

现代  通信技术丛书

WiMAX

技术、标准与应用

董晓鲁 党梅梅 沈 嘉 陈 洁 龚达宁 张 莉 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

WiMAX

技术、标准与应用

—— 4G 移动通信技术 ——



现代移动通信技术丛书

WiMAX 技术、标准与应用

董晓鲁 党梅梅 沈 嘉 陈 洁 龚达宁 张 莉 编著

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目(CIP)数据

WiMAX 技术、标准与应用/董晓鲁等编著. —北京:人民邮电出版社,2007.4

ISBN 978-7-115-14346-4

I. W... II. 董... III. 宽带通信系统—接入网 IV. TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 001089 号

内 容 提 要

本书将主要介绍包括 802.16d 和 802.16e 在内的 WiMAX 技术产生的背景、应用场景、空中接口的技术实现和网络架构等方面的内容,同时还将介绍 WiMAX 技术与 3G、E3G 等技术的比较,并对 WiMAX 技术未来的发展方向进行了探讨。

本书共分 8 章,第 1 章介绍宽带无线接入网的技术发展历程;第 2 章介绍新型宽带无线接入系统采用的关键技术;第 3 章和第 4 章分别介绍 802.16d 和 802.16e 空中接口技术;第 5 章介绍 WiMAX 网络应用技术;第 6 章介绍 WiMAX 其他相关标准;第 7 章论述了 WiMAX 与其他 IEEE 标准之间的关系和比较;第 8 章对 WiMAX 技术未来的定位进行了探讨。

本书向读者展现了目前无线宽带接入的最新技术发展状况和未来发展前景。适合于从事通信网络部署、设计和规划的技术人员,以及从事通信技术研究的科研人员和 NSP、ASP、设备供应商、芯片企业中的有关技术人员阅读,并可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

现代移动通信技术丛书

WiMAX 技术、标准与应用

◆ 编 著 董晓鲁 党梅梅 沈 嘉
陈 洁 龚达宁 张 莉

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>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:16.5

字数:398 千字

2007 年 4 月第 1 版

印数:1-4 000 册

2007 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-14346-4/TN

定价:35.00 元

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

序

纵观全球无线移动通信发展,呈八大走势,即宽带移动化、移动宽带化、接入多样化、传送分组/IP化、网络自适应化、系统互补综合化、应用个性/个体化、有线/无线融合一体化。而针对 TCP/IP 协议的实质性弊端,美国 NSF 发动的 GENI、FIND 计划及我国 2006~2020 年中长期规划中的“高可信网络”等目标,均在网络系统体系架构及实际有效应用与安全性、管理顽健性以及经济性等层面进行从源头上彻底更新的持续创新。

下一代网络 (NGN)、第三代移动通信 (3G) 与涉及 3G 演进的 E3G 与 B3G、WPN/Wi-Fi/WiMAX/WBMA (MBWA) 等 IEEE 802. xy 标准及下一代宽带无线 (NGBW)、下一代宽带无线移动 (NGBWM) 是目前信息通信业界关注和探讨的热点话题。人们希望通过 NGN 及 NGBW、NGBWM 等来解决目前各类网络中的诸多问题,如网络安全问题、QoS 问题、网络的移动性、前后向兼容平滑演进、异构网络 (Heterogeneous Networks) 的有效互操作性与互补、集成、协作、汇聚及融合,建立增加 ARPU 及纯利润率 (APPU) 与有效的多业务增值的可赢利商业模式,等等。

现今,无线传送的核心基础技术中以 (x)-OFDM (y), MIMO/STC (MDC), H. 264/AVC (MPEG-4 Part 10) / AVS 音视频数字压缩编码,比特层面的 TBC-TPC/LDPC 低密度校验码以及分组符号层面的删除编码喷泉码范畴的速龙码 (Raptor Code)、旋风码 (Tornado Code) 和不等权保护码 (UEP Code) 等,智能 (自适应) 天线及智能化分布式天线技术,软件 (定义的) 无线电 S(D)R 技术,业务与环境感知的自适应处理技术;涉及 NGN 及 NGBW、NGBWM 的软交换、IMS-FMC 技术,IP 及全 IP 的自适应 IP-QoS 技术,包括分布式自适应资源管理技术,中间件技术及网络/终端信息安全技术等一整套软件工程技术……最引人注目。而发展宽带业务,包括发展宽带移动业务 NGMN、NGBWM 及 IMT-Advanced 4G 型业务在内,终端 (包括手机)、业务应用商业模式与产业链的成功运作尤为为重要。

