

现代  通信技术丛书

HSDPA

技术原理与网络规划实践

徐志宇 韩 玮 蒲迎春 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代移动通信技术丛书

HSDPA 技术原理与网络规划实践

徐志宇 韩 玮 蒲迎春 编著

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

HSDPA 技术原理与网络规划实践/徐志宇,韩玮,蒲迎春编著.

—北京:人民邮电出版社,2007.3

ISBN 978-7-115-15394-4

I. H... II. ①徐...②韩...③蒲... III. 移动通信—通信网 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 119839 号

内 容 提 要

本书对高速下行链路分组接入(HSDPA)技术进行了全方位的讨论分析,重点阐述 HSDPA 的技术原理、关键算法、话务模型、无线网络规划原理和无线网络性能等,还探讨了相关热点技术,如传输规划、实时业务承载、网络规划系统仿真平台以及未来移动通信技术发展等。

本书特别注重移动通信新技术与网络运营实践的紧密结合,网络规划理论与仿真、测试相互印证,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,也可供通信专业大学生、研究生参考。

现代移动通信技术丛书

HSDPA·技术原理与网络规划实践

◆ 编 著 徐志宇 韩 玮 蒲迎春

责任编辑 陈万寿

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京鸿佳印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:16

字数:384 千字

2007 年 3 月第 1 版

印数:1-4000 册

2007 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-15394-4/TN

定价:34.00 元

读者服务热线:(010)67129258 印装质量热线:(010)67129223

序

HSDPA 作为 3GPP 协议体系 R5 版本在无线侧引入的一种下行增强技术,由于能带来最高 14.4Mbit/s 的下行数据吞吐率,受到全球各大知名移动运营商和通信设备制造商的广泛关注,并从 2006 年下半年开始逐渐进入商用。

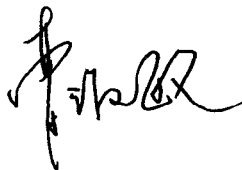
本书由国内知名通信设备制造商——中兴通讯技术有限公司的专家撰写,是目前国内外第一本针对 HSDPA 技术研究和网络规划实践的中文图书,填补了技术书籍在该领域的空白。本书从原理、技术到关键算法,从规划、仿真到实践应用,对 HSDPA 进行了全面的阐述。与目前很多以描述技术原理为主的相关书籍不同,本书是以一个通信设备制造商对 HSDPA 技术的深入理解和积累为基础,站在 HSDPA 建网和运营的角度上,对业界普遍关注的 HSDPA 网络规划、建设及组网应用等一系列专题进行了广泛而深入的分析和探讨,对未来 HSDPA 的商用实践有着较强的指导作用。

关注 HSDPA 建网和应用是本书的一大特色,尤其书中介绍的 HSDPA 的关键算法、HSDPA 话务模型、HSDPA 网络规划原理及 HSDPA 无线网络性能等章的内容,其专业的技术论述、严谨的理论推导和翔实的数据分析,都体现了作者在实际 HSDPA 系统设计和开发中对 HSDPA 关键技术、算法和应用的理解和把握。书中根据商用网络运营的实际经验,将网规理论仿真与规划实践相互印证,从实践的角度分析和阐述了未来 HSDPA 商用建网的一系列具有实际应用意义的专题,包括 HSDPA 建网策略、HSDPA 引入后对原有 R99 网络的影响、HSDPA 网络规划及引入 HSDPA 后对 3G 传输建设的影响等,通过对这些专题的研究,为从事 WCDMA/HSDPA 网络建设的工程技术人员提供了有价值的参考依据。本书最后提供了研究 HSDPA 技术的仿真工具 3GSS,可用于进行 HSDPA 的技术研究、课题研究,输出 HSDPA 关于覆盖、容量以及功率方面的资源调配指导。本书可供那些对 WCDMA 感兴趣的技术人员或研究人员作为研究平台工具使用,或供 WCDMA 网络规划人员作为制定 HSDPA 资源分配策略的指导依据。

中国 3G 启动在即,在中国 3G 网络建设全面实施时,对掌握无线通信技术的专业型人才的需求量将非常大,尤其是需要全面掌握 HSDPA 等新技术的专业技术人员。通过对本书的阅读和学习,读者不仅可以全面了解 HSDPA 的技术特性和性能本质,还能够领略未来移动通信技术的发展趋势和方向,对于培养未来 3G 技术型人才是一本很好的教材。

非常感谢本文作者能将自己在 HSDPA 技术领域的研究成果和成功经验与业界分享,这充分体现出我国民族通信企业的历史责任感和使命感,以及为实现民族通信产业腾飞的目标所作出的巨大努力。

信息产业部电信研究院副院长
中国通信标准化协会副理事长



教授级高工

前 言

WCDMA 无线接入技术在不断地发展演进, 基于 3GPP R5 协议的高速下行链路分组接入 (HSDPA) 技术尤其受到世界上众多运营商的青睐。在引入 HSDPA 技术后, 网络规划、系统关键算法、无线工程、无线网络运营等方面都会有较大的变化。

