



现代通信网实用丛书

面向新型业务的 宽带接入网

唐雄燕 主编

李 青 吴佳宁 陆 洋 温 锋 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

现代通信网实用丛书

面向新型业务的宽带接入网

唐雄燕 主编

李 青 吴佳宁 陆 洋 温 锋 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书着眼于宽带接入网络的组网、运营和对新型业务的支撑,首先全面介绍了各种宽带接入技术,包括 xDSL 和以太网等传统接入技术,以及光纤接入技术和同轴电缆接入技术等当前广泛应用的新型接入技术,重点分析了新一代光纤接入技术及其发展趋势;然后从综合接入技术及设备、接入网组网及工程实例等方面对宽带接入网的设备形态和网络建设实施方案进行了较为全面的阐释,同时还对家庭网络关键技术等用户驻地网知识进行了系统介绍。

本书可供从事宽带接入业务运营、施工建设与系统维护的工程技术人员和相关管理人员阅读,也可作为宽带接入的培训教材,还可供高等院校通信工程专业师生参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

面向新型业务的宽带接入网 / 唐雄燕主编;李青等编著. —北京:电子工业出版社,2012.1

(现代通信网实用丛书)

ISBN 978-7-121-15287-0

I. ①面… II. ①唐… ②李… III. ①宽带接入网 IV. ①TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 242966 号

策划编辑:宋 梅

责任编辑:宋 梅

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编·100036

开 本:787×980 1/16 印张:25.75 字数:576 千字

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:66.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

出版前言

通信行业正处在一个新的转折时期,无论是技术、网络、业务,还是运营模式都正在经历着一场前所未有的深刻变革。从技术的角度来看,电路交换技术与分组交换技术趋于融合,其主要体现为语音技术与数据技术的融合、电路交换与分组交换的融合、传输与交换的融合、电与光的融合。这将不仅使语音、数据和图像这三大基本业务的界限逐渐消失,也将使网络层和业务层的界限在网络边缘处变得模糊,网络边缘的各种业务层和网络层正走向功能乃至物理上的融合,整个网络将向下一代融合网络演进,终将导致传统电信网、计算机网和有线电视网在技术、业务、市场、终端、网络乃至行业运营管理和政策方面的融合。从市场的角度来看,通信业务的竞争已达到了白热化的程度,各个通信运营商都在互相窥视着对方的传统市场。从用户的角度来看,各种新业务应运而生,从而使用户有了更多、更大的选择空间。但无论从哪个角度,在下一代的网络中,我们将看到三个世界:从服务层面上,看到一个 IP 的世界;从传输层面上,看到一个光的世界;从接入层面上,看到一个无线的世界。

在 IT 技术一日千里的信息时代,为了推进中国通信业的快速、健康发展,传播最新通信网络技术,推广通信网络技术与应用实践之经典案例,我们组织了一些当今正站在 IT 业前沿的通信专家和相关技术人员,以实用技术为主线,注重实际经验的总结与提炼,理论联系实际,策划出版了这套面向 21 世纪的《现代通信网实用丛书》。该丛书凝聚了他们在理论研究和实践工作中的大量经验和体会,以及电子工业出版社编书人的心血和汗水。丛书立足于现代通信中所涉及的最新技术和成熟技术,以实用性、可读性强为其自身独有特色,注重读者最关心的内容,结合一些源于通信网络技术实践的经典案例,就现行通信网络的结构、技术应用、网络优化及通信网络运营管理方面的问题进行了深入浅出的翔实论述。其宗旨是将通信业最实用的知识、最经典的技术应用案例奉献给业界的广大读者,使读者通过阅读本套丛书可得到某种启示,在日常工作中有所借鉴。

本套丛书的读者群定位于 IT 业的工程技术人员、技术管理人员、高等院校相关专业的高年级学生、研究生,以及所有对通信网络运营感兴趣的人士。

在本套丛书的编辑出版过程中,我们得到了业界许多专家、学者的鼎力帮助,丛书的编著者们为之付出了大量的心血,对此,我们表示衷心的感谢!同时,也热切欢迎广大读者对本套丛书提出宝贵意见和建议,或推荐其他好的选题(E-mail: mariams@phei.com.cn),以帮助我们在未来的日子里,为广大读者及时推出更多、更好的通信网络技术类优秀图书。

