

电子通信新技术丛书

宽带城域网

与 MSTP 技术

佟卓 谢宇晶 尹斯星 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TN915. 142/30

2007

电子通信新技术丛书

宽带城域网与 MSTP 技术

佟 卓 谢宇晶 尹斯星 编著



机械工业出版社

本书从实际应用的角度出发,由浅入深系统地介绍了宽带城域网,详细论述了各种宽带城域网解决方案,并且着重讲述了多业务传送平台(MSTP)技术。第1章简要介绍了城域网的由来,宽带城域网的定义、体系结构、关键技术、需求和业务定位以及可选的建设方案;随后的几章里按照城域网的核心层、接入层和传送层的顺序,着重论述了构建宽带城域网的各种技术及解决方案,主要包括ATM技术、宽带城域网有线接入技术、宽带城域网无线接入技术、城域波分复用光传送网、MSTP关键技术、内嵌MPLS的MSTP技术、内嵌RPR的MSTP技术、MSR技术以及吉位以太网技术。

通过本书的学习,希望读者不但能够掌握宽带城域网与MSTP技术的基本概念和基本理论知识,而且能够熟练掌握宽带城域网与MSTP技术的解决方案,从而能够轻松地掌握工作中所需要的相关知识来完成具体的实际工作。

图书在版编目(CIP)数据

宽带城域网与MSTP技术/佟卓,谢宇晶,尹斯星编著.
—北京:机械工业出版社,2007.8
(电子通信新技术丛书)
ISBN 978-7-111-21903-3

I. 宽… II. ①佟…②谢…③尹… III. 宽带通信系统—
综合业务通信网 IV. TN915.142

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第109156号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:张俊红
责任编辑:朱林 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧
封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2007年9月第1版·第1次印刷
169mm×239mm·9.875印张·插页·381千字
0 001—4 000册
标准书号:ISBN 978-7-111-21903-3
定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379768
封面无防伪标均为盗版

丛 书 序

当今,经济全球化和网络化已成为一种潮流,电子信息产业在全球范围内的结构调整步伐加快,发达国家制造能力加速向发展中国家转移;与此同时,全球电信业转型步伐加快,技术、网络、业务融合的趋势更加明显,跨国公司纷纷创新发展模式,向更广的信息服务领域拓展。作为发展中国家,我国必须在社会发展过程中更加积极地推进信息化,应用先进的电子信息技术,提高各行业信息化水平,进一步提高我国在全球竞争中的综合国力。

改革开放几十年来,我国信息产业以年均 25% 的速度递增,领先于其他产业的发展,成为我国国民经济的第一支柱产业,在促进国民经济增长、促进经济增长方式转变、促进经济社会协调发展、促进先进文化传播、保障网络与信息安全等方面有着重要的地位和作用。以 2006 年 1~9 月份为例,全国通信业务总量完成 11131.1 亿元,比 2005 年同期增长 25.1%。其中,电信业务总量为 10589.2 亿元,增长 25.5%;邮政业务总量为 541.9 亿元,增长 17.9%。全国通信业务收入完成 5278.5 亿元,比 2005 年同期增长 11.7%。其中,电信业务收入 4799.3 亿元,增长 11.3%;邮政业务收入 479.1 亿元,增长 16.2%。对于电子信息制造业,2006 年 1~9 月,我国规模以上电子信息产业实现销售收入 29988 亿元,同比增长 25.4%,其中制造业实现销售收入 27311 亿元,同比增长 25.6%;软件产业实现收入 2677 亿元,同比增长 23.8%。制造业实现工业增加值为 5740 亿元,同比增长 26.7%;利润总额为 1231 亿元,同比增长 27.7%;出口交货值为 16314 亿元,同比增长 26.8%。在当前阶段,全面建设小康社会的发展战略的实施,社会主义市场经济体制的不断完善,为信息产业发展创造了良好的条件;而信息产业经过多年的发展,整体水平不断提高,这使其进一步发展成为可能。

信息产业作为我国重点发展的高科技产业,对实现以信息化带动工业化,全面推动我国经济的跨越式发展起着重要作用,其技术创新能力在相当程度上将决定未来我国的综合竞争实力。与此同时,我们应该清醒地认识到,电子信息产业是一个受技术影响较大的产业。对于我国的电子信息产业,目前面临着诸多问题:制造业产业结构不尽合理,软件产业比重偏低,集成电路产业整体水平还有较大差距,基础电子产品发展相对滞后;自主创新能力差,核心技术受制于人,产品和应用技术水平不高;运营业务创新能力还不强,业务结构有待优化,网络资源利用率偏低;城乡通信发展不够协调,农村通信发展相对滞后,普遍服务压

