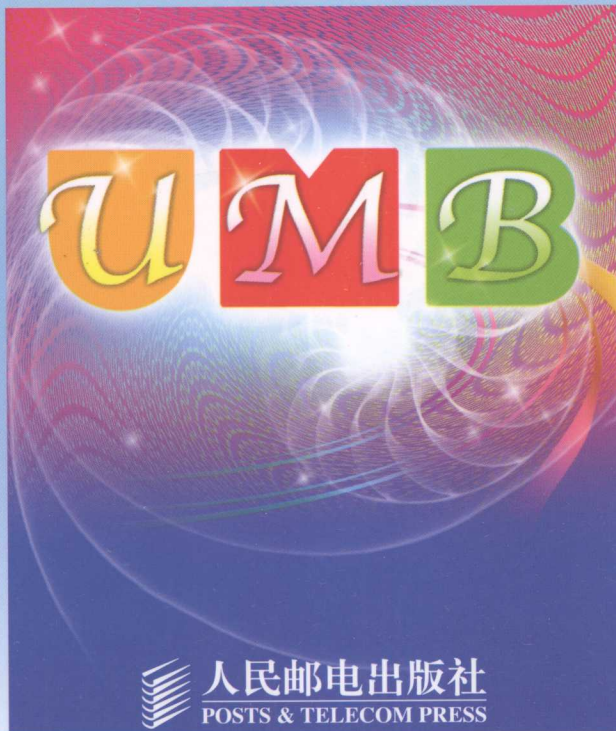


现代移动通信技术丛书

Advanced Mobile Communications

超移动宽带 (UMB) 空中接口技术与实现

张智江 吴树兴 顾旻霞 等 编著

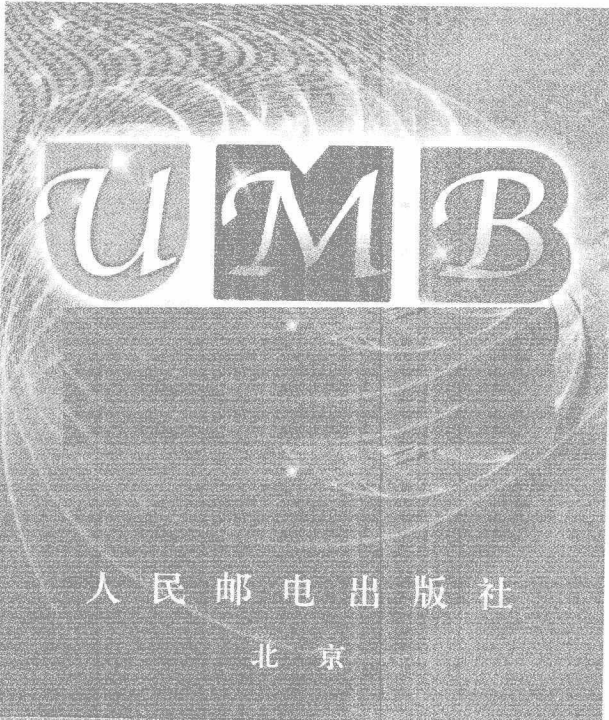


现代移动通信技术丛书

Advanced Mobile Communications

超移动宽带 (UMB) 空中接口技术与实现

张智江 吴树兴 顾旻霞 等 编著

The logo features the letters 'UMB' in a bold, serif font, with the 'U' and 'B' having a stylized, rounded appearance. The letters are set against a dark, textured background that resembles a globe or a network of lines, suggesting a global or technological theme. The overall design is modern and professional.

UMB

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

超移动宽带(UMB)空中接口技术与实现 / 张智江等编
著. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 1
(现代移动通信技术丛书)
ISBN 978-7-115-18983-7

I. 超… II. 张… III. 宽带通信系统—移动通信—接口
IV. TN929.5 TN915.142

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第156748号

内 容 提 要

本书是一本专门介绍 3GPP2 制定的 cdma2000 向后演进技术——超移动宽带(UMB)的标准和相关技术的图书。全书共分 9 章, 首先介绍 UMB 技术的发展情况, 然后从第 2 章到第 5 章分别描述了 UMB 中所采用的多址接入、编码调制、HARQ 和先进多天线技术, 同时为了让读者更好地理解这些内容, 在每章前半部分对相关技术的基础知识也进行了简要介绍。本书的第 6 章和第 7 章分别对 UMB 的物理层/MAC 层技术和上层相关技术进行了具体叙述, 第 8 章对 UMB 中所采用的其他关键技术进行了大概介绍, 最后则对 UMB 中实现广播/多播业务的物理层/MAC 层、上层技术进行描述。

本书主要适用于从事 3G 演进技术工作的工程技术人员、开发人员以及移动通信技术科研工作者阅读, 也可以作为移动通信专业研究生和高年级本科生的参考用书。

现代移动通信技术丛书

超移动宽带(UMB)空中接口技术与实现

◆ 编 著 张智江 吴树兴 顾旻霞 等

责任编辑 王晓明

执行编辑 刘 洋

◆ 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>

北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 700×1000 1/16

印张: 22.75

字数: 437 千字

2009 年 1 月第 1 版

印数: 1—3 000 册

2009 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18983-7/TN

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)67120142 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

