



信息通信专业教材系列

综合宽带接入技术


ZONGHE KUANDAI JIERU JISHU

(第2版)

陶智勇 主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

 信息通信专业教材系列

综合宽带接入技术

(第2版)

主 编 陶智勇

副主编 程 雯 蔡 进 曹 珍
何 舟 曾 劲 周 芳



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书系统全面地介绍了当前流行的各种接入技术,并力图在介绍各种接入技术特点、适用范围以及关键技术的基础上,使读者能从系统集成的角度去进行接入网的建设。

本书第1版受到广大读者朋友的青睐,已重印4次。为了满足读者的需求,在第1版的基础上,作者对全书进行了全面的修订,并参考了接入网的最新标准,书中详细介绍了传统接入网、IP接入网的概念及区别,常见的各种接入网的接口和协议,并具体分析铜线接入技术、以太网接入技术、Cable Modem接入技术、无线接入技术、光纤接入技术,最后讨论了接入网常见的传输媒质与结构化布线。

本书内容新颖,概念清晰,系统性和实用性强。可供通信、计算机、有线电视三个领域中关心接入网建设的技术人员或技术管理人员参考,也可作为理工院校通信工程、电子信息工程等专业课教材。

图书在版编目(CIP)数据

综合宽带接入技术/陶智勇主编.--2版.--北京:北京邮电大学出版社,2011.8

ISBN 978-7-5635-2693-2

I. ①综… II. ①陶… III. ①宽带接入网—通信技术 IV. ①TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 152210 号

书 名:综合宽带接入技术(第2版)

著作责任者:陶智勇

责任编辑:刘玉雯

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)

发行部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京联兴华印刷厂

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:22.75

字 数:497千字

印 数:1—3 000册

版 次:2002年1月第1版 2011年8月第2版 2011年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-2693-2

定 价:39.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系 ·

前 言

以 IPTV、HDTV、3D 视频、视频会议等视频业务为标志的宽带时代已经来临,各种宽带业务尤其是视频业务,对用户接入带宽提出了极高的要求。随着国务院在 2010 年大力推进“三网融合”,工信部等 7 部委联合发布 3 年投资 1 500 亿元人民币推进光纤宽带网络建设的指导意见。在经历了 3G 大规模投资后,光纤宽带网络建设成了为数不多的可以有效刺激经济、提升国家竞争力的方法之一。用户对业务的需求日益多样化、个性化,通信信息技术在不断更新的同时成本持续下降,以及通信市场日益开放,接入网的建设正在进入一个 IP 化、综合化、宽带化的转型期。然而接入技术的众多选择性使得其发展显得扑朔迷离。把握宽带接入网技术发展的最新趋势对我国接入网建设至关重要。本书力图全面介绍各种宽带接入技术的最新发展。

本书共分为 10 章,第 1 章是概论,详细介绍了传统接入网、IP 接入网的概念和区别,以及接入技术发展的最新趋势。第 2 章是接入网接口与常见的协议,如 IP 接入中的 PPP 协议、RADIUS 协议。第 3 章具体分析各种铜线接入技术,包括开始规模应用的 ADSL2+、VDSL、VDSL2 接入技术。第 4 章是以太网接入技术,主要讨论了千兆以太网以及可运营的以太网的要求。第 5 章是 Cable Modem 接入技术,主要介绍了基于 MCNS DOCSIS 3.0 的电缆调制解调器,以及各种 EoC 技术和 HFC 网的建设与改造。第 6 章是无线接入技术,重点介绍了 WLAN 无线局域网和本地多点分布业务系统。第 7、8、9 章是光纤接入技术,包括各种有源和无源 EPON、GPON、10GPON 光接入技术。第 10 章讨论了接入网常见的传输媒质与结构化布线。

本书的第 1 版是“十五”国家重点图书出版规划项目,是在国际电信联盟组织的成员、武汉邮电科学研究院原副院长、总工程师毛谦老师的指导下编写的。本书在注重系统性的同进,也涉及了一些关键的基础知识。几年来,笔者一直在武汉邮电科学研究院研究生部从事接入技术和通信网新技术领域的科研和教学工作,在相关的刊物上发表了多篇文

