

现代  通信技术丛书

宽带无线接入系统

WiMAX及工程建设

张智江 李正茂 王 兵 张云勇 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代移动通信技术丛书

宽带无线接入系统 WiMAX 及工程建设

张智江 李正茂 王 兵 张云勇 编著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

宽带无线接入系统 WiMAX 及工程建设 / 张智江等编
著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.12
(现代移动通信技术丛书)
ISBN 978-7-115-16506-0

I. 宽... II. 张... III. 宽带通信系统—无线电通信—
接入网 IV. TN925

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 101202 号

内 容 提 要

本书力图全面、系统而深入地向读者介绍 WiMAX 系统技术, 包括空中接口技术和网络技术, 同时对 WiMAX 以及下一代无线系统的关键技术进行了介绍。本书第 1 章对当前无线系统进行了总体描述。第 2 章介绍了 WiMAX 系统的标准化现状和 WiMAX 论坛对 WiMAX 系统的管理, 以及 WiMAX 系统的应用和运营现状。第 3 章阐述下一代无线系统关键技术。第 4 章和第 5 章系统介绍了 WiMAX 系统的两个空中接口标准, 即 IEEE 802.16-2004 和 IEEE 802.16e-2005。第 6 章是 WiMAX 系统的网络架构和协议。第 7 章介绍了 WiMAX 系统规划和工程建设。第 8 章介绍了目前市场上部分 WiMAX 产品。

本书内容完整, 实用, 新颖。本书可供通信与 IT 行业从事 WiMAX 研究与应用工作的人员参考阅读, 同时也可供高等院校通信、计算机类专业师生参考。

现代移动通信技术丛书

宽带无线接入系统 WiMAX 及工程建设

-
- ◆ 编 著 张智江 李正茂 王 兵 张云勇
责任编辑 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
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 26.5
字数: 646 千字
印数: 1—3 500 册
- 2007 年 12 月第 1 版
2007 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16506-0/TN

定价: 66.00 元

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

前 言

经过几十年的发展,无线通信已经成为人们生活中必不可少的组成部分,特别是最近几年,全球化趋势和 Internet 的普及对无线通信提出了新的要求,宽带化和移动化的趋势势不可挡。我们看到无线移动通信系统实现了从 2G 到 3G 的跨越,同时,我们也看到了无线接入系统从 Internet 的无线延伸逐渐具备了新的特征,在覆盖、频带利用率、质量保证、安全等方面有了显著增强,为正在寻找无线通信利益增长点的电信市场带来了更多选择。

作为新的宽带无线接入系统,WiMAX 系统无疑是近期无线接入系统中最受关注的系统之一。WiMAX 系统的空中接口采用 IEEE 802.16 标准,在标准中我们看到了通信界积累多年的研究成果,OFDM/OFDMA、MIMO、AMC、AAS、LDPC、HARQ 等物理层和 MAC 层技术在 WiMAX 系统中得到了全面体现,对移动性的支持和申请/许可方式的无线资源管理方式使 WiMAX 系统有了新的特质,基于 IP 的扁平化接入网架构和开放的接口与协议使它在业务引入、网络建设、价格等方面具有极大优越性,诸多特性使人们对它充满了期待。

WiMAX 不仅提升了无线宽带接入系统的能力,对 3G 无线移动通信系统也产生了冲击,在 3G 的演进计划中,我们看到 WiMAX 这些超越 3G 技术的先进技术和扁平架构理念,引发了新一代无线系统技术的应用。

在 WiMAX 论坛的努力下,WiMAX 系统已经得到了全球范围内运营商、芯片制造商、电信设备制造商的认可,一条完善的产业链已经形成。从 2005 年开始,WiMAX 设备开始成熟,WiMAX 系统的试验和商用逐渐展开,特别是 2006 年年底,移动 WiMAX 设备逐渐进入市场,预示着这一技术正在蓄势待发。