力较大；队伍整体素质还不高，高层次、复合型人才严重缺乏，还不能满足行业发展的需要等。然而，电子信息技术涵盖的面非常广，包括计算机通信及网络、图像通信、数字程控交换、移动通信与无线通信技术、数字信号处理技术、电磁场与微波、智能仪器及系统设计、仪器仪表等多个领域。层出不穷的各种电子信息新技术，如 3G、WiMAX、RFID、无线传感器、FMC、IMS、软交换、NGN、NGI 等，一方面给我们带来了新的机遇，另一方面也使得我们面临的问题和矛盾更加激化。不能够及时跟上技术发展的步伐，则必然会被全球产业发展所淘汰；然而过度地追求新技术，同时会因为资金、技术、人才、政策等问题而陷入困境。

为此，我们策划出版这套电子通信新技术丛书，力求从实际应用出发，以新的观点、新的视角来向大家介绍电子通信技术的理论前沿、应用前景和最新动态，以及电子信息产业发展状况，为工程技术人员、科研开发人员和电子信息相关专业在校学生提供参考和帮助，为我国电子信息产业的发展做出自己的一份努力。

丛书编委会

前 言

近年来城域网成为被人们特别看好的热点领域。作为一个已经连续多年走高的设备市场，未来几年城域网设备有很多理由继续保持牛市——宽带不断扩容带来的网络瓶颈上移、NGN 商用对网络资源配置的影响、为 3G 预留的带宽资源等，一系列的迹象表明，城域网依然会在未来几年的电信市场中扮演举足轻重的角色。2006 年既是此前数年为城域网辛勤耕耘的收获年，也是下一轮城域网竞争的播种年。现在随着城域网的不断发展，各类参与城域网设计的科研人员和应用设计工程师供不应求，据预测，今后 10 年内城域网设计人员的需求量会大幅度增加。

目前，随着各类城域网的高速发展，掌握城域网设计已经成为网络工程师不可缺少的基本技能，同时宽带城域网课程在国内许多院校中已经成为相关专业学生必选和争相选修的技术课程。

目前大多数图书均以介绍概念为主，往往忽略对整个网络系统整体的以及实际组网实例的介绍。通常读者仅仅掌握城域网设计系统的基本知识是远远不够的，只有通过对实际系统的讲解才能更深刻地掌握城域网各项技术在实际中是如何应用的，才能够从专业层面上真正地掌握城域网系统。

本书在后半部分对 MSTP 由浅入深地进行详细讲述，使读者能够迅速对 MSTP 建立起概念，并能够找到足够的所需信息。

本书由浅入深、图文并茂、从基本概念入手，逐步引导读者对宽带城域网相关的技术有一个系统的了解和掌握，将收集现有的各项新技术让读者能够跟上时代的步伐。

书中包含着作者多年来学习城域网相关技术的经验总结。作者在编写本书的过程中参考了不少专家和学者的著作、学术论文和经验总结等，在此对他们表示最诚挚的谢意！

限于作者的理论水平和实际开发经验，书中难免存在一些不足之处或者错误，恳望广大读者和相关专家批评指正。

作 者

目 录

丛书序 前 言

第 1 章 宽带城域网概述 1

- 1.1 宽带城域网简介 1
- 1.2 宽带城域网内涵 2
- 1.3 宽带城域网的发展 3
- 1.4 宽带城域网的层次结构 4
- 1.5 宽带城域网的业务模式及
用户需求 6
- 1.6 宽带城域网的服务质量 9
 - 1.6.1 城域网主要的技术体制
要求 9
 - 1.6.2 QoS 9
 - 1.6.3 队列和流量的整形机制 10
 - 1.6.4 QoS 信令控制机制 10
 - 1.6.5 宽带城域网 QoS 的设计
和实现 12
- 1.7 宽带城域网技术简介 13
 - 1.7.1 宽带城域网的数据交换
技术 13
 - 1.7.2 宽带城域网的数据传输
技术 17
 - 1.7.3 宽带城域网的数据接入
技术 19
 - 1.7.4 主要认证技术 25