章,出于实际教学的需要,笔者编写了有关综合宽带接入技术的讲义,并多次使用,效果很好。本书就是在这本讲义的基础上修改整理得来的。本书第1版受到广大读者朋友的青睐,已重印4次。为了响应读者的需求,在第1版的基础上,作者对全书进行了全面的修订,并参考了接入网的最新标准,增加了 EoC、WLAN、EPON、GPON、10GPON 等新技术。本书由陶智勇副教授主编,程雯、蔡进、曹珍、何舟、曾劲、周芳等教师任副主编。张皓、赵婉君、阎品、张慧娟、陈智、全真、凌毓、李婧、罗娣、陈冲、胡先志等老师也参与了本书的编写。对同事的大力支持和帮助,作者在此深表谢意。

本书的读者对象是通信、计算机、有线电视三个领域中关心接入网建设的技术人员或技术类管理人员。本书也可作为理工院校通信工程、电子信息工程等专业教材或自学参考书。

由于作者水平有限,时间仓促,书中谬误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 综合宽带接入概述	1
1.1 接入技术发展的最新趋势	1
1.2 G.902 定义的接入网	6
1.2.1 接入网的定义	6
1.2.2 接入网在电信网的位置	8
1.2.3 接入网的接口	8
1.2.4 接入网的功能模型	9
1.2.5 接入网的结构	10
1.3 Y.1231 定义的 IP 接入网	11
1.3.1 IP 接入网的定义与功能模型	11
1.3.2 IP 接入方式	12
1.3.3 基于 xDSL 的 IP 接入技术	14
1.3.4 IP 接入网与 G.902 定义的接入网的比较	15
1.4 宽带业务与用户需求	16
1.4.1 宽带业务的种类	16
1.4.2 用户对宽带业务的需求	21
1.5 接入网技术的种类	24
1.5.1 双绞线接入技术	25
1.5.2 以太网接入技术	26
1.5.3 Cable Modem 电缆调制解调技术	27
1.5.4 有源光网络	28

1.5.5 无源光网络	29
1.5.6 宽带无线接入	30
第2章 接入网的接口与协议	32
2.1 用户网络接口	32
2.1.1 Z接口	32
2.1.2 U接口	33
2.1.3 RS-232	34
2.1.4 V.35	35
2.1.5 DVB	36
2.2 电信管理网接口	37
2.3 业务节点接口	38
2.4 V5接口	41
2.4.1 V5接口的基本概念	41
2.4.2 V5接口的基本功能	42
2.4.3 V5接口的几个重要概念	45
2.4.4 V5接口协议	46
2.4.5 V5接口的网管	47
2.4.6 V5接口设备的工作过程	48
2.4.7 V5接口的特点	49
2.5 接入网线路测试技术	51
2.5.1 接入网用户线路测试技术	51
2.5.2 测试技术比较	54
2.5.3 测试项目	55
2.6 点对点协议	55
2.6.1 PPP协议概述	56
2.6.2 PPP的功能	56
2.6.3 PPP封装	57
2.6.4 PPP链路操作	58
2.7 认证、授权、计费协议	61
2.7.1 RADIUS协议	62
2.7.2 Diameter协议	65
2.7.3 Diameter和RADIUS比较	68

