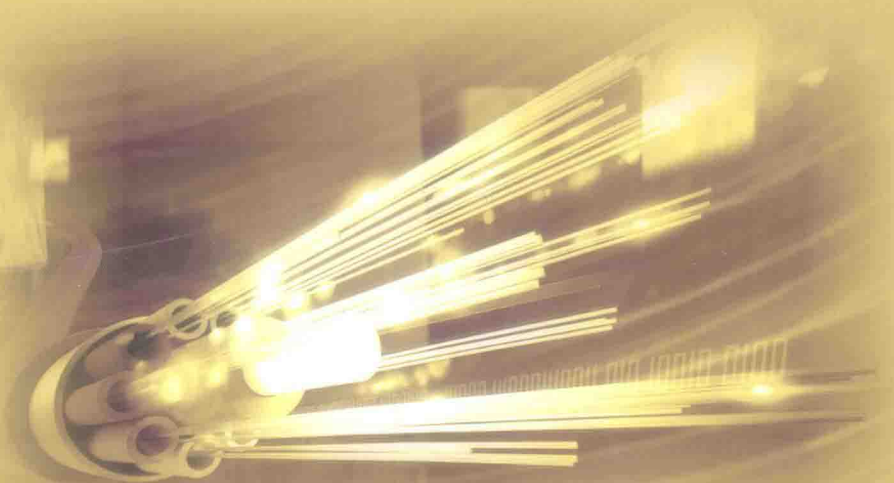


“十二五”国家重点图书出版规划项目：光通信技术丛书

光纤宽带 接入技术

吴珊 张雪芳 凌毓 陶国操◎编著 毛谦◎主审



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

“十二五”国家重点图书出版规划项目：光通信技术丛书

光纤宽带 接入技术

吴珊 张雪芳 凌毓 陶国操◎编著 毛谦◎主审



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以 FTTx 为主的各种接入技术,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。

本书前身《综合宽带接入技术》受到广大读者的青睐,已累计重印 6 次。为了满足读者的需求,在《综合宽带接入技术》的基础上,作者对全书进行了全面修订,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、WLAN 接入技术、光纤接入技术,特别是将重点放在 ODN 技术、10G EPON、XG-PON、NGPON、FTTx 工程等光纤接入新技术上。

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

光纤宽带接入技术 / 吴珊等编著. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2016. 8
ISBN 978-7-5635-4717-3

I. ①光… II. ①吴… 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 (2016) 第 049847 号

书 名: 光纤宽带接入技术

著作责任者: 吴 珊 张雪芳 凌 毓 陶国操 编著

责任编辑: 刘春棠

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: 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 21.25

字 数: 525 千字

印 数: 1—2 000 册

版 次: 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-4717-3

定 价: 43.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

光通信技术丛书

编委会

主 审 毛 谦

主 任 陶智勇 曾 军

委 员 魏忠诚 胡强高 胡 毅

杨 靖 原建森 魏 明

序

现代意义上的光纤通信源于 20 世纪 60 年代,华人高锟(C. K. Kao)博士和霍克哈姆发表了题为《光频率介质纤维表面波导》的论文,指出利用光纤进行信息传输的可能性,提出“通过原材料提纯制造长距离通信使用的低损耗光纤”的技术途径,奠定了光纤通信的理论基础,简单地说,只要处理好石英玻璃纯度和成分等问题,就能够利用石英玻璃制作光导纤维,从而高效传输信息。这项成果最终促使光纤通信系统问世,而正是光纤通信系统构成了宽带移动通信和高速互联网等现代网络运行的基础,为当今我们信息社会的发展铺平了道路。高锟因此被誉为“光纤之父”。在光纤通信高科技领域,还有众多华人科学家做出了杰出的贡献,谢肇金发明了“长波长半导体激光器件”,金耀周最早提出了同步光网络(SONET)的概念,厉鼎毅是“光波分复用之父”等。