超移动宽带 (UMB) 是 3GPP2 制定的空中接口规范, 相当于 3GPP 的 LTE。3GPP2 于 2007 年 9 月发布了 UMB2.0 版本, 标志着该标准的成熟, UMB 是 cdma2000 标准体系的 3G 演进技术, 也称为 3.9G, 是全球首个基于 IP 的移动宽带标准, 是 cdma2000 标准家族中的最新成员。UMB 采用了 OFDM 和 MIMO 主流技术, 并且使用了大量其他的先进技术, 可在很大程度上改善用户体验, 并提高运营商的赢利能力。

UMB 技术是三大 3G 演进技术 (UMB、LTE 和 WiMAX) 之一, 它与以往的以 CDMA 技术为主的 3G 技术不同, 在性能上有了质的飞跃, 扁平化的网络结构使得传输时延大大降低。从技术角度来说, UMB 与当年的 IS-95 标准的地位类似, 在移动通信领域中具有划时代的意义, 并且被业内看作为 4G 的 IMT-Advanced 技术的基础, 因此, 深刻理解这项技术, 不管是对于技术开发, 还是更好地理解 IMT-Advanced 技术来说都是十分重要的。目前关于 UMB 技术方面的书籍在国内还没有见到, 因此本书的目的就是帮助读者更好地理解 and 掌握 UMB 这项技术。

本书详细讲解了 UMB 中所用到的各种关键技术, 同时也对一些算法的实现过程进行了具体描述, 尽量满足各个层次读者的需要。

本书由张智江、吴树兴、顾旻霞等编著。其中, 吴树兴编写第 1、2、3、4、5、6、9 章, 顾旻霞编写第 7、8 章, 张智江对全书进行了统稿和审定。本书在编写过程中得到了高通公司的郭霁明、杜志敏, 阿尔卡特—朗讯公司的张文涛、刘建, 北电公司的李爱民, 摩托罗拉公司的左威东、何晓梅, 中兴公司的赵孝武、辛雨, 华为公司的黄龙贵, 工业和信息化部电信研究院传输所的杜滢等人的大力支持, 在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限, 书中难免有不妥和错误之处, 敬请读者批评指正。读者可通过电子邮件 (liuyang@ptpress.com.cn) 与本书责任编辑交流。

作 者

目 录

第1章 移动通信技术和 UMB 标准的发展	1	优点	39
1.1 蜂窝移动通信发展历程	1	2.1.4 OFDM 系统的缺点	40
1.1.1 蜂窝移动通信的产生	1	2.1.5 OFDM 技术应用	40
1.1.2 第一代蜂窝移动通信系统	2	2.2 CDMA 技术	40
1.1.3 第二代蜂窝移动通信系统	2	2.3 UMB 中的多址技术	45
1.1.4 第三代蜂窝移动通信系统	3	2.3.1 基本传输技术	45
1.2 3G 及 3G 演进标准化工作介绍	5	2.3.2 旋转 OFDM	47
1.2.1 WCDMA/HSDPA/HSPA/LTE	6	第3章 编码和调制技术	50
1.2.2 cdma2000 1x/cdma2000 1x EV-DO/cdma2000 1x EV-DV/UMB	11	3.1 数字调制基础	50
1.2.3 IEEE 802.16 及其演进	17	3.1.1 二进制数字调制原理	50
1.3 UMB 的发展	23	3.1.2 多进制数字调制原理	55
1.4 UMB 网络结构	29	3.2 编码理论基础	62
1.5 UMB 空中接口协议总体描述	31	3.2.1 检错码	62
第2章 多址接入技术	33	3.2.2 纠错码	64
2.1 OFDM 技术	33	3.3 UMB 编码和调制	81
2.1.1 OFDM 概述	33	3.3.1 编码调制结构	81
2.1.2 OFDM 基本原理	35	3.3.2 检错	82
2.1.3 OFDM 系统的		3.3.3 前向纠错	84
		3.3.4 信道交织	95
		3.3.5 序列重复	98
		3.3.6 数据加扰	98
		3.3.7 调制	99
		第4章 HARQ 技术	110
		4.1 前向纠错 (FEC) 技术	110

4.2	3 种基本的 ARQ 技术	140
	方案	111
4.2.1	停止等待 (SAWARQ) 方式	111
4.2.2	退 N 步 (GBNARQ) 方式	113
4.2.3	选择重传 (SRARQ) 方式	115
4.3	3 类 HARQ 技术	116
4.3.1	第一类 HARQ	117
4.3.2	第二类 HARQ	117
4.3.3	第三类 HARQ	118
4.4	HARQ 的其他问题	119
4.5	UMB 中的 HARQ	121
4.5.1	UMB 前向链路 HARQ 技术	121
4.5.2	UMB 反向链路 HARQ 技术	121
4.5.3	半双工模式下的 HARQ 技术	122
第 5 章	先进天线技术设计	124
5.1	MIMO 基本原理	124
5.1.1	多天线 MIMO 系统简介	124
5.1.2	MIMO-OFDM 概述	127
5.1.3	MIMO-OFDM 基本模型	128
5.1.4	MIMO-OFDM 的关键技术	130
5.2	UMB 先进天线技术	132
5.2.1	UMB 的闭环 MIMO 技术	132
5.2.2	UMB 的 SDMA	
5.2.3	UMB 的天线分集技术	141
5.2.4	UMB 的波束成形技术	142
5.2.5	UMB 的码书设计思想	143
第 6 章	物理层/MAC 层技术	147
6.1	系统时间与参数	147
6.1.1	系统时间	147
6.1.2	同步模式	148
6.1.3	扇区标识符	148
6.1.4	接入终端的时间基准	149
6.2	公共物理层算法及定义	150
6.2.1	公共置换生成算法	150
6.2.2	截断比特的反转交织	151
6.2.3	公共实复数加扰算法	152
6.2.4	公共 PHY Hash 函数	153
6.2.5	离散傅里叶变换 (DFT)	154
6.2.6	Walsh 序列	154
6.3	资源分配与跳频	154
6.3.1	UMB 时频资源的定义	154
6.3.2	时频资源的分配	157
6.4	前、反向链路信道结构与传输实现	190

