多址)是世界上主要的第三代移动通信空中接口方案,而且在欧洲和包括日本及韩国在内的亚洲地区已经开始建网,并且都使用 2GHz 附近的相同的频段。在美国,也将按照美国的频段标准部署 WCDMA。在撰写本书第四版期间,全球 150 个商用网络中 WCDMA 用户已经超过 1.3 亿。而这些网络中大部分已经开始进入 WCDMA 的下一阶段,即 HSDPA (高速下行分组接入)阶段。之所以持续增长,是因为有更多的商用网络、更多的各类终端和更多的各类数据业务正在部署。WCDMA 的庞大市场及其灵活的多媒体能力将为制造商、运营商、内容和应用提供商创造更多的商机。本书将详细地介绍 WCDMA 的空中接口及其应用。图 1 概括了本书的内容。

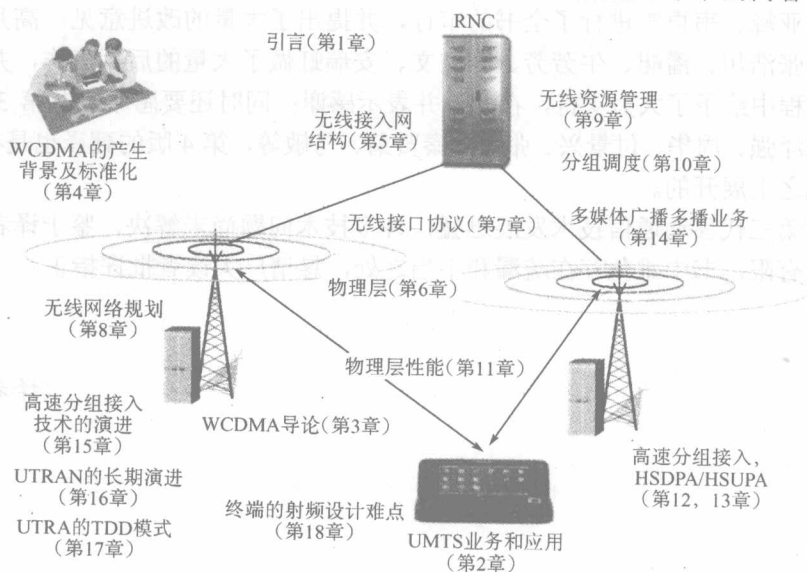


图 1 本书的内容

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 WCDMA 标准。第 8~11 章概括有标准的应用及性能。第 12~17 章讨论 WCDMA 的演进。第 18 章讲述终端射频设计的难点。

第 1 章介绍第三代移动通信的空中接口、频谱分配、时间表,以及第二代移动通信空中接口的主要区别。第 2 章介绍 UMTS 的应用实例、概念手机和业务质量等级。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 章介绍物理层(层 1),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,通过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、接纳和负载控制。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 R5 (Release 5) 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 R6 (Release 6) 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 版本中出现的高速分组接入(High-Speed Packet Access, HSPA)及其演进(HSPA+)。第 16 章介绍在 Release 8 版本中出现的长期演进(Long-Term Evolution, LTE)。第 17 章讨论 WCDMA 空中接口的时分双工模式。终端设计的方方面面在第 18 章中讨论。在本书的前几版中,有一章专门讨论 cdma2000 多载波的运用方式。不过从本版开始,将不再包含这一章,因为在实际中已没有必要这样建网。

本书第二版涵盖了 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 标准体系 Release 6 版本中主要的各项进展。

原书第 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。

原书第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、高校学生和频率管理者。深入理解WCDMA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公司的观点。

目 录

译者序	1
前 言	2
第 1 章 引言	1
1.1 第三代系统中的 WCDMA	1
1.2 第三代系统的频谱分配	1
1.3 第三代系统的要求	3
1.4 WCDMA 及其演进	4
1.5 系统演进	6
参考文献	7
第 2 章 UMTS 业务和应用	8
2.1 引言	8
2.2 人际 (PTP) 电路交换业务	8
2.2.1 窄带 AMR (AMR-NB) 和宽带 AMR (AMR-WB) 语音业务	9
2.2.2 可视电话	12
2.3 人际 (PTP) 分组交换业务	14
2.3.1 消息类	14
2.3.2 蜂窝网对讲业务	18
2.3.3 IP 语音	20
2.3.4 多方游戏	21
2.4 内容送达 (CTP) 业务	22
2.4.1 网页浏览	22
2.4.2 音频和视频流	23
2.4.3 内容下载	23
2.5 商务接续	24
2.6 位置业务	26
2.6.1 基于小区覆盖的位置计算	27
2.6.2 GPS 辅助方式	27
2.7 差异化 QoS	29
2.8 业务传递的容量及成本	34
2.8.1 每用户容量	34

