

"十五"国家重点图书出版规划项目: **光通信技术丛书**

弹性分组环

T A N X I N G F E N Z U H U A N

编著 陶智勇 张继军
包立明 王 进



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

弹性分组环

陶智勇 张继军 包立明 王 进 编著

北京邮电大学出版社
·北 京·

内 容 简 介

弹性分组环是下一代的分组化的传送平台。由 IEEE 802.17 工作组制定的 RPR 技术吸收了吉比特以太网的经济性,SDH 环保护的先进性,可以有效承载具有突发特点的 IP 业务,同时支持传统 TDM 业务的传送,有比较好的带宽公平机制和拥塞控制机制。到 2003 年 4 月底,IEEE 802.17 已推出 RPR 的 2.2 版本。本书是以该版本为基础编写的。本书的第 1 章综述了城域传送网技术的发展,第 2 章介绍了 RPR 标准化组织与技术进展等背景知识,第 3 章到第 8 章分别从 MAC 参考模型及帧结构、MAC 数据通路、RPR 拓扑发现、RPR 的公平性、RPR 的物理层功能和特性等方面详细地讨论了 RPR 技术,第 9 章则介绍了 RPR 的网络管理。随着数据业务日益成为通信网络承载业务的主要业务类型,以及 IEEE 802.17 标准化工作的日趋完善,RPR 的应用将越来越广,就像 SDH 技术取代 PDH 技术迅速成为主流的数字传输技术一样,RPR 有可能会真正开启一个数据传输的新时代。

图书在版编目(CIP)数据

弹性分组环/陶智勇等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2003

ISBN 7-5635-0769-8

I. 弹... II. 陶... 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(2003)第 059813 号

书 名:弹性分组环

编 著:陶智勇 张继军 包立明 王 进

责任编辑:王晓丹

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(100876)

电话传真:010-62282185(发行部) 010-62283578(FAX)

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京源海印刷有限责任公司

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:19

字 数:473 千字

印 数:1—3 000 册

版 次:2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0769-8/TN·301

定 价:32.00 元

前 言

近年来,信息化建设发展得非常快,政府上网、企业上网、家庭上网,一系列工程的启动使得我们对城域网的要求越来越高了。“城市信息港”已经成为一个城市的基础设施之一,是一个现代化城市在信息时代的重要标志。与骨干网相比,城域网具有业务种类多、业务调度转接多、业务流量变化大的特点,其应用的技术也呈多样化。业务类型的变化同时带来物理层基础网络的变化,运营商重组使得运营商面临着对城域传送网络重新规划设计和建设的任务。基于分组的多业务传送平台主要包括两种方式:基于以太网技术和基于弹性分组环(RPR)技术。

有人说分组化的传送平台——弹性分组环——是下一代的城域传送网的主流技术。由 IEEE 802.17 工作组制定的 RPR 技术吸收了吉比特以太网的经济性、SDH 系统 50 ms 环保护特性,采用类似以太网的帧格式,结合 MPLS 标记的思想,基于 MAC 高速交换,简化 IP 传送,RPR 帧封装比 POS 更简化、更灵活,RPR 同时具有空间复用机制;RPR 技术可以支持更细致的带宽颗粒,网络成本较低,可以承载具有突发性的 IP 业务,同时支持传统语音传送,有比较好的带宽公平机制和拥塞控制机制。中国网通、广东电信等国内外的运营商开始建设 RPR 的实验网。随着数据业务日益成为业务的主体,随着 IEEE 802.17 标准化工作的进行,RPR 的应用将越来越广,就像 SDH 技术取代 PDH 技术迅速成为主流的数字传输技术一样,RPR 与高速以太网的结合甚至极有可能会真正开启数据传输的新时代。

本书是在国际电信联盟组织的成员、武汉邮电科学研究院副院长、总工程师毛谦老师的指导下编写的。从 2001 开始,我们就在毛谦老师的指导下,跟踪 IEEE 802.17 标准化工作,到 2003 年 4 月底,IEEE 802.17 已推出 RPR 的 2.2 版本。本书是以该版本为基础编写的。本书的第 1 章综述了城域传送网技术的发展,第 2 章介绍了 RPR 标准化组织与技术进展等背景知识,第 3 章到第 8 章从 MAC 参考模型及帧结构、MAC 数据通路、RPR 拓扑发现、RPR 的公平性、RPR 的物理层详细地讨论了 RPR 技术,第 9 章则介绍了 RPR 的网络管理。