顺应这一发展形势,在无线宽带领域中,WiMAX 成为一颗新星与亮点,这决非偶然:WiMAX 吸取了原先 MMDS/LMDS 及 Pre-WiMAX 的标准化、规模量产、多厂商互联互通性能及产业链等方面均不令人满意的经验教训,予以有效改进及提高;直面 Wi-Fi 及 3G 发展中遇到的覆盖、提速、性价比等问题,进行适应市场需求的互补、增强;Intel 决心将所谓摩尔定律概念扩展至无线领域,对驱动与推进 WiMAX 起着重要作用;NGN、NGBWM 及以 IP 为基础的 IMS/SIP-FMC 的演进势头,包括未来 GENI、FIND 及高可信网络等的可能有益进展在内,助力 WiMAX 的发展;提速—覆盖能力增强,由固定、游牧向便携、简单移动及适当速率全移动方向改进,规模量产提高信价比及多厂商环境下的良好互联互通等市场需求因素驱动,期望 WiMAX 取得成功;不同标准化组织在严酷竞争环境中瞄准主体差异化的市场定位需求,你追我赶,积极借助技术驱动先机切入,展开互补与竞争,并可满足新兴运营商崛起、老牌固网运营商转型及具适当移动性的专网宽带多业务运行的紧迫需求等等,均成为不争的事实。WiMAX 以其更高速率,更好的灵活性和多业务能力与可扩展性,

更低廉的宽带服务价位吸引力,为城域范围的各类宽带无线用户提供了新的选择,从而成为业界的新宠。

WiMAX 的市场定位主要有下述 6 方面(初期运作时以前 4 种为主体):①从网络层面看, WiMAX 可同时支持公众网及专用网,并可同时具备由固定至移动的运作模式,特别是对电子政务应急联动系统、军用网络及以 IP 为基础的多业务运作,诸如流媒体、各类视频业务,包括视频监控等。②由操作运营层面看, WiMAX 能有效支持各类操作者,如可由基站互联、回运至热区速率增强,并以适当的中等移动速度支持移动运营商;可有效支持老的固网业务运营商进行全业务转型;对有足够资本实力的所谓兔子类新兴运营商可有效支持其多业务、新业务运行;可支持各类专用信息通信操作者,如电子政务、应急联动、视频监控、军事应用等。③从覆盖层面看, WiMAX 作城域网为基础的“热区”型覆盖,可同时有效支持 Wi-Fi 为基础的局域“热点”延伸及以 3G/3G 演进为基础的广域“热区”补充。④由移动性层面看, WiMAX 可有效支持 FMC,如固定、游牧、便携、简单移动至速率高达 120km/h 左右以下的所谓全移动等各类移动性模式。⑤从终端及漫游层面看, WiMAX 主要以 WMAN、PC 及包括 PDA 在内的数据、视频多媒体为主体, Mobile WiMAX 非常成熟后,包括其网络、应用层改进后也会有一定手机模式运行。⑥从业务层面看, WiMAX 可提供较大区域覆盖、价位低廉的业务模式以支持农村通信及普遍服务;同时, WiMAX 基本不存在 3G/3G 演进发展那种后向兼容束缚。