6.4.1 UMB 系统总体 结构.....190	7.4.2 复杂属性..... 279
6.4.2 UMB 前向链路 传输.....192	7.5 UMB Session 的协商 280
6.4.3 UMB 反向链路 传输.....237	7.5.1 概述..... 280
	7.5.2 具体的协议 过程..... 282
第 7 章 上层相关技术 261	7.6 UMB 的连接管理层 介绍..... 291
7.1 UMB 应用层介绍261	7.6.1 状态转移..... 291
7.1.1 引言.....261	7.6.2 空闲状态下的 活动..... 294
7.1.2 基本信令协议 (BSP)262	7.6.3 开销消息和信息 块操作..... 297
7.1.3 路由间隧道 协议 (IRTP)262	7.6.4 导频集管理..... 299
7.1.4 ROHC 支持 协议.....266	7.7 UMB 的空口安全机制.....300
7.1.5 EAP 支持协议.....266	第 8 章 其他关键技术 302
7.2 UMB 无线链路层 介绍266	8.1 UMB 的快速切换 (Fast Switch) 技术..... 302
7.2.1 基本 QoS 管理 协议.....267	8.1.1 UMB 前向快速 切换技术..... 302
7.2.2 基本无线链路 协议.....268	8.1.2 UMB 反向快速 切换技术..... 304
7.2.3 基本流协议272	8.2 UMB 的快速接入 (Fast Access) 技术..... 305
7.2.4 基本路由协议273	8.3 UMB 的功率控制及 干扰抑制技术..... 307
7.3 UMB 路由控制协议275	8.3.1 基于 F-OSICH 的 常规反向功率 控制..... 308
7.3.1 引言.....275	8.3.2 基于 F-FOSICH 的 快速反向功率 控制..... 310
7.3.2 路由控制面协议 概述.....275	8.4 UMB 部分频率重用 (FFR) 技术..... 311
7.3.3 UATI 指派和 Session Anchor277	8.4.1 FFR 的基本
7.3.4 数据绑定点 (DAP) 处理.....277	
7.4 UMB QoS 参数定义278	
7.4.1 简单属性278	

第9章 UMB BCMCS 技术及实现	322
9.1 BCMCS Rev 0 简介	322
9.2 BCMCS Rev A 简介	323
9.3 UMB BCMCS 技术	325
9.3.1 物理层技术	325
9.3.2 MAC 层技术	337
9.3.3 其他上层技术	345
9.4 3 种技术重要参数的比较	349
缩略语	350
参考文献	354

第1章 移动通信技术和 UMB 标准的发展

近年来,移动用户对高速数据业务的迫切需求促使 3G 及其演进技术得到了空前的快速发展,其中,UMB 是由 3GPP2 引导的 3G 演进技术,它以 OFDM 为基础,引入了大量先进技术,具有数倍于 3G 系统的数据速率,可以满足未来移动通信对数据业务的要求。本章简要回顾蜂窝移动通信的发展历史,然后介绍 3G 及其演进技术的标准化工作情况,最后对 UMB 的发展、网络结构和空口协议的组成进行总体描述。

1.1 蜂窝移动通信发展历程

1.1.1 蜂窝移动通信的产生

移动通信起源于电磁波的产生。早在 19 世纪 60 年代,麦克斯韦就在理论上证明了电磁波的存在,随后赫兹进行了实验证实,到了 20 世纪初马可尼等人利用电磁波进行远距离无线通信获得了成功,从此世界进入了以电磁波为媒介的无线通信新时代。

到 20 世纪 20 年代,美国普渡大学学生发明了世界上第一个可以有效工作的移动通信系统——超外差式无线电接收机,标志着真正意义上的移动通信时代的到来;20 世纪 30 年代初,出现了第一部调幅制式的双向移动通信系统;20 世纪 30 年代后期又出现了调频制式的移动通信系统。由于调频制式的移动通信系统在性能上明显优于调幅制式,因此当时的调频制式移动通信系统逐渐占据主流地位,这个时期主要完成了通信实验和电磁波传输的实验工作,在短波波段上实现了小容量专用移动通信系统。这种移动通信系统存在着工作频率较低、话音质量差、自动化程度低、难以和公众网络互通等诸多缺点。