本书力图全面、系统而深入地向读者介绍 WiMAX 系统技术,包括空中接口技术和网络技术,同时对 WiMAX 以及下一代无线系统的关键技术进行了介绍。本书第 1 章对当前无线系统进行了总体描述。第 2 章介绍了 WiMAX 系统的标准化现状和 WiMAX 论坛对 WiMAX 系统的管理,以及 WiMAX 系统的应用和运营现状。第 3 章阐述下一代无线系统关键技术。第 4 章和第 5 章系统介绍了 WiMAX 系统的两个空中接口标准,即 IEEE 802.16-2004 和 IEEE 802.16e-2005。第 6 章是 WiMAX 系统的网络架构和协议。第 7 章介绍了 WiMAX 系统规划和工程建设。第 8 章介绍了日常市场上部分 WiMAX 产品。

综观全书,本书有如下特色:

完整性 从无线系统的发展到无线系统的基本能力,从下一代无线系统关键技术到其在 WiMAX 系统中的应用,从 WiMAX 空中接口到 WiMAX 系统架构,从固定 WiMAX 空中接口到移动 WiMAX 空中接口,从技术到工程建设,从 IEEE 802.16 到 WiMAX 论坛的管理方式与内容等都进行了论述。

实用性 本书紧密结合应用,对具体的网络部署及其演进都作了较详细的介绍。

新颖性 本书对无线系统的演进、技术要点、最新市场和运营现状都进行了介绍,凝聚

了作者们长期研究及网络实践的成果，广泛收集了国内外相关材料，参照了 IEEE 802、WiMAX、3GPP、3GPP2、ITU-T、IETF 的最新建议（含草案）。

在本书编写过程中，得到了中兴公司、西门子公司、华为公司、Intel 公司等帮助，在此表示感谢。

由于作者水平有限，加之 WiMAX 系统本身仍处于发展与完善之中，书中难免有错误和不当之处，请广大读者批评指正。

本书责任编辑的联系方式为：liuyang@ptpress.com.cn。

作 者

2007 年 5 月于北京

目 录

第 1 章 宽带无线系统概要	1
1.1 引言.....	1
1.2 宽带无线系统概要.....	1
1.2.1 无线移动系统——3G 和 3G 演进.....	1
1.2.2 宽带无线接入系统.....	13
1.3 小结.....	23
第 2 章 WiMAX 系统及相关标准化	24
2.1 IEEE 802 标准工作委员会.....	24
2.2 IEEE 802.16 工作组及标准.....	25
2.3 WiMAX 论坛.....	28
2.3.1 网络工作组.....	29
2.3.2 产品认证工作组.....	30
2.4 WiMAX 系统能力和应用.....	38
2.4.1 WiMAX 系统能力.....	38
2.4.2 IEEE 802.16 两个空中接口比较.....	39
2.4.3 WiMAX 市场和应用.....	41
2.5 WiMAX 与其他无线系统的比较.....	44
2.5.1 与 3.5GHz 系统的比较.....	44
2.5.2 与 WLAN 的比较.....	45
2.5.3 与 3G 的比较.....	47
2.6 WiMAX 全球运营状况.....	50
2.7 小结.....	50
第 3 章 E3G 和 B3G 关键技术	51
3.1 无线信道衰落和非视距传输.....	51
3.1.1 无线电波的自由空间损耗.....	51
3.1.2 实际信道中的衰落.....	52
3.2 OFDM.....	55
3.2.1 OFDM 基本原理.....	56
3.2.2 OFDM 发射机和接收机.....	60
3.2.3 OFDM 的几个问题.....	61
3.2.4 OFDM 系统的功率动态配置.....	72

3.2.5 OFDM 系统的多址接入方式	74
3.3 MIMO	77
3.3.1 MIMO 系统模型及信道容量	78
3.3.2 MIMO 系统的发射机	80
3.3.3 MIMO 系统的多信号译码	82
3.4 自适应天线系统	86
3.4.1 概述	86
3.4.2 基本原理	88
3.4.3 波束切换技术	89
3.4.4 自适应天线阵列	91
3.5 编码技术	93
3.5.1 Turbo 编码技术	94
3.5.2 LDPC	97
3.5.3 时空编码	102
3.6 小结	109
第 4 章 固定 WiMAX 系统空中接口规范 IEEE 802.16-2004	110
4.1 IEEE 802.16-2004 总体概要和协议栈	110
4.2 网络拓扑	112
4.2.1 PMP	112
4.2.2 Mesh	113
4.3 业务汇聚子层	114
4.3.1 ATM CS	114
4.3.2 分组 CS	116
4.4 MAC 公共部分子层	120
4.4.1 MAC 中的标识	120
4.4.2 MAC PDU 格式	122
4.4.3 MAC PDU 构成流程	126
4.4.4 系统消息	129
4.4.5 网络接入和 SS 初始化	131
4.4.6 业务调度类型	136
4.4.7 带宽分配和申请机制	137
4.4.8 QoS	139
4.4.9 ARQ 机制	149
4.4.10 HARQ	153
4.4.11 子包的传输	156
4.4.12 对 AAS 的支持	157
4.5 安全子层	158
4.5.1 安全架构	158