对于 HSDPA 这个全新的技术, 人们不禁要问, 到底是什么使得 HSDPA 达到如此高速的吞吐率呢? HSDPA 对原有的 WCDMA R99 网络规划有影响吗? HSDPA 和 R99 之间如何分配宝贵的资源? HSDPA 有哪些关键算法? HSDPA 的业务模型有什么特点? 实际网络中 HSDPA 的无线性能如何? 应该使用什么样的仿真工具来研究、规划 HSDPA 网络? 未来的无线网络会如何发展? ……本书将逐一分析以上问题, 结合理论、仿真和测试进行探讨, 帮助那些从事第三代移动通信 (3G) 无线工程的读者提高和加深对 HSDPA 技术的认识和理解。

本书对 HSDPA 技术进行了全方位的讨论分析, 内容包含 HSDPA 的技术原理、关键算法、话务模型、无线网络规划原理和无线网络性能等, 此外还探讨了相关内容如传输规划、实时业务承载、网络规划系统仿真平台以及未来技术发展等。本书所探讨的内容尽可能涵盖目前业界所关心的热点问题。

此外, 本书还用一定的篇幅分析了 WCDMA R99 的技术原理, 以及在此基础上的网络规划和优化技术。在 WCDMA 技术积累基础上分析 HSDPA 技术, 对于全面指导实际网络建设非常有意义, 并且能够使读者更加深刻掌握 HSDPA 技术的精髓。

本书有以下 4 个显著特点:

- 以技术描述为主线;
- 以关键算法为核心;
- 以仿真分析为支撑;
- 以外场实测为验证。

本书各章内容之间的关系如图 0-1 所示。

本书的主线是 WCDMA HSDPA 技术, 以及在此基础上延伸发展的 HSDPA 网络规划实践、HSDPA 无线网络性能。本书先介绍了 WCDMA 基本原理, 并根据商用网络运营的实际经验, 将网络规划技术理论与网络规划实践相互印证, 为从事 WCDMA R99/HSDPA 网络建设的工程技术人员提供了可靠的参考依据。在 WCDMA 网络建设全面实施时, 对具有无线网络专业技术的人员需求非常大, 尤其是需要全面掌握 HSDPA 等新技术的专业技术人员。本书既有理论方面的分析, 也有网络建设的经验总结, 旨在与业界共享研究成果和建网经验, 共同为第三代移动通信发展尽一份力量, 这也是本书出版的主要目的。

本书由中兴通讯 3G 产品总经理方晖倡导发起、推动并给予人力、资金和工作安排上的支持和指导。在本书的撰写过程中, 蒲迎春总工程师对全书架构、关键技术点进行详细分析与审核, 徐志宇总工程师和 HSDPA 网络规划负责人韩玮负责内容的整体策划并汇总、编辑成稿。其中, 柯雅珠撰写 WCDMA 基本原理, 刘涛撰写 HSDPA 关键技术, 徐志宇、彭佛才撰写关键算法, 黄萍撰写 WCDMA 网络规划、网络优化技术, 韩玮撰写 HSDPA 网络规划原理和仿真软