2.8.2 话音和数据业务的传递成本	35
2.9 小结	37
参考文献	37
第 3 章 WCDMA 导论	39
3.1 引言	39
3.2 WCDMA 主要参数概括	39
3.3 扩频和解扩	41
3.4 多径无线信道和 Rake 接收	44
3.5 功率控制	47
3.6 更软切换和软切换	50
参考文献	52
第 4 章 WCDMA 的产生背景及标准化	53
4.1 引言	53
4.2 欧洲的背景情况	53
4.2.1 宽带 CDMA	54
4.2.2 宽带 TDMA	54
4.2.3 宽带 TDMA/CDMA	55
4.2.4 OFDMA	56
4.2.5 ODMA	56
4.2.6 ETSI 的选择	56
4.3 日本的背景情况	57
4.4 韩国的背景情况	57
4.5 美国的背景情况	58
4.5.1 W-CDMA N/A	58
4.5.2 UWC-136	58
4.5.3 cdma2000	58
4.5.4 TR46.1	59
4.5.5 WP-CDMA	59
4.6 3GPP 的创立	59
4.7 3GPP 如何运作	61
4.8 3GPP2 的创立	62
4.9 融合阶段	62
4.10 ITU 中的 IMT-2000 进程	63
4.11 3GPP Release 99 版本发布之后的工作	64
参考文献	65

第 5 章 无线接入网结构	67
5.1 系统结构	67
5.2 UTRAN 结构	70
5.2.1 无线网络控制器	71
5.2.2 Node B	72
5.3 UTRAN 地面接口的通用协议模型	72
5.3.1 概述	72
5.3.2 水平层面	73
5.3.3 垂直平面	73
5.4 Iu: UTRAN-CN 的接口	74
5.4.1 Iu CS 的协议结构	74
5.4.2 Iu PS 的协议结构	75
5.4.3 RANAP	76
5.4.4 Iu 用户平面协议	78
5.4.5 Iu BC 的协议结构和服务区广播协议 (SABP)	78
5.5 UTRAN 内部接口	79
5.5.1 RNC-RNC 接口 (Iur 接口) 和 RNSAP 信令	79
5.5.2 RNC-Node B 接口和 NBAP 信令	82
5.6 UTRAN 的增强和演进	84
5.6.1 UTRAN 中的 IP 传输	84
5.6.2 Iu 伸缩性	85
5.6.3 自成体系的 SMLC 和 Iupc 接口	85
5.6.4 GERAN 和 UTRAN 之间跨网工作以及 Iur-g 接口	85
5.6.5 基于 IP 的 RAN 的结构	86
5.7 UMTS 核心网的结构和演进	86
5.7.1 Release 99 核心网的网元	86
5.7.2 Release 5 核心网和 IP 多媒体子系统	87
参考文献	89
第 6 章 物理层	91
6.1 引言	91
6.2 传输信道及其到物理信道的映射	92
6.2.1 专用传输信道	93
6.2.2 公共传输信道	93
6.2.3 传输信道到物理信道的映射	95
6.2.4 传输信道的帧结构	96

6.3 扩频与调制	96
6.3.1 扰码	96
6.3.2 信道编码	96
6.3.3 上行链路扩频与调制	98
6.3.4 下行链路扩频与调制	102
6.3.5 发射机特性	104
6.4 用户数据传输	105
6.4.1 上行链路专用信道	105
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	115
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	116
6.4.10 TFCI 信息的编码	116
6.5 信令	117
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 物理层过程	122
6.6.1 快速闭环功率控制过程	122
6.6.2 开环功率控制	123
6.6.3 寻呼过程	123
6.6.4 RACH 过程	124
6.6.5 小区搜索过程	125
6.6.6 发送分集过程	126
6.6.7 切换测量过程	126
6.6.8 压缩模式测量过程	128
6.6.9 其他测量	130

