

— 普通高等院校 —

电 子 信 息 类 系 列 教 材

KuanDai WuXian ChengYuWang
WiMAX JiShu Yu YingYong

宽带无线城域网 ——WiMAX技术与应用

© 高泽华 赵国安 宁帆 高峰 赵钊 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

普通高等院校电子信息类系列教材

宽带无线城域网 ——WiMAX 技术与应用

高泽华 赵国安 宁帆 高峰 赵钊 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

宽带无线城域网: WiMAX 技术与应用 / 高泽华等编
著. 北京: 人民邮电出版社, 2008.10
(普通高等院校电子信息类系列教材)
ISBN 978-7-115-18557-0

I. 宽… II. 高… III. 宽带通信系统—无线电通信—
接入网—高等学校—教材 IV. TN925

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 111747 号

内 容 提 要

WiMAX 是一种宽带无线城域网技术。本书以 WiMAX 技术原理与应用为核心, 全面系统地介绍了 WiMAX 技术的基本理论、网络标准和实际应用的最新成果。主要内容包括: WiMAX 技术主要标准、WiMAX 论坛、WiMAX 产品的认证测试、WiMAX 网络体系结构、WiMAX 物理层技术、WiMAX MAC 层技术、WiMAX 的 QoS 机制、WiMAX 网络规划与优化、WiMAX 系统组成、WiMAX 网络工程实践, 以及 WiMAX 与 3G 等其他技术的相互关系。本书同时还详尽介绍了与 WiMAX 共存的其他技术, 如 IEEE 802.11n、IEEE 802.20、HSDPA、McWill 等。每章后留有适量练习题, 便于读者进行自测。

本书可作为高等院校通信、计算机、电子、信息类专业的本科生及研究生教学参考书使用, 同时也可作为 WiMAX 技术领域相关人员的培训教材及自学辅导材料。

普通高等院校电子信息类系列教材

宽带无线城域网——WiMAX 技术与应用

◆ 编 著 高泽华 赵国安 宁 帆 高 峰 赵 钊
责任编辑 蒋 亮

◆ 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>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.5
字数: 402 千字
印数: 1—3 000 册
2008 年 10 月第 1 版
2008 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18557-0/TN

定价: 28.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

宽带无线接入技术从 20 世纪 90 年代开始快速地发展起来，但是一直没有统一的全球性标准。IEEE 802.16 是为制定无线城域网标准而专门成立的工作组，其目的是建立一个全球统一的宽带无线接入标准。为了促进这一目标的达成，WiMAX 论坛于 2001 年 4 月成立，力争在全球范围推广这一标准。WiMAX 的成立很快得到了设备厂商和运营商的关注，他们积极加入到其中，很好地促进了 IEEE 802.16 标准的推广和发展。

IEEE 802.16 标准定义了 WMAN（无线城域网）空中接口规范。这一无线宽带接入标准为无线城域网中的“最后一公里”连接提供了不可缺少的一环。目前，对于许多家用及商用客户而言，通过 DSL 或有线基础的宽带接入仍然不可行；许多客户都在 DSL 服务范围之外或不能得到宽带有线基础设施的支持。但是依靠无线宽带，这些问题都可迎刃而解。无线宽带部署速度快，扩展能力强，灵活度高，因而能够为那些无法享受到或不满意其有线宽带接入的客户提供服务。通过使用可支持大面积城域网接入的 IEEE 802.16 标准设备，以及随着更多的基站建立起来，无线服务的部署可快速完成。

WiMAX 是一项新兴的无线通信技术，能提供面向互联网的高速连接。其基本目标是提供一种在城域网环境下通过有效地互操作的宽带无线接入手段，为整个城市提供无线宽带接入，承载各种应用。

本书系统介绍了 WiMAX 等无线宽带接入技术，内容涵盖技术标准、关键技术、产业联盟、发展现状、业务发展前景及未来发展趋势，读者可以全面深刻地领会 WiMAX 技术及其应用，从而对解决实际问题有所帮助。

本书具有如下特点。

(1) 入门要求低：本书介绍了 WiMAX 最基本的知识，读者只需要有一定的通信及网络知识即可。

(2) 完整性：本书内容完整，涉及面广，内容涵盖技术标准、关键技术、产业联盟、发展现状等内容，使读者可以全面深刻地领会 WiMAX 技术。

(3) 概括性：本书每章标题及第一段都是对该章内容的高度概括，对其内容解释尽可能做到准确、翔实。

(4) 实用性：本书紧密结合应用，对具体的 WiMAX 组网及应用场景作了较详细的介绍。

本书由高泽华、赵国安、宁帆、高峰、赵钊等策划与编著。高泽华编写第 4 章、第 10 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章和第 14 章，赵国安编写第 7 章、第 8 章和第 9 章，宁帆编写第 1 章、第 2 章和第 3 章，高峰编写第 6 章，赵钊编写第 5 章。同时，在本书编写过程中，张兵、伊立奇、万昊、肖士锋、文柳、钟立冬、门乐、张艳超、陈荷荷、尹林佳、张要强、王庆龙、李杰完成了全书资料收集和整理，并完成全书的文字校对和部分内容的编写，对他们的辛勤劳动表示感谢。特别感谢高峰对本书的出版所做的大量组织工作。

另外，本书在编写过程中，得到北京邮电大学领导及教研室同事的支持和帮助，他们对

本书内容的取舍、主次安排均提出了很好的意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者于北京邮电大学