武汉邮电科学研究院是我国光纤通信研究的核心机构。1976 年,武汉邮电科学研究院在国内第一次选用改进的化学气相沉积法(MCVD)进行试验,改制成功一台 MCVD 熔炼车床,在实验过程中克服了管路系统堵塞、石英棒中出现气泡、变形等一系列“拦路虎”,终于熔炼出沉积厚度为 0.2~0.5 mm 的石英管,并烧结成石英棒。1977 年年初,研制出寿命仅为 1 h 的石英棒加热炉,拉制出中国第一根短波长(850 nm)阶跃型石英光纤(长度 17 m,衰减 300 dB/km),取得了通信光纤研制史上第一次技术突破。1981 年,武汉光纤通信技术有限公司在国内首先研制成功一批铟镓砷磷长波长光电器件,开启了长波长通信时代。1982 年 12 月 31 日,中国光纤通信第一个实用化系统——“82 工程”按期全线开通,正式进入武汉市市话网试用,从而标志着中国开始进入光纤通信时代。

最近,由武汉邮电科学研究院余少华总工牵头承担的国家 973 项目“超高速超大容量超长距离光传输基础研究”在国内首次实现一根普通单模光纤中在 C+L 波段以 375 路、每路 267.27 Gbit/s 的超大容量超密集波分复用传输 80 km,传输总容量达到 100.23 Tbit/s,相当于 12.01 亿对人在一根光纤上同时通话。对于我们日常应用而言,相当于在 80 km 的空间距离上,仅用 1 s 的时间,就可传输 4 000 部 25 GB 大小、分辨率 1 080 像素的蓝光超清电影。该项目实现了我国光传输实验在容量这一重要技术指标上的巨大飞跃,助力我国迈入传输容量实验突破 100 Tbit/s 的全球前列,为超高速超密集波分复用超长距离传输的实用化奠定了技术基础,将为国家下一代网络建设提供必要的核心技术储备,也将为国家宽带战略、促进信息消费提供有力支撑。

经过 40 多年的发展,武汉邮电科学研究院经国家批准为“光纤通信技术和网络国家重点实验室”“国家光纤通信技术工程研究中心”“国家光电子工艺中心(武汉分部)”“国家高新技术研究发展计划成果产业化基地”“亚太电信联盟培训中心”“商务部电信援外培训基地”“工业和信息化部光通信产品质量监督检验中心”和创新型企业等,已形成覆盖光纤通信

技术、数据通信技术、无线通信技术与智能化应用技术四大产业的发展格局,是目前全球唯一集光电器件、光纤光缆、光通信系统和网络于一体的通信高技术企业。

2013年第68届联合国大会期间,中国政府推动并支持通过决议将2015年确定为“光和光基技术国际年”。其重要原因是,今年是诺贝尔奖获得者、号称“光纤之父”的科学家高琨先生发明光纤50周年。为了进一步普及推广光纤通信技术的最新成果,武汉邮电科学研究所和北京邮电大学组织资深的工程师和培训师,编写了“十二五”国家重点图书出版规划项目:光通信技术丛书,该丛书包括《光纤宽带接入技术》《光纤配线产品技术要求与测试方法》《分组传送网原理与技术》《光网络维护与管理》《OTN原理与技术》《光纤材料》《光有源器件》等,力图涵盖光纤通信技术的各个层面。

著名的通信网络专家、武汉邮电科学研究院总工程师、国际电联第15研究组(光网络和接入网)副主席余少华院士,烽火科技学院卢军院长和各位领导对光通信技术丛书给予了大力支持。国际电信联盟组织的成员、武汉邮电科学研究院总工毛谦教授在百忙之中对光通信技术丛书进行了细心审核。

我们将这套丛书献给通信技术和管理人员、工程人员、高等院校师生,目的是进一步普及光纤通信的最先进技术,共同为我国的光纤通信技术发展努力奋斗!