6.6.10 自适应天线的运用	130
6.6.11 站址选择性发送分集	131
6.7 终端无线接入能力	133
6.8 小结	135
参考文献	135
第7章 无线接口协议	137
7.1 引言	137
7.2 无线接口协议结构	137
7.3 媒体接入控制协议	139
7.3.1 MAC 层结构	139
7.3.2 MAC 层功能	140
7.3.3 逻辑信道	141
7.3.4 逻辑信道和传输信道之间的映射	141
7.3.5 MAC 层的数据处理实例	142
7.4 无线链路控制协议	143
7.4.1 RLC 层结构	143
7.4.2 RLC 层功能	145
7.4.3 RLC 层的数据处理实例	146
7.5 分组数据汇聚协议	147
7.5.1 PDCP 层结构	148
7.5.2 PDCP 层功能	148
7.6 广播/多播控制协议	149
7.6.1 BMC 层结构	149
7.6.2 BMC 功能	149
7.7 多媒体广播多播业务	150
7.8 无线资源控制协议	150
7.8.1 RRC 层的逻辑结构	150
7.8.2 RRC 层的业务状态	151
7.8.3 RRC 功能和信令过程	155
7.9 早期的 UE 处理的原则	168
7.10 缩短呼叫建立时间的一些改进	169
参考文献	170
第8章 无线网络规划	172
8.1 引言	172
8.2 初步规划	173

8.2.1	无线链路预算	173
8.2.2	负荷因子	178
8.2.3	容量提升方法	189
8.2.4	每平方千米的容量	190
8.2.5	软容量	191
8.2.6	网络共享	194
8.3	容量和覆盖的规划及优化	195
8.3.1	迭代容量和覆盖预测	195
8.3.2	规划工具	196
8.3.3	案例研究	198
8.3.4	网络优化	201
8.4	GSM 共同规划	204
8.5	运营商间干扰	206
8.5.1	简介	206
8.5.2	上行链路和下行链路的相互影响	207
8.5.3	本地下行链路干扰	208
8.5.4	平均下行链路干扰	209
8.5.5	路径损耗的测量	210
8.5.6	避免邻道干扰的方法	211
8.6	WCDMA 的衍生频段	212
8.7	UMTS 改制到 GSM900 频段	213
8.7.1	3GPP 关于阻塞的要求	214
8.7.2	未协调式 GSM900+UMTS900	214
8.7.3	协调式 GSM900+UMTS900	214
8.7.4	改制 GSM900 的话音容量	216
8.7.5	GSM900 和 UMTS900 的天线共享	216
	参考文献	217
第 9 章	无线资源管理	219
9.1	基于干扰的无线资源管理	219
9.2	功率控制	219
9.2.1	快速功率控制	220
9.2.2	外环功率控制	226
9.3	切换	232
9.3.1	同频切换	232
9.3.2	WCDMA 和 GSM 系统间的切换	241

9.3.3 WCDMA 内的异频切换	245
9.3.4 切换总结	246
9.4 空中接口负荷的测量	247
9.4.1 上行链路负荷	247
9.4.2 下行链路负荷	249
9.5 接纳控制	250
9.5.1 接纳控制的原理	250
9.5.2 基于宽带功率的接纳控制策略	250
9.5.3 基于吞吐量的接纳控制策略	252
9.6 负荷控制 (拥塞控制)	253
参考文献	253
第 10 章 分组调度	255
10.1 传输控制协议	255
10.2 往返时间	261
10.3 用户专用分组调度技术	264
10.3.1 公共信道	265
10.3.2 专用信道	266
10.3.3 下行链路共享信道	267
10.3.4 上行链路公共分组信道	268
10.3.5 传输信道的选择	268
10.3.6 寻呼信道状态	272
10.4 小区专用分组调度技术	272
10.4.1 优先级	273
10.4.2 调度算法	275
10.4.3 软切换时的分组调度器	275
10.5 分组数据系统性能	276
10.5.1 链路级性能	276
10.5.2 系统级性能	277
10.6 分组数据的应用性能	280
10.6.1 分组应用性能简介	280
10.6.2 人际 (PTP) 应用	281
10.6.3 内容送达应用	285
10.6.4 商务连通	287
10.6.5 应用性能总结	291
参考文献	291