本书的主要作者陶智勇、张继军具有多年从事光纤通信、数据通信等课程教学与通信网络研究、设备总体规划的经验,曾经编写过通信技术相关的多本教材。王进、蔡进、胡佳妮等人参与了部分编写与校对工作,贺秋菊、杜文娟参与了文字录入、排版工作。在本书的编写过程中,得到武汉邮电科学研究院烽火科技学院李勇院长及烽火科技集团相关领导的大力支持和帮助,毛谦院长在百忙之中悉心审阅了书稿并提出了宝贵的修改意见,在此深表感谢。

本书可作为理工院校通信工程、电子信息工程等专业教材,也可作为从事电信工作的专业技术人员和管理人员的培训教材或自学参考书。

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。

作者

2003 年 7 月于武汉

目 录

第1章 城域传送网的发展

1.1 城域网及其重要地位	1
1.2 城域网的结构	3
1.2.1 城域网的结构	4
1.2.2 城域网与骨干网的比较	7
1.2.3 城域网建设的几点考虑	9
1.3 基于 SDH 的多业务传送平台	10
1.3.1 MSTP 的总体结构	10
1.3.2 以太网在 MSTP 上的实现	11
1.3.3 ATM 统计复用接入在 MSTP 上的实现	13
1.3.4 SDH/MSTP 生存期分析	14
1.4 基于 WDM 的多业务传送平台	15
1.4.1 城域 WDM 系统的功能要求	15
1.4.2 城域 WDM 系统对光纤的要求	16
1.4.3 城域 WDM 系统中器件的要求	17
1.5 基于以太网的多业务传送平台	24
1.5.1 以太网的历史	24
1.5.2 以太网技术成功的因素	26
1.5.3 以太网技术发展前瞻	28
1.6 基于 RPR 的多业务传送平台	29
1.6.1 弹性分组环	30
1.6.2 RPR 技术的特征	30
1.7 MSR 概述	34
1.7.1 MSR 的诞生背景	34
1.7.2 MSR 协议	35
1.7.3 MSR 拓扑结构	35
1.7.4 MSR 系统的组成与主要构件	36
1.7.5 MSR 成帧器与通用帧格式	37
1.7.6 MSR 的市场定位、应用与特点	38
1.8 城域网的发展趋势	40

1.8.1 城域网的预测	40
1.8.2 未来城域网网络结构	41
1.8.3 城域网解决方案面临的技术难题	43
1.8.4 GMPLS 控制和业务管理	43

第2章 RPR 标准化组织与技术进展

2.1 IEEE 802 系列标准	45
2.2 RPR 的标准化进程	48
2.2.1 3 个 RPR 相关的国际组织	48
2.2.2 目前已完成的标准内容	49
2.2.3 RPR 的市场应用前景	50
2.3 动态分组传送技术	51
2.3.1 动态分组技术 DPT 概述	51
2.3.2 DPT 的关键技术	52
2.3.3 DPT 的应用	56
2.4 弹性分组传送技术	58
2.4.1 RPT 的 MAC 帧	58
2.4.2 嵌入式控制协议	59
2.4.3 自动拓扑发现机制	59
2.4.4 保护倒换机制	60
2.4.5 环同步机制	60
2.4.6 RPT 与其他技术相比	61
2.5 RPR 与其他技术的比较	62
2.5.1 RPR 与 SDH 技术的比较	62
2.5.2 RPR 与千兆以太网的比较	64
2.5.3 RPR 与 POS 技术的比较	64
2.5.4 RPR 与 DPT 技术的比较	64

第3章 RPR 的 MAC 参考模型及帧结构

3.1 弹性分组环的基本概念	66
3.1.1 环的结构和操作	67
3.1.2 业务类别	68
3.1.3 MAC 层的结构	69
3.1.4 拓扑发现机制及环境保护功能	69
3.1.5 带宽的公平调度	70
3.2 MAC 参考模型	71
3.3 媒体访问控制提供的服务	74
3.3.1 媒体访问控制(MAC)的业务类型	74
3.3.2 对客户层的 MAC 业务	75