由此, WiMAX 的市场定位与 3G/3G 演进主体上是互补共赢的,而非替代与终结,从覆盖、提速、终端、公网/专网运作、信价比、移动性/便携性等六维域层面看其彼此重叠竞争区在相当长时期内依然较小,不成为主体。而且 WiMAX 由于容易引入至关重要的革命性技术 MINO-STC/MDC 及可扩展的 OFDMA 技术 SOFDMA,在 20MHz 带宽内 Mobile WiMAX 提速能力可较灵活增强至峰值下行速率达 63Mbps/扇区及上行速率达 28Mbps/扇区,而且在以 IP 为基础的多业务灵活平台上,设计成兼顾较好的 QoS、安全性、可扩展性及适度全移动性等,包括可适应 VoIP 及视频等业务运作在内。从演进路标包括实际装备实施来看, Mobile WiMAX -802.16e 与 HSDPA/HSUPA—cdma2000 EV-DO Rev. A/Rev. B 相当, Mobile WiMAX -802.16m 与 E3G-LTE/AIE 相当,鉴于其属城域网范畴,其终端定位以 PC 及 PDA 为主体,容易引入 OFDMA 及 MIMO-STC/MDC 等技术,相对 3G/3G 演进,其提速能力与性价比能力看来始终可望超前一拍,从而确保两者的共存互补性。由此, WiMAX 有良好的技术支撑实力、市场前景与吸引力,正由于这一情况,2004 年以来, WiMAX 成员在快速增长,包括愈来愈多有实力的运营商与制造商的加盟;目前 WiMAX 成员已达 420 个左右,其中制造商 200 个左右,运营商 150 个左右,已遍及大约 70 个国家。无疑,其潜在优势决定的发展势头是无法阻挡的,及时切入、有效利用其长处才属明智的选择。

本书从介绍整体宽带接入的发展开始,通过对 WiMAX 的目标、内涵及其与 IEEE 802.16x 标准的关系与 WiMAX 技术产生的背景和应用场景,空中接口技术、网络架构等方面的介绍,为读者了解、熟悉和掌握 WiMAX 技术提供参考。同时,本书还根据 WiMAX 的最新进展,分析比较了 WiMAX 技术与 WLAN、WRAN、WWAN、3G、3G 增强以及未来的 4G 技术之间的关系与区别,为读者更好地理解 WiMAX 的技术特点和发展走向提供启发。

目前关于 3G 系统的书籍较多，而关于 WiMAX 方面的书籍较少，由于 WiMAX 技术与 3G 具有一定的关系，而且与未来基于 OFDM/SOFDMA/MIMO/自适应协议与技术处理等现代信息通信网络与无线传送技术具有更紧密的关系，在这些方面，本书提供了宝贵的资料和借鉴，是一本亟需、难得、有益的新书。本书适合从事无线通信的工程技术人员和相关管理人员阅读，同时也可作为教学的辅助材料，可从中了解无线通信未来发展的关键技术和未来宽带无线移动通信新技术的发展前景和定位等重要内容。

本书的作者们长期从事无线通信的标准研究工作，同时也是国内无线通信标准的制订者和参与者，对 WiMAX 技术的标准有较深程度的理解，同时对未来宽带无线移动通信的发展也有一定深度的研究，期望读者通过阅读本书，亦可领悟与借鉴到作者在这些方面的经验。希望作者能再接再厉，继续努力为 3G/3G 演进与 WiMAX 互补、协同、和谐、融合发展及未来“宽带无线移动”通信事业做出更大的贡献。

信息产业部通信科学技术委员会副主任
国家无线电管理机构原副局长及总工程师

 教授

2006 年 12 月于北京

前 言

宽带无线接入 (BWA, Broadband Wireless Access) 技术是指以无线传输方式向用户提供接入 (连接到) 宽带固定网络的接入技术。广义上说, 只要是通过无线方式接入网络并能提供宽带数据服务的技术都可以纳入到宽带无线接入的范畴。根据覆盖范围的不同, 宽带无线接入可划分为无线个域网 (Wireless PAN)、无线局域网 (Wireless LAN)、无线城域网 (Wireless MAN) 和无线广域网 (Wireless WAN), 覆盖范围由 10m 以内到 100m 以内, 然后到城市范围覆盖, 再到极大范围覆盖。这个概念涉及的领域非常广, 但是通常业界所指的宽带无线接入技术主要指的是城域覆盖范围内的接入技术, 其中, 近年来出现的支持固定和一定移动性的城域宽带无线接入技术是目前业界最为关注的宽带无线接入技术, 该类技术中, 最为引人注目的当首推 WiMAX 技术。

WiMAX 基于 IEEE 802.16 空中接口, WiMAX 论坛为了推动技术的发展应运而生。IEEE 802.16 工作组与 WiMAX 论坛之间有着非常紧密的联系与合作, 但工作范围不同, 组织形式也不同。IEEE 802.16 工作组是 802.16 宽带无线接入空中接口标准的制定者, 主要针对 Wireless MAN 的物理层和 MAC 层制定规范和标准。为了实现不同厂商产品的互通并形成一个可运营的网络, 必然还需要其他支撑技术, 所以 WiMAX 论坛应运而生。可以说, WiMAX 是 IEEE 802.16 技术在市场推广方面采用的名称, 其物理层和 MAC 层技术基于在 IEEE 802.16 工作组中开发的无线城域网 (WMAN) 技术, WiMAX 也是 IEEE 802.16d/e 技术的别称。