陶智勇

前 言

2015年10月,三家基础电信企业互联网宽带接入用户总数达到2.12亿户。“宽带中国”战略的加速推进,宽带提速效果日益显著,8 Mbit/s及以上接入速率的宽带用户总数超过1.33亿户,占宽带用户总数的比重达63%,比上年末增加22个百分点;20 Mbit/s及以上宽带用户总数占宽带用户总数的比重达27.5%,比上年末增加17.1个百分点。光纤宽带建设进度加快,光纤接入FTTH/O用户比上年末净增4158.6万户,超过上年同期增量91.6%,总数达到1.1亿户,占宽带用户总数的比重达到51.8%。我国宽带和FTTH的建设将由高速发展进入升级转型发展的新阶段;建设重点由大城市转向城镇,投资由重接入覆盖建设转向重发展用户运营转变。把握宽带接入网技术发展的最新趋势对我国接入网建设发展至关重要。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11章,第1章是概述,探讨了各国宽带战略,指出宽带接入逐步成为普遍服务的目标;第2章是接入网的概念和种类,详细介绍了传统接入网、IP接入网的概念和区别,IP接入中的PPP、RADIUS协议,以及接入技术发展的最新趋势;第3章具体分析各种铜线接入技术,包括ADSL2+、VDSL2接入技术,以太网技术以及可运营的以太网的要求;第4章是无线接入技术,重点介绍了WLAN无线局域网;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6~9章是光纤接入技术,包括各种有源和无源EPON、GPON以及极为重要的ODN技术;第10章较为详细地介绍了10G EPON、XG-PON、WDM-PON、NGPON等下一代PON技术;第11章对当前主流的PON设备进行介绍,并列举了工程案例,力求使读者全面掌握以光纤接入为主的宽带接入技术。

本书前身《综合宽带接入技术》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成员、武汉邮电科学研究院原副院长、总工程师毛谦的指导下编写的。《综合宽带接入技术》受到广大读者的青睐,已累计重印6次。几年来,作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,在相关刊物上发表了多篇文章,出于实际教学的需要,作者在《综合宽带接入技术》第1、2版的基础上,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、ODN、EPON、GPON、NGPON等新技术。

本书由吴珊、张雪芳、凌毓、陶国操编著,张玉泉、曹珍、程雯、曾劲、贺杉杉、张慧娟、全真、陈智、余耘、陆文瑶、华科附中陶华林等参与部分章节编写,对于同事、同学的大力支持和帮助,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的教材或自学参考书。

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。

目 录

第 1 章 宽带接入发展概述	1
1.1 各国宽带发展战略	1
1.1.1 美国宽带战略目标	4
1.1.2 欧洲宽带战略目标	6
1.1.3 新加坡宽带战略目标	8
1.1.4 日本宽带战略目标	9
1.1.5 韩国宽带战略目标	10
1.2 宽带普遍接入和服务	10
1.2.1 电信普遍服务的来源	11
1.2.2 国际电信普遍服务的共性特征	11
1.2.3 各国电信普遍服务的个性特点	13
1.2.4 中国宽带普遍服务的考虑	14
1.3 中国宽带接入发展的历程	16
1.4 中国宽带用户发展现状	18
1.4.1 宽带用户基础数据	18
1.4.2 个人宽带用户现状	19
1.4.3 企业宽带用户现状	20
1.5 中国宽带接入发展的趋势	20
第 2 章 接入网的概念与种类	25
2.1 接入网的概念	25
2.1.1 接入网的定义	25
2.1.2 接入网的接口	27
2.1.3 接入网的结构	28
2.1.4 IP 接入网的定义	29
2.1.5 IP 接入方式	30
2.1.6 IP 接入网与传统接入网的比较	32
2.2 接入网的接口	33
2.2.1 Z 接口	33
2.2.2 U 接口	33