第 2 章 ATM 技术 30

- 2.1 ATM 技术概述 30
 - 2.1.1 引言 30
 - 2.1.2 ATM 信元 31
 - 2.1.3 B-ISDN 参考模型 33

- 2.1.4 ATM 标准 37
- 2.1.5 ATM 地址格式 39
- 2.2 ATM 交换原理 39
 - 2.2.1 ATM 交换的特点 40
 - 2.2.2 VP/VC 交换 40
 - 2.2.3 ATM 交换原理 42
 - 2.2.4 基本排队机制 43
 - 2.2.5 共享存储器交换机的
模型 44
- 2.3 ATM 通信量管理 48
 - 2.3.1 服务质量 48
 - 2.3.2 通信量的整形和控制 49
 - 2.3.3 拥塞控制 49
- 2.4 ATM 与 IP 结合的技术 50
 - 2.4.1 简介 51
 - 2.4.2 LANE 52
 - 2.4.3 CLIP 54
 - 2.4.4 MPOA 55
 - 2.4.5 IP 交换 56
 - 2.4.6 标签交换 57

第 3 章 宽带城域网有线接入 技术 59

- 3.1 接入网基本概念分析 59
 - 3.1.1 接入网的定义 59
 - 3.1.2 接入网的接口 59
 - 3.1.3 接入网的功能模块 60
- 3.2 接入网的发展历史 61
- 3.3 宽带接入技术 62
 - 3.3.1 DSL 接入 62
 - 3.3.2 基于 HFC 的 Cable Modem
接入 63
 - 3.3.3 以太网接入 63

3.3.4 光纤接入	64	4.1.4 IEEE 802.11 的协议参考模型	91
3.3.5 无线接入	65	4.1.5 物理层协议的功能及传输技术	92
3.3.6 电力线载波接入	65	4.1.6 MAC 层功能	94
3.3.7 宽带城域网接入技术的比较	65	4.1.7 IEEE 802.11 MAC 的主要技术	96
3.4 ADSL/ADSL2/ADSL2+ 技术的产生	67	4.2 WiMAX	99
3.5 ADSL/ADSL2/ADSL2+ 技术的原理	70	4.2.1 WiMAX 的历史与现状	99
3.5.1 ADSL/ADSL2/ADSL2+ 技术的编码调制	70	4.2.2 WiMAX 的技术标准	99
3.5.2 DMT 调制在 ADSL/ADSL2/ADSL2+ 技术中的应用	73	4.2.3 WiMAX 物理层的关键技术	101
3.6 ADSL2/ADSL2+ 与 ADSL 的比较	76	4.2.4 MAC 层特性	103
3.6.1 ADSL2/ADSL2+ 传输速率的提高和传输距离的增大	76	4.2.5 促进 WiMAX 发展的关键技术	104
3.6.2 ADSL2/ADSL2+ 提供更好的线路诊断方法	78	4.2.6 WiMAX 和 IEEE 802.11、IEEE 802.20 的联系和区别	105
3.6.3 ADSL2/ADSL2+ 的节能管理	79	4.2.7 WiMAX 的应用前景	108
3.6.4 ADSL2/ADSL2+ 的无缝速率自适应功能	80	4.3 3G	108
3.6.5 数据绑定提供更高的速率	81	4.3.1 3G 概述	108
3.6.6 支持 DSL 通道上的语音传输	81	4.3.2 第三代移动通信主流技术标准比较	109
3.6.7 ADSL2+ 相对 ADSL2 的功能扩展	82	4.3.3 TD-SCDMA 在 3G 建设中的重要作用	113
3.7 ADSL2/ADSL2+ 的应用前景	84	4.3.4 第三代移动通信相关技术及过渡策略	117
第 4 章 Wi-Fi、WiMAX 和 3G	85	4.4 我国宽带无线技术的发展走势分析	126
4.1 无线局域网	85	第 5 章 城域波分复用光传送网	129
4.1.1 无线局域网的优势	87	5.1 WDM 技术的发展	129
4.1.2 IEEE 802.11 标准	88	5.2 WDM 技术的特点	130
4.1.3 IEEE 802.11 的网络拓扑结构	90	5.3 城域 WDM 系统的要求	132
		5.4 光纤的基本特性	133
		5.5 WDM 技术原理	134
		5.6 WDM、DWDM 与 CWDM	136