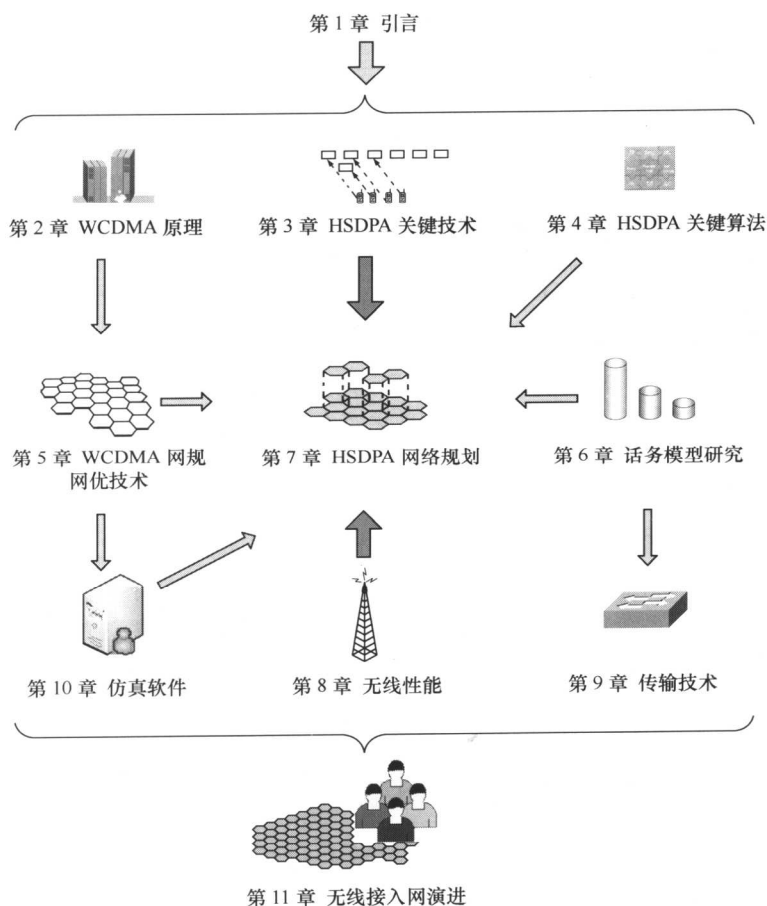


图 0-1 各章内容之间的关系图

件，赵禹撰写话务模型研究，宋廷山及其团队撰写无线性能分析，但汉平、袁知贵撰写传输技术，王宗利撰写无线接入网演进和传输等，尹建华、郝瑞晶、陈勇、赵奕、叶策、肖炜丹、刘怀林、窦建武、王琛、夏志远、田涛、周晓华、丁杰伟、杨兵、陈涛、卢彤九、秦剑寒等同志对本书的编撰亦有很大贡献。

除了以上编撰者直接的贡献外，我们还要感谢孙毅、施汉军等专家提出的宝贵意见和建议。

真诚欢迎广大读者对本书提出意见和建议，书中不足之处希望广大同仁共同探讨。

作 者

2006 年 12 月

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 第三代移动通信发展概述	1
1.2 WCDMA 无线技术的演进	4
1.2.1 3GPP 协议演进	4
1.2.2 无线技术演进	5
1.3 HSDPA 技术的引入	6
1.4 新技术与网络规划优化	7
1.5 参考文献	8
第 2 章 WCDMA 基本原理	10
2.1 WCDMA 码分多址原理	10
2.2 WCDMA 系统架构	13
2.2.1 系统网元与接口	13
2.2.2 核心网	15
2.2.3 无线接入网	16
2.2.4 空中接口信道类型	18
2.3 关键技术介绍	20
2.3.1 功率控制	20
2.3.2 切换技术	24
2.3.3 接纳控制	26
2.3.4 负荷控制	27
2.3.5 用户和业务优先级	28
2.4 WCDMA 系统特点	29
2.4.1 自干扰系统	29
2.4.2 容量、覆盖和业务质量的关系	29
2.5 参考文献	31
第 3 章 HSDPA 原理与关键技术	32
3.1 崭新的系统架构	32
3.2 HSDPA 新引入的物理信道	33
3.2.1 高速物理下行共享信道 (HS-PDSCH)	34
3.2.2 高速共享控制信道 (HS-SCCH)	37
3.2.3 高速专用物理控制信道 (HS-DPCCH)	38
3.2.4 伴随专用物理控制信道 (A-DPCH)	39
3.2.5 部分专用物理信道 (F-DPCH)	40
3.2.6 HSDPA 信道之间的定时关系	40

3.3	自适应调制编码 (AMC) 技术	42
3.4	混合自动重传请求技术 (HARQ)	47
3.4.1	HARQ 的原理	47
3.4.2	HARQ 的性能	49
3.5	HARQ 多进程处理	50
3.6	HSDPA 系统的优势与不足	51
3.7	参考文献	52
第 4 章	HSDPA 中的关键算法	53
4.1	分组调度算法	53
4.1.1	MAC-hs 分组调度器构架	53
4.1.2	分组调度算法	55
4.1.3	MAC-hs 调度算法性能评价	55
4.1.4	流业务的分组调度	58
4.2	流量控制算法	59
4.2.1	算法原理	59
4.2.2	MAC-hs 流控器组成	61
4.3	功率控制算法	62
4.3.1	HS-PDSCH 的功率控制	62
4.3.2	HS-SCCH 的功率控制	64
4.3.3	HS-DPCCH 的功率控制	69
4.4	码资源分配	70
4.4.1	静态码资源分配	70
4.4.2	动态码资源分配	70
4.5	HSDPA 的切换算法	71
4.5.1	HS-DSCH 同频服务小区变更	71
4.5.2	HS-DSCH $\longleftrightarrow$ DCH 的信道迁移	72
4.6	HSDPA 高层算法	72
4.6.1	HSDPA 接纳控制	73
4.6.2	HSDPA 拥塞控制	74
4.6.3	HSDPA 负荷控制	74
4.6.4	HSDPA 负荷均衡	75
4.7	本章小结	76
4.8	参考文献	76
第 5 章	WCDMA 网络规划与优化	78
5.1	WCDMA 网络规划基本流程	78
5.2	WCDMA 覆盖估算	80
5.2.1	无线传播模型	80
5.2.2	链路预算	81
5.2.3	覆盖规模估算	85