随着通信技术和新业务的部署, 以及市场与技术的相互作用, 未来通信领域一些新的特点逐渐显现出来。一方面, 传统宽带固定接入用户已经不满足于仅仅在家庭和办公室等固定环境内使用宽带业务, 希望使用宽带接入移动服务, 另一方面, 传统的移动用户也不满足于简单的话音、短信和低速数据业务, 希望能使用更高数据速率的业务。这样固定宽带接入服务和移动服务在技术和业务上呈现融合的趋势, 宽带移动化和移动宽带化逐渐成为两个领域技术发展的趋势, 并互为补充互相促进。在移动宽带化方面, 3GPP/3GPP2 已经制定 1xEV-DO、HSDPA/HSUPA 等技术标准, 在移动环境下实现宽带数据传输, 近期出现的 LTE 和 AIE 技术更是直接与 WiMAX 技术正面竞争。在宽带移动化发展方向上, IEEE 802 工作组先后制定了 WLAN 和 WiMAX 等技术规范, 意图能沿着固定、游牧/便携、移动这样的演进路线逐步实现宽带移动化, 其中 IEEE 802.16 WiMAX 就是典型的代表技术, 它不仅是宽带移动的重要里程碑, 同时促进了移动宽带的演进和发展。正是这一原因, 宽带无线接入技术的发展也受到了传统移动通信领域的关注, 在未来的移动通信发展方向上, 宽带无线接入技术的特点与移动通信未来演进技术的特点非常相似。因此在分析和研究宽带无线接入技术的同时, 不能将其与移动通信的发展分开考虑, 而应综合考虑二者的协调发展。在本书的分析和描述中, 除了对各种新型的宽带无线接入技术进行研究外, 也将对移动通信未来的演进技术进行描述, 从各个方面分析不同技术之间的区别、定位以及未来的发展。

本书的主要内容将包括 802.16d 和 802.16e 在内的 WiMAX 技术产生的背景和应用场

景、空中接口的技术实现、网络架构等方面的内容。本书将从技术的角度分析比较 WiMAX 技术与 WLAN、WMAN、3G、3G 增强，以及未来的 4G 技术之间的关系，并包括对未来发展分析等方面的内容。本书除了介绍 802.16 采用的无线传输技术之外，还将从网络应用的角度，全面介绍 WiMAX 技术在应用层面的技术情况，同时还将通过与其他技术的比较，分析和描述 WiMAX 技术的定位和今后的发展应用。

本书由董晓鲁、党梅梅、沈嘉、陈洁、龚达宁、张莉等参与编著。在编写的过程中结合了实际工作当中的研究成果，在此，对信息产业部电信研究院以及标准所的各位领导和同事的大力支持表示感谢。承蒙知名通信专家陈如明教授欣然作序，并提出宝贵意见和建议，在此表示由衷的敬意和谢意。

由于 WiMAX 技术是新兴的宽带无线接入技术，在本书的编写过程中，IEEE 和 WiMAX 论坛中的相关标准还在不断完善，同时相关的产品也在不断的丰富和演进。本书尽量试图向读者展现目前最新的技术发展状态和未来的发展前景。但由于作者的经验、视角和水平的限制，书中难免有错误和偏颇之处，敬请读者批评指正，共同提高。