第二次世界大战期间,军事上的需求使得移动通信技术得到了迅速发展。战后,原先用于军事移动通信的技术成果逐渐转为民用。到 20 世纪 50 年代,美国 and 欧洲部分国家相继成功研发了公用移动电话系统,在技术上实现了移动电话系统与公众电话网络的互通,且得到了广泛的使用。但公用移动电话系统的容量较小。

20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期,美国推出了使用 150MHz 和 450MHz 频

段的改进型移动电话系统,采用大区制、中小容量,实现了无线频道自动选择及自动接入公用电话网等功能。但这种大区制结构所能提供的容量很快饱和,满足不了民用移动通信用户数快速增长的需求,因此必须探索新通信体制。在一定的频谱资源下,根据电磁波在传播过程中能量逐步衰减而可以有效地在不同空间上重复利用频率资源的原理,20世纪70年代美国贝尔实验室提出了小区制、蜂窝组网的概念,真正解决了公用移动通信系统要求容量大与频率资源有限的矛盾,奠定了蜂窝移动通信系统的基础,成为移动通信发展史上的里程碑。

1.1.2 第一代蜂窝移动通信系统

1978年年底,美国贝尔实验室成功研制了先进移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量;1983年,AMPS首次在芝加哥投入商用。AMPS是第一个真正意义上的具有随时随地通信能力的大容量蜂窝移动通信系统。它通过把整个覆盖区域分成若干个蜂窝小区,相邻蜂窝小区避免使用相同频率资源的方法来实现频率复用,并且同时保证移动终端在覆盖区内能够自动接入公用电话网,解决了公用移动通信系统所面临的大容量要求与频谱资源限制的矛盾。20世纪80年代初,AMPS系统在美国得到迅速发展,并且促进了在全球范围内对蜂窝移动通信技术的研究。到20世纪80年代中期,欧洲的一些国家和日本也纷纷建立了各自的蜂窝移动通信网络,主要有英国的ETACS系统、北欧的NMT-450系统、日本的NTT/JTACS/NTACS系统等。这些系统都是模拟制式的频分双工(Frequency Division Duplex, FDD)系统,也被称为第一代蜂窝移动通信系统。

第一代蜂窝移动通信系统采用了蜂窝组网和频率复用等关键技术解决了之前的移动通信系统所面临的频谱利用率低、容量小及业务质量差等方面的问题,在商业上取得了巨大成功。不过,第一代蜂窝移动通信系统也存在诸多局限:

- ① 各系统间没有公共接口,无法实现全球漫游;
- ② 无法适应固定网络迅速向数字化推进的趋势,数字承载业务难以开展;
- ③ 频谱利用率不高,无法适应大容量的需求。从理论上说,蜂窝可以进行无限分割,频率复用距离也可以做到越来越小,但是随着蜂窝变小后,来自多方面的干扰将变得难以排除,因此实际上限制了蜂窝无限缩小对系统容量的改善作用;
- ④ 安全性低,易于被窃听,易做“假机”。

这些致命的弱点妨碍了第一代蜂窝移动通信系统的进一步发展,因此模拟蜂窝移动通信逐步被数字蜂窝移动通信所替代。然而,模拟系统中的组网技术一直在数字系统中得以沿用。

1.1.3 第二代蜂窝移动通信系统

为了解决上面所提到的第一代蜂窝移动通信系统中所存在的问题,从20世纪

90 年代开始逐渐发展了采用数字调制技术的第二代蜂窝移动通信系统，即 2G 系统。全球第一个数字蜂窝移动通信网络是 1992 年欧洲建设的 GSM (Global System for Mobile communication) 网络，其优良的性能使得 GSM 系统在全球范围内得到了迅速发展，GSM 用户数一度超过全球蜂窝系统用户总数的 70%。随后，美国的 DAMPS 和日本的 JDC 等 2G 系统也相继投入使用。这些系统的空中接口都采用了时分多址 (Time Division Multiple Access, TDMA) 接入方式。1993 年，美国推出了基于码分多址 (Code Division Multiple Access, CDMA) 接入技术的 IS-95 系统。

采用数字调制技术以传送语音和低速数据业务为目的的 2G 系统与采用模拟调制方式的 1G 系统相比具有很多优点，如频谱效率高、系统容量大、保密性能好等。

比较典型的 2G 系统是 GSM 和 IS-95 系统。GSM 可以工作在 900MHz 或 1 800MHz 频段，采用 FDD 方式和 TDMA 方式，使用 200kHz 载波带宽提供语音和低速数据业务。为了弥补 GSM 提供分组数据业务能力的不足，基于 GSM 开发了 GPRS (General Packet Radio Service) 系统，它能够提供具有较高速率的分组数据业务。IS-95 系统可以工作在 800MHz 或 1 900MHz 频段，采用 FDD 方式和 CDMA 方式，利用 1.25MHz 载波带宽提供语音和低速数据业务。IS-95 系统中采用了扩频、RAKE 接收及功率控制等关键技术，具有良好的抗干扰特性，极大地提高了系统容量。CDMA 系统在提高系统容量和抗干扰及无线衰落等方面的明显优势，使得 CDMA 技术成为第三代移动通信的核心技术。