5.3	WCDMA 容量估算	85
5.3.1	上行容量	85
5.3.2	下行容量	87
5.3.3	混合业务容量估算方法	89
5.4	WCDMA 网络优化	91
5.4.1	优化概述	91
5.4.2	优化流程	92
5.4.3	无线网络关键性能指标	93
5.4.4	优化案例分析	95
5.5	参考文献	99
第 6 章	HSDPA 话务模型	101
6.1	业务的 QoS 分类	101
6.2	业务量估计	102
6.2.1	单用户业务模型参数	102
6.2.2	区域划分和市场预测	104
6.3	HSDPA 话务分析	105
6.3.1	承载业务和策略	105
6.3.2	应用场景	106
6.3.3	话务特点	106
6.4	R99+HSDPA 混合组网话务模型预测	107
6.4.1	用户预测	107
6.4.2	CS 域话务模型	108
6.4.3	PS 域话务模型	109
6.4.4	案例对比	114
6.5	室内 HSDPA 话务模型预测	114
6.5.1	典型场景	114
6.5.2	用户预测	115
6.5.3	话务模型	116
6.5.4	案例分析	116
6.6	数据业务峰均比特特性	116
6.7	参考文献	117
第 7 章	HSDPA 网络规划	119
7.1	HSDPA 建网策略	119
7.1.1	HSDPA 的引入策略	119
7.1.2	同频与异频组网方案	120
7.2	HSDPA 引入后对 R99 网络的影响	122
7.2.1	引入 HSDPA 对系统指标的影响	122
7.2.2	HSDPA 对资源分配的影响	125
7.2.3	HSDPA 对 R99 覆盖的影响	128

7.2.4	HSDPA 对 R99 容量的影响	130
7.2.5	在线用户数目	133
7.3	HSDPA 链路预算	136
7.3.1	基本参数配置	136
7.3.2	上行链路预算	138
7.3.3	下行链路预算	139
7.4	HSDPA 网络规模估算	142
7.4.1	HSDPA 网络规模估算方法	142
7.4.2	HSDPA 网络规模估算示例	146
7.5	HSDPA 组网方案	151
7.5.1	系列化基站	151
7.5.2	室外 HSDPA 组网解决方案	151
7.5.3	室内 HSDPA 组网解决方案	152
7.6	参考文献	153
第 8 章	HSDPA 网络无线性能	154
8.1	链路性能	154
8.1.1	CQI 与导频质量的关系	154
8.1.2	HS-PDSCH 链路性能	156
8.1.3	HS-SCCH 链路性能	160
8.1.4	HS-DPCCH 链路性能	162
8.2	系统性能	165
8.2.1	多用户分集增益	165
8.2.2	扇区吞吐率	167
8.2.3	用户吞吐率	171
8.2.4	引入 HSDPA 对 R99 网络的影响	174
8.2.5	同频 HS-DSCH 服务小区变更性能分析	176
8.2.6	往返时间 (RTT)	179
8.3	参考文献	180
第 9 章	HSDPA 中的传输技术探讨	182
9.1	HSDPA 传输概述	182
9.1.1	现有传输组网概况	182
9.1.2	Iub 口传输需求	183
9.2	传输组网技术	187
9.2.1	SDH	187
9.2.2	ATM	189
9.2.3	IP	192
9.2.4	MSTP	194
9.3	HSDPA Iub 传输解决方案	196
9.3.1	传输汇聚与统计复用	196

9.3.2 分路传输	200
9.4 Iub 传输带宽的预算	201
9.4.1 传输带宽利用率	201
9.4.2 Iub 传输带宽预算	202
9.4.3 Iub 传输带宽预算示例	204
9.5 本章小结	205
9.6 参考文献	205
第 10 章 WCDMA HSDPA 网络规划软件和 3GSS 仿真平台	206
10.1 网络规划软件工具简介	206
10.2 测试与分析工具软件	207
10.2.1 无线网络测试软件 WiNOM RNT	208
10.2.2 无线网络分析软件 WiNOM RNA	208
10.3 网络工程仿真软件	209
10.3.1 蒙特卡罗仿真	209
10.3.2 AIRCOM 仿真软件	210
10.3.3 TEMS 仿真软件	212
10.4 网络规划系统仿真平台 3GSS 介绍	214
10.5 3GSS 仿真平台专题研究案例	216
10.5.1 HSDPA 与 R99 动态资源分配	218
10.5.2 功率分配比例对 R99 业务的影响	218
10.5.3 调度算法对网络流量的影响	219
10.6 3GSS 的特点与优势	220
10.7 参考文献	221
第 11 章 无线接入网演进	222
11.1 NGMN 概况	222
11.1.1 NGMN 的需求和目标	223
11.1.2 NGMN 路标	224
11.2 无线接入网网络构架演进	224
11.3 无线接入网技术演进	226
11.3.1 HSUPA 关键技术分析	226
11.3.2 HSPA+	228
11.3.3 LTE	228
11.4 其他无线接入技术	228
11.5 本章小结	229
11.6 参考文献	230
本书缩略语	231
附录	240

第1章 引言

WCDMA 是第三代移动通信三大主流标准之一, 协议经历从 R99、R4、R5、R6、R7 乃至向 LTE (Long Term Evolution) 的演进, 技术的发展使人们享受更先进的移动通信服务成为可能。本章从移动通信的历程、标准演进、无线技术升级等角度阐述了 WCDMA 标准和技术的发展概况。