第 11 章 物理层性能	293
11.1 引言	293
11.2 小区覆盖	294
11.2.1 上行链路覆盖	295
11.2.2 下行链路覆盖	304
11.3 小区下行链路容量	305
11.3.1 下行链路的正交码	305
11.3.2 下行链路发送分集	310
11.3.3 下行链路话音容量	312
11.4 容量试验	314
11.4.1 单小区容量试验	314
11.4.2 多小区容量试验	327
11.4.3 小结	329
11.5 3GPP 的性能要求	331
11.5.1 E_b/N_0 性能	331
11.5.2 RF 噪声指数	335
11.6 性能增强	335
11.6.1 智能天线解决方案	335
11.6.2 多用户检测	342
参考文献	351
第 12 章 高速下行链路分组接入	357
12.1 Release 99 版本 WCDMA 下行链路分组数据的能力	357
12.2 HSDPA 概念	358
12.3 HSDPA 对无线接入网络体系结构的影响	360
12.4 Release 4 版本 HSDPA 可行性研究阶段	361
12.5 HSDPA 物理层结构	361
12.5.1 高速下行链路共享信道	362
12.5.2 高速共享控制信道	365
12.5.3 上行链路高速专用物理控制信道	366
12.5.4 HSDPA 物理层的工作过程	367
12.6 HSDPA 终端性能和可用数据速率	369
12.7 HSDPA 移动性	371
12.7.1 确定最佳 HS-DSCH 服务小区的测量事件	371
12.7.2 Node B 内 HS-DSCH 到 HS-DSCH 的切换	372
12.7.3 Node B 间 HS-DSCH 到 HS-DSCH 的切换	373

12.7.4 HS-DSCH 到 DCH 的切换	374
12.8 HSDPA 性能	375
12.8.1 性能调控因素	376
12.8.2 谱效率、码效率和动态范围	376
12.8.3 用户调度、小区吞吐量和覆盖	379
12.8.4 非 HSDPA 终端和 HSDPA 终端混用时的 HSDPA 网络性能	384
12.9 HSDPA 的链路预算	387
12.10 HSDPA 中 Iub 接口的初步规划	389
12.11 HSPA 的往返时间	390
12.12 终端接收机的一些问题	391
12.13 Release 6 版本的演进	392
12.14 小结	394
参考文献	395
第 13 章 高速上行链路分组接入	397
13.1 WCDMA Release 99 版本上行链路的分组数据能力	397
13.2 HSUPA 的概念	398
13.3 HSUPA 对无线接入网结构的影响	399
13.4 HSUPA 的可行性研究阶段	401
13.5 HSUPA 物理层结构	402
13.6 E-DCH 和相关的控制信道	402
13.6.1 增强型专用物理数据信道	402
13.6.2 增强型专用物理控制信道	404
13.6.3 E-DCH 混合 ARQ 指示信道	405
13.6.4 E-DCH 相对特许信道	406
13.6.5 E-DCH 绝对特许信道	406
13.7 HSUPA 物理层工作过程	407
13.8 HSUPA 的终端能力	410
13.9 HSUPA 的性能	410
13.9.1 增加的数据速率	411
13.9.2 物理层的重传合并	411
13.9.3 基于 Node B 的调度	411
13.9.4 HSUPA 链路预算的影响	413
13.9.5 时延与 QoS	413
13.9.6 总容量	414
13.10 小结	415

参考文献	415
第 14 章 多媒体广播多播业务	416
14.1 多媒体广播多播业务的概念	416
14.2 MBMS 对网络架构的影响	419
14.3 高级 MBMS 过程	421
14.4 MBMS 无线接口的信道结构	422
14.4.1 逻辑信道	422
14.4.2 传输信道	423
14.4.3 物理信道	423
14.4.4 点对点 and 点对多接续	424
14.4.5 在 MBMS 服务时段启动期间无线接口实例	425
14.5 MBMS 终端能力	425
14.6 MBMS 性能	427
14.6.1 3GPP 的性能要求	427
14.6.2 MBMS 的小区仿真容量	428
14.6.3 Iub 的传输容量	431
14.7 MBMS 的部署及使用案例	431
14.8 MBMS 的 DVB-H 基准要求	432
14.9 3GPP 的 MBMS 在 Release 7 版本中的演进	433
14.10 小结	434
参考文献	435
第 15 章 高速分组接入技术的演进	437
15.1 引言	437
15.2 建立时间缩短	437
15.3 采用 MIMO 和 16QAM/64QAM 增加峰值数据速率	440
15.4 层 2 的优化	442
15.5 增强型终端的吞吐量演进	444
15.6 分组应用连续接通情况下降低移动台功耗的措施	448
15.7 VoIP 的容量增强措施	450
15.8 扁平结构	451
15.9 小结	452
参考文献	453
第 16 章 UTRAN 的长期演进	454
16.1 背景	454
16.2 多址方式和结构方面的决定	454