总之，2G 系统主要采用 TDMA 或 CDMA 方式，具有频谱利用率高、保密性好和话音质量好的特点，既可以支持话音业务，也可以支持低速数据业务。无论是采用 TDMA 技术的 GSM，还是采用 CDMA 技术的 IS-95，其体制标准都比较完善，技术也相对成熟。不过，随着数据业务（尤其是多媒体业务）需求的不断增长，2G 系统在系统容量、频谱效率等方面的局限性越来越满足不了人们的需求。

1.1.4 第三代蜂窝移动通信系统

为了实现蜂窝移动通信系统的统一标准，并且能够实现全球漫游功能，早在 1985 年，国际电信联盟 (ITU) 提出了未来公共陆地移动通信系统 (FPLMTS) 的概念。FPLMTS 的目标是实现任何人在任何时间、任何地点，能向任何人传送任何信息，它是第三代蜂窝移动通信系统的前身。1994 年，ITU-R 和 ITU-T 开始合作研究 FPLMTS，其中 ITU-R 负责无线接入技术的标准化，ITU-T 负责网络的标准化。为了解决 2G 系统在系统容量、频谱效率等方面所面临的问题，同时满足移动用户对分组数据传输的更高需求，1995 年

ITU 将 FPLMTS 更名为国际移动通信 2000 (IMT-2000)，即第三代移动通信系统或 3G 系统。

与 1G 和 2G 系统相比, 3G 系统具有下面几个特点。

① 全球普及和全球无缝漫游的能力：3G 系统将在覆盖、分配频段和标准方面都实现全球统一。

② 不仅支持语音和低速数据业务，同时还能够提供多媒体和高速数据业务，根据需要提供带宽，但要求无线接口能满足：在快速移动环境下数据速率达到 144kbit/s，室外到室内或步行环境中数据速率达到 384kbit/s，室内环境中数据速率将达到 2Mbit/s。

③ 具有良好的设计一致性、前后向兼容性及与固网的兼容性：不同厂家产品的设计具有良好的一致性和设备互通性；具有从现有蜂窝系统进行平滑演进和进一步发展的能力；可以融合现有的公共电话交换网、综合业务数字网、无绳电话系统、地面移动通信系统和卫星通信系统等，实现无缝覆盖的能力。

④ 能够提供充足的带宽、较高的频谱效率及较好的服务质量 (Quality of Service, QoS): 满足用户对数据带宽及服务体验方面越来越高的要求, 尤其是新型多媒体业务的需求。3G 系统将针对目标业务, 在保证业务质量的前提下, 实现更高的频谱效率和系统容量。

⑤ 提供良好的系统安全机制:移动通信系统的安全性不仅仅牵涉到用户的个人隐私,而且还与国家的政治、经济、金融等领域的安全性密切相关,与人们的社会生活息息相关,因此 3G 系统应该满足安全性方面的要求。

从 1996 年开始, 各国对 3G 系统的研究逐渐进入实质性阶段, 3G 系统也随之逐渐成为蜂窝移动通信领域的研究热点。1997 年 4 月, ITU 开始了 IMT-2000 无线传输技术 (RTT) 的征集工作, 同时公布了 IMT-2000RTT 的制订步骤和时间表。截止到 1998 年 6 月, 提交到 ITU 的 IMT-2000 无线传输技术建议多达 10 种。经过多次讨论, 这些技术建议被分为两大类, 一类是 CDMA 技术, 另一类是 TDD 技术。其中 CDMA 技术又分为 FDD 直接序列扩频 (DS)、FDD 多载波 (MC) 及 TDD 传输 3 种; TDMA 技术也被分为类似的 3 种。这些技术在 1999 年 11 月的 ITU-R 会议上以“第三代移动通信系统无线接口技术规范”建议的形式获得通过, 其中地面部分建议包括以下 5 种无线传输技术。

① IMT-2000 CDMA DS: UTRA/WCDMA 和 cdma2000 DS。

② IMT-2000 CDMA MC: cdma2000 MC.

③ IMT-2000 CDMA TDD: TD-SCDMA 和 UTRA/TDD。

④ IMT-2000 TDMA SC: UWC136.

⑤ IMT-2000 TDMA MC: DECT.

在上述 5 种无线传输技术建议中,欧洲与日本提出的 WCDMA 和北美提出的

cdma2000 最为瞩目。WCDMA 是欧洲 ETSI 提出的宽带 CDMA 技术,它与日本 ARIB 提出的宽带 CDMA 技术基本一致,两者融合后形成了第三代移动通信无线传输技术 WCDMA。WCDMA 系统是一种异步系统,码片速率为 3.84Mchip/s。WCDMA 系统采用了快速功率控制技术,支持多种切换方式,可以适应多种速率的传输,灵活地提供多种业务。而 cdma2000 是由美国 TIA 提出的宽带 CDMA 技术,采用直接序列扩频或多载波方式,码片速率可以是 1.228 8Mchip/s 的 1 倍或 3 倍(最高可达 9 倍或 11 倍),分别对应于 cdma2000 1x 或 cdma2000 3x 系统。cdma2000 系统与 IS-95 系统后向兼容,采用 GPS 授时同步,并在 IS-95 系统软切换、功率控制及 RAKE 接收分集技术的基础上,增加了快速寻呼、反向信道相干解调、前向快速功率控制、Turbo 码及较高速率的分组数据传送等功能。TD-SCDMA 是由中国 CWTS 提出的宽带 CDMA 技术,采用直接序列扩频,码片速率 1.28Mchip/s。TD-SCDMA 系统基于 TDD 方式,前反向信道工作在相同的频段上,在不同的时隙进行传送。TD-SCDMA 系统采用了智能天线、联合检测、接力切换等关键技术。cdma2000 和 WCDMA 均采用了 FDD 方式,而 TD-SCDMA 则采用 TDD 方式。与 FDD 系统相比,TDD 系统采用多时隙非连续传送方式,其抗快衰落和多普勒效应能力比连续传送的 FDD 方式差;TDD 系统的峰平比(Peak to Average Ratio, PAR)随着时隙数的增加而降低,考虑到耗能和成本因素,终端的发射功率不可能很大,故通信距离(小区半径)较小,而 FDD 系统的小区半径则相对较大。