电子工业出版社

2005 年 1 月

前 言

接入网作为通信网的主要组成部分和信息高速公路的“最后一里”，直接面向客户，扮演着沟通业务层与客户层的重要角色，是网络运营商用户覆盖能力和业务提供能力最直接的体现。近十年来，以 xDSL 技术和以太网技术为主要载体的宽带接入业务得到了广泛发展，中国互联网已从窄带时代迁移到了宽带时代。随着互联网业务不断地推陈出新，在线影视、视频聊天和网络游戏等应用在极大地满足用户网上娱乐生活需求的同时，也对宽带网络的服务性能提出了更高的要求。随着三网融合时代的来临，电信及广电网络运营商都基于自有业务的发展需要，不断地升级接入层网络，从“光进铜退”到双向数字化改造，宽带接入网的发展生机勃勃，宽带化、综合化、智能化已成为接入网的演进方向，光纤接入网的建设步伐明显加快。

同时，接入网服务的用户数量众多，用户线路在地理上分布散乱，条件复杂，不同的物理媒介引出了不同的宽带接入手段，而基于同一接入媒介，也往往有多种不同的技术选择。面对数量庞大的接入线对规模，以及接入网网点多、覆盖面广的典型特征，接入网络既占据着公共电信网络运营商过半的网络建设投资，又承担着支撑运营商业务转型和长期战略规划落地的重大责任。因此，基于对未来业务发展脉络的把握，全面地分析宽带接入技术的发展状况，综合且巧妙地寻找到经济性与适度超前性的平衡点，才能使各类宽带接入技术真正契合其所对应的业务定位和市场需求，“八仙过海，各显神通”，为宽带业务的良性发展保驾护航。

本书的编著者在多年从事宽带接入业务及技术研究的基础上，结合现阶段我国宽带业务市场的发展情况及国内外已有的实践经验，系统地介绍了宽带接入技术及其应用案例。本书第 1 章介绍了宽带接入网的概念、结构、功能模块及分层结构，并从业务更替的视角阐述了宽带接入网的发展动力和趋势。第 2 章介绍了 xDSL 和以太网等传统宽带接入技术，包括 ADSL、VDSL 和以太网接入中的关键技术。第 3 章介绍了各类成熟的光纤接入技术，包括以 APON、EPON 和 GPON 为代表的无源光网络技术，以及点到点光以太网和 MSTP 技术。第 4 章介绍了目前正在兴起的具备更高带宽、更大用户接入能力的新一代光接入网技术，包括 10GEPON 技术、XG-PON 技术和 WDM-PON 技术等。第 5 章介绍了在三网融合背景下逐渐走向前台的同轴电缆接入技术，包括 CMTS+CM 接入技术及几种主要的 EoC 接入技术。第 6 章从接入网络运营和业务需求的视角出发，介绍了综合接入的驱动力和设备形态，并阐述了 NGN/IPTV 等新型业务以及精细化服务对接入网的要求和影响。第 7 章从端到端业务提供的角度为读者补充了家庭网络网关及短距连网技术的相关知识。第 8 章介绍了宽带接入网建设需要考虑的关键因素和典型应用案例，同时着重介绍了光分配网络 ODN 及其建设实例。

本书由唐雄燕主编，李青、吴佳宁、陆洋、温锋编著。在编写过程中采纳了中国联通集团研究院在宽带接入业务研究方面的成果，并得到了中兴通讯在技术资料方面的大力支持。在此，感谢电子工业出版社宋梅编辑为本书出版所做的大量耐心细致的工作。感谢朱旻、卢金树、王国梁和夏顺东对本书编写工作的支持。感谢本书中所参考和引用的诸多资料的有关机构和作者。

由于编著者水平和视野所限，以及编写时间仓促，加之宽带接入技术及业务的发展日新月异，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编著者
2011年10月

目 录

第 1 章 宽带接入网概述	1
本章导读	2
1.1 接入网概述	2
1.1.1 接入网的概念	2
1.1.2 接入网在电信网中的位置	2
1.1.3 接入层网络的现状	3
1.2 宽带接入网	6
1.2.1 宽带接入网的概念	6
1.2.2 宽带接入网的分类	7
1.2.3 宽带接入网的结构	8
1.2.4 宽带接入网的接口	9
1.2.5 宽带接入网的功能模块	10
1.2.6 宽带接入网的分层模型	13
1.3 宽带接入网的发展	15
1.3.1 宽带接入网的发展驱动力	15
1.3.2 宽带接入网的发展要求	19
小结	23
第 2 章 传统宽带接入技术	25
本章导读	26
2.1 基于双绞线宽带接入的 DSL 技术基础	26
2.1.1 DSL 概述	26
2.1.2 DSL 系统构成	28
2.2 ADSL、VDSL 和 HDSL 三种主流 DSL 技术	29
2.2.1 ADSL	29
2.2.2 VDSL	36
2.2.3 HDSL	44
2.3 基于五类线宽带接入的以太网技术基础	46
2.3.1 以太网技术发展历程	46
2.3.2 主要标准	48
2.3.3 基本技术	49

