



城域

MSTP 技术

王健全 杨万春 张杰 顾晚仪 沈文粹 等编著





MSTP 技术

1



[Home](#)
[About Us](#)
[Contact Us](#)
[Privacy Policy](#)

城域 MSTP 技术

王健全 杨万春 张杰 顾婉仪 沈文粹 等编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了基于 SDH 的多业务传送平台 (MSTP) 的基础理论和相关关键技术。本书首先介绍了 MSTP 的结构、关键技术和功能, 然后系统地论述了内嵌 RPR 和 MPLS 的 MSTP 技术, 接下来详细介绍了 MSTP 的保护倒换、定时同步、网络管理和测试技术, 最后探讨了 3G 对 MSTP 的要求以及城域 MSTP 规划方面的问题。

本书可作为高校学生的教材, 也可供从事城域网研究、开发的科技人员参考, 同时还可以供从事网络管理运营维护方面的人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

城域 MSTP 技术/王健全等编著. —北京: 机械工业出版社, 2005.4

ISBN 7-111-16411-3

I. 城... II. 王... III. 通信传输系统 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 027762 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 吉 玲 张俊红 (E-mail: jiling@mail.machineinfo.gov.cn)

责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·20.5 印张·505 千字

0 001—4 000 册

定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

Http: //www.machineinfo.gov.cn/book/

封面无防伪标均为盗版

前 言

当前,以 IP 为代表的业务迅猛发展、ADSL 等宽带接入业务的广泛开展以及 3G 部署呼声的日渐高涨,都给城域网在容量和功能方面提出了新的要求。从全球电信业发展来看,数据业务量有望在未来 2~3 年内超过话音业务量,目前在很多国家数据业务量已经远远超过了话音业务量,基于数据分组交换的业务将在 5~10 年内覆盖整个传统电信业务。如何在保证传统 TDM 业务传送的同时,高效地传输各种数据业务,已成为城域网面临的首要问题。而发展城域网涉及的核心问题是建立城域综合传送平台,以支持数据业务尤其是以太网业务和以传统话音为主的 TDM 业务的综合传送。

城域网的传送距离相对较短,业务种类繁多,存在着多种技术形式与解决方案。从运营商的角度考虑,技术方案的选择主要取决于自身的市场定位、用户需求及其拥有的网络资源状况。此外技术也是其考虑的一个重要因素,其中技术发展趋势、技术特点、技术成熟性以及网络承载的业务特性将是重点内容。目前,城域网技术主要有 4 种解决方案,分别是基于 SDH 的多业务传送平台(MSTP)、城域以太网多业务平台、弹性分组环(RPR)多业务平台、城域波分复用(WDM)多业务平台。

经过多年的发展和应用,SDH 技术已经非常成熟,而且运营商现有传输网络采用的基本上都是 SDH 技术,这是当前基于 SDH 技术的多业务传送平台(MSTP)备受青睐和非常流行的主要原因。此外,MSTP 技术还可以融合 RPR 和 MPLS 技术,甚至可以升级到智能光网络,所以 MSTP 成为了城域网络的主流技术,设备提供商纷纷推出和更新自己的产品,运营商也已经将 MSTP 技术实际应用到自己的网络中。

MSTP 技术的发展主要体现在对数据业务的支持上。随着 ATM 应用逐渐减少,对以太网业务的支持能力就成为 MSTP 技术革新的主要标志。在电信网络的发展和技术进步的驱动下,MSTP 正经历着从支持以太网透传功能的第 1 代 MSTP、支持二层交换功能的第 2 代 MSTP 到提供以太网业务 QoS 支持的第 3 代 MSTP 的发展历程。随着数据业务的不断发展,网络融合观念的不断深入,以及 3G 大发展带来的良好契机,基于 SDH 的 MSTP 技术必将得到更大的发展空间和更广泛的应用。

本书详细论述了基于 SDH 的 MSTP 技术的功能、结构、关键技术及其优化规划方面的内容,是国内首部全面系统地介绍 MSTP 及其相关技术的论著,也是首次结合优化规划和 3G 对城域传输的要求介绍城域技术的书籍。

全书共有 11 章,第 1 章介绍城域网络的发展;第 2 和第 3 章分别介绍 MSTP 的关键技术和结构、功能;第 4、第 5 章分别介绍内嵌 RPR 和内嵌 MPLS 的 MSTP 技术,第 6~9 章分别介绍 MSTP 的保护倒换、定时同步、网络管理和测试技术;第 10 章介绍 MSTP 对 3G 技术的适应;第 11 章介绍了城域 MSTP 技术的规划和优化。