4.5.2	PKM——密钥及获取	159
4.5.3	加密算法	162
4.5.4	认证状态机	163
4.5.5	TEK 状态机	166
4.5.6	X.509 证书	169
4.6	PHY 层	170
4.6.1	WirelessMAN-SC	170
4.6.2	WirelessMAN-SCa	181
4.6.3	WirelessMAN-OFDM	196
4.6.4	WirelessMAN-OFDMA	211
4.7	小结	236
第 5 章	移动 WiMAX 系统空中接口规范 IEEE 802.16e-2005	237
5.1	概要	237
5.2	OFDMA 子集	238
5.2.1	OFDMA 参数	238
5.2.2	OFDMA 的数据单位	239
5.2.3	帧结构	241
5.2.4	子信道排列规则	255
5.2.5	多天线技术——STC	264
5.2.6	信道编码——LDPC	270
5.2.7	HARQ	272
5.3	密钥管理体系	275
5.3.1	认证及重认证	276
5.3.2	TEK 交换和管理	281
5.4	切换	293
5.4.1	硬切换	293
5.4.2	宏分集切换方式	298
5.4.3	快速切换方式	298
5.4.4	切换过程中的系统消息	300
5.5	节电工作模式	314
5.5.1	Sleep 模式	314
5.5.2	Idle 模式	317
5.6	多播与广播业务	324
5.6.1	MBS 接入方式	325
5.6.2	MBS 的建立	326
5.6.3	MBS 突发帧和业务声明	326
5.6.4	MBS 安全机制	327
5.7	小结	330

第 6 章 WiMAX 网络架构	331
6.1 WiMAX 网络体系结构	331
6.1.1 网络参考模型	331
6.1.2 参考点	331
6.1.3 网络实体	332
6.1.4 ASN Profile	334
6.1.5 WiMAX 网络实体功能	338
6.2 WiMAX 服务质量	340
6.2.1 触发	341
6.2.2 预定义的业务流	341
6.2.3 IP Diffserv	342
6.3 WiMAX 安全	342
6.4 WiMAX 移动性管理	344
6.4.1 ASN Anchored 移动性管理	344
6.4.2 CSN Anchored 移动性管理	347
6.5 无线资源管理	348
6.5.1 功能需求	348
6.5.2 功能分解	348
6.6 WiMAX AAA 及计费	349
6.6.1 AAA	349
6.6.2 计费	355
第 7 章 WiMAX 规划、工程实施与业务运营	361
7.1 WiMAX 规划总体介绍	361
7.2 WiMAX 传播模型介绍	361
7.2.1 室内传播模型	361
7.2.2 WiMAX 室外传播模型	363
7.3 频率规划	363
7.4 站址勘察	364
7.5 WiMAX 网络建设步骤	366
7.5.1 步骤概述	366
7.5.2 WiMAX 网络工程实施要点	367
7.6 实例分析	367
7.7 业务运营	368
7.7.1 NGN 接入	368
7.7.2 宽带数据接入	369
7.7.3 数据专线	370
7.7.4 Wi-Fi 回程	370