作者
2006 年 12 月

目 录

第 1 章 宽带无线接入网技术发展概述	1
1.1 接入网概念和分类	1
1.1.1 定义	1
1.1.2 分类	1
1.2 有线接入	2
1.2.1 xDSL 技术	2
1.2.2 Cable Modem (电缆调制解调器) 技术	4
1.2.3 以太网接入技术	4
1.2.4 光接入	5
1.3 传统的固定宽带无线接入技术	6
1.3.1 参考模型	7
1.3.2 技术特性	8
1.3.3 应用情况	9
1.4 国内的 SCDMA 宽带无线接入技术	10
1.5 IEEE 802 家族介绍	11
1.5.1 IEEE 802 标准组织基本情况	11
1.5.2 IEEE 802 中从 WPAN 到 WWAN 的工作组概况	12
1.6 WiMAX 论坛的发展	19
1.6.1 WiMAX 论坛的宗旨	19
1.6.2 IEEE 802.16 与 WiMAX 的关系	19
1.6.3 WiMAX 论坛的发展	20
1.7 802.16 技术的特征	24
1.7.1 802.16 技术的主要特点	24
1.7.2 802.16 技术的主要应用	25
1.7.3 802.16 网络发展的特征	26
1.8 新型宽带无线接入技术的发展趋势	28
第 2 章 新型宽带无线接入系统采用的关键技术	30
2.1 OFDM 技术	30
2.1.1 OFDM 的技术原理	30
2.1.2 OFDM 技术的优势	31
2.1.3 OFDM 系统的设计	32
2.1.4 OFDM 技术的具体实现	36
2.2 MIMO 技术	39
2.2.1 MIMO 技术的分类	39

2.2.2	空间复用	40
2.2.3	空间分集	41
2.2.4	波束赋形 (Beamforming) 技术	43
2.2.5	预编码 (Precoding)	43
2.2.6	空分多址 (SDMA)	44
2.2.7	智能天线	45
2.2.8	MIMO 系统的设计	45
2.3	MIMO/OFDM 技术	47
2.3.1	MIMO/OFDM 系统	47
2.3.2	空频码技术	47
2.3.3	基于 PARC 的 MIMO OFDM 技术	48
2.4	链路自适应	48
2.4.1	链路自适应的标准	49
2.4.2	对反馈的要求	49
2.4.3	链路自适应的具体实现问题	50
2.5	HARQ	52
2.5.1	HARQ 的类型	52
2.5.2	异步 HARQ 和自适应 HARQ	53
2.6	低密度奇偶校验码 (LDPC)	53
2.6.1	LDPC 编码	54
2.6.2	LDPC 译码	54
2.6.3	非规则的 LDPC 码	54
2.6.4	用于 MIMO 信道的 LDPC 码的设计	55
2.6.5	LDPC 的优缺点	55
第 3 章	802.16d 空中接口技术	56
3.1	拓扑结构	56
3.1.1	PMP (点到多点) 拓扑结构	56
3.1.2	Mesh 拓扑结构	57
3.2	协议模型	57
3.3	物理层	58
3.3.1	物理层技术分类	58
3.3.2	OFDM 物理层系统参数	59
3.3.3	OFDM 物理层的特性	60
3.4	MAC 层	67
3.4.1	特定服务汇聚子层	67
3.4.2	公共部分子层	71
3.4.3	安全子层	88
第 4 章	802.16e 空中接口技术	95
4.1	协议模型	95

4.2	物理层.....	96
4.2.1	OFDMA 物理层系统参数.....	96
4.2.2	OFDMA 物理层的特性	100
4.3	MAC 层	107
4.3.1	汇聚子层	107
4.3.2	公共部分子层	113
4.3.3	安全子层	117
4.4	为支持移动性的增强技术	119
4.4.1	与 802.16d 相比的特点	119
4.4.2	为支持移动性的增强技术	120
第 5 章	WiMAX 网络应用技术	128
5.1	基于 802.16 技术的网络架构的目标.....	128
5.1.1	设计基本原则	128
5.1.2	网络性能	129
5.1.3	支持的业务	129
5.1.4	移动性与切换	129
5.1.5	服务质量 (QoS)	129
5.1.6	安全与保密	130
5.1.7	互操作	130
5.1.8	系统可扩展性和覆盖要求	130
5.1.9	互联互通	130
5.1.10	网管.....	131
5.2	基于 802.16 技术的应用场景.....	131
5.2.1	固定	132
5.2.2	游牧	132
5.2.3	便携	132
5.2.4	简单移动	132
5.2.5	自由移动	132
5.3	基于 802.16 技术的网络参考模型.....	132
5.3.1	概述	132
5.3.2	参考点	133
5.3.3	接入网络 ASN	134
5.3.4	连接服务网络 CSN	140
5.3.5	接入网到核心网	140
5.4	WiMAX 网络功能和实现	140
5.4.1	网络发现与选择/重选择.....	140
5.4.2	IP 地址规划和路由策略	143
5.4.3	QoS	148
5.4.4	无线资源管理	152