2008年9月

目 录

第 1 章 宽带无线接入技术概述	1	2.2 IEEE 802.16 系列标准	37
1.1 无线接入技术	1	2.3 WiMAX 论坛	39
1.2 3.5GHz 固定无线接入	2	2.3.1 成立的目 的	40
1.3 蜂窝移动通信系统	4	2.3.2 WiMAX 论坛的工作组	40
1.3.1 GSM 的演进	5	2.3.3 WiMAX 论坛的成员	41
1.3.2 WCDMA 的演进	7	2.3.4 WiMAX 论坛与其他标准	
1.3.3 CDMA 的演进	10	组织的关 系	42
1.4 WLAN 技术	13	2.4 WiMAX 设备认证测试	42
1.4.1 WLAN 的标准	13	2.5 WiMAX 系统关键技术	44
1.4.2 WLAN 的组成结构	17	2.6 WiMAX 技术优势	44
1.4.3 WLAN 的拓扑结构	19	2.7 WiMAX 国外产业发展现状	45
1.4.4 WLAN 的发展趋势	21	2.8 WiMAX 中国产业发展现状及	
1.5 WPAN 技术	22	前景展望	47
1.5.1 IEEE 802.15 系列标准概述	22	习题	48
1.5.2 蓝牙技术	23	第 3 章 WiMAX 体系结构	49
1.5.3 IEEE 802.15.4 网络简介	24	3.1 WiMAX 网络体系结构	49
1.5.4 UWB	25	3.2 WiMAX 端对端的参考模型	50
1.6 本地多点分配业务	28	3.3 WiMAX 网络实体	51
1.6.1 LMDS 系统组成	28	3.4 WiMAX 网络接口	51
1.6.2 LMDS 工作频段	29	3.5 WiMAX 协议栈参考模型	52
1.6.3 LMDS 传输距离	29	3.6 WiMAX 支持的两种网络拓扑	
1.6.4 LMDS 传输容量	30	结构	54
1.6.5 LMDS 拓扑结构	30	习题	54
1.6.6 LMDS 的应用领域	30	第 4 章 WiMAX 物理层技术	55
1.6.7 LMDS 的优缺点	31	4.1 TDD/FDD	56
1.7 直播卫星系统	32	4.2 WiMAX 支持的五种物理层	
1.8 自由空间光通信技术	33	技术	57
1.8.1 FSO 通信系统构成	33	4.2.1 WirelessMAN-SC	57
1.8.2 FSO 通信与其他接入方式的		4.2.2 WirelessMAN-SCa	59
比较	35	4.2.3 WirelessMAN-OFDM	61
1.8.3 FSO 通信技术的优势	35	4.2.4 WirelessMAN-OFDMA	63
习题	36	4.2.5 WirelessHUMAN	65
第 2 章 WiMAX 技术概述	37	4.3 基于 OFDM 的物理层	65
2.1 IEEE 802.16 工作组	37	4.3.1 OFDM 调制	66

4.3.2 OFDM 符号介绍	70	5.6.7 填充	120
4.3.3 OFDM 符号参数和发送 信号	71	5.7 WiMAX 基本初始化过程	120
4.3.4 信道编码	74	习题	125
4.4 基于 OFDMA 的物理层	77	第 6 章 WiMAX 面向连接的 QoS	
4.4.1 OFDMA 基本理论	77	机制	126
4.4.2 OFDMA 帧的结构	80	6.1 QoS 的基本知识	126
4.4.3 OFDMA 子载波分配	86	6.1.1 QoS 的概念	126
4.5 先进天线系统 (AAS)	90	6.1.2 QoS 控制和管理	127
4.5.1 智能天线技术	90	6.1.3 QoS 的实现机制	127
4.5.2 IEEE 802.16 系列对 AAS 的 支持	92	6.2 WiMAX 网络 QoS 概述	127
习题	96	6.3 业务流的概念	128
第 5 章 MAC 报文形成过程及初始化		6.4 业务流的对象模型	129
流程	97	6.5 业务流的分类	130
5.1 MAC 层介绍	97	6.5.1 预置业务流	130
5.2 WiMAX 协议栈模型	98	6.5.2 已接纳业务流	130
5.2.1 面向业务的汇聚子层	98	6.5.3 激活的业务流	131
5.2.2 公共部分子层	99	6.6 业务流的管理	131
5.2.3 安全子层	100	6.6.1 业务流的创建	132
5.3 MAC SDU 报文	101	6.6.2 业务流的修改	133
5.3.1 SDU 格式	102	6.6.3 业务流的删除	135
5.3.2 业务的分类	102	6.6.4 业务流的状态迁移	136
5.3.3 报头压缩	103	6.7 WiMAX 中的 ARQ 机制	141
5.4 寻址和连接	104	6.7.1 ARQ 的定义	141
5.4.1 连接标识符 (CID)	105	6.7.2 WiMAX 中 ARQ 的设计	142
5.4.2 业务流和业务流标识符 (SFID)	106	6.7.3 H-ARQ	143
5.5 PDU 报文	106	习题	144
5.5.1 报文格式	106	第 7 章 WiMAX 无线资源管理	145
5.5.2 两种报头	107	7.1 带宽请求和分配机制	145
5.5.3 子报头	110	7.1.1 请求	145
5.6 PDU 的成帧和传输	113	7.1.2 授权	146
5.6.1 需要遵守的原则	113	7.2 上行调度业务	147
5.6.2 分片	114	7.3 冲突解决算法	148
5.6.3 打包	115	7.3.1 传输机会	148
5.6.4 串联	118	7.3.2 冲突解决算法	149
5.6.5 MAC 管理消息	118	7.4 测距机制	150
5.6.6 加密和 CRC	120	7.4.1 下行突发描述的管理	152
		7.4.2 上行周期性测距	153
		7.4.3 以 OFDMA 为基础的测距	156
		7.5 切换	161