第 8 章 常见 WiMAX 产品	371
8.1 阿尔卡特朗讯产品介绍.....	371
8.1.1 基站设备.....	371
8.1.2 用户端设备.....	372
8.2 西门子 WayMAX 系统介绍.....	373
8.2.1 系统特点.....	373
8.2.2 系统组成.....	374
8.3 RedMAX 宽带无线解决方案介绍.....	375
8.3.1 RedMAX 基站.....	375
8.3.2 RedMAX 用户单元.....	375
8.3.3 RedMAX 管理套件.....	375
8.4 北电设备介绍.....	376
8.4.1 WiMAX 基站.....	376
8.4.2 用户终端.....	379
8.4.3 WiMAX 1000 管理选项.....	382
8.5 大唐电信设备介绍.....	382
8.5.1 系统简介.....	382
8.5.2 系统优势.....	383
8.5.3 AS 2000 产品介绍.....	383
8.5.4 AS 2000 典型应用.....	383
附录 1 常见名词及缩略语	385
附录 2 WLAN 与 GSM/UMTS 的互操作	393
2.A 3GPP 与 WLAN 的互操作场景.....	393
2.B WLAN 与 GSM 的互操作模型和协议栈.....	393
2.C WLAN 与 3GPP 系统的互操作模型和协议栈.....	396
附录 3 固定 WiMAX 的管理信息库参数	399
3.A WiMAX 管理信息库参考模型.....	399
3.B WiMAX 管理信息库——wmanIfMib.....	399
3.C WiMAX 管理信息库——wmanDevMib.....	402
附录 4 管理消息列表	404
4.A IEEE 802.16e-2005 的 MAC 层管理消息.....	404
4.B 网络管理消息.....	406
参考文献	408

第1章 宽带无线系统概要

1.1 引言

近20年来,随着通信手段的丰富和 Internet 的普遍应用,新业务层出不穷,促使通信技术飞速发展,在需求的强大激励和技术的有力支撑下,通信领域经历了从窄带到宽带、从有线到无线、从固定到移动的巨大变化。

在无线通信领域,无线通信移动系统从最早的模拟系统发展到2G的 GSM/CDMA One,到如今如火如荼的3G系统,系统能力不断增强,其中最直接也是最直观的表现之一在于空中接口峰值速率的提高。3GPP 的高速分组接入系统(HSPA)即将进入商用阶段,上、下行峰值速率在5MHz带宽上分别可达到14.4Mbit/s和5.76Mbit/s,3GPP于2004年启动了长期演进项目(LTE),LTE的设计目标为在20MHz带宽下实现下行100Mbit/s和上行50Mbit/s的峰值速率;3GPP2中,cdma2000 1x EV-DO RevA阶段将在1.25MHz频段内实现前向3.072Mbit/s和反向1.8432Mbit/s的峰值速率,2004年与LTE几乎同时启动的3GPP2长期演进项目(AIE)的设计目标则为在全移动下20MHz带宽上实现下行100Mbit/s和上行50Mbit/s的峰值速率。在LTE/AIE中,3GPP/3GPP2将采用OFDMA、MIMO、AAS等技术,此外,接入网和核心网结构进一步扁平化,减少网元,相应地减少系统延时和网络建设投资。

如果说宽带无线移动系统沿着从窄带到宽带的方向发展,宽带无线接入系统则是在 Internet 和媒体业务等宽带业务的推动下,沿着从有线到无线的方向发展。广播电视的无线传输引发了 MMDS/LMDS 技术,Internet 的无线延伸使 WLAN/HiperLAN 技术得到普遍接受,同时行业应用和城市化信息建设等特殊应用也在不断促进宽带无线接入技术的发展,目前广受关注的 WiMAX 就是这一领域的最新成果之一。在 WiMAX 的设计中,采用了 OFDM/OFDMA、MIMO、AAS、AMC、LDPC 等新技术,与早期的宽带无线接入系统相比,对传输环境的要求不再苛刻,频带利用率大大改善,此外加入了许多新的元素,比如 QoS 机制、支持移动性等。

从长远看,如何界定无线通信移动系统和宽带无线接入系统已经很困难,特别是 WiMAX 系统的出现,使宽带无线接入系统带有很多无线通信移动系统的特征。事实上,宽带无线移动系统和宽带无线接入系统分别从“无线宽带化”和“宽带无线化”两个方向向同一个目标发展;两者会殊途同归,还是保持并行发展、相互补充,目前不能确认。但目前可以看到的是,两者采用的技术和组网方式正在趋同。

1.2 宽带无线系统概要

1.2.1 无线移动系统——3G 和 3G 演进

无线移动系统发展到3G时代,已经经过了从1G、2G到2.5G这3个阶段近20年

的实践。在这期间，无线通信已经摆脱了最初的行业、专业应用的痕迹，市场定位、业务需求逐步明朗，无线技术和网络技术越来越成熟。无线通信系统的发展历程如图 1.1 所示。