2007 年 10 月 19 日,国际电信联盟(ITU)正式批准无线宽带技术 WiMAX 成为 3G 标准。这标志着 WiMAX 正式成为 IMT-2000 家族的一名成员,与 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 3 者并列,成为全球第 4 种 3G 标准。

WCDMA 和 TD-SCDMA 技术体制制定工作是由 3GPP 标准组织来主导的,而 cdma2000 技术体制制定工作由 3GPP2 组织来主导。新批准的 3G 标准 WiMAX 是由 IEEE 802.16 工作组和 WiMAX 论坛来共同推动的。下面就分别介绍这 3 个标准组织在 3G 及其演进技术中的标准化工作情况。

1.2 3G 及 3G 演进标准化工作介绍

在 WiMAX 正式成为 3G 标准的成员之前,3G 技术的标准化工作由 3GPP(3rd Generation Partnership Project)和 3GPP2 来推动和实施。目前 3G 技术的标准化工作还包括由 IEEE 802.16 和 WiMAX 论坛来推动的 WiMAX。3GPP 主要采用 WCDMA 和 TD-SCDMA 技术构建新的无线接入网,核心网与无线接入网作为一个整体向前发展。3GPP2 主要采用 cdma2000 技术构建新的无线接入网,核心网与无线接入网分别独立向前发展。两种技术体制的核心网在现有的第二代移动通

信网的核心网基础上平滑演进, 以提供更加多样化的业务。WiMAX 以 OFDMA 技术为基础来构建无线接入网络, 根据可用带宽选择所用子载波数, 起点较高, 相当于 3GPP 的 LTE 和 3GPP2 的 UMB 阶段的技术。

从 3G 及 3G 演进标准所采用的技术上看, 3G 主要是 CDMA 技术, 如 WCDMA/HSDPA、cdma2000 1x EV-DO, 而在 3G 演进的后期则是以 OFDM 与 MIMO 结合的技术为主, 例如 LTE、UMB 和 WiMAX。这些技术的变化也反映了人们对于业务需求的变化趋势。未来的移动通信系统将具有提供高速、宽带、多媒体等各种业务的能力。

1.2.1 WCDMA/HSDPA/HSPA/LTE

3GPP 成立于 1998 年, 负责 WCDMA 系列的标准化工作。WCDMA 在网络结构、信道规划等方面与 GSM/GPRS 向下兼容, 可以看作 GSM/GPRS 的演进技术, 但与 GSM/GPRS 有着根本性的技术差异。

根据 3GPP 的发展和目前的计划, WCDMA 的发展将经历几个阶段, 可以用 3GPP 的版本号来加以区别, 如图 1-1 所示。

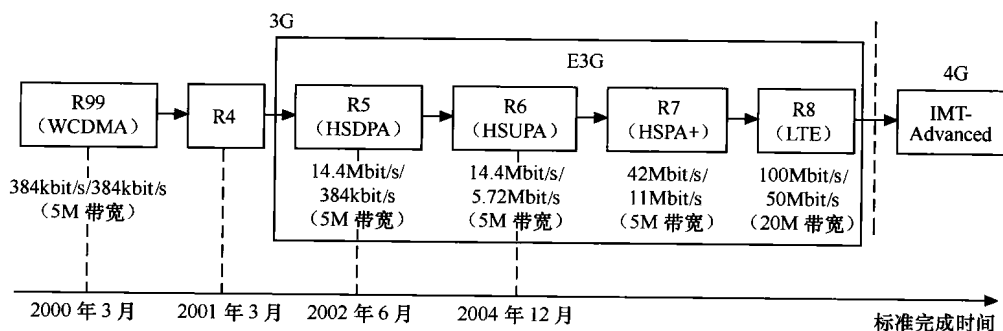


图 1-1 WCDMA 技术演进路线

1. R99 阶段

R99 阶段是 3G 的第一个阶段。这一版本的主要内容包括新型的空中接口标准, 即 WCDMA 无线接入技术, 采用了 3G 标志性技术 CDMA, 使分组域空口速率达到 2Mbit/s, 电路域空口速率达到 384kbit/s。

在这个版本中, 保持了 2G/2.5G 阶段的 GSM/GPRS 核心网络结构, 具有 CS 和 PS 两个逻辑域分别处理语音和数据业务, 接入网内网元之间的接口基于 ATM, 如图 1-2 所示。