7.6 省电模式.....	162	11.2.1 WiMAX 频率配置需求 分析	188
习题	162	11.2.2 国际上 WiMAX 频率资源 配置现状及分析	189
第 8 章 安全子层	163	11.2.3 我国 WiMAX 频率资源配置 分析	190
8.1 IEEE 802.16d 的安全机制.....	163	11.3 WiMAX 组网关键技术.....	194
8.1.1 分组数据的加密.....	164	11.3.1 WiMAX 无线接入网设计...	194
8.1.2 密钥管理协议.....	164	11.3.2 WiMAX 系统核心网设计...	197
8.1.3 安全关联.....	166	11.4 WiMAX 与 3G 联合组网.....	200
8.1.4 加密算法.....	166	11.4.1 联合组网的可行性分析...	200
8.2 IEEE 802.16d 的安全分析.....	166	11.4.2 基于 3G 系统的接入控制和 计费机制	202
8.3 IEEE 802.16e 安全机制的 完善	167	11.5 WiMAX 与 Wi-Fi 联合组网.....	205
习题	168	11.6 WiMAX 与 DSL 及 Cable 联合 组网.....	206
第 9 章 WiMAX Mesh 模式	169	习题	208
9.1 无线网格网.....	169	第 12 章 WiMAX 规划与优化	209
9.1.1 无线网格网结构.....	169	12.1 无线网络规划的重要性.....	209
9.1.2 WMN 关键技术	171	12.2 WiMAX 规划.....	209
9.2 WiMAX 对 Mesh 的支持	172	12.2.1 WiMAX 技术对网络 规划的影响	209
9.3 WiMAX Mesh 模式应用	174	12.2.2 WiMAX 无线网络规划 流程	210
9.3.1 WiMAX Mesh 网络结构.....	174	12.3 无线网络优化的重要性.....	214
9.3.2 WiMAX Mesh 网络帧 结构.....	176	12.4 WiMAX 优化方案.....	214
习题	177	12.4.1 网络扩容.....	214
第 10 章 WiMAX 应用	178	12.4.2 频率复用	214
10.1 WiMAX 应用范围	178	12.4.3 多址方式	215
10.1.1 WiMAX 技术应用场景 ...	178	12.4.4 天线优化和空间复用	215
10.1.2 WiMAX 技术应用领域 ...	179	12.4.5 调制机制	216
10.1.3 WiMAX 技术在政府公共 事业中的应用	180	12.4.6 干扰抵消	216
10.1.4 WiMAX 技术在家庭中的 应用	182	习题	217
10.2 WiMAX 应用需要考虑的 因素	183	第 13 章 与 WiMAX 共存的技术	218
10.3 WiMAX 解决方案	183	13.1 IEEE 802.20	218
10.3.1 固定接入应用解决方案...	184	13.1.1 技术特性	218
10.3.2 移动接入应用解决方案...	185	13.1.2 IEEE 802.20 与其他技术间 的关系	220
习题	186	13.2 ETSI F3RAN (HiperLAN)	222
第 11 章 WiMAX 网络的组网	187		
11.1 WiMAX 网络发展特征	187		
11.2 WiMAX 组网频率.....	188		

13.2.1	HiperLan/2 系统特点	223	13.6	Ad-Hoc	234
13.2.2	HiperLan/2 协议体系 结构	224	13.6.1	Ad-Hoc 网络的概念	234
13.3	高速下行分组接入 (HSDPA)	226	13.6.2	Ad-Hoc 网络的特点	235
13.3.1	HSDPA 的技术特点	226	13.6.3	Ad-Hoc 网络的应用需求	236
13.3.2	WiMAX 的技术特点	226	13.6.4	与其他移动通信系统的 比较	237
13.3.3	HSDPA 与 WiMAX 的综合 比较	226	13.6.5	移动 IP 和 Ad-Hoc 网络的 结合	238
13.3.4	两种技术相互的关系和 展望	228	13.6.6	管理 Ad-Hoc 网络面临的 问题	238
13.4	WiBro	229	习题		239
13.4.1	WiBro 系统的组成	229	第 14 章	WiMAX 与 IEEE 802.11n	240
13.4.2	WiBro 技术中的切换 机理	230	14.1	IEEE 802.11 系列	240
13.4.3	WiBro 覆盖范围和传输 速率	230	14.2	IEEE 802.11n	240
13.4.4	WiBro 中的干扰	231	14.3	IEEE 802.11n 的关键技术	241
13.4.5	WiBro 系统的业务	231	14.3.1	物理层关键技术	241
13.4.6	WiBro 的发展状况	231	14.3.2	MAC 层优化技术	244
13.5	多载波无线 Internet 本地回路 (McWill)	232	14.3.3	智能天线技术与 IEEE 802.11n	245
13.5.1	McWill 的主要技术	232	14.3.4	软件无线电与 IEEE 802.11n	245
13.5.2	McWill 系统特点	233	14.4	IEEE 802.11n 现状与未来	246
13.5.3	McWill 的在国内部署的 优势	233	习题		246
			附录	WiMAX 技术术语英文缩写 对照表	247
			参考文献		255

第 1 章 宽带无线接入技术概述

本章概要介绍了当前宽带无线接入技术的最新发展情况，包括 3.5GHz 固定无线接入、蜂窝移动通信、WLAN、WPAN、本地多点分配业务（LMDS）、直播卫星（DBS）及自由空间光（FSO）通信技术，涉及每种技术的原理、特点以及应用场合。

1.1 无线接入技术

从传统电信网角度看，电信网可分为公用电信网与用户驻地网两部分。公用电信网又分为长途网、中继网和接入网 3 部分，其中长途网和中继网统称核心网。图 1-1 所示为电信网的组成示意图。