5.6.1 早期应用	137	6.5 MSTP 的特点	174
5.6.2 城域核心网用 DWDM	137	6.6 MSTP 的技术基础	175
5.6.3 城域接入网用 CWDM	138	6.7 MSTP 应用中要注意的问题	177
5.7 城域网 DWDM	138	6.7.1 MSTP 和数据设备的 关系	177
5.7.1 DWDM 技术走势	139	6.7.2 MSTP 的互连互通问题	178
5.7.2 DWDM 的优越性	140	6.8 与其他方案的对比	178
5.7.3 DWDM 的应用形式	142	6.9 MSTP 的发展前景	179
5.7.4 DWDM 的系统组成	142		
5.7.5 DWDM 城域网的组网 方式	143	第 7 章 基于 MPLS 技术的宽带 城域网	184
5.7.6 DWDM 环网保护	145		
5.8 CWDM	148	7.1 MPLS 的基本原理	184
5.8.1 CWDM 的关键技术	149	7.1.1 MPLS 的网络结构	184
5.8.2 CWDM 技术的适用场合	151	7.1.2 标签报文的转发	184
5.8.3 CWDM 技术的各种应用 方式	151	7.1.3 标签的语意	185
5.8.4 CWDM 的技术优势	156	7.1.4 标签的粒度	186
5.9 DWDM 与 CWDM 的比较	157	7.1.5 标签空间	186
5.9.1 波长间距的比较	157	7.1.6 标签堆栈	187
5.9.2 成本的比较	158	7.1.7 标签映射	189
5.9.3 功耗的比较	158	7.1.8 标签赋值	189
5.9.4 接口的比较	158	7.1.9 标签的封装	191
5.10 两种技术共用	158	7.1.10 标签的分配和分发	192
第 6 章 MSTP	160	7.1.11 标签分配的控制方式	192
6.1 SDH 原理简介	160	7.1.12 标签保持方式	193
6.1.1 SDH 的优点	160	7.1.13 标签转换	193
6.1.2 SDH 的速率及帧结构	160	7.2 标签分配协议	194
6.1.3 SDH 的复用结构及复用 方法	161	7.2.1 LDP	194
6.1.4 SDH 的开销功能	162	7.2.2 CR-LDP	195
6.1.5 SDH 传送网的保护与 恢复	165	7.2.3 RSVP-TE	195
6.1.6 基于 SDH 技术网络结构的 分析	167	7.3 标签交换路径	196
6.2 MSTP 的产生	169	7.3.1 标签交换路径的概念	196
6.3 MSTP 的概念	171	7.3.2 LSP 中倒数第二跳标签弹 出栈	197
6.4 MSTP 的结构及系统原理	172	7.3.3 LSP 建立的控制模式	197
		7.3.4 LSP 路由选择	198
		7.3.5 BGP 边界路由器间的 LSP 隧道	199
		7.3.6 基于约束的 LSP	201

7.3.7 利用 RSVP 建立隧道 式 LSP	202	方案	250
7.4 MPLS 与路由协议的关系	204	8.11 RPR 的保护方式介绍	251
7.5 MPLS 聚合与流合并	204	8.11.1 源节点定向方式	251
7.6 MPLS 的环路控制	207	8.11.2 环回方式	251
7.6.1 环路处理的必要性	207	8.11.3 两种保护方式的比较	252
7.6.2 环路处理方法	208	8.11.4 基于业务的保护方式	253
7.7 MPLS 的技术优势	211	第9章 MSR 技术	259
7.8 基于 MPLS 的 QoS	212	9.1 MSR 的产生	259
7.9 基于 MPLS 的 VPN	214	9.2 MSR 的技术特点和功能	260
7.9.1 MPLS VPN 概述	214	9.3 MSR 协议概述	263
7.9.2 MPLS VPN 技术分析	215	9.4 MSR 系统节点的组成与基本 要素	264
7.9.3 L2 MPLS VPN 与 L3 MPLS VPN 的比较	219	9.5 MSR 的成帧器与通用帧 格式	265
第8章 宽带城域网环网 技术	222	9.6 MSR 的拓扑结构	267
8.1 早期环网技术简介	222	9.7 MSR 的应用和组网	268
8.1.1 令牌环网	222	9.8 采用 MSR 的新型宽带城域网 技术	270
8.1.2 FDDI 技术	222	第10章 吉位以太网技术	273
8.1.3 EoS 技术	223	10.1 局域网标准体系结构	274
8.2 弹性分组环技术的产生	223	10.2 以太网	275
8.3 RPR 网络特点	224	10.2.1 以太网的发展过程	275
8.4 空间复用协议技术	226	10.2.2 以太网标准 (IEEE 802.3) 的结构	276
8.4.1 SRP 的背景	226	10.2.3 以太网集线器	277
8.4.2 SRP 的数据包格式	226	10.3 1000BASE-X	278
8.4.3 SRP 的数据包处理流程	231	10.3.1 MAC 帧的统一格式	278
8.5 RPR 带宽分配公平算法	240	10.3.2 吉位以太网 PHY 层 结构	279
8.6 RPR 关键技术	242	10.3.3 RS 子层和 GMII	280
8.6.1 RPR 的结构及 MAC 层 功能	242	10.3.4 1000BASE-X 的物理编码 子层	280
8.6.2 RPR 的协议栈	242	10.3.5 TBI 和 PMA	286
8.6.3 RPR 的帧结构	242	10.3.6 1000BASE-X 的 MDI 子层	286
8.6.4 自动拓扑发现	244	10.4 1000BASE-T	287
8.7 RPR 的流量分类	245		
8.8 RPR 的发送机制原理	245		
8.9 RPR 的带宽预留机制	250		
8.10 基于 MPLS 的 RPR 的 QoS			