2.2.3	RS-232 接口	34
2.2.4	V.35 接口	35
2.2.5	V5 接口	36
2.2.6	NGFI 接口	37
2.2.7	电信管理网接口	38
2.3	点对点协议	39
2.3.1	PPP 概述	39
2.3.2	PPP 的功能	39
2.3.3	PPP 封装	40
2.3.4	PPP 链路操作	41
2.4	认证,授权,计费协议	44
2.4.1	RADIUS 协议	45
2.4.2	Diameter 协议	47
2.4.3	Diameter 和 RADIUS 的比较	50
2.5	宽带业务与用户需求	51
2.5.1	宽带业务的种类	51
2.5.2	用户对宽带业务的需求	57
2.6	宽带接入技术的种类	58
2.6.1	铜线接入技术	59
2.6.2	以太网接入技术	60
2.6.3	无线接入技术	61
2.6.4	HFC 接入技术	61
2.6.5	光接入技术	62
2.6.6	WiMAX 接入技术	63
第 3 章	铜线接入技术	65
3.1	铜线接入技术概述	66
3.1.1	模拟调制解调器接入技术	66
3.1.2	ISDN 接入技术	66
3.1.3	HDSL 接入技术	68
3.2	ADSL 接入技术	72
3.2.1	ADSL 的网络结构	73
3.2.2	ADSL 的发展	75
3.2.3	ADSL 的性能损伤	76
3.2.4	ADSL2 与 ADSL2+ 协议	76
3.3	VDSL 接入技术	78
3.3.1	VDSL 系统构成	79
3.3.2	VDSL 的关键技术	80
3.3.3	VDSL 的应用	82

3.3.4	VDSL2 协议	83
3.4	以太网接入技术	84
3.4.1	以太网技术的发展	85
3.4.2	以太网的帧格式	87
3.4.3	IEEE 802.3 帧格式	89
3.5	以太网 VLAN 技术	90
3.5.1	VLAN 概述	90
3.5.2	IEEE 802.1Q 协议	91
3.6	宽带接入对以太网的要求	94
3.6.1	以太网接入需要解决的问题	94
3.6.2	现有以太网接入技术方案	95
第 4 章	无线接入技术	98
4.1	无线接入技术概述	99
4.1.1	无线接入技术的发展	99
4.1.2	无线接入网络接口与信令	101
4.2	无线局域网的关键技术	104
4.2.1	IEEE 802.11 协议结构	107
4.2.2	IEEE 802.11 物理层	108
4.2.3	IEEE 802.11 MAC 层	110
4.3	无线局域网的安全技术	116
4.4	无线局域网的系统结构	122
4.4.1	WLAN 拓扑结构	123
4.4.2	WLAN 系统的组成	124
4.5	无线局域网接入的产品与应用	125
4.5.1	典型应用产品	126
4.5.2	WLAN 在机场接入方案中的应用	127
第 5 章	HFC 接入技术	129
5.1	光纤 CATV 系统	131
5.1.1	光纤 CATV 的调制传输方式	131
5.1.2	光纤 CATV 的性能指标	132
5.2	HFC 的关键技术	134
5.2.1	HFC 的发展	134
5.2.2	HFC 的结构	135
5.2.3	频谱分配方案	137
5.2.4	调制与多点接入方式	138
5.2.5	HFC 的特点	138
5.3	Cable Modem 系统	139