3.3.3 MAC 数据通路	78
3.4 弹性分组环的通用帧结构	78
3.5 弹性分组环的控制帧格式	81
3.6 弹性分组环的公平帧格式	82
3.7 空闲帧和无效的弹性分组环帧	83

第4章 MAC 数据通路

4.1 概述	85
4.2 RPR 流量分类和 MAC 数据通路的结构	86
4.2.1 RPR 的流量分类	86
4.2.2 MAC 数据通路的基本结构	88
4.2.3 带宽回收	89
4.2.4 可环回数据通路	89
4.3 环选择	90
4.3.1 环选择概述	90
4.3.2 环选择的客户控制	91
4.4 带宽分配	92
4.4.1 单队列统一带宽分配	93
4.4.2 双队列统一带宽分配	94
4.4.3 单队列空间带宽分配	94
4.4.4 双队列空间带宽分配	95
4.4.5 累积的环带宽分配	96
4.5 发送速率同步	97
4.5.1 为什么需要发送速率同步功能	98
4.5.2 发送速率同步的实现机理	98
4.6 速率控制和 MAC 调节器	99
4.6.1 MAC 调节器的通用描述	100
4.6.2 MAC 调节器的分类和工作原理	101
4.6.3 调节器流控指示信号的产生	104
4.7 MAC 数据通路的设计和操作	107
4.7.1 单队列 MAC 的设计和发送操作	107
4.7.2 双队列 MAC 的设计和发送操作	110
4.7.3 MAC 数据通路的接收操作	113

第5章 无线局域网 WLAN

5.1 拓扑发现协议概述	116
5.2 环拓扑发现算法	117
5.3 拓扑发现状态表	120
5.4 拓扑发现消息	125

5.4.1 拓扑发现消息格式	125
5.4.2 拓扑扩展状态消息帧	126
5.4.3 消息处理	128
5.5 生成树协议	128
5.5.1 RPR 与 802.1d 和 802.1q 网桥的兼容	129
5.5.2 生成树协议	130
5.6 VLAN 技术及其他	135
5.6.1 VLAN 概述	135
5.6.2 IEEE 802.1q	137
5.6.3 VLAN 的动态管理	139
5.6.4 802.1p 协议	141

第 6 章 RPR 的网络保护

6.1 RPR 网络保护协议概述	142
6.2 定向保护	145
6.2.1 定向保护协议规则	146
6.2.2 定向保护协议参数	146
6.2.3 定向保护协议状态表	146
6.3 环回保护	150
6.3.1 环回保护机制	151
6.3.2 环回保护协议规则	151
6.3.3 环回网络保护参数	152
6.4 网络保护消息帧格式	155
6.5 网络保护实例	156
6.5.1 单根光纤切断	158
6.5.2 双向两根光纤切断	158
6.5.3 节点失效	159
6.6 与 SDH 自愈环的分析与比较	159
6.6.1 二纤单向通道保护环	160
6.6.2 双向复用段共享保护环	163

第 7 章 RPR 的公平性问题

7.1 概述	170
7.2 RPR 公平算法需要解决的问题	172
7.2.1 模型 1: 停车场	173
7.2.2 模型 2: 平行的停车场	174
7.2.3 模型 3: 上游的平行停车场	174
7.2.4 模型 4: 多流量停车场	175
7.2.5 模型 5: 双出口停车场——多阻塞点	175

7.2.6	模型 6: 迁移的阻塞点	176
7.2.7	模型 7: 阻塞的高/低带宽对	177
7.2.8	模型 8: 旋转的阻塞对	179
7.3	RPR MAC 层的公平性目标	179
7.4	CQMA 公平算法	180
7.4.1	算法使用的缩略语、变量和术语	180
7.4.2	MAC 公平性的实现过程	182
7.4.3	公平算法实现举例	192
7.4.4	小结	196
7.5	标准公平算法	196
7.5.1	算法使用的主要变量和术语	196
7.5.2	公平帧(Fairness Frame)	197
7.5.3	MAC 公平性的实现过程	199
7.5.4	拥塞检测	203
7.5.5	和数据通路的相互影响	204

第 8 章 RPR 的物理层

8.1	RPR 的物理层概述	206
8.2	MAC 物理层业务接口	207
8.3	吉比特以太网物理层实体	208
8.3.1	吉比特以太网物理层接口和物理层实体	208
8.3.2	IEEE802.3 帧格式	209
8.3.3	千兆以太网的体系结构	212
8.3.4	吉比特以太网的物理层	214
8.3.5	千兆以太网的现实	224
8.4	10 吉比特以太网物理层实体	225
8.4.1	以太网物理层接口和物理层实体	225
8.4.2	10 G 以太网的发展	226
8.4.3	10 G 以太网标准的体系结构	228
8.4.4	10 G 以太网的物理层	230
8.4.5	10 G 以太网的帧格式	231
8.4.6	10 G 以太网的速率适配	232
8.4.7	XAUI 芯片接口	233
8.5	SDH 和 SONET 物理层接口	234
8.5.1	SDH 和 SONET 网络节点接口的标准速率	235
8.5.2	SDH 和 SONET 光接口及其技术要求	237
8.5.3	SPI 接口和 SFI 接口	239
8.5.4	SDH 适配子层	240
8.6	弹性分组环的实现方案	248