2.4 以太网接入关键技术	53
2.4.1 生成树协议	53
2.4.2 虚拟以太网	57
2.4.3 以太网组播	61
2.4.4 QinQ	64
2.4.5 以太网 QoS 技术	66
2.4.6 LAN 接入网	69
小结	71
第 3 章 成熟光纤接入技术	73
本章导读	74
3.1 APON	74
3.1.1 APON 概述	74
3.1.2 APON 功能参考模型	74
3.1.3 APON 关键技术	76
3.1.4 APON 的应用和发展	80
3.2 EPON	81
3.2.1 EPON 概述	81
3.2.2 EPON 功能参考模型	81
3.2.3 EPON 关键技术	82
3.2.4 EPON 的应用	94
3.3 GPON	97
3.3.1 GPON 概述	97
3.3.2 GPON 功能参考模型	98
3.3.3 GPON 关键技术	101
3.3.4 GPON 的应用	114
3.4 点到点光以太网	115
3.4.1 点到点光以太网概述	115
3.4.2 点到点光以太网功能参考模型	116
3.4.3 点到点光以太网关键技术	116
3.4.4 点到点光以太网的应用和发展	118
3.5 MSTP	119
3.5.1 MSTP 概述	119
3.5.2 MSTP 功能参考模型	119
3.5.3 MSTP 关键技术	120

3.5.4	MSTP 的应用和发展	138
小结		140
第 4 章	新一代光纤接入技术	141
本章导读		142
4.1	10GEPON	142
4.1.1	10GEPON 概述	142
4.1.2	10GEPON 功能参考模型	142
4.1.3	10GEPON 关键技术	145
4.1.4	10GEPON 的应用	160
4.2	XG-PON	161
4.2.1	XG-PON 概述	161
4.2.2	XG-PON 功能参考模型	162
4.2.3	XG-PON 关键技术	163
4.2.4	XG-PON 的应用	207
4.3	WDM-PON	208
4.3.1	WDM-PON 概述	208
4.3.2	WDM-PON 的关键技术	208
4.3.3	WDM-PON 的应用和发展	210
小结		210
第 5 章	基于同轴电缆的接入技术	211
本章导读		212
5.1	有线电视网络概述	212
5.1.1	有线电视网络的结构	212
5.1.2	有线电视网络发展现状	215
5.1.3	有线电视网络的双向化改造	215
5.2	基于同轴电缆的接入技术	216
5.2.1	CMTS+CM 接入技术	217
5.2.2	EoC 接入技术	222
5.3	主要 EoC 接入技术介绍	223
5.3.1	基带 EoC	223
5.3.2	MoCA	225
5.3.3	HomePlug (AV) over Coax	229
5.3.4	WiFi over Cable	234
5.3.5	HomePNA over Cable	237

小结	241
第 6 章 综合接入技术及应用	243
本章导读	244
6.1 综合业务接入的需求和发展	244
6.1.1 综合业务接入的驱动力	244
6.1.2 综合接入的需求	247
6.2 宽窄带综合接入网设备	247
6.2.1 宽窄带综合接入网概述	247
6.2.2 宽窄带综合接入网接口类型和业务接入能力	255
6.2.3 宽窄带综合接入网的网络管理参考模型	256
6.2.4 接入层网络建设的三个阶段	257
6.2.5 本节小结	258
6.3 面向 NGN/IPTV 的综合接入网技术	258
6.3.1 面向 NGN/IPTV 的综合接入网要求	258
6.3.2 接入网对 VoIP 业务的支持	260
6.3.3 接入网对 IPTV 业务的支持	264
6.4 宽带接入服务模式的变革	271
6.4.1 宽带测速系统	272
6.4.2 BoD 带宽点播系统	275
小结	280
第 7 章 家庭网络网关及短距连网技术	281
本章导读	282
7.1 家庭网络发展需求	283
7.1.1 家庭网络演进及终端智能化趋势	283
7.1.2 家庭网关的智能化需求	285
7.1.3 家庭网络增值业务智能化	289
7.1.4 本节小结	291
7.2 家庭网关主要功能	293
7.2.1 以家庭网关为中心的家庭网络参考架构	293
7.2.2 上行宽带接入	296
7.2.3 下行多接口、多终端接入	296
7.2.4 传送功能	296
7.2.5 地址功能	297
7.2.6 安全功能	297