5.3.1	Cable Modem 系统结构	139
5.3.2	Cable Modem 系统的工作原理	142
5.4	DOCSIS 协议	144
5.5	EoC 技术的种类	148
5.5.1	无源基带传输 EoC 技术	149
5.5.2	采用 WLAN 的 EoC	150
5.5.3	采用 MoCA 的 EoC	151
5.5.4	采用 HPNA 的 EoC	151
5.5.5	采用 HomePlug 技术的 EoC	152
5.5.6	各种 EoC 技术的比较	153
5.6	HFC 网络改造	154
5.6.1	EPON+LAN 组网方案	154
5.6.2	EPON+EoC 组网方案	156
5.6.3	基于 EPON 的双向改造方案	157
第 6 章	光纤接入技术基础	160
6.1	光纤接入技术概述	161
6.1.1	光接入网的概念	161
6.1.2	光接入网的应用	161
6.2	光接入技术的分类	165
6.2.1	有源光网络接入技术	166
6.2.2	无源光网络接入技术	168
6.2.3	SDN/NFV 在接入网的应用前景	174
6.3	光纤的特性和种类	174
6.3.1	光纤的传输特性	174
6.3.2	光纤的类型	176
6.3.3	FTTH 建设中光纤选型	183
6.4	光缆的种类与结构	183
6.4.1	光缆的分类	183
6.4.2	光缆的结构	183
6.4.3	FTTH 建设中常用的光缆类型	189
6.5	FTTH 技术发展的阶段与趋势	191
第 7 章	ODN 关键技术	195
7.1	ODN 技术概述	195
7.1.1	ODN 的概念	195
7.1.2	ODN 网络架构	196
7.1.3	ODN 建设模式	198
7.2	ODN 核心器件	199

7.2.1	光纤和光缆	199
7.2.2	光分路器	199
7.2.3	光配线产品	202
7.3	ODN 规划与组网	203
7.3.1	光节点规划	203
7.3.2	ODN 组网方式	205
7.3.3	ODN 保护	206
7.4	ODN 的发展趋势	207
7.4.1	传统 ODN 面临的难题	208
7.4.2	智能 ODN	209
7.4.3	智能 ODN 技术展望	213
7.5	光链路检测技术	215
7.5.1	OTDR 的基本原理	215
7.5.2	OTDR 的主要技术参数	215
7.5.3	集成的 OTDR 链路检测技术	216
7.5.4	光链路检测技术的优势	216
第 8 章 EPON 技术		218
8.1	EPON 的协议模型	218
8.2	EPON 的系统架构	220
8.2.1	EPON 的复用技术	221
8.2.2	EPON 光路波长分配	222
8.3	EPON 的关键技术	222
8.3.1	数据链路层的关键技术	222
8.3.2	EPON 的 QoS 问题	226
8.3.3	EPON 突发接收技术	227
8.4	多点控制协议	229
8.4.1	MPCP 的帧结构	229
8.4.2	EPON 测距过程	231
8.4.3	ONU 自动发现过程	235
8.4.4	EPON 通信过程	238
8.5	EPON 带宽分配机制	239
第 9 章 GPON 技术		241
9.1	GPON 技术概述	241
9.1.1	GPON 技术的主要特点	241
9.1.2	GPON 技术标准分析	243
9.1.3	GPON 技术体系结构	245
9.1.4	协议参考模型	247

9.2 GPON 的 PMD 层	248
9.2.1 GPON 物理层链路预算	248
9.2.2 PMD 层要求	249
9.3 GPON 的 GTC 层	251
9.3.1 GTC 协议栈	251
9.3.2 控制、管理平面和用户平面	252
9.3.3 GTC 关键功能	256
9.4 GPON 技术的工作原理	258
9.4.1 GPON 突发传输技术	258
9.4.2 GPON 的帧结构和封装技术	258
9.4.3 ONU 注册过程	261
9.5 GPON 对多业务 QoS 的支持	262
第 10 章 下一代 PON 接入技术	266
10.1 NGPON 技术概述	266
10.2 10G EPON 系统中的关键技术	267
10.2.1 10G EPON 的发展	267
10.2.2 10G EPON 的协议	268
10.2.3 10G EPON 的双速率共存模式	271
10.3 10G EPON 的网络升级方案	273
10.3.1 FTTH 网络升级 10G EPON 的方案	274
10.3.2 FTTB 网络向 FTTH 网络升级的演进	275
10.3.3 FTTB 网络升级 10G EPON 的方案	276
10.4 XG-PON 系统中的关键技术	277
10.4.1 XG-PON 的协议	278
10.4.2 XG-PON 的物理层	279
10.4.3 XG-PON 与 10G EPON 的比较	280
10.4.4 NG-PON2 技术进展	281
10.5 WDM-PON 系统中的关键技术	285
10.5.1 WDM-PON 的工作原理	286
10.5.2 WDM-PON 无色 ONU 技术	287
10.5.3 WDM-PON 的系统设备	291
第 11 章 光纤接入系统的工程案例	293
11.1 光纤接入系统的产业链	293
11.2 典型的 PON 设备	294
11.2.1 E/GPON 设备	295