8.6.1 内嵌 RPR 的基于 SDH 的 MSTP 实现原理	249
8.6.2 RPR 接口板各模板的设计及其功能	250
第 9 章 RPR 的网络管理	
9.1 概述	257
9.1.1 网络管理的基本概念	257
9.1.2 RPR 网络管理概述	258
9.2 RPR 的运营、管理和维护	259
9.2.1 RPR 的 OAM 功能概述	259
9.2.2 RPR 的故障管理	260
9.2.3 OAM 中的激活/去激活功能	265
9.2.4 OAM 中的 flush 功能	265
9.2.5 失效期间 OAM 帧的处理	266
9.2.6 OAM 帧的定义及检测程序	266
9.3 RPR 的层管理(layer management)	269
9.3.1 层管理模型概述	269
9.3.2 通用的管理原语	270
9.3.3 MLME 服务接口	271
9.3.4 RPR 的反射请求/响应管理	274
9.3.5 PLME 服务接口	275
9.4 基于 SNMP 的网络管理和 RPR MIB	275
9.4.1 SNMP 概述	275
9.4.2 SNMP 管理信息(SMI 和 MIB)	278
9.4.3 SNMPv2 和 SNMPv3	280
9.4.4 RPR 的管理信息库 MIB	281
附录 I 名词与术语	285
附录 II 缩略语	289
参考文献	293

近年来,我国信息化建设飞速发展,政府上网、企业上网、家庭上网、学校上网等一系列工程的启动使得我们对城域网的要求越来越高。“城市信息港”已经成为一个城市的基础设施之一,是一个现代化城市在信息时代的重要标志。城域网业务主体正在发生深刻变化。与骨干网相比,城域网具有业务种类多,业务调度转接多,业务流量变化大的特点,其应用的技术也呈多样化。业务类型的变化同时带来物理层基础网络的变化,城域传送网是城域网建设的基础。运营商面临着对城域传送网络重新规划设计和建设的任务,城域网建设热潮涌动电信界。在众说纷纭中如何把握城域网的本质?城域网在发展中面临哪些问题和挑战?运营商部署城域网有哪些优选的方案?为什么有人说分组化的传送平台是下一代城域传送网的主流技术?弹性分组环究竟是如何工作的?本章及后续的章节将逐步回答这些问题。

1.1 城域网及其重要地位

目前对城域网的形成、发展、结构、技术、设计、建设、管理、安全等问题尚未有一致的看法。对城域网的概念也有从各个不同角度的各种理解。有人认为城域网是城市范围的 PSTN 或本地网;也有人认为城域网是从计算机网络演化而来的,目前,在公用电信网络中出现的城域网的概念主要指有别于 PSTN,能在某城市范围内提供宽带数据业务及多媒体业务的网络;还有人认为城域网是一种主要面向企事业用户,可最大覆盖城市及其郊区范围,并能够提供丰富业务和支持多种通信协议的公用网。

从 IP 的角度来观察城域网,可以划分为 3 个层次:路由器构成的 IP 网为第 3 层网络;ATM、FR、X.25 等为第 2 层网络,它们都能为 IP 业务提供传送服务;SDH、WDM、OTN 光纤、铜线、无线电波等物理媒介为第 1 层网络。不同的运营商由于有不同的业务定位,运营不同层次的网络,其内涵是不一样的。传统电信运营商往往 3 个层次的业务都经营,1 层业务包括光纤/波长出租等,主要客户对象是新兴运营商;2 层业务主要是各类专线出租,主要客户对象是企业用户以及新兴运营商等;3 层业务是各类 IP 业务,主要客户对象是家庭用户、企业用户以及 ISP/ICP/IDC 等。这样传统电信运营商在建设时 3 个层次的网络都必须涉及。

一般认为,城域网是基于宽带技术,以电信网的可管理性、可扩充性为基础,在城市的范围内汇聚宽、窄带用户的接入,面向满足集团用户(政府、企业等)、个人用户对各种宽带多媒体业务(互联网访问、虚拟专网等)需求的综合宽带网络,是电信网络的重要组成部分,向上与骨干网络互联。其包括的设备有:路由器(高端路由器和边缘路由器等)、软交换设备、媒体网关、宽带接入服务器、IP 电话、IP 电话网关、RADIUS 协议设备、SNMP 协议设备、2 层交换机、3 层交换