7.2.7	家庭网关的 QoS 能力	297
7.2.8	管理功能	298
7.2.9	业务能力	298
7.3	家庭网关关键技术	299
7.3.1	家庭网关的连通性和业务组织技术	299
7.3.2	家庭网关的管理技术	302
7.3.3	家庭网关的 QoS 技术	304
7.3.4	家庭网关的安全性技术	309
7.3.5	家庭网关的中间件技术	310
7.3.6	设备发现和资源共享技术	311
7.4	家庭网络短距无线连网技术	314
7.4.1	短距无线连网技术分类	315
7.4.2	WiFi (IEEE 802.11a/b/g/n) 技术	316
7.4.3	DECT/CAT-iq 技术	319
7.4.4	ZigBee 技术	322
7.4.5	蓝牙 (Bluetooth) 技术	326
7.4.6	UWB 技术	330
7.4.7	Z-Wave 技术	334
7.4.8	6LowPAN 技术	337
7.4.9	无源 RFID	337
7.4.10	红外数据传输 (IrDA)	339
7.4.11	近场通信 (NFC)	340
7.4.12	小结: 主要短距离无线通信技术比较	341
7.5	家庭网络短距有线连网技术	342
7.5.1	Ghn 技术的由来和特点	342
7.5.2	Ghn 技术简介	343
7.5.3	Ghn 技术的应用前景	347
小结		347
第 8 章	宽带接入网建设和应用实例	349
本章导读		350
8.1	宽带接入网的组网	350
8.1.1	组网模型	350
8.1.2	物理拓扑	351
8.1.3	组网技术	352

8.1.4	光接入网建设的典型模式	354
8.2	网络建设的考虑因素	361
8.3	宽带接入网建设的典型案例	363
8.3.1	新建高档居民社区	363
8.3.2	新建一般居民社区	365
8.3.3	一般居民小区的改造	369
8.3.4	新建商务楼	370
8.3.5	商务楼的更新改造	371
8.3.6	新建商住混合区域	372
8.4	光分配网 (ODN) 及其建设实施	374
8.4.1	ODN 网络介绍	374
8.4.2	ODN 组成	375
8.4.3	光纤光缆选用及规划建议	382
8.4.4	光功率预算	384
8.4.5	FTTx 光分配网工程实施原则	388
小结		391
附录 A	缩略语	392
参考文献		397

第1章 宽带接入网概述

本章要点

- 接入网概述
- 宽带接入网
- 宽带接入网的发展
- 超宽带通信系统的特点



本章导读

本章首先将简要介绍接入网及宽带接入网的概念、定位和现状,带领读者认识并走进充满生机和活力的宽带接入网世界。其后作者会对宽带接入网的分类、结构、功能模块和分层模型做进一步的阐释,并描述宽带接入网的发展动力和要求。

1.1 接入网概述

1.1.1 接入网的概念

1975 年英国电信(BT)在苏格兰格拉斯哥举行的一次研讨会上首次提出了接入网的概念——一个降低接入段线路投资的组网概念。1978 年 BT 在 CCITT 相关会议上正式提出接入网概念,1979 年 CCITT 用远端用户集线器(Remote Subscriber Concentration, RSC)命名方式对具备类似性能的设备进行了框架描述,标志着接入网技术得到了国际电信技术界的认同。

20 世纪 80 年代后期,在各方面的推动下,ITU-T 开始制定标准化程度比较高的数字接口规范,即 V5.X 接口,并对接入网做了较为科学的定界。V5.X 接口使得接入网设备长期被大制造商控制的局面得到了改观。

国际电信联盟标准化部门(ITU-T)在 G.902 建议中对接入网的结构、功能以及接入类型与原理进行了规范。按 ITU G.902 定义,接入网是由业务节点接口(Service Node Interface, SNI)和用户网络接口(User to Network Interface, UNI)之间的一系列传送实体构成,为电信业务提供所需承载能力的系统,具有传输、复用和交叉连接等功能。

该接入网的定义可以推广到所有业务网络的接入层网络,而不仅限于 G.902 所规定的 V5.X 系列接口。

1.1.2 接入网在电信网中的位置

从整个电信网的角度,可以将电信网划分为公用电信网和用户驻地网两大部分。虽然用户驻地网是整个电信网和电信业务开展不可或缺的一个重要组成部分,但是由于用户驻地网受用户管理和控制,虽然其对外的接口需要遵循公用电信网的要求,但是其设