10. 4. 1	1000BASE-T 的发展 过程	287	10. 4. 7	均衡器和 VITERBI 译 码器	295
10. 4. 2	1000BASE-T 的发送电路 功能框架	289	10. 4. 8	最大似然比序列估计和 VITERBI 算法	296
10. 4. 3	随机数发生器	289	10. 4. 9	能消除码间串扰的 VITERBI 译码器	298
10. 4. 4	Trellis 编码调制	291	10. 4. 10	1000BASE-T 的译码 电路	300
10. 4. 5	1000BASE-T 的接收 电路	293			
10. 4. 6	回波抵消器和近端串扰消 除器	294	参考文献		301

第 1 章 宽带城域网概述

1.1 宽带城域网简介

近年来,城域网面临的首要问题是带宽“瓶颈”。在用户侧,由于低成本吉位以太网的出现和发展,局域网的速率上了一个大台阶;在长途网侧,由于 WDM (Wavelength Division Multiplexing, 波分复用) 技术的发展,传输容量扩展了几个数量级,因而使得中间的城域网/接入网成为全网的带宽“瓶颈”。

进入 21 世纪以来,互联网得到了迅速的发展,用户爆炸性增长和三网合一的需要对网络带宽以及提供业务的灵活性提出了越来越高的要求。随着全民信息化意识的提高,政府机关、学校内部网的建设已进入了普及阶段,企业、商业大厦和部分住宅小区的局域网建设已有相当的规模,在用户习惯内部信息高速交换之后,迫切希望能得到高速的广域的信息交换。另外互联网出口速率和骨干网的不断扩容也为宽带城域网的建设提供了条件。正是在这种背景下,近年来宽带城域网开始受到各电信运营商的普遍关注,成为网络建设的热点。目前,我国的各大电信运营商,如中国电信、联通、网通、铁通、移动以及广电部门都把宽带网络的建设作为各自发展的主要方向,宽带网即将成为新的利润增长点 and 强有力的竞争手段。

由于宽带城域网是网络运营商发展增值业务和用户接入的核心,是运营商业发展的立足之处,因此也是运营商在发展业务、发展用户方面竞争最激烈的地方,这种竞争导致网络运营商在宽带城域网的投资要超过骨干网,因此宽带城域网的建设始终是运营商网络建设的重点。另外,由于宽带城域网技术变化快,在关键技术的选择和组网方法上存在着很大的差异,这种差异最终反映在工程的投入和回报上。面对复杂且技术趋势不很明朗的宽带城域网,如何定位网络,如何选取合适的网络技术,关系到网络的运营、盈利和可持续发展。因此,追踪技术发展,研究宽带城域网的发展策略是必要的。

宽带城域网综合了计算机网络、电信等多种技术,并在交换、传输、接入和认证等方面存在特殊要求。在这一领域,许多研究团体、厂商都进行了大力研究,因而它的技术发展很快。就近年来的工程建设来看,宽带城域网的建设有采用传统的异步传输模式(ATM)方案,也有采用吉位交换式路由器方案,或是多协议标签交换(Multi Protocol Label Switching, MPLS)方案等。由于可以选择

的方案多且各具特色,因此现今城域网的建设没有一个固定模式,而对于运营商来说,采用什么样的组网方案是一个很困惑的问题。

宽带城域网在层次结构上可以划分为核心、汇聚、接入三个层次。对于具体采用的技术,可以按照核心交换、传输、接入三个方面进行分析。由于各种技术在不同的应用场合,存在着各自的优缺点和差异,因而运营商在建设城域网时需要根据自身的优势、业务类型等特点选择建设方案。