机、ATM 交换机等。从三网融合发展角度来看,城域网有两个突出特点:第一,全业务;第二,公用网。

城域网之所以为大家所关注,这是因为在城市中,商业用户、住宅用户很多,各种电信业务、电信收入最多地集中在城市里。在数据业务和互联网经济方面,城市仍然是聚焦点。从整个国家网络来看,城域网是骨干网的延伸。用户接入的通道是城域网,只有把城域网建设好了,才能够真正向用户提供业务。很多运营商在骨干网建设以后,很快又转入了城域网的建设。另外在整个城市信息化过程中,城域网是城市信息化的基础。前几年我们国家的政府部门以及很多运营商,已经做了大量的工作。包括推进各种信息化工程,如建设数字岛、信息港、电子商务、企业商网、政府商网、家庭商网和信息化小区等。信息化工程推动了城域网的建设步伐,促进了网络业务的发展。城域网是用户的密集区,是经济发达的区域,也是备受竞争最为激烈的区域。随着电信市场越来越开放,能够经营电信业务的运营商越来越多,新兴的运营商非常关注这个新的起点,新的增长点。

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;其次是城域网覆盖距离较小,典型广域网或长途网的传输距离可达数千公里;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,将来预计主要支持 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;最后是容许的成本不同,广域网或长途网的高容量可由成千上万的大量用户共享,因而可以容许较高的成本,而城域网不行,特别是城域网的成本关键是节点而非线路。

总的看,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。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,而丰富的应用是城域网能持续发展的原动力。特别是电子商务,关键企事业业务(外联网、主机托管、存储域网、灾难恢复等)的外包,局域网互联,POP 间或 POP 内的互联,高速数据传送,上网浏览,点播电视,会议电视等新旧业务和应用的发展进一步促进了城域网的发展。图 1-1 显示了城域网容量需求的变化趋势。在 1998 年,骨干网的数据流量(粗箭头表示)大于城域网的数据流量(细箭头表示),而到 2005 年,城域网的数据流量将会大于骨干网的数据流量。将来,城域网会在容量和基建需求方面有更大的发展。

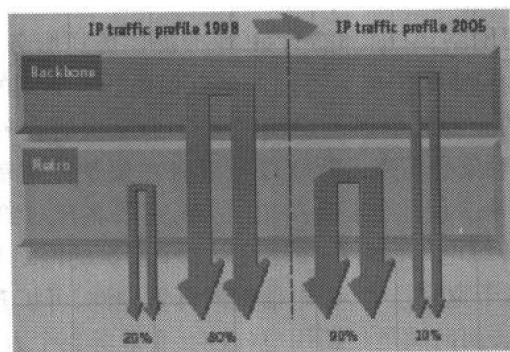


图 1-1 城域网容量需求的变化趋势

有时,从事数据和从事传输的人谈论的城域网并不是一个网络,一个从数据组网(如路由

器、3层交换机的配置)考虑,一个从传输节点考虑,综合各种业务的接入和承载,即“城域传送网”。城域传送网是本地传送网覆盖中心城市的部分,也是本地传送网在城市区域的具体表现,负责为同一城市内的交换机、基站、路由器等业务节点提供传输电路。城域网面向的不仅是普通用户,更要考虑大客户和企业用户等。城域传送网具有业务需求密集、业务量大等特点。本书主要探讨的是城域传送网技术。

当前的城域网建设主要集中于改造已有网络,提供多媒体数据业务,即所谓的 IP 城域网的建设。传统 Internet 之所以迅速发展的法宝就是“免费”。Internet 改变了计费基准,体现在 3 个方面,即资费与“距离”无关、营业收入与“带宽”无关、“免费业务”成为一种习惯。这些因素阻碍了宽带网络有赢利地运营。实际上,宽带城域网需要“可运营、可管理”,而不是简单的高速。要实现“可运营、可管理”,需要有用户接入控制、安全性保障、业务生成与管理、计费控制和网络管理。计费方式应包括远端集中计费、本机立即计费、应用侧计费等。计费的基准可以是时长、流量、连接数、应用类型等。资费策略可以是包月制、按流量计费等。

在目前看来,宽带城域网可以向用户提供的业务内容有:

- 高速上网;
- 信息点播,包括视频点播、音频点播、多媒体信息点播、信息放送等;
- 信息广播,包括 CATV、HDTV、高质量音频广播、数据广播等;
- Internet 业务,包括 WWW、电子邮件、新闻服务、文件传送、远程登录等;
- 远程计算与事务处理,例如软件共享、远程 CAD、远程数据处理、联机服务等;
- 电子商务、会议电视、可视电话、IP 电话、IP 传真、监测控制、多媒体信息服务等;
- 计算机远程通信与控制、线路租赁等;
- VPN;
- IDC;
- 虚拟现实。

还应该有一种门户实现互动式服务,用户可以在门户节点的主页上自己点击,选择各种服务。随着城市信息化建设的加快,宽带城域网成为发展热点之一。预计到 2005 年,数据业务量将占总业务量的一半以上。但宽带城域网是通信的基础设施,需要投入大量的资金和人力,宽带城域网的应用也在探索中,所以还需要研究投资风险,积极培育市场,并且稳步发展。