备型号选用、网络改造等都属于用户管理和控制的范围。从本质上看,用户驻地网不受电信运营商的管理和控制,因此在我们讨论电信网时,通常指公用电信网部分。接入网在电信网中的位置如图 1-1 所示。

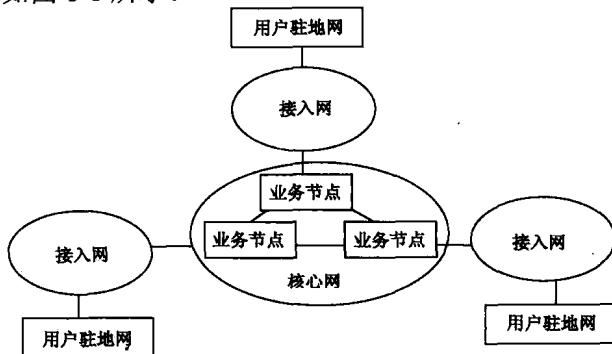


图 1-1 接入网在电信网中的位置

公用电信网络从层次上一般可以划分为核心层网络和接入层网络两个部分。

从整个通信网来看,核心网承担全市或地区通信,完成业务提供以及业务节点之间的互连,关系重大;接入网的每一对接入线只涉及一个或几个用户,其应用环境、业务量密度以及技术手段与核心网有很大的差别。但是,接入网用户数众多,用户线路在地理上分布散乱,接入线的线对数庞大,对于公用电信网运营商而言,接入网建设所需投资比核心网更多。在当今整个网络向宽带化方向发展,核心网已经逐渐演进为以光纤网为基础网络设施的情况下,国际上权威组织和专家将接入网比做信息高速公路的“最后一里”,认为它是信息高速公路中难度最高、耗资最大的一部分,是信息基础设施建设的“瓶颈”。

另外接入层网络作为直接面向客户、沟通业务层与客户层的网络,充分体现了运营商的用户覆盖能力和业务提供能力。

由于接入网点多、面广、设施数量巨大,自然成为网络投资的重点,一般在整个网络建设投资中占有 50% 以上的比例,在电信网中占据着重要的位置。尤其是在当前运营商网络和业务转型时期,规划和发展好接入层网络,使其适应核心网的发展变化,更好地支撑运营商的业务转型,是接入网面临的新要求,也正是这一点使得接入网成为网络发展中一个充满生机和活力的领域。

1.1.3 接入层网络的现状

纵观目前接入层网络的现状,有以下几个主要特点:

① 伴随电信网络和业务的发展历程,各个业务网络基本都形成了自己相应的接入层网络,这些接入层网络之间相互分立,技术、拓扑类型多样,整个电信网络的接入层

呈现出纷繁复杂的状况。

从电信网的发展历史看,对于每种业务网络,基本上是采用了重叠建网的模式,每种业务网络都有自己相对应技术的业务平台,从提供基本语音业务的 PSTN 网、提供基础数据业务的 X.25 分组网和 FR 网,到提供宽带业务的 ATM 网、IP 互联网和 MPLS 网等以及承担传输功能的 SDH 和 WDM 等,一个典型的全业务大型运营商通常至少拥有 20~30 个这样类型的网络,相应地每一个业务网络都建设了自己的接入层网络,这样不仅建网成本很高,而且由于每一种网络的管理和控制方法是在不同的历史条件下发展起来的,每个业务网络的控制方法存在很大的差异,整个网络的管理非常复杂,整个接入层网络也呈现出一种极其纷繁复杂的场景。

对于每个业务网络,之前的建设方式是独立建设各自的接入层网络。即使是支持相同接入业务类型的接入网,由于采用的媒质不同,接入技术不同,以及投入的设备类型的不同,也加剧了整个接入层网络的复杂性。因此接入层网络涉及的技术种类是最丰富和最复杂的,从 TDM、SDH、ATM、IP、以太网、RPR、xDSL 和 xPON,到光纤直连、PDH、MSTP、DDN、FR 和 X.25,等等,都可以在接入网中找到踪迹,一方面是业务的发展,一方面是网络的发展,使得目前的接入层网络可以说是最复杂的网络。