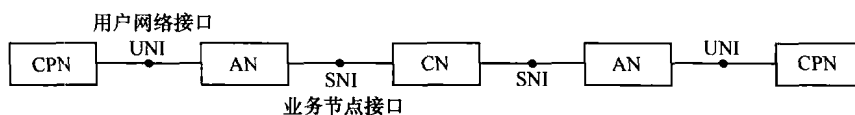


图 1-1 电信网组成示意图

图 1-1 中，接入网（Access Network，AN）部分介于用户驻地网（Customer Premises Network，CPN）与核心网（Core Network，CN）之间，泛指“用户网络接口与业务节点接口间实施承载功能之实体”。接入网基本上包括传输系统、复用设备、用户/网络接口、数字交叉连接设备等。通常，接入网传输系统按传输介质分为有线接入和无线接入。

无线接入是指从交换节点到用户驻地网或用户终端之间部分或全部采用无线手段接入的技术。无线接入技术给人们提供了方便的网络铺设，以及低成本和高灵活性。无线接入技术有多种分类方式：按传输速率可分为窄带（数据速率小于 64kbit/s）、中宽带（数据速率为 64kbit/s~2Mbit/s）和宽带（数据速率不小于 2Mbit/s）；按传输距离可分为长距离无线接入技术和短距离无线接入技术。长距离无线接入技术的代表是 GSM、GPRS 及 3G，短距离无线接入技术则包括 WLAN、WPAN、UWB 等。

根据系统是否支持处于运动过程中的用户终端，无线接入可分为移动接入与固定无线接入两种。其中固定无线接入技术主要包括：3.5GHz 无线接入、直播卫星系统（Direct Broadcasting Satellite，DBS）、本地多点分配业务（LMDS）、自由空间光（FSO）通信和目前新出现的基于 IEEE 802.16d 的宽带无线接入系统。不同频段的固定无线接入技术的组网均采用一种类似蜂窝

的服务区结构,将一个需要提供业务的地区划分为若干服务区,每个服务区内设基站,基站设备经点到多点无线链路与服务区内的用户端通信。固定无线接入系统一般由中心站、终端站和网管系统 3 大部分构成,特殊情况下在中心站和终端站之间也可以通过接力站进行中继。

移动无线接入最大的特点就是支持系统中用户终端的移动性。因此,在评估移动无线接入系统时,需要考察系统中用户终端以不同速度运动时的系统性能,包括步行速度、自行车速度、汽车行驶速度。移动无线接入技术主要包括:基于 IEEE 802.15 的无线个人域网(WPAN)、基于 IEEE 802.11 的无线局域网(WLAN)、基于 IEEE 802.16e 的无线城域网(WMAN)和基于 IEEE 802.20 或第三代蜂窝移动通信技术(3G)的无线广域网(WWAN)。

根据系统中用户终端能达到的最大数据传输速率,无线接入又可以分为窄带无线接入和宽带无线接入两种。由于技术发展的限制,早期开发的无线接入系统通常都属于窄带无线接入,如第一代和第二代蜂窝移动通信系统,它们所针对的业务也主要是窄带的语音业务。随着技术的发展以及多媒体新业务不断涌现,无线接入技术呈现高带宽和 IP 化的趋势。宽带无线接入的代表有第三代蜂窝移动通信系统、LMDS 和 WiMAX。

目前,我国电信市场已经从传统单一运营商发展到了多运营商竞争的格局。对于新兴运营商而言,迫切希望能够通过快速部署的无线接入技术切入市场,争取用户。因此无线接入作为一种非常重要的接入手段,有着很大的潜在市场发展空间。窄带无线接入主要用来提供语音业务,解决部分地区不能通过有线手段提供语音通信的问题,同时满足部分用户的移动语音需求,是有线接入的有效补充。宽带无线接入主要用来提供综合的语音和数据业务,以满足用户对宽带数据业务日益增长的需求。

1.2 3.5GHz 固定无线接入

3.5GHz 固定无线接入(Fixed Wireless Access, FWA)系统采用点对多点微波技术。该系统在传统的电路型无线通信技术中融合了 IP 数据通信技术,主要提供大容量的语音和数据业务接入,也可以为窄带无线系统和移动基站提供回传连接。对于不便铺设光缆的用户、相对分散铺设光缆不经济的用户以及对开通紧迫性很强的用户,引入快速经济的固定无线接入系统可为用户提供急需的接入服务,对解决“最后一公里”接入网的瓶颈问题,起到了有力的补充作用。因此,具有广泛的商业应用价值和发展前景。

1. 3.5 GHz 固定无线接入系统结构

3.5GHz 固定无线接入系统一般包括中心站(CS)、终端站(TS)和网管系统 3 大部分。中心站和终端站又分别可分为室内单元(InDoor Unit, IDU)和室外单元(OutDoor Unit, ODU)两部分。3.5GHz 固定无线接入系统是一种点对多点的分布式系统,TS 通过用户网络接口(UNI)与单个的用户终端(TE)或者一个用户驻地网(CPN)相连,中心站(CS)通过业务节点接口(SNI)与外部网络相连。其系统结构如图 1-2 所示。

(1) 中心站(CS)

中心站位于服务区中心,逻辑上可以分两个部分:中心控制站(CCS)和中心射频站(CRS)。中心控制站是业务汇聚部分,并提供到网络侧的接口;网络侧的接口一般有 STM-1、