1.2 城域网的结构

城域网业务主体正在发生深刻变化,业务类型从以单纯的 TDM 业务为主,向以数据业务为主,宽带接口过渡,业务类型的变化必然带来物理层基础网络的变化。运营商担负着对城域传送网重新规划和建设的任务。如何进行有效的规划,保证从过去以单纯满足话音传输为主,相对静态的网络,过渡到支持多业务、可动态扩展的网络,是各个运营商关心的问题。

1.2.1 城域网的结构

如果将城域网分为城域传送网和城域数据网,其中城域数据网设备可选择城域传送网作为承载传送平台。也有一些集成了广域接口的数据设备,通过光纤直连组网,以适应节点数小、节点距离较近的城域网络。

城域传送采用的主要技术有 SDH、WDM、多业务传送节点技术和光纤直连技术。SDH 技术因其技术的成熟性,以及具有标准的光接口、统一的复用映射结构和横向兼容性,是目前支撑城域传送的主要技术。WDM 技术容量大,随着城域网业务的快速增长,现正逐步引入 WDM 技术以满足日益增长的容量需求。为适应数据业务的发展需要,以及支持 ATM、IP 和以太网业务的接入,不断融合 ATM 和路由交换功能,以 SDH 为基础的 MSTP(多业务传送节点)技术是目前人们关注的热点。

城域网可分为核心层、汇聚层、接入层、业务控制层与业务管理层。其中核心层、汇聚层、接入层是具有明显层次的功能层。而业务控制层与业务管理层分别完成业务的控制和管理功能,是在前 3 个层次中抽象出来的逻辑层次,实际上存在于其他 3 个网络层次之中,与各层的网络设备紧密结合。城域数据网分层结构如图 1-2 所示。

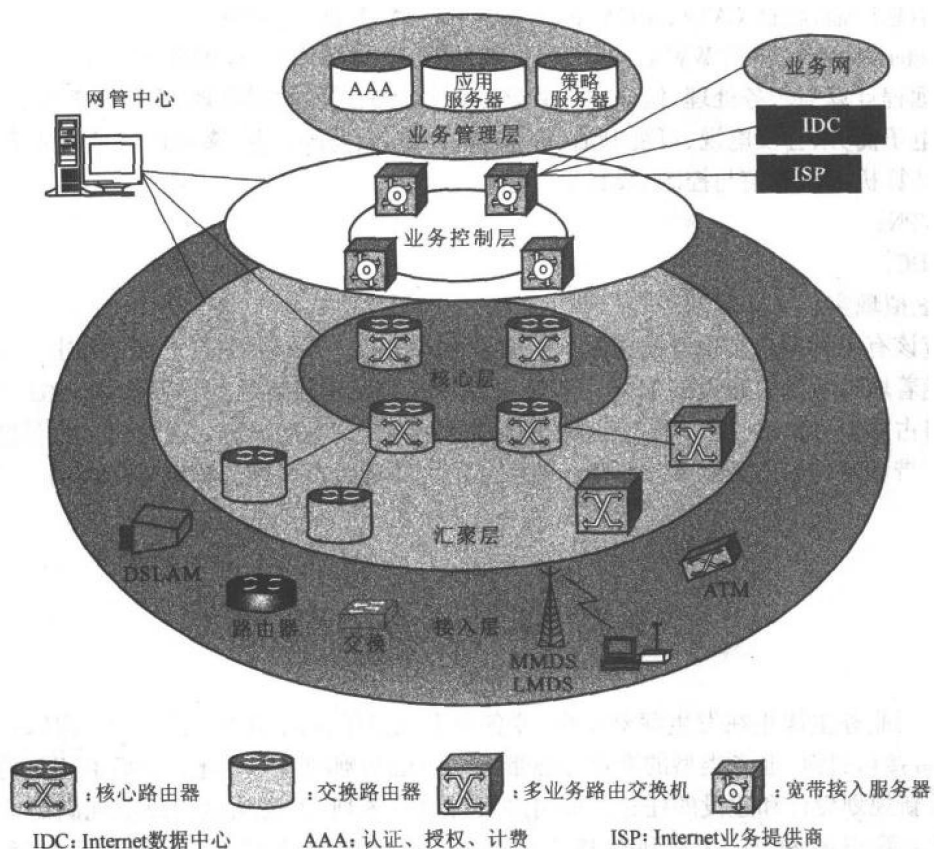


图 1-2 城域数据网分层结构

城域网的各层所起作用叙述如下：

(1) 核心层

核心层将多个边缘汇聚层连接起来,为汇聚层网络提供数据的高速转发,同时实现与上级网络的互联,提供城市的高速 IP 数据出口。核心层网络结构重点考虑可靠性、可扩展性和开放性。