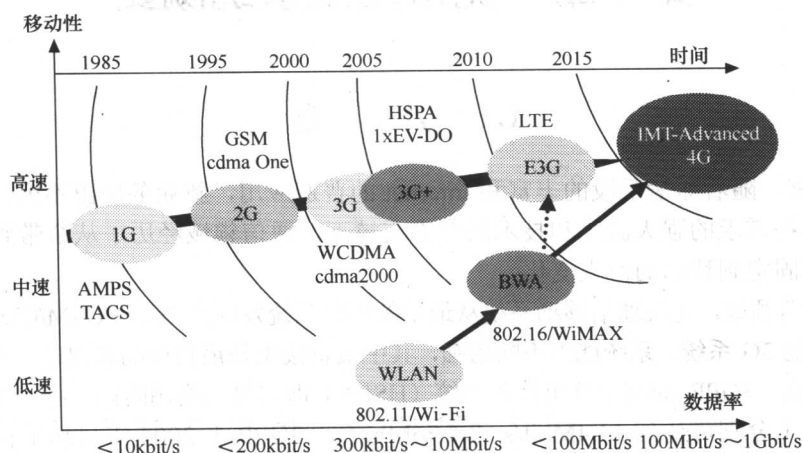


图 1.1 无线通信系统的发展

在 20 世纪 90 年代中期，ITU 提出了 IMT-2000 计划，制定了第三代移动蜂窝系统的目标，意在建立业务支持能力强、具有全球漫游能力、高服务质量、高兼容性的无线移动通信系统，同时提出了满足这些目标而需要的无线传输技术基本要求。IMT-2000 计划包括网络框架 (Q.1701)、业务框架 (M.816)、空中接口要求 (M.1034)、卫星系统 (M.818) 等一系列建议。经过讨论确定了 5 个无线多址接入技术，即 IMT-DS（即 WCDMA）、IMT-MC（即 cdma2000）、IMT-TC（即 TD-SCDMA）、IMT-FT（即 DECT）和 IMT-SC（即 TDMA 单载波），其中 WCDMA 和 cdma2000 的支持者最多。这两个技术都基于 CDMA 技术，但在频谱、码片速率、同步方式、核心网结构和协议等方面有很大不同。在欧洲的 ETSI 和美国的 TTA 推动下，成立了相关的标准化组织 3GPP 和 3GPP2，分别以 WCDMA 和 cdma2000 两个技术体制为核心，开展标准化工作。

WCDMA 和 cdma2000 正在全球范围内逐步走向实用。目前全球已经发出了超过 140 个 3G 牌照，其中 120 个选择了 WCDMA 系统，另外还有许多运营商正在筹划投资建设。已经建设的 3G 系统中，WCDMA 系统大多采用 R99 版本，cdma2000 系统主要采用 cdma2000 1x 和 cdma EV-DO Rev0。

市场和用户需求在变化，业务在丰富，无线技术和网络技术在发展，3G 也不可能是移动通信系统的终点。2003 年，ITU 发布了未来通信系统的总体目标 (M.1645)，提出了 3G 系统和超 3G (B3G) 系统的演进方向和系统要求。目前这一项目已经通过征集提案，确定了基本架构，并正在具体化和完善化，预计在 2010 年实现高速移动下 100Mbit/s 的峰值空口速率。3GPP 和 3GPP2 组织也制定出详细的演进计划，使各自系统的能力不断提高。

1.2.1.1 WCDMA/HSDPA/HSPA/LTE

3GPP 成立于 1998 年，负责 WCDMA 系统的标准化工作。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 的版本号来区别, 如图 1.2 所示。