第 3 章 铜线接入新技术	70
3.1 铜线接入技术概述	71
3.1.1 模拟调制解调器接入技术	71
3.1.2 ISDN 接入技术	71
3.1.3 线对增容技术	73
3.2 DSL 采用的复用与调制技术	74
3.2.1 QAM 调制技术	74
3.2.2 CAP 调制技术	75
3.2.3 DMT 调制技术	75
3.3 HDSL 接入技术	78
3.4 ADSL 接入技术	83
3.5 VDSL 接入技术	91
3.5.1 VDSL 系统构成	91
3.5.2 VDSL 的关键技术	92
3.5.3 VDSL 的应用	95
3.5.4 VDSL2 协议	96
第 4 章 以太网接入技术	98
4.1 以太网的发展	98
4.2 以太网的帧格式	101
4.2.1 以太网帧	102
4.2.2 IEEE 802.3 帧格式	103
4.3 千兆以太网的关键技术	104
4.3.1 千兆以太网的体系结构	105
4.3.2 千兆以太网标准	107
4.3.3 千兆以太网的实现	111
4.4 10 G 以太网的关键技术	113
4.4.1 10G 以太网标准的主要内容	114
4.4.2 10G 以太网的物理层	116
4.4.3 10G 以太网的帧格式	118
4.5 以太网的流量控制	120
4.5.1 以太网流量控制需求	120
4.5.2 显式流量控制	121

4.5.3	MAC 控制帧格式	123
4.5.4	PAUSE 功能	126
4.5.5	流量控制功能的配置	127
4.6	VLAN 技术及其他	128
4.6.1	VLAN 概述	128
4.6.2	IEEE 802.1Q 协议	129
4.6.3	VLAN 的动态管理	132
4.7	以太网的供电机制	134
4.7.1	POE 技术	135
4.7.2	POE 技术的优势	136
4.8	宽带接入对以太网的特殊要求	137
4.8.1	以太网接入需要解决的问题	137
4.8.2	现有以太网接入技术方案	138
4.8.3	基于以太网技术的宽带接入网发展前景	139
第 5 章	HFC 接入技术	141
5.1	光纤 CATV 系统	143
5.1.1	光纤 CATV 的调制传输方式	143
5.1.2	光纤 CATV 的性能指标	144
5.2	HFC 的关键技术	146
5.2.1	HFC 的发展	146
5.2.2	HFC 的结构	148
5.2.3	频谱分配方案	150
5.2.4	调制与多点接入方式	151
5.2.5	HFC 的特点	152
5.3	Cable Modem 系统	153
5.3.1	Cable Modem 系统结构	153
5.3.2	Cable Modem 系统工作原理	156
5.4	基于 DOCSIS 的电缆调制解调器	158
5.5	主要的 EoC 技术	164
5.5.1	无源基带传输 EoC 技术	164
5.5.2	采用 WLAN 的 EoC	166
5.5.3	采用 MoCA 的 EoC	166
5.5.4	采用 HPNA 的 EoC	167

5.5.5 采用 HomePlug 技术的 EoC	168
5.5.6 各种 EoC 技术比较	169
5.6 HFC 网络改造	170
5.6.1 EPON+LAN 组网方案	170
5.6.2 EPON+EoC 组网方案	172
5.6.3 基于 EPON 的双向改造方案	173
5.6.4 网络建设中几个技术问题的讨论	174
第 6 章 无线接入技术	176
6.1 无线接入技术概述	177
6.1.1 无线接入技术的发展	177
6.1.2 无线接入网络接口与信令	180
6.2 无线局域网(WLAN)的关键技术	184
6.2.1 IEEE 802.11 协议结构	186
6.2.2 IEEE 802.11 物理层	188
6.2.3 IEEE 802.11 MAC 层	190
6.3 无线局域网的安全技术	196
6.4 无线局域网(WLAN)的系统结构	204
6.4.1 WLAN 拓扑结构	204
6.4.2 WLAN 系统组成	206
6.5 无线局域网接入的产品与应用	207
6.5.1 典型应用产品介绍	208
6.5.2 应用实例	209
6.6 WiMAX 技术及应用	211
6.6.1 WiMAX 技术特点	211
6.6.2 WiMAX 关键技术	213
6.6.3 WiMAX 技术优势	216
6.6.4 WiMAX 应用领域	216
第 7 章 光纤接入技术概述	218
7.1 光纤接入技术	219
7.1.1 概述	219
7.1.2 光接入网的应用类型	220
7.2 有源光网络接入技术	224