1.2 宽带城域网内涵

城域网 (Metropolitom Area Network, MAN) 最初产生于局域网互联和数据新业务发展的需要,在 1990 年发展成为 IEEE 所规范的一种覆盖城域范围的特定新型计算机网络,正式形成并成为分布式队列双总线 (Distribute Quere Dual Bus, DQDB) 的 IEEE 802.6 标准,以后随着形势的变化逐渐发展成为各类不同背景新兴运营公司的区域性多业务通信网,传统电信运营公司也开始在其相应的局间中继网范围内大量建设类似的区域性多业务通信网。近年来城域网已经成为社会和业界关注的热点和竞争点。随着广域网和局域网技术在城域环境中的应用,目前流行的宽带城域网已经不是一种特定的技术,而是一种概念,或者说是各类网络技术在城域范围内的综合应用,它的技术本质是未来以数据业务为主的网络在城域范围内的雏形和缩影。

从基本特征看,城域网是一种主要面向企事业用户的、最大可覆盖城市及其郊区范围的、可提供丰富业务和支持多种通信协议的公用网,实际上也是一种带有某些广域网特点的本地应用型公用网,可以说城域网的关键特征是公用多业务网,从而带来了一系列有别于其他网络的特点。城域网既不同于局域网,也不同于广域网。城域网与局域网的主要区别首先是网络性质不同,局域网是企事业专用网,而城域网是面向公用网应用和多用户环境的;其次是传输距离的扩展,典型局域网的传输距离为数千米,而城域网范围可扩展到 50 ~ 150km;最后是业务范围的扩展,典型局域网通常主要提供数据业务,而城域网的业务范围不仅有数据,还有语音和图像,是全业务网络。

宽带城域网是为满足网络接入层带宽大幅度增长的需求而建立的,主要针对数据及多媒体业务,它的基本定位是信息高速公路的网络平台和应用平台。在地理范围上以城市为中心,并向外辐射,覆盖一定的地域;在技术上综合采用了各种广域网技术 (IP over ATM、IP over SDH (Synchronows Digital Hierarchy, 同步数字系列)、IP/MPLS 和 ATM/MPLS 等),局域网技术 (以太网技术如 10Mbit/s、100Mbit/s、1000Mbit/s VLAN (虚拟局域网) 等);在工作层面上,它既不是局域网在地理范围上的简单扩大,也不是广域网在规模、地理范围上的缩小,而是

两者科学、合理地综合应用（采用取长补短的融合以及交互使用）；在传输媒质上，主要采用光纤、铜芯线、同轴电缆、5类非屏蔽双绞线 UTP 电缆、微波以及它们的综合等；在接入方式上主要采用以太网、OR、DDN（Digital Data Network，数字数据网）、FR、LMDS（Local Multipoint Distribute Service，本地多点分配业务）、ATM、扩展微波等；在应用上主要提供普通家庭用户和集团用户高速接入因特网、局域网互联以及 VPN（Virtual Private Network，虚拟专用网）/VP-DN（Virtual Private Dialup Network，虚拟专用拨号网）等业务。总之，宽带 IP 城域网应是宽带、高性能、综合多种业务、覆盖面广，既具有电信级安全可靠保证，又可满足大量 IP 业务增长需求，且便于维护、管理的网络。

城域网与广域网或长途网的主要区别首先是容量，广域网或长途网要求很高的容量，而城域网只需中等容量即可；其次是覆盖距离的缩小，典型广域网或长途网的传输距离可达数千千米；再有是支持的客户层信号不同，广域网或长途网目前只支持 SDH，将来预计也只有 SDH 和以太网，而城域网需要支持各种客户层信号，而且要能很快地提供客户层信号所需的带宽；最后是允许的成本不同，广域网或长途网的高容量可由成千上万的大量用户共享，因而可以允许较高的成本，而城域网不行。特别是城域网的成本关键是节点，而非线路，而长途网恰好相反。

总的来看，城域网是高度竞争和开放的网络环境，受用户和应用驱动，基本特征是业务类型多样化，业务流向流量的不确定性，它不仅是传统广域网与局域网的桥接区或传统长途网与接入网的桥接区，也是底层传送网、接入网与上层各种业务网的融合区，还是传统电信网与数据网的交叉融合地带乃至未来的三网融合区，因而各种不同背景的技术在此碰撞交融，往往会在复杂的融合过程中产生新的衍生体，多样化将是城域网有别于长途网的重要特点。