本书的特点是注重实用,在清晰讲解原理、结构和功能的基础上,侧重介绍了最新的关键技术及其实用的工程方案,此外还加入了 3G 无线技术对 MSTP 技术要求的论述以及对实用的优化规划方案的介绍。本书内容新颖翔实;结构安排由浅入深、循序渐进;选材结合了

最新标准和成果，既包含必要的背景知识，又突出了 MSTP 及其相关技术。

本书由王健全统稿，除封面所列作者，同时参与本书编写的还有硕士研究生叶宇、宛丽宏、黎方、钟景舜和丁焰。此外，本书还引用了硕士研究生李白和潘三明的部分研究成果，在编写本书过程中还得到了一些设备厂商工程师的帮助，在此表示感谢。

由于 MSTP 是不断发展的技术，加之编写时间有限，书中不足及错误之处，敬请专家和读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第 1 章 城域网概述	1
1.1 引言	1
1.2 城域网概述	1
1.2.1 城域网的内涵	1
1.2.2 城域网的技术选择	3
1.3 基于 SDH 的 MSTP 的概念及其发展历程	6
参考文献	8
第 2 章 MSTP 的关键技术	10
2.1 引言	10
2.2 SDH 技术原理	10
2.2.1 SDH 概述	10
2.2.2 SDH 段开销及作用	12
2.2.3 SDH 通道开销	13
2.3 虚级联技术	16
2.3.1 级联技术概述	16
2.3.2 相邻级联技术	16
2.3.3 虚级联技术	17
2.3.4 相邻级联与虚级联的互通	21
2.4 链路容量调整方案 (LCAS)	23
2.4.1 LCAS 协议	23
2.4.2 LCAS 带宽调整实例	25
2.5 通用成帧规程 (GFP)	30
2.5.1 SDH 帧封装概述	30
2.5.2 传统的封装协议 PPP/HDLC、LAPS	30
2.5.3 GFP 协议	32
2.6 智能交换光网络 (ASON)	39
2.6.1 ASON 概述	39
2.6.2 ASON 的体系结构	40
2.6.3 ASON 的控制平面	41
2.6.4 ASON/GMPLS 与 LCAS 的结合	46
参考文献	47
第 3 章 多业务传送平台 (MSTP) 功能	50
3.1 多业务传送节点的功能模型	50

3.2 以太网业务在 MSTP 上的传输	51
3.2.1 以太网技术基础	51
3.2.2 以太网业务接入 MSTP 的方法及要求	60
3.2.3 以太网业务在 MSTP 上的透传	63
3.2.4 以太网二层交换功能在 MSTP 上的实现	64
3.2.5 以太环网功能	66
3.2.6 MSTP 传送以太网的关键问题	67
3.3 ATM 业务在 MSTP 上的传送	68
3.3.1 ATM 的基本概念	68
3.3.2 IP over ATM 技术	75
3.3.3 ATM 业务接入 MSTP 的方式	76
3.3.4 ATM 业务在 MSTP 中的应用	78
3.4 帧中继业务在 MSTP 上的传送	79
3.4.1 帧中继业务的基本概念与原理	80
3.4.2 PVC 管理协议	83
3.4.3 帧中继与 ATM 网的互通	83
3.4.4 帧中继业务接入 MSTP 的方式	85
3.5 存储区域网业务在 MSTP 上的传送	86
3.5.1 存储区域网络 (SAN) 的基本概念	86
3.5.2 SAN 在 MSTP 上的接入	88
3.6 PDH 业务在 MSTP 上的传送	89
3.6.1 PDH 的性能指标	89
3.6.2 PDH 接入 MSTP 的方式	89
参考文献	93
第 4 章 内嵌 RPR 的 MSTP	94
4.1 RPR 的基本概念	94
4.1.1 环的结构和空间复用技术	96
4.1.2 拓扑的自动发现技术	96
4.1.3 业务类型和基于不同等级业务的自动保护切换机制	97
4.1.4 带宽分配的公平策略	97
4.1.5 广播和组播	98
4.1.6 简单的业务提供	98
4.2 RPR 的基本原理和帧结构	99
4.2.1 弹性分组环的数据帧结构	100
4.2.2 弹性分组环的控制帧格式	101
4.2.3 弹性分组环的公平帧格式	103
4.2.4 弹性分组环的空闲帧	103
4.3 RPR 带宽的公平算法	103
4.3.1 RPR 公平性介绍	103