7.2.1 接入网对 SDH/MSTP 设备的要求	225
7.2.2 综合宽带接入的解决方案——IBAS 系统	226
7.3 无源光网络接入技术	228
7.3.1 PON 基本概念和特点	229
7.3.2 PON 技术的种类	231
7.4 PON 设备的功能结构	234
7.4.1 PON 系统的构成	234
7.4.2 PON 设备的功能结构	235
7.4.3 智能型电信级 EPON/GPON 一体化接入产品	239
7.5 我国 FTTH 技术发展的阶段与趋势	241
第 8 章 EPON 技术与应用	246
8.1 EPON 的协议模型	246
8.2 EPON 的系统架构	249
8.2.1 EPON 的复用技术	249
8.2.2 EPON 光路波长分配	250
8.3 EPON 关键技术	251
8.3.1 数据链路层的关键技术	251
8.3.2 EPON 的 QoS 问题	255
8.3.3 EPON 突发接收技术	257
8.4 MPCP 协议	259
8.4.1 MPCP 的帧结构	260
8.4.2 EPON 测距过程	261
8.4.3 ONU 自动发现过程	265
8.4.4 EPON 通信过程	269
8.5 EPON 带宽分配机制	270
8.6 10G EPON 关键技术	271
8.6.1 10G EPON 技术及特点	273
8.6.2 10G EPON 系统的架构	275
8.6.3 10G EPON 的协议栈	276
8.7 EPON 的网络规划与设计	280
第 9 章 GPON 技术及应用	284
9.1 GPON 技术概述	284

9.1.1 GPON 技术主要特点	284
9.1.2 GPON 技术标准分析	286
9.1.3 GPON 技术体系结构	289
9.1.4 协议参考模型	291
9.2 GPON 的 PMD 层	292
9.2.1 GPON 物理层链路预算	292
9.2.2 PMD 层要求	293
9.3 GPON 的 GTC 层	296
9.3.1 GTC 协议栈	296
9.3.2 控制/管理平面和用户平面	297
9.3.3 GTC 关键功能	301
9.4 GPON 技术工作原理	303
9.4.1 数据传输过程	303
9.4.2 GTC 帧结构	304
9.4.3 ONU 激活方法	305
9.5 GPON 对多业务 QoS 的支持	308
9.6 10G GPON 技术发展展望	310
第 10 章 传输媒质与结构化布线	313
10.1 双绞线	313
10.1.1 概述	313
10.1.2 类型	314
10.1.3 测试数据	315
10.2 同轴电缆	316
10.2.1 概述	316
10.2.2 参数指标	317
10.2.3 规格型号	318
10.3 光纤	318
10.3.1 光纤的传输特性	319
10.3.2 光纤类型	321
10.3.3 FTTH 建设中光纤选型	331
10.4 光缆	332
10.4.1 分类	332
10.4.2 结构	334

10.4.3 FTTH 建设中常用光缆类型	340
10.5 结构化布线系统.....	342
10.5.1 建筑物综合布线系统的概念.....	342
10.5.2 结构化布线的概念	343
10.5.3 布线测试	345
缩略语.....	347
参考文献.....	349

第 1 章 综合宽带接入概述

1.1 接入技术发展的最新趋势

随着以 IP 为代表的业务需求的爆炸式增长,用户对业务需求的多样化、个人化,通信技术的不断更新和成本的持续下降,以及通信市场的日益开放,整个电信网的发展演变呈现了一些新的态势。联合国秘书长在 2010 年世界电信日致辞中表示:在当今世界,电信不仅仅是一项基本服务,而是一种促进发展、改进社会和拯救生命的手段。高度信息化已成为现代国家间竞争的重要组成部分。根据世界银行研究所得出的结论,宽带普及率每提升 10% 可以直接带动 GDP 增加 1.4%。在经历了 3G 大规模投资后,光纤宽带网络建设成了为数不多的可以有效刺激经济、提升国家竞争力的方法之一。