② 宽带接入网络获得了飞速的发展,主要是以 DSL 和光纤+LAN/Cable 接入为主,全光接入网络开始升温。

在 2001 年年底,中国有 3 370 万互联网用户,但是宽带用户数量只有不到 200 万户,90%以上的用户仍在传统的拨号方式上网。但随着我国宽带基础服务覆盖率的不断扩大,宽带用户规模快速增长,宽带逐步成为我国网民上网的主流手段。截至 2010 年 12 月,我国网民规模达到 4.57 亿,在使用固定网络接入互联网的群体中,宽带普及率达到 98.3%,宽带网民规模超过 4.5 亿。2010 年,我国基础电信企业互联网宽带接入用户净增 2 236 万户,总数达到 12 634 万户。我国宽带接入已走过 10 年的发展历程,虽然 10 年前 ADSL 与 FTTx+LAN 在我国同时起步,但随后 ADSL 发展更为迅猛,ADSL 成为了我国宽带接入的主流手段,占据近 80%的市场份额。根据市场研究公司 Point-Topic 的数据,截至 2010 年 12 月,中国 DSL 用户数达 10 248 万,FTTx 用户数达 2 625 万。无论是网民数,宽带用户数,还是 FTTx 用户数,我国都已排在世界第一。

从全球看,截至 2010 年 6 月,DSL 用户数为 3.20 亿,占宽带用户总数的 64.3%;Cable 接入用户数接近 1 亿,占 20.1%;FTTx 用户数为 6 580 万,占 13.21%。全球宽带接入技术手段也呈现明显的地域特点,日本、韩国和中国等亚太国家的 FTTx 比例高,北美的 Cable 接入比例高,欧洲的 DSL 比例高。

在所有的宽带接入技术中, ADSL 接入网络得到了大规模的部署, 基本占据了整个宽带接入市场的 60%~70%, 其升级换代技术 ADSL2+标准和技术已经成熟, 正在代替 ADSL 成为新的主流部署方式; 而 VDSL2 技术标准开始成熟, 商用设备开始进入市场。

全光接入是 20 世纪 80 年代末兴起的技术, 但由于其成本、技术和市场等方面的障碍, 始终没有得到大规模的应用。然而, 从 2005 年起, 这种局面有了很大的改观, 随着 EPON 和 GPON 技术逐渐成熟, 设备和光纤成本不断降低以及宽带业务需求的驱动, 全光接入再次成为热点, 开始步入规模发展阶段。

③ 虽然接入层光纤网络获得了很大的发展, 但是目前接入层网络还是以铜线接入为主, 尤其是接入最终用户的“最后一公里”。

从接入介质看, 占据接入层网络主要地位的依然是铜线介质, 虽然这些年随着光纤和光器件价格的降低, 以及光接入技术的应用和推广, 接入层的光纤网络得到了很好的发展, 但是从总量看, 实现光纤到户的全光接入用户数依然非常有限, 而担负着用户接入“最后一公里”的主力介质, 依然是铜线, 包括双绞线和一定数量的 CATV 同轴线。

固定无线接入虽然有一些发展, 但是从整体看并没有形成规模。目前主要采用的无线接入技术有基于 IEEE 802.11 的局域无线网 WiFi, 部署在一些“热点”地区, 如机场、展会和高级宾馆的大厅咖啡吧等场所。广域无线接入技术 LMDS 和 MMDS, 也都只是在小范围内部署, 主要还是作为固定网络接入方式的局部补充, 而符合 IEEE 802.16 的 WiMAX 技术, 尚处在试验性商用中, 未得到规模化发展。

④ 大客户接入的重要性日益增强, 由于需求的多样性和竞争性运营商的参与, 使得大客户接入网络呈现技术种类繁多的局面。

大客户接入在接入层网络中占据着一个特殊的地位, 由于需求的多样性, 以及对这块蛋糕的充分竞争, 使得整个大客户接入网络技术种样繁多。支撑大客户接入的承载网络主要包括分组 X.25 交换网、DDN 网、FR/ATM 网、SDH 网和 IP 网等, 其中基于 SDH 技术的 MSTP 和 IP-VPN 承载大客户业务是近年兴起的主流接入方式。

对于大客户来说, 他们对接入网的需求首要的是价格, 其次是多样化的业务接口、高可靠性、业务扩展性以及高安全性, 从运营商的角度来看, 满足大客户的业务需求是他们的首要目标, 其次, 降低成本、提高竞争力也是主要关注点。

从目前发展形势看, 随着大客户业务需求宽带化、组网结构多样化和业务综合化, 原有的 X.25 分组交换网和 DDN 网已经不能满足网络和业务发展的需要, IP 化多业务接入是发展方向。