11.2.2	NGPON 设备	303
11.3	FTTx 的网络规划与设计	309
11.3.1	PON 的带宽预算	309
11.3.2	PON 的组网模式	309
11.4	FTTx 的工程案例	310
11.4.1	紫菘小区 EPON 工程案例	310
11.4.2	青海油田 EPON 工程案例	312
11.4.3	山东济南 GPON 工程案例	313
11.4.4	浙江台州 FTTx 运维系统工程案例	314
11.4.5	杭州广电 NGB 工程案例	315
缩略语		317
参考文献		320

第 1 章

宽带接入发展概述

1.1 各国宽带发展战略

根据 ITU 2015 年发布的数据,在世界范围内,2015 年年底共有 31.74 亿人在使用互联网,其中 21.39 亿人生活在发展中国家;并将有 34.59 亿的移动宽带用户,其中有 68%来自发展中国家。信息通信技术仍然是信息社会的主要驱动因素。

1. 固定电话用户日趋减少,移动蜂窝用户市场已接近饱和

统计结果显示,2015 年全球固定电话的普及率不足 15%,固定电话普及率在过去十年间持续下降。2015 年年底,固定电话用户为 10.63 亿,比 2010 年减少 1.66 亿。美国的有线电话普及率于 1975 年达到 90%,约等于当下手机的普及率,随着美国的固定电话用户数持续萎缩,美国家庭固定电话的普及率已经从 20 世纪 70 年代的 90%以上跌到了如今的 25%。

到 2015 年年底,全球移动蜂窝用户接近 70.85 亿,其中 55.68 亿在发展中国家。这一攀升主要源于发展中国家的增长。数据显示,全球移动蜂窝用户已占全球人口总数的 96.8%,这表明市场已接近饱和。2015 年年底,非洲和亚太的普及率将分别为 73.5%和 91.6%,是移动蜂窝增长最强劲(但普及率最低)的区域。独联体国家(CIS)、阿拉伯国家、美洲和欧洲的普及率已达到 100%。

2. 固定宽带普及率依然在增长,全球移动宽带用户快速增加

根据 ITU 数据,截至 2015 年年底,全球共有 7.94 亿固定宽带接入用户,全球固定宽带普及率将达 10.8%。在发达国家,固定宽带普及率约为 29%;而对于发展中国家,固定宽带普及率为 7.1%。

全球固定宽带用户中,亚太占 46%,欧洲占 23.4%。数据表明,发展中国家中,固定宽带普及率依然在增长,但增速放缓(2010 年发展中国家固定宽带普及率为 4.2%,2015 年为 7.1%)。非洲的固定宽带用户尽管在过去 4 年中保持两位数的增长势头,但仍只占全球总数的 0.5%,因此非洲的普及率依然很低。

2015 年年底,全球移动宽带普及率达 47.2%。发达国家的移动宽带普及率提升至 86.7%,相当于发展中国家(39.1%)的 2.2 倍。全球有 34.59 亿移动宽带用户,其中 68%的移动宽带用户将来自发展中国家。移动宽带普及率最高的区域为欧洲(78.2%)和美洲(77.6%),紧随其后的是独联体国家(49.7%)、亚太(42.3%)、阿拉伯国家(40.6%)和非洲