1. 各国宽带发展计划

基于国际社会的广泛共识,通过大规模光纤通信网建设来加快国家信息化进程、促进经济发展、摆脱贫困的发展中国家越来越多。随着光纤接入技术的不断成熟、性价比的不断提升,柬埔寨、缅甸、孟加拉等人均 GDP 相对较低、电信基础设施相对落后、缺乏传统铜线接入资源的国家,或通过政府支持、国际援助,或通过贷款等手段,先后启动实施了光纤到路边、光纤到大楼乃至光纤直接入户项目的规划。为避免重复投资,这些国家直接选择面向未来的光纤网络架构来发展宽带业务,“起步晚,起点高”是他们的真实写照。

相比而言,发达国家和地区的宽带建设热潮更加汹涌。为了加速经济复苏、促进就业、促进开放、鼓励电信领域竞争、提升国家竞争力,越来越多的国家光纤通信网络建设项目纷纷启动,尤其加大了“最后一公里”接入光纤化建设投资,以消除传统双绞线长距离覆盖所形成的带宽接入瓶颈,全面支撑未来视频通信、视频娱乐、远程医疗以及远程教育等大带宽业务的发展需要。

全球已有 82 个国家出台或计划出台“国家宽带战略”,各发达国家针对宽带发展都给予了大量的资金和扶持政策,美国将宽带列为经济振兴计划中的主要内容,设立 72 亿美元宽带发展基金,其中约 40%投向光纤到户项目。继 2010 年发布“国家宽带发展计划”后,美国又提出投资 182 亿美元实施国家无线宽带行动计划,继续发展高速信息网络基础设施。在欧洲,芬兰是世界上第一个把宽带接入确认为公民基本权利的国家。这项权利赋予每个芬兰人,无论居住在大都市,还是偏僻乡村,都能向网络服务商申请 1 Mbit/s 的宽带上网服务。另外,芬兰还计划在 2015 年前使所有民众享用高速互联网。按芬兰的官方说法,届时全国超过 99%的居民可以在任意两千米范围内,获得高达 100 Mbit/s 的超宽带接入服务。

亚太则是全球公认的电信新兴市场,也是各种新技术的主要孵化地。在面向未来信息化竞争的背景下,各国政府纷纷出台鼓励政策,甚至直接投资国家光纤宽带网络建设。对日本而言,其 FTTH 快速发展的主要动力就来自政府的大力支持。日本政府视 FTTH 普及率为国家信息化先进程度的标志,并为此制定“e-Japan” FTTH 发展计划。2003 年是日本的“光纤上网元年”,经过多年的快速发展,日本的 FTTH 实装用户数目前已超过 1 300 万,占全球 FTTH 用户数的近一半。

在日本宣布“e-Japan”计划后,作为日本的近邻,韩国也加快了光纤建设的步伐。2009 年 9 月,韩国召开《IT 韩国未来战略》报告会。会议决定未来 5 年内投资 189.3 万亿韩元发展信息核心战略产业,以实现信息产业与其他产业的融合。目前韩国的 FTTH 用户数超过 700 多万,宽带渗透率全球名列前茅。

新加坡政府计划于 2010—2012 年投资 7 亿美元,建设一个覆盖全国的 FTTH 网络。到 2012 年,新加坡将有 95%的地方铺设光纤,预计 2013 年高速宽带网将遍布全岛。在新加坡国家宽带计划宣布后,其邻国马来西亚也很快提出 2015 年前投资 22 亿美元用于 FTTH 网络建设。这种“邻国效应”在国家主导的宽带网络建设中起到了很大的推动作用,如澳大利亚和新西兰、科威特和卡塔尔等,都相继计划投巨资发展国家宽带战略。