5.4.5	寻呼和 IDLE 模式操作	155
5.4.6	移动性管理	158
5.4.7	ASN 内部安全	175
5.4.8	AAA	180
5.4.9	计费	183
5.4.10	功率管理	189
5.5	网络演进	189
第 6 章	WiMAX 其他相关标准介绍	191
6.1	802.16f 标准介绍	191
6.1.1	标准概述	191
6.1.2	标准内容介绍	191
6.2	802.16g 标准介绍	195
6.2.1	与 802.16d/e 的关系	195
6.2.2	适用范围	195
6.2.3	主要内容介绍	195
6.3	802.16h 标准介绍	199
6.3.1	与 802.16d/e 的关系	199
6.3.2	适用范围	199
6.3.3	主要内容介绍	199
6.4	802.16 设备认证标准	201
6.4.1	802.16d 设备认证标准	203
6.4.2	802.16e	210
第 7 章	WiMAX 与其他 IEEE 标准之间的关系比较	217
7.1	WiMAX 与 Wi-Fi	217
7.1.1	技术特点	217
7.1.2	应用场景	219
7.1.3	WiMAX 与 WLAN 的结合与互通	222
7.2	802.16e 与 802.20	223
7.2.1	技术特点	223
7.2.2	应用场景	224
第 8 章	WiMAX 未来的定位	225
8.1	无线通信技术的总体发展趋势	225
8.1.1	无线化、宽带化和 IP 化的发展趋势	225
8.1.2	不同的技术发展路线	225
8.2	802.16e 与 3G	227
8.2.1	技术特征比较	228
8.2.2	核心技术比较	228
8.2.3	应用场景的比较	231
8.2.4	WiMAX 与 3G 之间的互通	231

8.3 802.16e 与 LTE/AIE 232

8.3.1 标准化进程对比 233

8.3.2 需求指标对比 235

8.3.3 核心技术对比 237

8.3.4 WiMAX 和 E3G 的发展趋势和相互关系 238

8.4 WiMAX 技术的发展 239

8.5 未来移动通信的发展将是各种技术的融合 240

附录 缩略语..... 241

参考文献..... 250

第1章 宽带无线接入网技术发展概述

1.1 接入网概念和分类

1.1.1 定义

现有接入网的概念是由国际电信联盟电信标准化部门 (ITU-T) G. 902 建议所规定的：接入网是业务节点接口 (SNI) 和相关用户网络接口 (UNI) 之间的一系列传送实体 (诸如线路设施和传输设施) 所组成的为传送电信业务提供所需传送承载能力的实施系统，可经由 Q 接口进行配置和管理，如图 1-1 所示。由此可见，接入网由 3 个接口进行界定：SNI、UNI、Q 接口。业务节点对应于当前网络提供呼叫/连接控制的 PSTN/ISDN (公共交换电话网/综合业务数字网) 端局交换机、异步转移模式 (ATM) 边缘交换机，或提供交叉连接功能的数字数据网 (DDN) 节点机等。

传统的窄带接入网以提供话音业务和数字租用线业务为主，采用的主要接入技术是综合数字环路载波 (IDLC)，一般可在用户侧提供 Z 接口、U 接口或 V. 35 接口等，在业务节点侧使用接入速率为 2048kbit/s 等的 ITU-T G. 703 规定的数字接口，窄带接入网一般在 SNI 支持 V5 协议来承载 PSTN 交换机的用户信令完成电话业务的呼叫。窄带接入网的核心传送技术是基于电路模式的时分复用 (TDM) 技术。

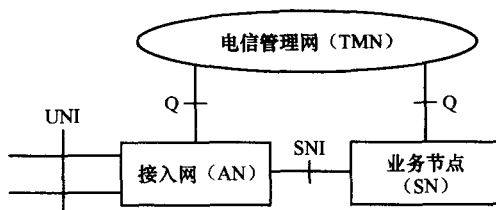


图 1-1 接入网的界定

随着 Internet 技术的发展，宽带接入技术开始出现并发展。目前的宽带接入设备以提供 IP 数据承载能力为目标，以“尽力而为”作为主要工作模式，这一点明显区别于窄带接入技术。宽带接入网提供了承载 IP 数据业务的能力，因此凭借 IP 协议的强大适配能力 (Everything over IP)，可以提供 IP 语音 (VoIP) 业务及其他业务。ITU-T Y. 1231 标准定义了 IP 接入网的架构和基本功能。