10/100Base-T、E3/T3、 $N \times E1$ 等接口。中心站覆盖的服务区一般分为多个扇区，每个 CRS 对应一个扇区，每个扇区可以对一个或多个远端站提供服务。CCS 将来自各个扇区不同用户的上行业务量进行汇聚复用，提交不同的业务节点；将来自不同业务节点的下行业务量分送各个扇区。

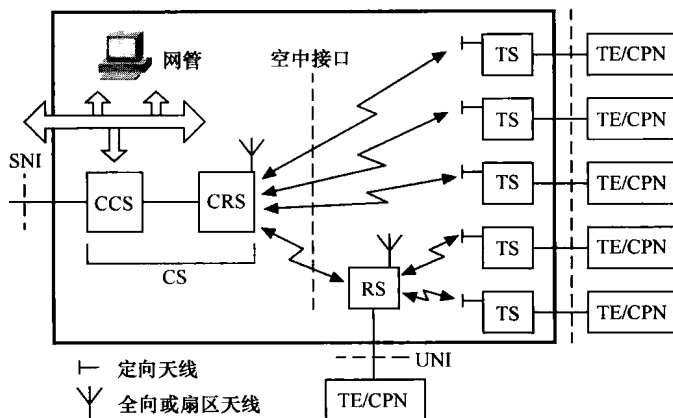


图 1-2 3.5GHz 固定无线接入系统结构

（2）终端站（TS）

在 3.5GHz 固定无线接入系统中，终端站（TS）属于远端设备，设置在用户驻地，为用户提供系统的接入点并为用户提供各种业务接口。可提供接口类型包括 10Base-T、E1、 $N \times 64\text{ kbit/s}$ 、FR、POTS 或 ISDN 接口。

（3）中继站（RS）

中继站作为系统实现的可选项，用以转发中心站和终端站之间的信号。RS 天线可以采用扇区天线或小波束角定向天线。

（4）网管系统

3.5GHz 固定无线接入系统一般采用基于图形界面的网络管理系统，系统可运行在 Windows NT 或 UNIX 平台上。用户使用网管系统可容易地对网络进行配置和管理。网管系统的功能一般包括配置管理、性能管理、故障管理、安全管理及计费信息的收集等。

2. 3.5GHz 固定无线接入技术的特点

3.5GHz 固定无线接入系统是一种固定点对多点无线接入系统，源于 2.5GHz MMDS（多路微波分配系统），通过对其进行改进后使之适合于双向传输。其主要特点介绍如下。

（1）覆盖范围

对无线信号而言，频率越高，信号随距离的衰减越快，绕射能力也越弱，这两方面的因素决定了 3.5GHz 频段固定无线接入技术的覆盖能力。一般来说，3.5GHz 固定无线技术覆盖范围可达 10km 以上，降雨衰减因素对 3.5GHz 固定无线接入技术的影响不严重，但因其属于准视距传输，建筑物的阻挡对其传输有一定影响，适合中小企业和人口集中的乡镇居民点用户使用。

（2）系统容量

在采用相同调制技术的条件下，可用带宽的多少直接决定了系统容量的大小。系统容量还取决于频率复用系数，频率复用系数越高，相同频带宽度上可调制比特率就越高。对于 3.5GHz 固定无线接入系统，所采用的调制方式包括 QPSK、16QAM、64QAM、GFSK、OFDM

等。目前的实际系统中，当其工作在 30MHz 带宽上时，其半径可实现对 10km 范围覆盖，系统容量可达 300Mbit/s 左右。

(3) 业务能力

3.5GHz 固定无线接入可支持如下业务类型（需要网络侧的配合）：高速 Internet 接入、局域网互联、VPN、数据专线、IP 电话/IP 传真、视频会议、PSTN/ISDN，可以为企事业集团用户和社区用户提供服务。

(4) 系统成本

3.5GHz 固定无线接入与其他宽带无线接入技术（如 LMDS）相比，其技术成熟度高、技术难度小，因而设备成本较低，又因其覆盖用户范围广，故每个用户所分担的成本也相对较低。因此 3.5GHz 固定无线接入方式适合于在业务发展期进行较大范围的覆盖，从面上提供业务。

3. 3.5GHz 固定无线接入国内发展情况

原信息产业部无线管理局在 2000 年 4 月分配了 3.40~3.43GHz 和 3.50~3.53GHz 两个 30MHz 的频段用于固定无线接入，这种无线接入系统覆盖范围一般可达 10km，属于准视距传输。据统计，对于 3.5GHz 无线信号，在降雨量为 25mm/h 时，其衰减低于 0.1dB/km。从业务能力和速率上看，3.5GHz 固定无线接入系统可支持多业务的接入，主要用于向中小企业用户、住宅小区提供数据、语音等业务。对于国内的各运营商来说，目前发展 3.5GHz 无线接入主要用于中小企业接入、无线到大楼、基站回传、中继服务、DDN、IP 电话等。

1.3 蜂窝移动通信系统

移动通信经历了以 AMPS 和 TACS 为代表的第一代模拟移动通信；以 GSM, DAMPS 和 PDC 为代表的第二代数字移动通信，到现在的第三代移动通信系统。

从 20 世纪 80 年代初期第一代模拟移动通信商用开始，基本上每 10 年出现一代新的技术，如图 1-3 所示。而一代技术的消退则需要约 15~20 年的时间。目前全球范围内模拟移动通信