城域网的建设将使城市的通信业务（包括传统电信所能提供的电话、有线电视提供的电视节目传送，以及通过计算机网络所实现的网上购物、网上医疗、网上股市交易、网上教学、视频点播、会议电视等）有机地整合在同一个 IP 宽带网络平台上。上述目标并非可以一蹴而就，城域网的建设必须以现实为基础、以客户的需求为导向，采取循序渐进的策略逐步实施。

1.3 宽带城域网的发展

在传统的电信行业中，伴随着 SONET（Synchronous Optical Network，同步光网络）/SDH 的使用，环形的 SDH 城域网一直是电信运营商连接接入网和中心局（Central Office，CO）以及业务入网点的主要手段。随着互联网数据中心（Internet Data Center，IDC）、存储域网（Storage Area Network，SAN）等新型业务节点

的大量出现,城域网所连接的范围不断扩大。局域网的宽带化,进一步促进了宽带城域网的发展。

最近,宽带城域网的建设在全球如日中天,国外的传统运营商纷纷加大 MAN(城域网)的建设力度。由于看好城域网的盈利前景,一些新兴的专门在城域提供 Ethernet(以太网)业务的新运营商不断出现。此外,在欧美还有以城市政府牵头,将政府机构、医院、警察局、消防局等公益部门连接成宽带网络,以及以智能大厦群为单位的区域网络。例如,在瑞典有以居民居住的社区为单位的宽带网络,韩国则以电信业务为主,将传统的城区本地电信业务扩展为宽带城域网。一般来讲,城市越发达,它的城域网也越先进。纽约、巴黎、伦敦等城市都有多个运营商在同时建设宽带城域网。城域网所提供的带宽也从 155Mbit/s、622Mbit/s 向 2.5Gbit/s、10Gbit/s 发展。一些运营商不仅提供较宽的带宽,而且还向用户提供服务质量承诺,例如:保证网络每年的故障时间不超过 5min。

我国从 20 世纪 90 年代开始,电信运营商就开始在一些大城市建设宽带城域网,如中国电信在北京、上海一些大城市建设基于 SDH 和 ATM 的城域网。随着因特网的发展需要,由路由器和密集波分复用(DWDM)设备组建的纯 IP 形式的城域网开始成为建设重点。我国的城域网在所采用的技术上与国外差距不大,上海已经率先建设光城域网。

城域网作为电信运营商和业务提供者的建设热点,市场规模迅速扩大。目前的城域网使用了多种技术,包括 SDH、ATM、以太网和 DWDM 等,但光城域网是公认的未来发展方向。

1.4 宽带城域网的层次结构

作为一个大型的 IP 网络,合理划分网络层次结构是大型网络稳定、高效运行的保证,城域网的组织层次如图 1-1 所示。

从广义角度上来分,一个 IP 城域网应该是三方面内容的综合:“基础设施”、“应用系统”和“信息”。基础设施包括数据交换设备、城域传输设备、接入设备和业务平台设备;城域网的应用系统由基本服务和增值服务两部分组成,这些服务如同高速公路上行驶的各种车辆,为用户运载各种信息;信息包括科技、金融、教育、财政和商业等数据,以及环绕这些数据的各种信息系统。

从网络结构上来分,根据目前的技术现状和发展趋势,一般将城域网的结构分为三层:核心层、汇聚层和接入层。城域网的核心节点和汇聚节点又统称为骨干节点,它们就是未来的 IP 目标局,支持窄带(PSTN/ISDN/DDN/FR PVC 等)和宽带(ADSL/以太网/ATM PVC 等)的 IP 综合接入,相互之间采用市内光纤或高速传输线互联。

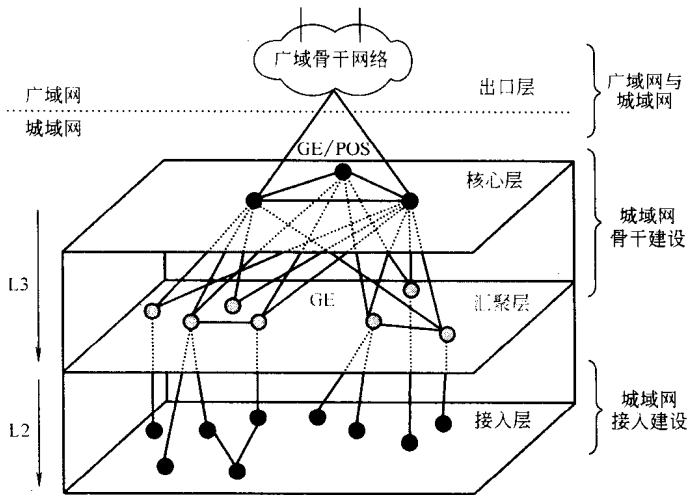


图 1-1 宽带城域网层次结构

1. 核心层

IP 城域网核心层主要负责进行数据的快速转发以及对整个城域网路由表的维护，同时实现与 IP 广域骨干网的互联，提供城市的高速 IP 数据出口，其网络结构重点考虑可靠性和可扩展性。核心层主要由传输网络与核心交换设备构成。传输网络一般采用高容量的传输设备，负责完成数据的传送；核心路由交换设备负责建立和管理承载连接，并对这些连接进行交换和路由。