2. 中国宽带发展现状

根据工业和信息化部电信研究院通信信息研究所的统计数据,如图 1-1 所示,截至 2008 年第三季度,我国宽带接入用户累计达到 8 812 万户,已经超过美国(同期美国的宽带接入用户数为 7 870 万户),成为全球用户规模最大的宽带市场。2010 年,我国宽带基础服务覆盖率继续扩大,带动了宽带用户规模的增长。宽带网民规模达到 4.5 亿,年增长 30%,有线(固网)用户中的宽带普及率达到 98.3%。手机网民达 3.03 亿,较 2009 年年底增加了 6 930 万人。同时,只使用手机上网的网民规模为 4 299 万,占整体网民的 9.4%。中国从 2007 年开始建设 FTTx 网络,2008 年和 2009 年两年取得长足发展。中国运营商每次千万量级的“大手笔”投资,就连发达国家的主流运营商都叹为观止。2010 年 6 月,在中国移动的集采招标中,FTTx 招标规模达到了 600 万线,中国电信和中国联通 2010 年有上千万线的 FTTx 规模应用。在 2010 年以前,FTTB 是中国主流的 FTTx 建

网模式,FTTH 仅有少量的试验建设。随着产业链的快速发展,设备、终端成本不断降低,FTTH 具备了成本和技术的双重优势,未来几年 FTTH 将是中国光纤宽带网络的终极目标。2010 年,随着国务院再次强调“三网融合”,工信部等 7 部委联合发布 3 年投资 1 500 亿元人民币推进光纤宽带网络建设的指导意见。在国家力量的推动下,中国的 FTTx 网络建设如上弦之箭,蓄势待发,未来几年将呈现爆发状态。

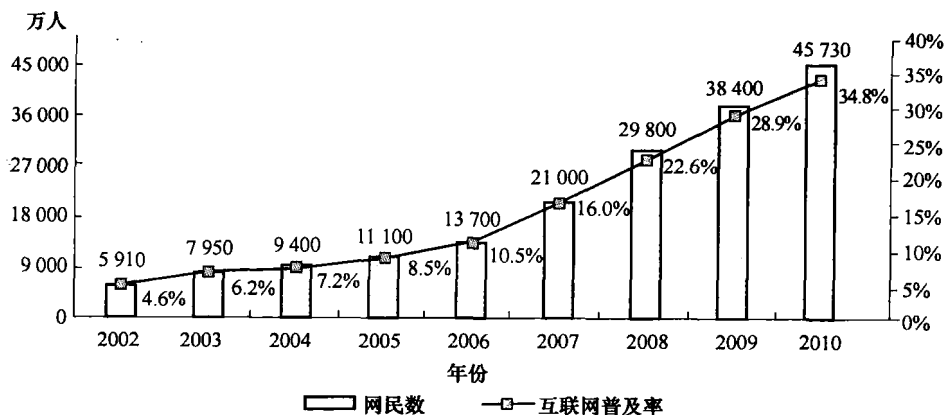


图 1-1 宽带接入用户发展情况

我国宽带网络发展尽管取得了快速发展的成绩,但在宽带发展水平上存在很大的差距。目前在宽带普及率、光纤接入、网速等多方面都远低于发达国家水平。在网络能力方面,到 2010 年年底,互联网宽带接入端口达到 1.88 亿个,接近“十一五”初期的 4 倍,100%的接入了互联网,其中 98%的乡镇通宽带,75%的城镇具备了互联网应用能力,互联网国际出口带宽超过 Tbit/s。据悉,用户方面,2010 年宽带网民数净增 1.04 亿人,累计达到 4.5 亿人,占网民总数的 93.3%。基础电信企业的互联网宽带建设用户净增 2 236 万户。我国宽带网络发展尽管取得了快速发展的成绩,但目前还存在一些突出的问题:

一是我国与发达国家在宽带发展水平上存在很大的差距。但中国的宽带普及率仍然较低。截至 2008 年 9 月,我国的宽带普及率(宽带接入用户在人口中的百分比)仅为 6.7%,低于全球平均水平(6.9%),与摩洛哥(43.8%)、丹麦(37.3%)、韩国(31.7%)、美国(26.4%)、日本(23.2%)等发达国家的差距更大。同时,地区之间的不均衡性也越来越明显,东部地区的平均宽带普及率已超过 10%(北京、上海等大城市的宽带普及率已超过 20%),而西部地区的平均宽带普及率仅为 3.6%。目前在宽带普及率、光纤接入、网速等多方面都远低于发达国家水平,尤其是刚才提到的很多发达国家已经将宽带纳入了国家行动计划,这极大地推动了这些国家宽带的发展速度。目前韩国已实现每个家庭的宽带接入,我们必须增强紧迫感,在国家统筹引导和推动下,加快发展,否则我们与发达国家之间的宽带水平差距有被进一步拉大的风险。