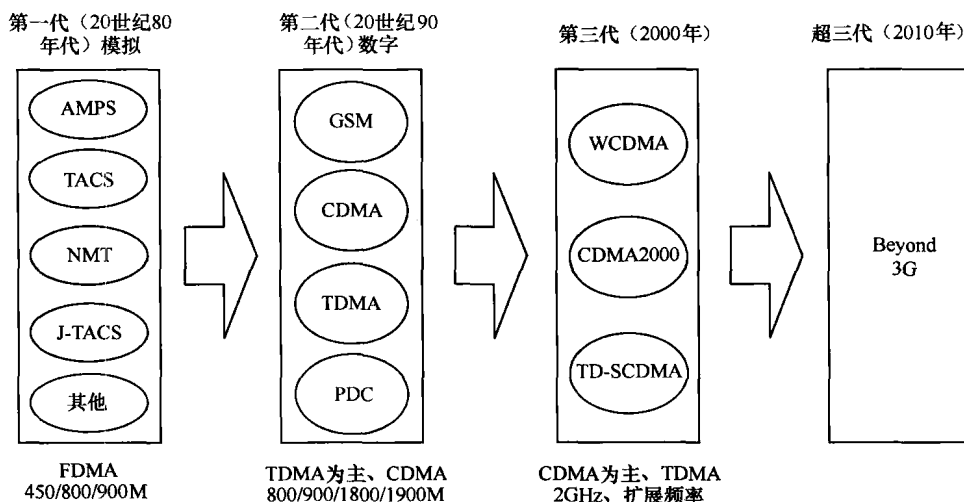


图 1-3 蜂窝移动通信标准的演进

已经基本退出历史舞台，用户占不到 2%，占据移动通信市场 95% 以上的为 2G 和 2.5G，3G 又刚刚步入商用阶段，在今后 10 年将是 3G 和 2G 长期并存发展的时期，在这期间 3G 市场会逐渐增长，2G 从增长放缓到逐渐消失；ITU 正在研究的 B3G 系统则是面向 10 年以后商用的技术，可以适应未来 10~20 年的发展需要。

国际电信联盟（ITU）早在 1985 年就提出了 3G 的概念，最初命名为 FPLMTS（未来公共陆地移动通信系统），后在 1996 年更名为 IMT-2000（International Mobile Telecommunications 2000），指工作在 2000MHz 频段、预期在 2000 年左右商用的系统。ITU 于 2000 年 5 月确定了 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 为 3G 国际标准。随着技术的不断完善，三大标准各具优势，并已形成了各自的产业联盟。

WCDMA：即 Wideband CDMA，意为宽带码分多址，其支持者主要是以 GSM 系统为主的欧洲厂商，包括欧美的爱立信、诺基亚、朗讯、北电以及日本的 NTT、富士通、夏普等厂商。

CDMA2000：由美国高通公司为主导提出，摩托罗拉、朗讯和韩国三星都已参与，韩国现在成为该标准的主导者，这套标准是从窄带 CDMA 1x 数字标准衍生出来的，可以从原有的 CDMA 1x 结构直接升级到 3G。

TD-SCDMA：是中国通信领域第一个拥有自主知识产权的国际标准，是中国百年通信技术史上的重大突破。该标准将智能天线、同步 CDMA 和软件无线电等当今国际领先技术融入其中，代表了未来移动通信技术的发展方向。

从 3G 的 3 种主要标准的技术比较来看：CDMA2000 1x 从 IS-95 平滑升级，技术成熟性最高，有明确的提高频谱利用率的演进路线，在国外有商用试验网，但工作在非 3G 频段的网络较多，而 CDMA2000 的全球漫游能力一般。WCDMA 来源于 GSM 技术，有较高的扩频增益，发展空间较大，全球漫游能力也最强。而 TD-SCDMA 已成为 ITU 和 3GPP 标准之一，目前处于与欧洲 TDD 标准的融合阶段，技术成熟度一般，有较高的频谱利用率。

1.3.1 GSM 的演进

GSM 系统全称为全球移动通信系统（Global System for Mobile Communication），其依照欧洲通信标准化委员会（ETSI）制定的 GSM 规范研制而成，是第二代移动通信技术（2G）。GSM 如今已经发展成为全球最重要的第二代移动通信标准之一，不管是在用户数量还是在覆盖范围方面都是如此。GSM 无线技术从 GSM 和 GPRS 向 EDGE 和第三代 WCDMA 的方向演进，核心网则按照基于 GSM MAP 电路域、分组域向全 IP 网络演进。

（1）GSM

GSM 系统由移动台（Mobile Station, MS）、基站子系统（Base Station Sub-System, BSS）、网络子系统（Network Sub-System, NSS）、操作子系统（Operation Sub-System, OSS）4 个分系统组成，各分系统之间都有明确定义且详细的标准化接口方案，保证任何厂商提供的 GSM 系统设备可以互连。同时，GSM 系统与各种公用通信网之间也都详细定义了标准接口规范，使 GSM 系统可以与各种公用通信网实现互连互通。GSM 系统除了可以开放基本的语音业务外，还可以开放各种承载业务、补充业务以及与 ISDN 相关的各种业务。GSM 系统采用 FDMA/TDMA 及跳频的复用方式，频率重复利用率较高，同时它具有灵活方便的组网结构，可满足用户的不同容量需求。GSM 系统具有较强的鉴权和加密功能，能确保用户和网络

的安全需求，系统抗干扰能力较强，通信质量较高。

GSM 是时分多址 (TDMA) 每载波 8 时隙的系统，载波间隔 200kHz，双工间隔为 45MHz。GSM 规范的制定考虑了与 ISDN 标准的一致，因此在服务上相当于一个移动的 ISDN，它能够支持多种服务。GSM 也定义了对移动环境中的智能网 (IN) 的支持，如虚拟家庭环境以及许多高级的数据服务等。