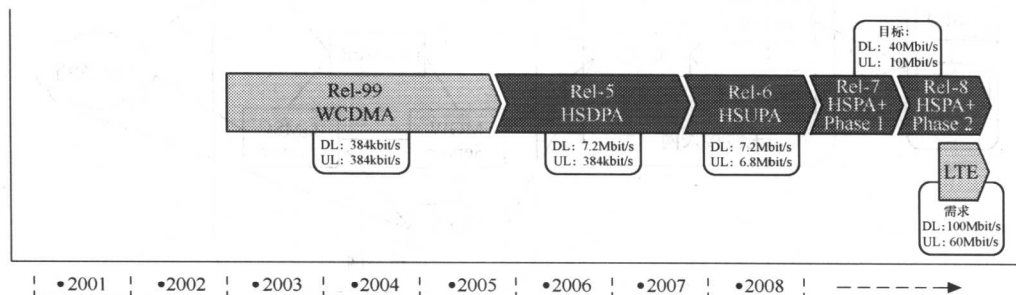


图 1.2 WCDMA 的技术演进路线

1. R99 阶段

这是 3G 的第一个阶段。在这个版本中, 保持了 2G/2.5G 阶段 GSM/GPRS 核心网络结构, 具有电路域 (CS) 和分组域 (PS) 两个逻辑域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 1.3 所示。

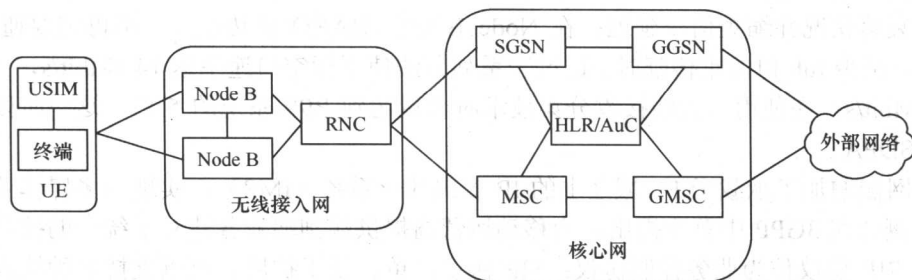


图 1.3 WCDMA R99 网络架构

空中接口则采用了 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。

2. R4 阶段

与 R99 相比, R4 在无线技术方面没有根本性变化。

在核心网的 CS 域, 将原移动交换中心 (MSC) 实体分解成 MSC 服务器 (MSC Server) 和移动媒体网关 (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, 如图 1.4 所示。

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。

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 功能和视频媒体流业务等。同时，将 TD-SCDMA 纳入到体系中，作为 TDD-LCR 空中接口。

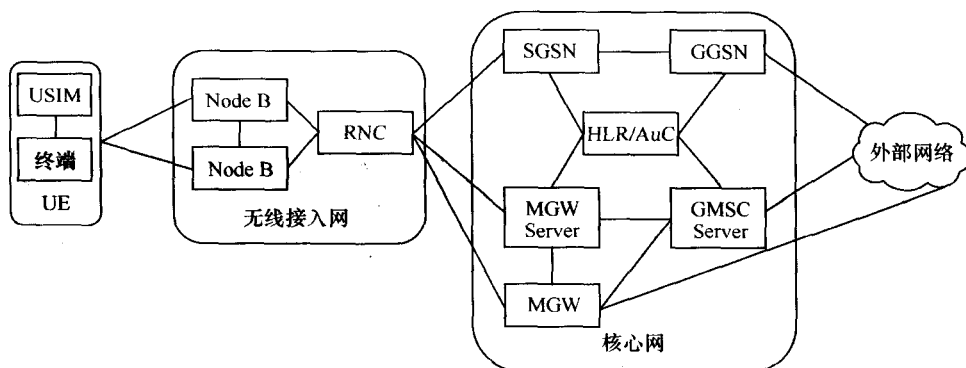


图 1.4 WCDMA R4 网络架构

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做了改造。

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，减少 Iub 口的重传延时。通过一系列方法使下行空口速率达 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 IP 多媒体子系统（IMS），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 协议作为业务控制协议；SIP 协议简单、易于扩展，可以支持多种接入技术下的并发业务，利于新业务的快速引入。

此外，在 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。

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。IMS 域网络结构如图 1.5 所示。

IMS 子系统的核心实体为呼叫控制功能（CSCF），通过 SIP 信令进行业务建立和管理。所有的用户数据保存于归属用户服务器（HSS）中，实现用户的统一管理。应用服务器与 CSCF 之间有标准接口，通过 CSCF 获得 HSS 的用户数据对用户进行业务授权。CSCF 与策略决策功能（PDF）相配合，根据用户的业务需求进行业务授权和 QoS 管理。IMS 子系统也设计了与 PSTN、CS 域的接口，以支持语音、Internet 和其他系统的互操作。