(2) 汇聚层

汇聚层完成本地业务的区域汇接,进行带宽和业务的汇聚、收敛及分发。

(3) 接入层

接入层通过各种接入技术和线路资源实现对用户的覆盖,并提供多业务的用户接入,必要时配合完成用户流量控制功能。为降低维护及管理成本,综合接入层应考虑与汇聚层统一实施业务和设备管理。

(4) 业务控制层

业务控制层主要负责用户接入管理、用户策略控制、用户差别化服务。同时作为承载层和业务层相互连接的桥梁,对网络提供的各种业务进行控制和管理,实现对各类业务的接入、区分、带宽分配、流量控制以及 ISP 的动态选择等。

(5) 业务管理层

业务管理层提供统一的网络管理与业务管理,统一业务描述格式,根据业务开展的需要,实现业务的分级分权及网络管理,提供网络综合设备的拓扑、故障、配置、计费、性能和安全的统一管理。

城域网分成业务层、汇聚层、接入层等,结构清晰,便于各层独立发展。业务层主要作用是,为了减轻城域网的发展对骨干网的压力,提供本地接入、认证、计费、VPN 和统一网管等功能,使本地的业务尽量在城域范围内处理。同时考虑到城域网和骨干网的发展不平衡性以及多种网络的互通,需要业务层完成业务配合和媒体流的转换控制,以完成不同网络之间的互通。在网络建设的初期,城域网用户较少,业务层功能可以完全由骨干网来提供。汇聚层主要是完成复用以及复用后的数据传送,前期复用后数据带宽主要为 2 Mbit/s、 $n \times 2$ Mbit/s、155 Mbit/s 等,随着以后网络的发展,可采用 622 Mbit/s、2.5 Gbit/s 等更高的带宽。汇聚层中,随着网络的发展,多业务汇接点的个数随网络的发展从无到有,网络拓扑从简单到复杂。接入层完成用户数据的接入,相对全网的发展要慢一些,因此接入层的发展是规模的线性发展,网络结构不会发生太多变化。接入层开始可因地制宜采用以太网、ADSL、HFC、LMDS、WLAN 等接入,逐渐向 FTTB、FTTH 发展。

从传输上来讲,宽带城域网兼容现有的 SDH(同步数字体系)平台、光波分复用平台,为现有的 PSTN(公众交换电话网)、移动网络和其他通信网络提供业务承载功能;从交换和接入来讲,宽带城域网为数据、语音、图像提供可以互联互通的统一平台;从网络体系结构来讲,宽带城域网综合传统 TDM(时分复用)电信网络完善的网络管理和 Internet 开放互联的优点,采用业务与网络相分离的思想来实现统一的网络,用以管理和控制多种电信业务,使之易于生成新的增值业务。基于软交换的 NGN 可能会引起对城域网结构的重新认识。

需要强调的是城域网的层次分为 5 层并不是固定的,它所包含的是一个全集,实际应用中可能只是它的子集,这与城市规模、业务类型等一系列因素都有关系。在中小城市可以简化,有些只有核心层和汇聚层(汇聚层与接入层综合在一起),而在另外一些城市,只有核心层(汇聚层与核心层集成在一起)与接入层。运营商根据自己的网络规模、业务分布来决定网络的层

次。

此外,受经济发展不平衡的影响,不同地区的应用需求有很大的差别,北京、上海、广州、深圳等经济发达的特大城市,数据业务需求旺盛,建设城域网主要考虑 IP 优化;经济欠发达的广大西部地区,主要考虑电话业务;经济中等发达地区的情况则介于两者之间。城域网中承载的 IP 数据业务比重越大,要求 IP 数据的传送效率越高,网络的层次结构越简单。

综合宽带城域网最主要的要求是能够对各种 IP 业务进行优化,同时,还必须支持现有的传统话音业务,因为这些传统话音业务仍然是业务提供者重要的收入来源。综合宽带城域网组网技术与方案的复杂性,主要体现在根据各种具体情况进行以上两方面的最佳折衷。

接入层技术复杂,实施困难,应用前景取决于技术发展,也取决于市场需求。宽带接入新技术、新标准不断出现,已有产品与解决方案有待完善。市场方面,宽带业务(如 VOD、电子商务、远程教学等)受到各方面尤其是经济条件限制,发展不如预期快。对电信运营商,好的方案是新业务引入成本较低,多种业务支持能力较好,可逐步向宽带全业务网络过渡。目前接入技术很多,在数据传输特性、市场定位、在接入网中的位置及提供的业务等都有所不同。现有接入技术包括:铜线/缆接入、光接入、无线接入和混合接入等几类。