1.1 第三代移动通信发展概述

移动通信技术具有移动性、自由性、不受时间与地点限制等特点, 正深刻改变着人们的生活和行为方式。近年来, 互联网对通信产生了巨大影响, 也同样影响和带动了移动通信领域的发展, 移动互联网、移动多媒体等将成为移动业务发展的方向, 丰富的数据业务需要有一个高数据带宽和服务质量 (QoS, Quality of Service) 保证的平台^[1]。移动网络开始向提供无线宽带业务的新一代移动通信系统演进。

第一代移动通信系统是基于频分多址 (FDMA) 技术的模拟通信系统, 典型代表是美国 AMPS 系统和后来改进型系统 TACS, 以及 NMT 和 NTT 等, AMPS 使用模拟蜂窝传输的 800MHz 频带, 在美洲和部分环太平洋国家广泛使用; TACS 是 20 世纪 80 年代欧洲的模拟移动通信的制式, 也是我国 20 世纪 80 年代采用的模拟移动通信制式, 使用 900MHz 频带。第一代移动通信有很多不足之处, 比如容量有限、制式太多、互不兼容、保密性差、通话质量不高、不能提供数据业务、系统间不能提供漫游等。

第二代移动通信系统主要采用时分多址 (TDMA) 和码分多址 (CDMA) 的数字通信技术, 全球主要有 GSM 和 CDMA IS-95 两大体制。GSM 技术标准是 ETSI 提出的, 目前全球绝大多数国家使用这一标准。第二代移动通信系统的核心业务是语音业务, 核心网基于电路交换技术, 由 TDM 线路承载语音与低速数据业务。两种网络制式之间难以实现漫游, 不能满足全球通信的需求。同时, 数据通信技术的进步特别是互联网的普及, 使多媒体移动通信成为大众可望享受的服务, 并成为现代通信发展的主要目标之一。提供全球化漫游和移动多媒体业务成为第二代移动通信面临的主要挑战。

以 GPRS 为代表的 2.5G 技术能够提供理论峰值 171.2kbit/s 的无线数据带宽, 其实现方法是在原有的基于电路交换的网络中增加一个平行的分组网络。2.5G 只是在原有无线技术和通信平台上进行改进, 业务速率的提高以及提供业务的灵活性等方面都受到很大限制, 不能从根本上改变第二代移动通信系统以语音业务和低速数据业务为主的局面。

面对这些问题, 人们开始积极研究新一代移动通信技术, 国际电信联盟 (ITU) 提出的第三代移动通信系统 (3rd Generation) 成为业界关注的焦点。第三代移动通信系统简称 3G, 由 ITU 在 1985 年提出的工作在 2 000MHz 频段, 预期在 2000 年左右商用的系统。当时称为未来陆地移动通信系统, 1996 年正式更名为“2000 年国际移动通信计划” (简称 IMT-2000)^[2]。

与第二数字移动通信系统相比，第三代移动通信系统最主要的特征是可以提供移动多媒体业务，其设计目标是为了提供比第二代系统更大的系统容量、更好的通信质量，并能在全球范围内更好地实现无缝漫游及为用户提供包括话音、数据及多媒体等在内的多种业务，同时也要考虑与已有第二代系统良好的兼容性。图 1-1 显示了不同阶段移动通信技术的发展情况。

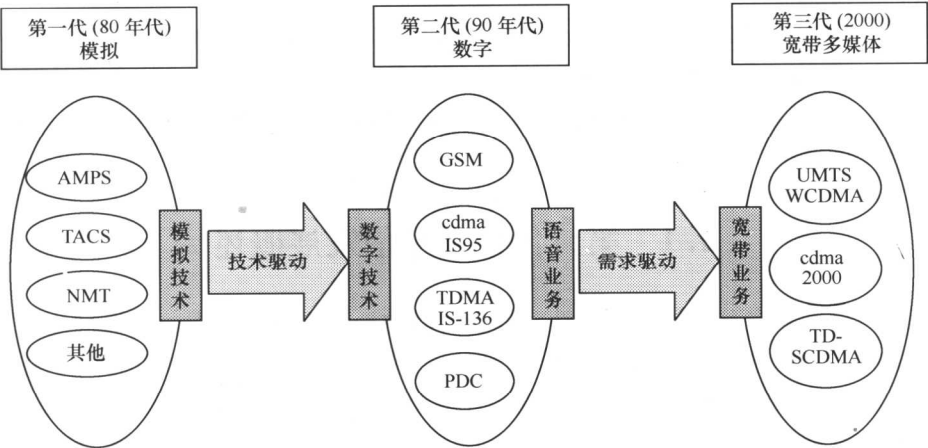


图 1-1 不同阶段移动通信的标准制式

ITU 确定的 IMT-2000 技术标准主要包括 WCDMA、CDMA2000 及 TD-SCDMA 三种技术制式见表 1-1。

表 1-1	WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA 技术比较		
	WCDMA	TD-SCDMA	CDMA2000
载频带宽	2×5MHz（双向）	1.6MHz（单向）	2×1.25MHz（双向）
码片速率	3.84Mchip/s	1.28Mchip/s	1.228Mchip/s
双工方式	FDD	TDD	FDD
帧长	10ms	10ms（子帧 5ms）	20ms
信道编码	卷积码、Turbo 码	卷积码、Turbo 码	卷积码、Turbo 码
调制方式	QPSK/BPSK、HSDPA 可采用 16QAM	QPSK/8PSK、HSDPA 可采用 16QAM	QPSK/BPSK
功率控制	快速闭环	闭环	快速闭环
功率控制速率	1 500 次/秒	200 次/秒	800 次/秒
基站同步	同步/异步	同步	同步