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。

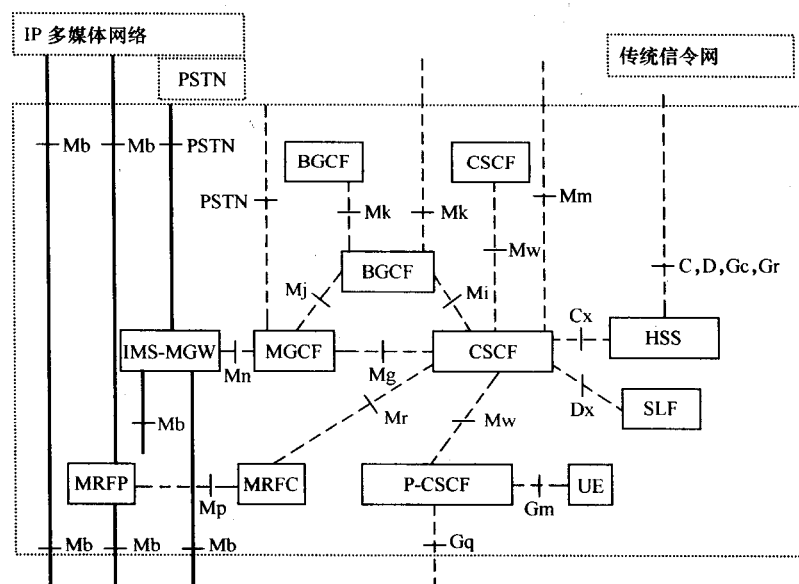


图 1.5 IMS 控制子系统

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，上行峰值功率达到 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、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

R99/R4/R5/R6 阶段的主体工作都已经结束，3GPP 目前正在制定 R7 版规范，并计划于 2007 年发布。R7 阶段延续 R6 工作，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。

在核心网络,增加 CCCF 实体实现 CS 与 IMS 之间话音呼叫延续性,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。对 MBMS、IMS 多媒体电话、SMS、VGCS、紧急数据呼叫等业务也进行了严格定义,使 IMS 业务得到大大丰富。

IMS 如何支持固定网络也有望在这一阶段得到解决,目前对基于 xDSL 的接入方式已经定义完成。

6. R8 阶段

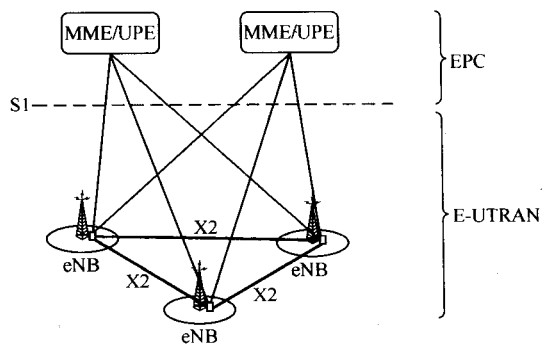
为了保护已有投资,在运营商的强烈要求下,启动了 HSPA (包括 HSDPA 和 HSUPA) 的演进 HSPA+,力图在现有系统基础架构和空口技术下,通过采用高阶调制和 MIMO、增强 Node B 对切换和无线资源管理功能、用户面采用单隧道、增加 Node B 与核心网络接口等方式达到与 LTE 基本相似的系统延时和传输速率。对 HSPA 演进的研究更多考虑对现有网络的兼容,所采用的方案还需要进行充分研讨。

3GPP 在对之前版本的完善过程中,同时制定了 3G 无线接入网络的长期演进计划(LTE),对未来蜂窝网络频谱利用效率、容量、覆盖、延迟等能力提出了新的要求,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)。经过两年的研究,目前 LTE 已经结束研究工作,进入实质性的规范阶段,将于 2008 年发布。3GPP 下一代无线接入网络和核心承载网络的基本架构如图 1.6 所示。