业务方面, R99 阶段对 GSM 中的业务进行了进一步的扩展, 除了支持基本的电信业务和承载业务外, 还支持 LBS 业务、号码携带业务、64kbit/s 电路数据承载、电路域多媒体业务等。

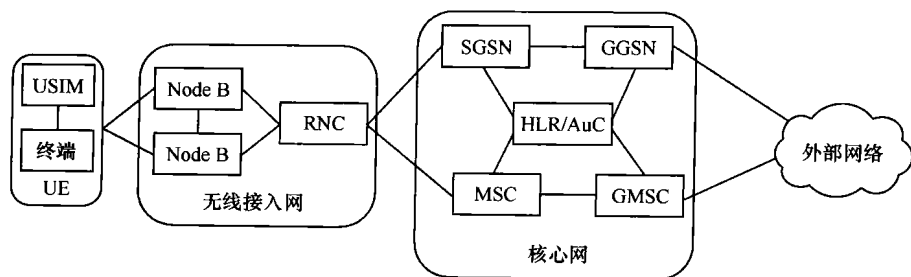


图 1-2 WCDMA R99 网络架构

2. R4 阶段

与 R99 相比, R4 阶段在无线技术方面主要是将 TD-SCDMA 纳入到 3GPP 体系中, 作为 TDD-LCR 的空中接口, 而未进行其他根本性的改变。

在核心网的 CS 域, 将原 MSC 实体分解成 MSC Server 和 MGW, 实现了 CS 域的控制和承载分离, 即移动软交换, 并采用 IP 承载方式, 开始了电路域向 IP 承载过渡的第一步; 相应地, 采用了新的 BICC/SIGTRAN 信令承载协议, PS 域的网络结构保持不变。核心网电路域的变化, 使网络的层次化更加清晰, 组网更加灵活, CS 域和 PS 域都采用基于 IP 的协议, 提高了核心网传输资源的利用率。R4 的网络架构见图 1-3。

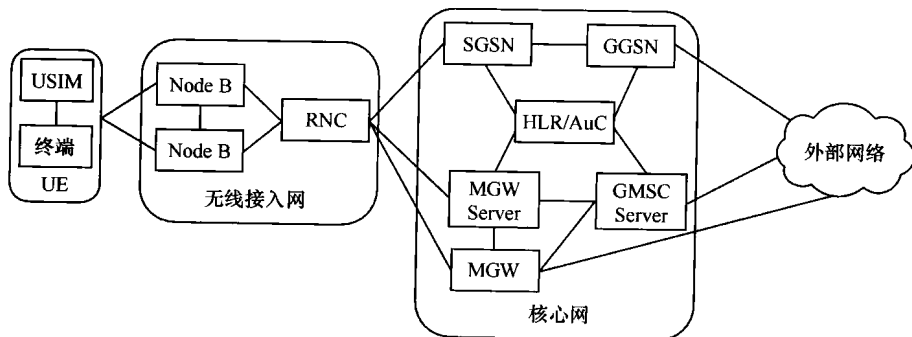


图 1-3 WCDMA R4 网络架构

此外, 在 R4 阶段, 特别对业务进行了比较全面的定义, 这些业务包括宽带 AMR 语音、GTT 业务、增强的 LCS 业务、增强的 MExE 功能、视频媒体流业务等。

3. R5 阶段

为了更好地支持数据业务, 特别是多媒体业务, R5 阶段对空中接口和核心网都作了改进。该版本在 2002 年 6 月完成。

空中接口部分, 引入 16 个高速下行共享信道 HS-DSCH; 采用 16QAM 高阶调制和自适应调制编码, 根据信道条件选择调制编码方式, 提高吞吐量; 将 TTI 缩短至 2ms, 实现快速调度; 将无线资源调度下放到 Node B 实现, 更接近空口, 通过信

道质量反馈信息可以快速跟踪信道衰落状况并缩短信令延迟;在 Node B 进行 HARQ 重传控制,不再需要通过 RNC 迂回控制,消除 Iub 口的重传延时。通过一系列方法使下行空口速率达到 14.4Mbit/s,平均吞吐量达到 1Mbit/s,在使用二天线接收分集技术时容量达到 R99 系统的 5 倍。这一阶段的系统也称为 HSDPA。

核心网侧增加了承载于 PS 域之上的 IMS 控制子系统,实现对多媒体业务的支持。IMS 概念在 3GPP 中首次提出,为移动运营商提供端到端业务建立了统一的控制平台。IMS 采用 SIP 作为业务控制协议;SIP 简单、易于扩展,可以支持多种接入技术下的并发,利于新业务的快速引入。IMS 子系统影响了 3GPP 以后的核心网演进路线,也影响到整个电信核心网的发展。建设统一的 IP 核心网、提供端到端的业务是电信网络的发展方向,而核心网的架构将很可能采用 IMS 建立统一的控制平台。3GPP2 中定义了与 IMS 具有一定对应关系的 MMD 系统,TISPAN 也在从固定网角度研究如何构建基于 IMS 控制系统的网络。

此外,R5 阶段继承了前一阶段的业务,并进一步增强了 IMS 下的新业务,如 PoC、Presence 等。

4. R6 阶段

这一阶段致力于功能增强。在无线接入网侧主要增强上行信道能力,因此也把这一阶段的系统称为 HSUPA;核心网侧的规范进入 IMS 的第二个阶段,完善 IMS 系统与其他系统互操作的能力,加强对应用与业务的研究和规范化定义。