WCDMA（Wideband Code Division Multiple Access，宽带码分多址）标准是由 3GPP 组织制定的，采用直接扩频技术，支持 FDD 和 TDD 两种双工方式。目前 WCDMA 已经推出 R99、R4、R5、R6 多个标准版本，其 R99 版本协议支持在高速移动的状态下，可提供 384kbit/s 的传输速率，在低速或是室内环境下，最高传输速率可高达 2Mbit/s。而 GSM/GPRS 系统的最高传输速率只有 171.2kbit/s，GSM/EDGE 采用 8PSK 调制后，可以达到 473kbit/s 的速率。固定线路 Modem 也只能提供 56kbit/s 的传输速率，由此可见 WCDMA

是一种宽带无线通信技术。

TD-SCDMA (Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access, 时分同步码分多址) 标准是由中国提出, 采用时分双工制式, 并引入智能天线、联合检测和软件无线电等一系列新技术, 进一步提高了移动系统的容量、抗干扰能力和灵活性, 特别适用于不对称的无线接入业务。

CDMA2000 则是由 3GPP2 组织制定的, 是从 IS-95 演进而来第三代移动通信标准。可从原有 IS-95 网络直接升级, 建网成本低廉, 目前部署的地区主要有日本、韩国和北美等国家和地区。

尽管目前飞速发展的第三代通信系统比以往的通信系统能够提供更高的业务带宽和更好的用户体验, 但是人们对无线通信服务的需求是无止境的。在可以预见的未来, 移动数据应用需求会像今天的语音业务需求一样强烈, 那时的无线网络需要更新更优的技术制式, 第四代移动通信 (4G) 乃至更高级的移动通信系统将出现和发展, 同时考虑将当前已有的多种通信系统相互融合, 形成多维的网络解决方案。

未来第四代移动通信系统是多功能集成的宽带移动通信系统, 如图 1-2 所示, 是宽带接入 IP 系统, 目前尚处在预研阶段, 可提供高达 100Mbit/s 的带宽。第四代移动通信将以宽带、IP 化、具有多种综合功能的系统形态出现, 预计最近就会出现相关的实验系统和原型终端。

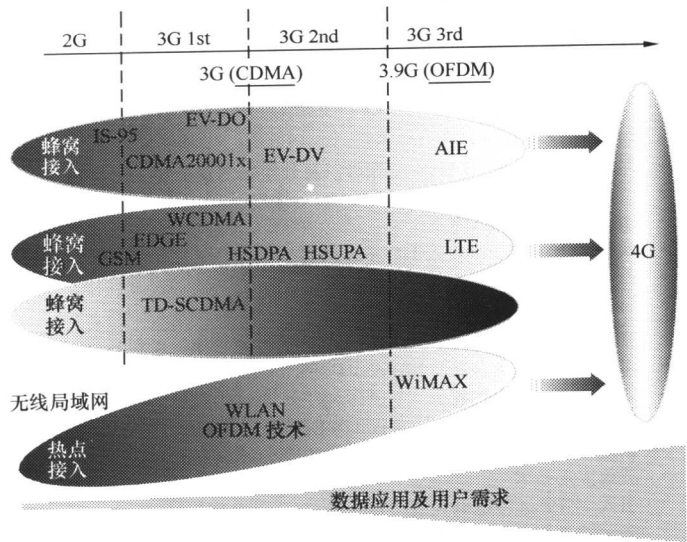


图 1-2 无线技术的发展与融合趋势

移动通信体制一直在不断发展, 从今天仍然使用的 IS-95、GSM 等 2G 系统, 逐步发展到支持一定数据业务的 EDGE、CDMA1X, 以及 3G 的 WCDMA、CDMA EV-DO、TD-SCDMA。为了满足更高的 3G 业务需求, 发展了 HSDPA、HSUPA 技术, 乃至未来的 LTE、AIE (Air Interface Evolution) 等。同时, 以 WLAN、WiMAX 技术为代表的无线局域网、城域网技术也在不断发展完善, 与 3G 等移动通信技术一起满足不同场景中的快速增长的无线业务尤其是无线数据业务需求。