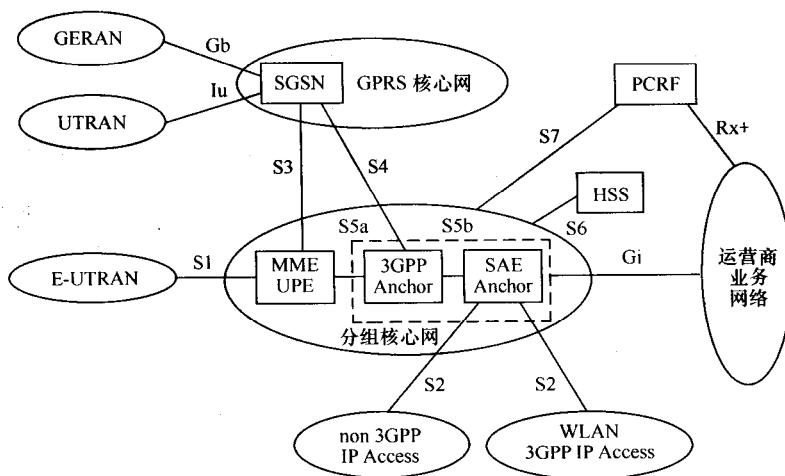
在 LTE 核心技术中,下行采用 OFDM 技术,上行采用 SC-FDMA;采用短帧结构以减小延迟,采用 MIMO 技术和时空编码技术提高增益,采用 Turbo 编码和 LDPC 编码。在接入网内,采用扁平化结构,用 eNB 承担原 UTRAN 网络中 Node B 和 RNC 的大部分功能,而 eNB 之间采用网状结构。此外,在信道结构、接入网协议栈、减少小区间干扰等方面也有相应的解决方案。按照 LTE 目标,在 20MHz 的带宽内将实现 100Mbit/s 的下行传输速率和 50Mbit/s 的上行传输速率,频谱利用率为 R6 的 2~4 倍,用户面循环传输延时小于 10ms,控制面从非工作状态到工作状态的状态切换延时小于 100ms。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。

与 LTE 相配合的核心网演进项目(SAE)也在研究中。作为新一代 IP 承载网,它需要考虑与 LTE 接入网的功能分解与配合,还要考虑各种可能的接入方式,更要考虑网络的延续性与可扩展性,以及对业务的支持能力。目前这一规范的研究和制定工作还在进行中,将与 LTE 一同在 2008 年同期完成。

除了 LTE 与 HSPA 两大项目外,3GPP 还继续完善 IMS 性能和与其他系统的互通性,其研究内容主要集中在完善以 IMS 为核心的业务控制机制,包括 IMS 对多接入网的支持(Cable、WiMAX 等)、IMS 对多业务网的集中控制、IMS 采用多播承载网络提供和控制多播业务,同时进行可用频段的扩展、MIMO、TDD 工作方式等的扩展和增强。GERAN 的演进也在同时进行。



(a) 无线接入网络架构



(b) 核心网架构

图 1.6 3GPP 下一代网络结构

1.2.1.2 cdma2000 1x/cdma2000 1xEV-DO/cdma2000 1xEV-DV/AIE

3GPP2 负责 cdma2000 1x 演进技术的标准化工作。从 cdma2000 1x 向 3G 演进有两条路线，cdma2000 1xEV-DO 和 cdma2000 1xEV-DV。作为 cdma2000 1x 的 RevC 和 RevD 版本，cdma2000 1xEV-DV 后向兼容 cdma2000 1x 的空中接口，在同一个载波上同时支持高速数据业务和中、低速语音和数据业务；为了提高频谱利用率，cdma2000 1xEV-DO 用单独的载波支持高速数据业务，而中低速的语音和数据业务仍由 cdma2000 1x 系统支持。

从规范上看，两条技术路线都已经建立完善的标准体系，但从产品和市场上看，在 cdma2000 1x 中起主导作用的高通公司在 2005 年放弃了对 cdma2000 1xEV-DV 的推动，使 cdma2000 1x 的研究集中到 cdma2000 1xEV-DO。

与 3GPP 相比，3GPP2 对无线技术和核心网技术的研究相互独立，同时 cdma2000 1xEV-DO 将更多工作放在无线接入网和空中接口方面，在核心网方面则更多借鉴 3GPP、IETF 等协议，因此谈到 cdma2000 的演进也主要是指其无线技术的演进，如图 1.7 所示。

cdma2000 1xEV-DO 网络利用独立载波提供分组数据业务服务，虽然可以独立组网，但考虑