(1) 基于铜线的接入技术

- ① 普通 Modem
- ② N-ISDN(窄带 ISDN)
- ③ 专线接入
- ④ x DSL(数字用户环路技术),如 HDSL, ADSL, VDSL 等
- ⑤ Ethernet(以太网)接入

(2) 基于光的接入技术

- ① PDH/SDH 应用于接入网(DLC/IDLC)
- ② 无源光网络(APON/GPON/GPON)
- ③ 无纤光接入

(3) 基于无线的接入技术

- ① LMDS(本地多点分配业务)
- ② MMDS(微波多点分配系统)
- ③ WLAN(无线局域网)

(4) 基于混合方式的接入技术

- ① HFC(混合光纤同轴网络)Cable Modem 接入
- ② x PON 技术 + 铜线的接入

总的看来,ADSL, HFC 和以太网接入、无线接入技术将成为中近期的主流宽带接入技术。在实际网络应用中,均可提供至少数百 kbit/s 的下行速率,可以在相当一段时间内满足广大普通用户的带宽需求。此外,电信公司也在积极关注或试验其他一些新的宽带接入技术,例如 VDSL、EDSL 等,它们各具特点,一旦技术和标准成熟,性价比合适,也会获得发展机会。

而从长远的观点看,面对日益丰富多彩的多媒体业务和呈爆炸式增长的 IP 业务的压力,光纤接入系统特别是无源光网络(PON)和宽带无线接入技术可能是比较理想的长远解决方案。尽管媒体上很少关注,PON 技术还是在不断发展改进。当然由于其他接入技术的迅速发展可能会暂时影响其发展速度,但不会改变其作为接入网长远解决方案的地位,特别是将链路

层的以太网和物理层的 PON 技术结合在一起有助于开发出新一代的无源光网络——EPON。其基本做法是在与 APON 类似的结构和 G.983 的基础上,设法保留 APON 的精华部分——物理层 PON,而以以太网代替 ATM 作为数据链路层协议,构成一个可以提供更大带宽、更低成本和更宽业务能力的新的结合体,代表了接入网重要的发展方向。

1.2.2 城域网与骨干网的比较

城域传送网在许多方面有别于长途传送网,长途网要求的是高速安全的传送,而城域网则要求有效的接入、疏导和会聚各种业务。城域网主要特点如下:

(1) 骨干网通常只承载一二种帧结构——SDH/SONET 和以太网。在不久的将来,城域网接入终端的业务种类和帧结构将大不一样,具有电信、数据通信和存储空间的网络接口。业务类型多,需要各种类型接口,例如,SDH/SONET 业务包括:STM-1,STM-4,STM-16,STM-64,OC-3,OC-12,OC-48,OC-192。数据业务包括:10 吉比特以太网(10 Gbit/s)、Ethernet(100 Mbit/s、1 250 Mbit/s)、ATM(155 Mbit/s、622 Mbit/s)、Fiber Channel(106 Mbit/s)、Digital Uncompressed Video(270 Mbit/s)、ESCON(200 Mbit/s)、FICON(1.06 Gbit/s)、FDDI(100 Mbit/s),以及带宽出租业务等未来有可能出现的宽带业务接口。表 1-1 给出了当前城域网中的常见业务。

表 1-1 城域网的业务和协议

业务	标准	速率(Mbit/s)	注释
SONET/SDH/ATM/PoS			
OC-1/STS-1	G.703,G.707	51.8	SONET 基础速率
OC-3/STS-3/STM-1	...G.753,G.958	155.5	SDH 基础速率
OC-12/STS-12/STM-4		622.1	
OC-48/STS-48/STM-16		2 488.3	
OC-192/STS-192/STM-64		9 953.3	
OC-768/-/STM-256		39 813.1	
数字包封/OTN			
OTU1	G.707	2 666.1	
OTU2		10 709.2	
OTU3		43 018.4	
开放系统光纤通道			
FC	ANSI X3.230:1994	1 062.5	还有 132.8 Mbit/s,265.6 Mbit/s 和 531.2 Mbit/s;8B10B 编码
倍速 FC,2G-FC	ANSI X3.297:1997	2 125	8B10B 编码
4 倍速 FC,4G-FC	ANSI X3.297:1997	4 205	8B10B 编码
10Gigabit FC(10G-FC)	NCFIS(ANSI)project 1413-D	- 10 000	将兼容 VC-4-64c
IBM 大型机协议			
ESCON (Enterprise System CONnection)		200	企业系统连接
HiPerLink		531.2	