1.2 WCDMA 无线技术的演进

1.2.1 3GPP 协议演进

3GPP 标准版本分为 R99、R4、R5、R6、R7 等阶段来实现，其中 R99 版本于 2000 年 3 月正式冻结，以后每 3 个月更新一次，目前 R99 的商用版本一般都是基于 R99 2001 年 6 月版本。R4 协议于 2001 年 3 月冻结，2002 年 3 月获得通过，目前已经稳定。R5 版本于 2002 年 3 月冻结。R6 版本于 2005 年 6 月冻结，目前 R7/LTE 的工作已经完成可行性研究，进入规范制定阶段。表 1-2 列举了 3GPP 协议演进中的关键技术。

表 1-2 3GPP 版本演进分析^[3]

版 本	演 进 内 容
GSM/GPRS 到 R99	• 全新的 UTRAN 接入网 • QoS 业务模型 • 引入小区同步、高效的信道编译码、功率控制等技术 • 支持发送和接收分集、软切换等功能 • 支持 UE 定位业务
R99 到 R4	• 核心网 CS 域控制层和传输层的分离 • 核心网传输增强 • Iub 和 Iur 上的 AAL2 连接的 QoS 优化^{[5]~[14]} • Iu 接口上引入了无线接入承载 (RAB) 的 QoS 协商机制^[4] • RAB 增强支持^{[15]~[17]}等 • 引入 TD-SCDMA • UE 定位服务增强：Iub/Iur 接口支持 OTDOA 和网络 A-GPS 定位功能
R4 到 R5	• 引入 IP 多媒体子系统 (IMS) • 增加核心网上的 MAP 安全保障以及分组域的安全性 • 支持 UTRAN 与 GERAN 的 Iu/Iur-g 接口 • 引入 IP 传输技术^[18] • 实现高速下行分组接入 HSDPA^{[19]~[21]} • Iu Flexible 技术 • Iub/Iur 的无线资源管理的优化
R5 到 R6	• 支持 IMS 第二阶段和 WLAN-UMTS 的互通 (第一阶段) • 多媒体广播组播业务 (MBMS)^{[23][24]} • 实现高速上行分组接入 (HSUPA)^[22] • HSDPA 增强技术：包括增强 HS-DPCCH 信道 ACK/NACK 解码可靠性和增加下行物理信道 F-DPCH (Fractional Dedicated Physical Channel) • 波束成形技术 • 引入 3GPP 远程电调天线接口 Iuant (3GPP RET Iuant) • 多运营商核心网 (MOCN, Multiple Operators Core Network)
R7 及未来	• 多入多出天线 (MIMO, Multiple Input Multiple Output Antennas)^{[25][26]} • 在 IMS 中引入紧急呼叫业务 • UE 定位服务增强：支持上行 TDOA 定位技术 • IMS 会话业务与 CS 呼叫的组合应用的可行性 • 全 IP 网络的可行性 • 引入 2.6GHz、900MHz、1 700MHz 频段 • 接入安全性增强 • 支持 WLAN-UMTS 互通 • MBMS 增强 • HSPA 增强 • 正交频分复用 (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing)^[27]

从技术视角可以分为无线技术演进、核心网技术演进、QoS 技术演进等。在下面的章节将分析无线技术在不同协议版本中的演进过程。

1.2.2 无线技术演进

1.2.2.1 高速宽带接入

相对于 GSM/GPRS BSS 而言, R99 引入了全新的无线接入网 UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network, 通用地面无线接入网), 无线接口基于 WCDMA, 信号带宽为 5MHz, 码片速率为 3.84Mchip/s, 每小区下行业务带宽支持 2Mbit/s 左右; R4 版本在无线接入方面没有大的改变; R5 版本引入了 HSDPA (High Speed Downlink Packet Access, 高速下行链路分组接入) 技术, 可采用 16QAM 调制方式, 较大提高了频谱利用效率, 使小区下行峰值速率能达到 13.9Mbit/s 水平, 其物理层峰值速率达 14.4Mbit/s; R6 版本则引入了增强型上行链路技术, 又可称为 HSUPA (High Speed Uplink Packet Access, 高速上行链路分组接入) 技术, 使小区上行峰值速率能达到 5.76Mbit/s 水平; 在 R7 中引入了 MIMO 技术, 可以在同一个频带上通过多个发射和接收天线分别同时发送和接收信号, 从而成倍提高系统容量和频谱利用效率, 适应了未来移动通信系统中高速率业务的需求。在 LTE 研究项目中引入了 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 正交频分复用) 技术, 其特点是子载波具有正交性, 允许子信道的频谱相互重叠, 从而最大限度利用频谱资源, 使小区下行峰值速率能达到 100Mbit/s (注意是: 100Mbit/s 使用的是 20MHz 带宽, 本书中提的 HSDPA 速率都以 5MHz 带宽作为基准), 上行能达到 50Mbit/s, 将成为 3G 演进型系统 (如 Beyond 3G、3.9G、E3G) 的核心技术基础。另外未来可能会将 MIMO 技术与 OFDM 技术联合起来使用, 目前已经有实验系统测试结果表明: 具有两个发射天线和两个接收天线的 MIMO-OFDM 系统能够在 20MHz 频谱带宽内提供几十到一百兆的数据传输速率。