(2) GPRS

通用无线分组业务 (General Packet Radio Service, GPRS) 是一种基于 GSM 系统的无线分组交换技术，提供端对端的、广域的无线 IP 连接。简单地说，GPRS 是一项高速数据处理的技术，其方法是以“分组”的形式传送数据。网络容量只在所需时分配，不需要时就释放，这种发送方式称为统计复用。目前，GPRS 移动通信网的传输速度最高可达 115kbit/s。GPRS 是在 GSM 基础上发展起来的技术，是介于第二代数字通信和第三代分组移动业务之间的一种技术，所以通常称为 2.5G。

分组交换的原则贯穿于整个 GPRS 网络，其骨干网基于 IP 协议。GPRS 可以看成为对 GSM 的一种扩展，因此，引入 GPRS 只需在现存 GSM 系统中做较小改变。主要是在原 GSM 网络结构上增加 SGSN (GPRS 服务支持节点) 和 GGSN (GPRS 网关支持节点) 两个单元。其系统构成如图 1-4 所示。

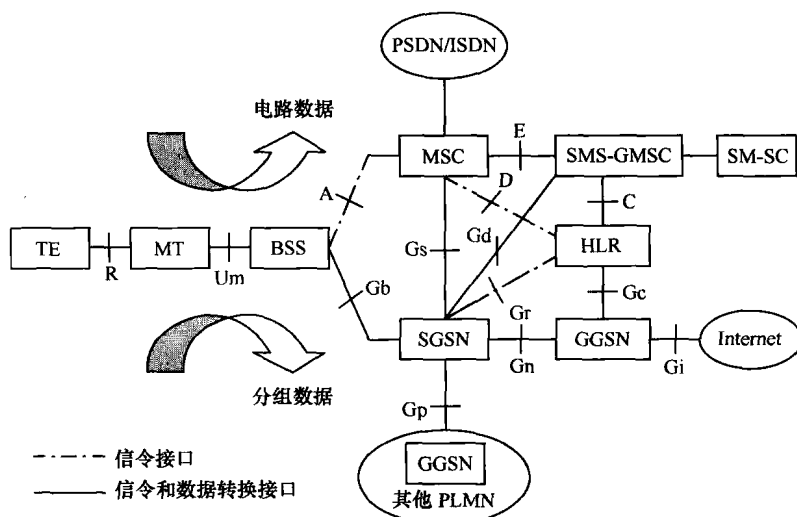


图 1-4 GPRS 逻辑节点结构

SGSN: 视为无线接入网进入 GPRS 核心网的接入路由器，作为 GPRS 骨干网和无线接入网间的接口并交换分组数据到 MS 所在的 BSS 附着，主要任务包括加密，鉴权，移动管理和到 MS 的逻辑链路管理，分组路由和传送，协议转换，数据计费等。

GGSN: 视为 GPRS 核心网到外部分组数据网间的网关路由器，提供到其他 GPRS 网络及 Internet 等数据网的接口，主要任务包括为 MS 的 IP 地址路由服务，ISP 选择，也可能包括防火墙和分组过滤机制，此外，还根据 MS 的位置为 MS 选择对应的 SGSN。

BSS 作为 GSM 的无线接入网部分，仍由 BTS 和 BSC 两类节点构成。其中 BSC 要包括一个新的分组控制单元 (PCU)，在无线接口上提供所有与 GPRS 相关的通信协议。其功能是

建立, 监视, 及释放分组交换的呼叫, 包括支持小区改变, 无线资源配置和信道分配。另一个节点 BTS 仍然是一个无协议功能的中继站, 执行载频的调制和信号的解调。

主要的几个接口作用如下:

Gd 是短消息中心和 SGSN 间的接口, 可使短消息业务在 GPRS 基础上得到进一步增强;

Gr 是 SGSN 和 HLR 间的接口, 可以使 SGSN 向 HLR 查询用户位置信息和与 GPRS 相关的签约信息, 以便使 SGSN 实现对 MS 的位置管理, 这和 MSC 向 HLR 查询用户位置信息类似;

Gs 是 SGSN 和 MSC 间的接口, SGSN 通过 Gs 向 MSC 发位置信息, 并接受 MSC 的寻呼请求;

R 是终端设备和移动台 (MS) 间的接口, 其为一个参考点而不是标准接口, 可使诸如笔记本电脑等终端通过 GSM 手机传输数据, 现在的“蓝牙”技术正是为这一参考点带来了新的标准。

GPRS 技术为 3G 开辟了道路, 首先可以一定程度上满足用户对数据业务的需求, 并为 3G 应用打下了坚实基础, 这包括获得了用户, 开拓了 3G 的市场。

(3) EDGE

EDGE (Enhanced Data Rate for GSM Evolution) 被视为一个提供高比特率, 并且因此促进蜂窝移动系统向第三代功能演进的、有效的通用无线接口技术。

EDGE 提供了一个从 GPRS 到第三代移动通信的过渡性方案, 从而使网络运营商可以最大限度地利用现有的无线网络设备, 在第三代移动网络商业化之前提前为用户提供个人多媒体通信业务。EDGE 标准第一阶段是增强型的 GPRS (EGPRS) 和增强型的电路交换数据; 第二阶段是改进的多媒体和实时业务, 数据速率可达 384kbit/s。由于 EDGE 是一种介于现有的 2G 与 3G 之间的过渡技术, 因此也有人称其为“2.5G”技术。EDGE 同样充分利用了现有的 GSM 资源, 保护了对 GSM 做出的投资, 目前已有的大部分设备都可以继续在 EDGE 中使用。