随着下一代网络 (NGN) 技术的发展，在下一代网络中更加强调各种技术的综合利用和网络的开放性，以达到业务能力最大化的目的。与传统的 G. 902 中定义的接入网结构相比，新一代的接入网应具备更多的开放性的接口和更灵活的组网能力，综合利用多种传输手段提供有质量保证的基于分组的宽带的传送承载能力。新一代接入网的业务控制层将通过综合接入控制功能实体与核心控制设备交互来提供基于呼叫的业务，接入网管理系统可实现对设备的统一自动配置和安全认证来降低网络的运行维护成本。

1.1.2 分类

接入网技术可以根据下面的角度进行分类。

根据提供的业务能力的不同,接入网技术可以分为窄带接入和宽带接入。宽带与窄带一般的划分标准是用户网络接口上的速率,即将用户网络接口上的最大接入速率超过 2Mbit/s 的用户接入称为宽带接入,对最小接入速率则没有限制。按照速率区分宽窄带比较绝对,实际系统一般按照实现方式进行区分。窄带接入技术是在传统的电路交换基础上发展而来的,因此它支持的主要业务仍是基于 $n \times 64\text{ kbit/s}$ 的电路交换业务,对业务发展的适应性较差;而宽带接入则利用 ATM 或 IP 协议进行承载,统计复用的特性可以适应不同的业务需要,充分利用了网络资源。

根据物理传输媒质的不同,接入网技术可分为有线接入、无线接入。有线接入利用不同的物理媒质实施,又分为基于双绞线的数字用户线(xDSL)技术、基于同轴电缆的 Cable Modem 技术、基于五类线的以太网接入技术、基于光纤传输的光接入技术、基于电力线的电力线通信(PLC)技术。无线接入技术按照终端的移动性可以分为:固定无线接入(FWA)、游牧无线接入(NWA)和移动无线接入(MWA)。固定无线接入的用户终端是固定的,不支持用户的任何移动性,如 3.5GHz 固定无线接入技术。游牧接入支持终端的有限的低速移动,如 WLAN 接入。移动无线接入支持用户高速移动和漫游,如 802.16e 接入。

在无线接入技术领域,按照无线传输的覆盖距离来分,又可以分为无线个域网(WPAN)技术、无线局域网(WLAN)技术和无线城域网(WMAN)技术,分别对应 IEEE 802 所规定的 802.15、802.11、802.16 技术标准。个域网、局域网、城域网的概念是 IEEE 802 按照计算机网的概念划分的,它们直观地反映了网络覆盖范围的大小。这些计算机网的概念被引入到电信网中,其意义已经突破了覆盖范围,而引入了更多公众电信网的内涵。

1.2 有线接入

上文已经提到,有线接入技术包含多种多样的技术,这是与接入网中传输线路物理媒质的多样性相适应的。这些技术的业务能力、数据速率、传输距离、网络拓扑、适用的用户群以及实际应用情况等都存在一定的差异。本节对几种主要有线接入技术的基本技术现状和应用给出简要介绍。

1.2.1 xDSL 技术

xDSL 技术是指利用双绞线进行数据传输的接入技术,不同的 DSL 技术占用的频带、发送功率、调制编码方式等不同,目标定位于不同的应用场景。不对称数字用户线(ADSL)主要应用于上下行不对称速率的宽带接入;甚高速数字用户线(VDSL)主要应用于较短距离对称或非对称高速率的宽带接入;单线对高比特率数字用户线(SHDSL)技术则主要应用于长距离对称低速率的远程 DDN 接入。

xDSL 传输性能与双绞线的长度、线径、是否有桥接抽头、线路的噪声情况有直接关系,同时不同 DSL 技术的传输频带、发送功率等不同,传输性能也不同。一般来讲,双绞线线径越细 xDSL 频带信号衰减越大,双绞线长度越长 xDSL 频带信号衰减越大,线路中的桥接抽头能够引起线路阻抗的变化也可以导致信号衰减。xDSL 频带信号衰减越大,xDSL