为了提高上行信道能力,在上行采用与 R5 阶段下行相类似的机制,引入了上行专用信道 E-DCH 和相应的确认信道 E-DCHHARQ;在 HARQ 中引入软合并机制提高增益,同时通过减小 TTI 等方式提高 HARQ 重传效率。另外,在 Node B 中增加功能控制实体 MAC-e 以支持快速无线资源调度、无缝软切换和 HARQ 的重传控制。通过优化,上行峰值速率达到 5.76Mbit/s,同时吞吐量增加 50%,系统容量增加了 85%左右,延时降低一半。此外扩展了空中接口应用频段,包括 800MHz、850MHz、1.7GHz 和 2.1GHz。

继续增强业务能力,对信道、信令、核心网实体进行修改或增加,以便能高效率支持点到多点的单向广播多播业务(MBMS);将伽利略卫星系统与定位业务相结合;IMS 业务方面,对 Presence、Conferencing、PUSH、PoC 等业务及应用进行了定义和完善。

在 IMS 子系统内引入 PDF 功能实体作为 QoS 实体,并对内部接口及与其他系统之间的互通和互操作进行了补充和完善,包括与外部 IP 多媒体网之间、与 CS 域、与 WLAN 接入网、IM-MGW 与 MGCF 之间、MRFC 与 MRFP、PDF 与 P-CSCF 之间、基于 IPv4 与基于 IPv6 的 IMS 互通和演进等。

5. R7 阶段

R7 阶段主要是继续 R6 未完成的标准和业务内容,以及 HSPA 的进一步演进

和增强（又称 HSPA+），完善无线接入网络、核心网、空中接口和业务。

在无线接口和无线接入网络侧，增加了对 2.6GHz、900MHz、1.7GHz 等新频段的支持，特别对 TDD 复用方式子集进行增强，包括 TDD 下采用新的码片速率和对上行信道的增强。采用 MIMO 多天线技术提高无线链路增益，增加了系统容量，并对 HSDPA/HSUPA 支持游戏业务进行了定义。开放天线塔放与基站之间的接口，研究了分组数据用户永久在线问题。另外，通过优化信令、减小包头等方式缩短 CS 和 PS 呼叫建立时延和传输时延。HSPA+是 2006 年启动的仅针对 FDD 系统的一个新研究项目。HSPA+技术的宗旨是要保持和 R6 版本的后向兼容性，同时在 5MHz 带宽下要达到和 LTE 相仿的性能。HSPA+仍然采用 CDMA 技术实现无线接入网络的平滑演进。HSPA+的内容包括：高阶调制、R7 MIMO、连续分组数据连接、增强 FDD 小区 FACH 和接入网架构优化等。HSPA+系统的峰值速率可以达到 25Mbit/s，部分厂商还可以将系统峰值速率提高到 42Mbit/s 左右。

在核心网络，增加 CCCF 实体实现 CS 与 IMS 之间语音呼叫延续性，引入新的功能实体 PCRF 实现 QoS 策略控制和计费系统的融合，在 UE 与 GGSN 之间用户面直接建立隧道进行连接。

在业务方面，对 MBMS、IMS 多媒体电话、SMS、VGCS、紧急数据呼叫等业务进行了严格定义，使 IMS 业务得到大大丰富。

6. R8 阶段

3GPP 在对之前版本的完善过程中，迫于 WiMAX 的竞争压力，制定了 3G 无线接入网络的长期演进（LTE）计划，对未来蜂窝网络频谱利用效率、容量、覆盖、延迟等提出了新的要求，相应地要求全新的无线传输技术和接入网架构，同时也在研究核心网演进架构 SAE。经过 3 年多的研究，LTE 很快会全部结束，这也就意味着 LTE 规范即将成熟，预计于 2008 年下半年发布，最早将于 2009~2010 年实现商用。3GPP 下一代无线接入网络和核心承载网络的基本架构如图 1-4 所示。

在 LTE 核心技术中，下行采用 OFDM 技术，上行采用 SC-FDMA；采用短帧结构以减小延迟；采用 MIMO 技术和时空编码技术提高增益，采用 Turbo 编码和 LDPC 编码。在接入网内，采用扁平化结构，用 eNB 承担原 UTRAN 网络中 Node B 和 RNC 的大部分功能，而 eNB 之间采用网状结构。此外，在信道结构、接入网协议栈、减少小区间干扰等方面也有相应的解决方案。按照 LTE 目标，在 20MHz 的带宽内将实现 100Mbit/s 的下行传输速率和 50Mbit/s 的上行传输速率，频谱利用率为 R6 的 2~4 倍，用户面循环传输延时小于 10ms，控制面从非工作状态到工作状态的状态切换延时小于 100ms。在覆盖上，LTE 提高了“小区边缘比特率”，在 5km 区域满足最优容量，30km 区域轻微下降，并支持 100km 的覆盖半径；此外，LTE 在移动性、质量、服务内容多样性、运维成本等方面都有很大改善。空口技术、网络结构的改变和新的目标标志着 3G 技术的另一个里程碑。