核心层节点位置选择应结合业务分布、机房条件、光纤布设等情况综合考虑，一般应设置在城区内；核心层节点数量根据实际网络需要进行设置；核心节点间原则上采用网状或半网状连接。

2. 汇聚层

IP 城域网汇聚层居于核心层和接入层中间，主要实现如下功能：扩展核心层设备的端口密度和端口种类；扩大核心层节点的业务覆盖范围；汇聚接入节点，解决接入节点到核心节点间光纤资源紧张的问题；实现接入用户的可管理性，当接入层节点设备不能保证用户流量控制时，需要由汇聚层设备提供用户流量控制及其他策略管理功能。此外，除基本的数据转发业务外，汇聚层还必须能够提供必要的服务层面的功能，包括带宽的控制、数据流 QoS 优先级的管理、安全性的控制、IP 地址翻译、数据流流量整形等一系列的功能。

在进行 IP 城域网建设中，汇聚层一般采用高性能大容量的三层交换机设备；汇聚层节点的数量和位置的选定与当地的光纤和业务开展状况相关，一般在城市的远郊和所辖县城设置汇聚层节点；核心层节点与汇聚层节点间采用星形连接，

在光纤数量可以保证的情况下，每个汇聚层节点最好能够与两个核心层节点相连。

3. 接入层

IP 城域网接入层负责提供各种类型用户的接入，在有需要时提供用户流量控制功能。接入层节点的设置主要是为了将不同地理分布的用户快速有效地接入骨干节点。接入层节点可以根据实际环境中用户数量、距离、密度等的不同，设置一级或级联接入。由于用户端设备端口需求量较大，因此要求接入设备要有优良的性价比。

当前用于提供宽带接入的方式主要有 xDSL、Cable Modem 和光纤 + LAN（局域网）等技术。其中，xDSL 适用于零散分布用户或不计划改造现有双绞线布线计划的小区、大厦用户，并可作为信息化大厦小区建设的补充接入方式；Cable Modem 主要适用于布设有有线电视网的住宅区；光纤 + LAN 方式主要适用于用户密集的住宅小区和商业大厦。接入层节点到汇聚层节点间的网络连接依据设备情况而定，比如，当接入层节点使用二三层交换机等设备时，一般采用星形连接，每个接入层节点与一个汇聚层节点相连；接入层节点使用宽窄带综合接入环路设备时，接入层使用环形连接，每个接入环上有一个节点与汇聚层节点相连；接入层节点使用宽带 PON（Passive Optical Network，无源光网络）设备时，接入层使用树形连接，PON 局端设备与汇聚层设备相连。接入层是整个 IP 城域网建设中的重中之重，关系到用户群的覆盖效果，直接影响城域网运营的效益。

这种层次化设计的好处是网络结构清晰，拓扑简单，每层完成网络不同的功能。对于大型电信级网络的设计一般都要遵循这样的设计原则，只有层次化结构的设计，才具有好的扩展性和可伸缩性。

1.5 宽带城域网的业务模式及用户需求

对于宽带城域网来说，业务定位非常重要，它在决定网络建设时采用何种关键技术方面起着举足轻重的作用。未来以 IP 为基础的网络业务是全方位的，但是在目前，由于各种传统业务网络技术成熟健全，其所带来的经济效益仍占主要地位，其技术寿命和使用寿命仍可挖掘。因此现阶段城域网的建设着重在数据方面寻找新的利润增长点。

根据当前数据网的发展现状，城域网的业务定位是作为广域骨干网在城市范围内的延伸，承载各种多媒体业务，汇聚宽、窄带用户的接入，以网络的可管理性、可扩充性为基础，满足政府部门、企业、个人用户对各种基于宽带多媒体业务（互联网访问、虚拟专用网等）的需求。

城域网承载业务的特性将是宽带化、综合化和个性化。业务开展的形式将着