的传输速率越低。

自 1999 年 ITU-T 颁布了 ADSL 标准 G. 992.1 和 G. 992.2 以来,在随后的 2 到 3 年时间内,ADSL 逐步发展成熟,在解决了工艺、互通等方面的诸多问题后进入到一个快速发展时期。随着 ADSL 的全面部署和应用,ADSL 的发展已经经历了两代。目前通常把以 G. 992.1 和 G. 992.2 为代表的 ADSL 技术统称为第 1 代 ADSL 技术,以 G. 992.3、G. 992.4 和 G. 992.5 为代表的 ADSL 技术统称为第 2 代 ADSL 技术。第 2 代 ADSL 技术在功能上进行了扩展,同时也改善了传输速率。第 2 代 ADSL 在功能方面的主要改进有:提高了上下行速率;在 ATM 传送模式基础上增加了分组传送模式 (PTM),能够更加高效地传送以太网和 IP 业务;增强了线路故障诊断和频谱控制能力;增加了速率适配能力;增加了节能特性;支持多线对速率捆绑等。

ADSL 支持在同一双绞线上同时传送 PSTN/ISDN 和 ADSL 宽带数据。ADSL 采用的调制技术为离散多音频调制 (DMT),它是一种多载波调制技术。第 1 代 ADSL 技术可以提供的最高下行速率为 6144kbit/s,最高上行速率为 640kbit/s。G. 992.3 规定的 ADSL2 下行最大速率为 8Mbit/s,上行最大速率为 800kbit/s;G. 992.5 规定的 ADSL2+下行速率最高可达 25 Mbit/s。

VDSL 技术是针对短距离 (1km 左右) 上的高速率应用提出的 DSL 技术。ITU-T 在 2001 年公布了 G. 993.1 标准,在不同的频段划分方案下,可以提供的传输速率不同。由于业界一直对 VDSL 到底采用 QAM 单载波调制方式还是 DMT 多载波调制方式一直争论不休,导致 VDSL 技术并没有大规模发展起来。同时,由于 VDSL 覆盖范围小,对于运营商提供的业务进行统一管理都不如 ADSL 方便,用户的高带宽需求也不是特别突出,因此 VDSL 在近几年的发展相对比较平稳。在 2004 年 5 月 ITU-T 考虑推出新一代 VDSL 技术 (VDSL2),并强调 VDSL2 标准仅考虑 DMT 调制技术,同时要尽量做到 VDSL2 与 ADSL2+兼容。ITU 在 2005 年通过了 G. 993.2 标准,理论上可以在 30MHz 带宽下支持 100Mbit/s 以上的速率。未来 VDSL2 的发展将取决于技术标准的成熟以及相关 DSL 技术的发展情况。

SHDSL 技术是目前主要应用于长距离对称低速率的远程 DDN 接入的一种 DSL 技术,由于采用的是基带传输方式,因此不能在同一双绞线上同时传送 PSTN 和 SHDSL 信号。SHDSL 是由高比特率数字用户线 (HDSL) 技术发展而来的,采用网格编码和脉冲幅度调制 (PAM16),根据线路条件的不同,可以提供从 384kbit/s 到 2304kbit/s 不等的对称速率。SHDSL 不能支持 PSTN 业务,因此它的应用不像 ADSL、VDSL 面向个人用户,而是面向专线应用。

ADSL 是我国应用最为广泛的宽带接入技术。根据信息产业部的统计,截止到 2005 年年底,我国因特网宽带接入用户已达 3750 万户,其中 DSL 接入用户为 2636 万户。随着对宽带应用的发掘,IPTV 视频多播、点播业务等对接入承载网络提出了更高的带宽需求,ADSL 向 ADSL2+ 的升级已经成为 2006 年运营商考虑的重点。ADSL 的广泛部署,使运维中出现的问題越来越突出。如何对设备进行集中维护、远程管理等问题越来越受到运营商的重视。因此,ADSL 技术发展已经从单纯对物理层技术的研究转向了对 ADSL 用户终端的远程管理和对 ADSL 系统自动测试的研究。同时由于存在多种 DSL 技术,xDSL 局端设备数字用户线接入复用器 (DSLAM) 可以支持多种 DSL 技术,包括 ADSL、VDSL、SHDSL 以及今后的 ADSL2、