二是我国宽带水平发展不平衡,呈现东部发展快、西部发展慢,城市普及率高、乡村普及率低的特点。目前东部地区固定宽带普及率为 13.3%,比西部高出 9 个百分点。城市

网民数量是农村网民数量 2.6 倍。这个问题的主要原因是我国城乡区域发展不平衡,尤其是偏远农村和少数民族地区整体经济水平欠发达。仅依靠市场机制和相关企业投入难以实现这些区域的宽带网快速发展,这需要政府在政策方面加以支持和引导,也需要社会各方广泛参与、相互协调来共同加以突破。

三是宽带应用和创新不足。宽带基础设施和应用是相互拉动的关系,没有丰富和有效的应用,难以保障宽带网络的持续发展,应用少也相应造成网络资源浪费。工业和信息化部也高度重视宽带技术创新,积极对宽带发展加以规划引导。

3. 宽带接入业务的发展趋势

(1) 接入速率进一步提高

以光纤接入和宽带移动无线接入为发展方向,接入速率将进一步提升(如图 1-2 所示)。现阶段,虽然 ADSL 依然是主流的宽带接入技术,但为了更好地支持 IPTV、HDTV、3D 游戏等高带宽业务的发展,能够提供更高速率的 ADSL2+ 和 VDSL 已大规模商用,很多运营商通过 FTTx + ADSL2/VDSL 的方式,为用户提供下行速率高达 20 Mbit/s(ADSL2+)或者 50 Mbit/s(VDSL)的接入业务。同时,NTT、韩国电信、Verizon、法国电信、Swisscom、中国电信、中国联通等一些领先运营商已经开始采用 EPON 和 GPON 技术,大规模建设 FTTH 网络。FTTH 的最高速率可达 100 Mbit/s 以上。而且随着用户对上传带宽需求的增加,双向 20 Mbit/s 的宽带接入业务也逐渐增多,一些业界分析师认为:未来双向 20 Mbit/s 的光纤接入业务将成为“标配”。

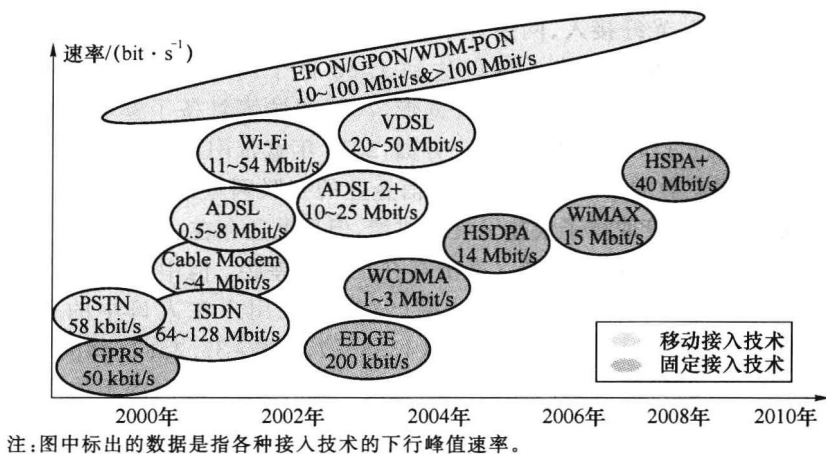


图 1-2 接入技术的发展演进

另外,HSPA、WiMAX、LTE 等宽带移动无线接入技术也逐渐成熟并陆续开始商用,使用户可以随时随地享受到高速的、有服务质量保证的互联网服务和各种丰富多彩的宽带增值服务。

(2) 移动宽带接入市场开始启动

移动接入技术的性能和速率也迅速提升,HSPA(HSDPA 和 HSUPA)等增强型 3G