1.3.2 WCDMA 的演进

WCDMA 技术被称为是 GSM 技术向 3G 平滑演进的捷径。其采用直接序列 (DS) 扩频技术, 码片速率为 3.84Mchip/s, 载波带宽为 5MHz, 包含 FDD 和 TDD 两种模式。WCDMA 主要采用了 Rake 多径分集接收技术和发射分集技术, 高效信道编码技术和交织技术 (Turbo 编码、卷积编码、无信道编码), 智能天线技术, 多用户检测技术, 功率控制技术, 软切换技术等。

WCDMA 的标准化工作由 3GPP 组织完成。到目前为止, 主要有 5 个版本, 即 3GPP R99、3GPP R4、3GPP R5、3GPP R6 和 3GPP R7, 前 4 个版本已经完成并发布, 目前正在进行 R7 版本的制定工作。不同版本间的功能划分并不是绝对和清晰的, 而是按时间进度和工作完成情况灵活划分, 不一定某个功能必须在某个版本中完成, 在修改版本时应遵守向后兼容的原则, 各版本的演进时间如图 1-5 所示。

在已发布的几个版本中, 除了 R6 版本外都存在网络结构方面的变化, R99 版本的标准主要在无线接入网引入了全新的 WCDMA 无线接入技术; R4 版本的标准主要采纳了中国研发的 TD-SCDMA 标准作为 WCDMA-TDD 的标准; R5 版本的标准在无线接入网引入了新特性——HSDPA (高速下行分组接入技术)。但是, 到了 3GPP R6 版本阶段, 网络架构方面已没有太大的变更, 主要是增加了一些新的功能特性, 以及对已有功能特性的增强。下面分

别介绍几个版本的具体情况。

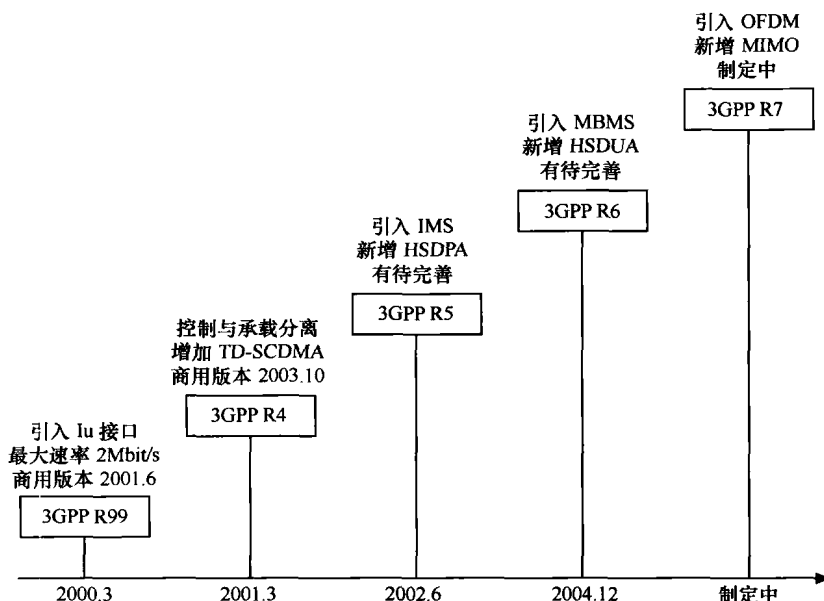


图 1-5 WCDMA 演进

(1) Release99 (R99)

3GPP R99 版本功能于 2000 年 3 月份确定,标准已相当完善,后续版本将都与 3GPP R99 兼容。3GPP R99 版本最大的特征是在网络结构上继承了广泛采用的 2G——GSM/GPRS 核心网结构。

与现有的 2G 或 2.5G 相比,3GPP R99 版本在空中接口发生了根本性变化,它引入了全新的接入网——UTRAN (通用陆地无线接入网络)、空中接口技术采用 WCDMA,而核心网部分则是基于 GSM 系统的移动应用部分 (MAP) 的,可通过网络扩展方式提供在基于 ANSI-41 的核心网上运行的能力。同时,3GPP R99 采用了分组化传输,更有利于实现高速移动数据业务的传输。

因此,在 3GPP R99 版本中,WCDMA 和 GSM 使用相同的核心网络。但是,两者还是有一些不同的地方,如 WCDMA 的编码解码器是和移动交换中心 (MSC) 在一起的,而在 GSM 网络中,编码解码器和基站控制器在一起。同样,GSM 采用 PCM (脉冲编码调制) 编码,而 WCDMA 采用 AMR (自适应多速率) 编码。

3GPP R99 在新的工作频段上引入了基于每载频 5MHz 带宽的 CDMA 无线接入网络,它主要由无线接入网和核心网两部分组成。无线接入网由用户设备 (UE)、Node B 和无线网络控制器 (RNC) 组成,同时引入了适于分组数据传输的协议和机制,数据传输速率可支持 144kbit/s 和 384kbit/s,理论上可达 2Mbit/s。3GPP R99 核心网在网络结构上与 GSM 保持一致,其电路交换 (CS) 域仍采用 TDM 技术,分组交换 (PS) 域则基于 IP 技术组网。

3GPP R99 核心网的 CS 域是指 GSM 的核心网,PS 域则是指 GPRS 的支持节点。CS 域处理传统的电路交换业务,每次通信为需占用资源的节点建立专用的一条链路 (如语音业务);PS 域处理分组交换业务,不需要建立专用链路,每个分组都自己找路由。

3GPP R99 系统采用分组域和电路域分别承载与处理的方式接入 PSTN 和公用数据网。3GPP R99 标准比较成熟,充分考虑了对现有产品的向下兼容及投资保护,适用于想快速开展 3G 业务的运营商。其主要优点在于:技术成熟稳定,风险小;多厂商供货环境已形成;可充