(17.4%)。全球一些国家的无线服务进展迅猛,国际电信联盟表扬了智利、塞内加尔和土耳其,这些国家几乎所有的互联网用户都采用了高速网络。

3. 多数的互联网或移动宽带用户将来自发展中国家

截至 2015 年年底,全球互联网用户达 31.74 亿,全球 67.4% 的互联网用户来自发展中国家。全球的互联网用户普及率达 43.4%,其中发达国家为 82.2%,而发展中国家为 35.3%。目前尚未使用互联网的人中,90% 以上在发展中国家。在非洲,到 2015 年年底,上网人数达 20.7%,比 2010 年增加 10.9%。在美洲,约 66% 的人在 2015 年年底使用互联网,仅次于欧洲,成为普及率第二的区域。欧洲的互联网普及率在 2015 年年底达到 77.6%,独占世界鳌头。2015 年年底亚太上网人数将达 36.9%,全球互联网用户中约 47.4% 来自亚太区域。

数据表明,家庭互联网接入在发达国家已达 80% 以上。独联体国家 60.1% 的家庭拥有互联网连接。虽然多数的互联网或移动宽带用户将来自发展中国家,但其实是因为发展中国家的人口较多,而不是因为当地的网络普及率较高。

宽带在经济社会发展中的作用日益凸显,已成为当前和今后相当长时期内转变经济发展方式、创造就业机会、支撑科技产业创新、提升国家竞争力的战略基石,其作用如同高速公路和电网,并且具有更强的创新特点。

目前全球推出宽带政策的国家和经济体数已经达到 100 多个,全球已有数千亿美元的政府资金投入高速光纤宽带网络,欧美、日韩等相继把发展宽带列为国家战略。将宽带战略上升至国家高度,发展宽带已经成为全球的共识。如图 1-1 所示,Point Topic 预计到 2020 年年底,全球固网宽带用户数将达到 9.894 亿。

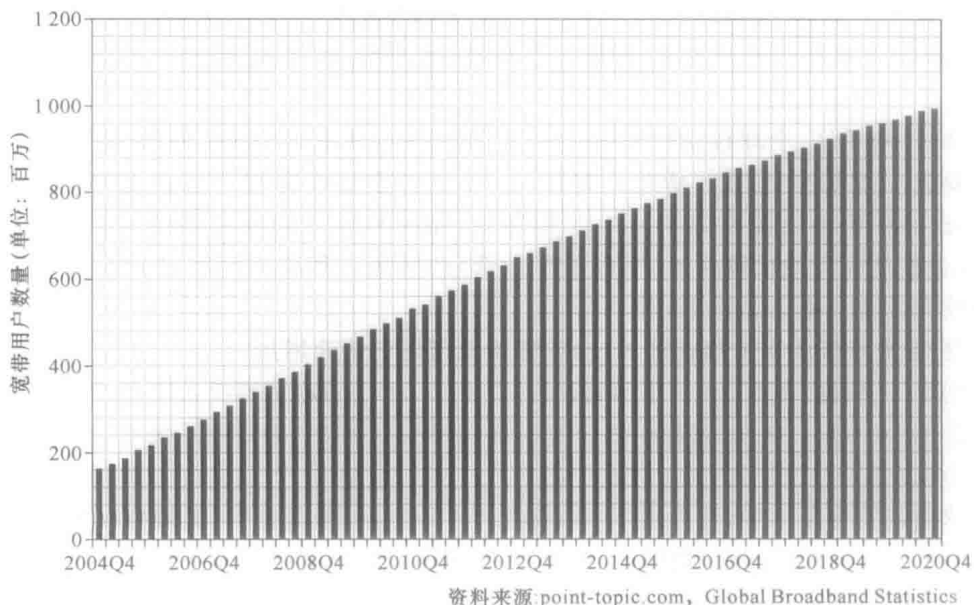


图 1-1 全球宽带用户预测

宽带用户增长速度差异取决于宽带市场的发展程度。全球宽带市场可分为三部分:新兴市场、年轻市场和成熟市场。统计主要包括 114 个国家的数据。其中新兴市场有 51 个,主要有东欧国家和拉美国家等;成熟市场只有 19 个(西欧国家占多数),包括新加坡、韩国、