基于以上分析, 可以清晰看出无线接入网在接入带宽方面的演进路线如图 1-3 所示。

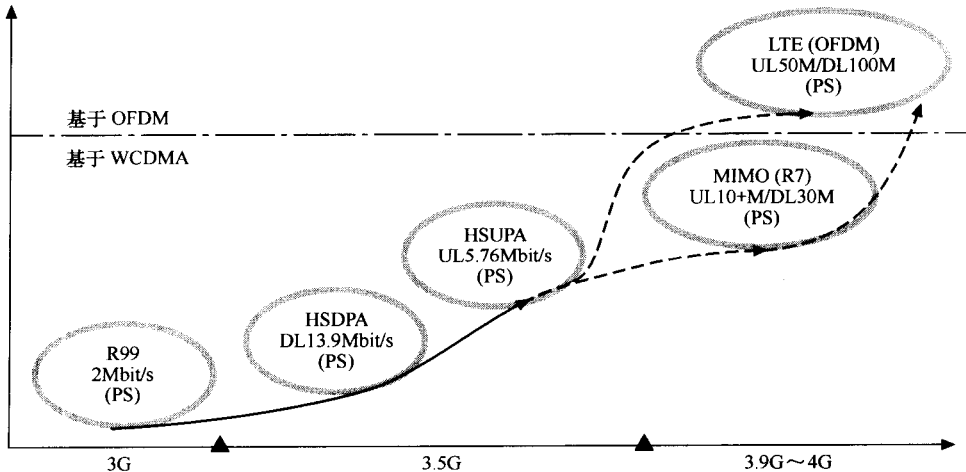


图 1-3 无线接入网演进路线

总的演进方向是通过引入各种技术来最大限度地提高频谱利用效率, 从而满足高速数据

传输的需求。

1.2.2.2 移动性管理

WCDMA 系统从 R99 开始就在移动性管理上显示出与 GSM/GPRS 的不同,包括软切换、Iur 接口、重定位,以及 2G/3G 之间的切换与重选等。Iur 接口从 R4 开始引入公共测量、拥塞控制等流程,使跨 Iur 口的无线资源管理、负荷控制成为 UTRAN 的有机组成部分。同时,与 GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network, GSM/EDGE 无线接入网)融合的规范工作也在不断加强,包括 Iur-g、网络辅助的小区重选等。

1.2.2.3 IP 传输技术

R99 版本的 UTRAN 采用 ATM 传输技术,从 R5 版本开始在 UTRAN 中引入了 IP 传输技术。作为 UTRAN 的可选技术,IP 技术使得 UTRAN 业务能够基于 IP 网进行传输,从而可以提高组网的灵活性和降低运营商网络建设成本,因此可以看出 IP 传输也是 UTRAN 传输的发展趋势;另外 R4/R5 标准在传输方面增加了传输承载修改、重配等功能,进一步优化了传输承载的性能。

IP 传输技术的总体演进方向是有 QoS 和安全性保证的全 IP 分组承载网络。

1.2.2.4 天线技术

3GPP 在 R5 版本中为了提高系统链路性能和容量引入了波束成形技术,并提出了两个波束成形的可选方案,一是固定波束成形,二是用户自适应波束成形。

在演进到 R6 版本时,删除了用户特定的波束成形方案,明确了使用固定的波束成形方案:采用均匀的线性天线阵列,再加上模拟移相器使所需信号在某个特定的到达方向上相干和相加。3GPP 在 R6 版本统一规范了 RET 的接口,使得在多厂家提供天线的条件下实现远程的网络优化成为可能。

在 R7 中,3GPP 提出了 MIMO 技术,能成倍提高系统容量和频谱利用效率,虽然目前该技术还没有完全成熟商用,但这是移动通信领域天线技术的一项重大突破,也是未来智能天线技术的发展方向。

从 3GPP 标准演进过程来看,3GPP 在天线技术方面的演进路线为:波束成形两套方案(R5)→固定的波束成形方案和 3GPP 电调天线(R6)→MIMO(R7),总体的演进方向是通过引进各种天线技术来改进系统的链路性能,增强系统容量。

1.3 HSDPA 技术的引入

截止到 2006 年 11 月,全球已经有 46 个国家和地区的 80 张 HSDPA 网络投入商用,而 GSA (Global mobile Suppliers Association, 全球移动供应商协会)的预测是在 2006 年底,将达到 90 张 HSDPA 商用网络。新网络的不断铺开,代表着一轮接一轮的 HSDPA 投资热潮正在开始。从 2006 年开始,HSDPA 商用网络数量增加的速度明显加快,欧洲很多 UMTS 运营商将在 2006 年把 WCDMA 网络升级到支持 HSDPA。更高速的速率、更优质的服务、更丰富的业务,使得 HSDPA 技术成为关注焦点,中国运营商也表示将在 WCDMA 建网的第一阶段引入 HSDPA。

伴随着 HSDPA 网络建设热潮,HSDPA 终端数量和种类也日益丰富。截至 2006 年中期,全球共有 12 家制造商提供的 51 种终端面世,终端类型包含手机和数据卡。目前商用终