4.3.2 公平性协议	105
4.3.3 公平算法模型	106
4.4 RPR 的保护机制	110
4.5 内嵌 RPR 的 MSTP	112
4.5.1 内嵌 RPR 的 MSTP 的架构	112
4.5.2 内嵌 RPR 的 MSTP 的环及实现机制	114
4.5.3 内嵌 RPR 的 MSTP 的功能描述	115
4.6 内嵌 RPR 的 MSTP 的性能指标要求	121
4.6.1 RPR 的性能指标	121
4.6.2 以太网二层性能指标	122
参考文献	123
第 5 章 内嵌 MPLS 的 MSTP	125
5.1 MPLS 概述	125
5.1.1 MPLS 的产生	125
5.1.2 MPLS 的技术定位	125
5.1.3 MPLS 的术语	126
5.1.4 MPLS 网络的组成	126
5.1.5 MPLS 支持多种二三层协议	127
5.1.6 MPLS 的工作原理	127
5.1.7 MPLS 的服务质量保证	129
5.2 MPLS 的实现机制及体系结构	129
5.2.1 MPLS 的数据层面 ^{[14]、[16]~[18]}	131
5.2.2 MPLS 的控制层面	135
5.2.3 标签分发协议 (LDP)	141
5.2.4 MPLS 的 QoS 保证	153
5.3 内嵌 MPLS 的 MSTP	157
5.3.1 内嵌 MPLS 的 MSTP 的功能框图	157
5.3.2 参考模型	158
5.3.3 网络层次结构	159
5.4 内嵌 MPLS 的 MSTP 的功能要求	160
5.4.1 MPLS 承载以太网业务在 MSTP 中的传送过程	160
5.4.2 二层交换功能要求	161
5.4.3 将以太网业务进行 MPLS 封装的功能要求	162
5.4.4 MPLS 处理层的功能要求	164
5.4.5 MPLS 适配到 SDH VC 的功能要求	169
5.4.6 MPLS QoS	170
5.5 基于 MPLS 的 VPN	171
5.5.1 L3 MPLS VPN	172
5.5.2 L2 MPLS VPN	174

5.5.3 L2 和 L3 的 MPLS 比较	175
参考文献	176
第 6 章 MSTP 的保护倒换	179
6.1 基本的保护方式	179
6.1.1 复用段保护倒换准则	180
6.1.2 子网连接保护 (SNCP) 倒换准则	190
6.1.3 以太网业务保护倒换准则	195
6.1.4 ATM 的 VP 保护准则 ^{[35]~[39]}	197
6.2 内嵌 RPR 的 MSTP 的保护倒换	203
6.2.1 RPR 保护机制	203
6.2.2 RPR 保护倒换与 SDH 保护倒换方式的协调工作	213
6.2.3 RPR MAC 层的保护倒换准则	215
6.3 内嵌 MPLS 的 MSTP 保护倒换	216
6.3.1 复用段保护倒换准则	216
6.3.2 子网连接保护倒换准则	216
6.3.3 MPLS 层保护倒换准则	217
6.3.4 多层间的保护倒换准则	219
参考文献	219
第 7 章 MSTP 网的定时和同步	222
7.1 MSTP 网同步的基本原理	223
7.2 MSTP 同步网定时分配	225
7.3 MSTP 设备的定时	227
7.4 MSTP 定时环路问题	228
7.5 定时基准接口的抖动性能指标	229
参考文献	231
第 8 章 网络管理功能	232
8.1 MSTP 管理网的基本概念	232
8.2 故障管理功能	234
8.2.1 SDH 的故障管理	234
8.2.2 ATM 故障管理	234
8.2.3 以太网告警	235
8.2.4 MPLS 告警	235
8.2.5 RPR 告警	235
8.3 性能管理功能	236
8.3.1 SDH 的性能管理	237
8.3.2 ATM 的性能管理	237
8.3.3 MPLS VPN 性能参数	238
8.3.4 RPR 环网业务性能参数	238
8.4 配置管理功能	238

8.4.1 指配功能	238
8.4.2 保护倒换管理	241
8.4.3 NE 时间设置	242
8.5 接口能力	242
8.6 安全管理功能	242
8.7 计费管理基础信息	243
8.8 MSTP 网管系统实现方案	244
8.8.1 UT 斯达康综合传输管理系统 Netman6000 OMC-O	244
8.8.2 华为传送网子网级管理系统 OptiX iManager T2000	247
参考文献	249
第 9 章 MSTP 测试技术	251
9.1 SDH 测试	252
9.1.1 SDH 光接口测试	252
9.1.2 SDH 线路系统保护测试	253
9.1.3 SDH 环形网保护倒换测试	254
9.1.4 DXC 的子网连接保护 (SNCP) 倒换测试	255
9.2 以太网测试	256
9.2.1 MSTP 测试所面临的挑战	257
9.2.2 以太网透传功能测试	258
9.2.3 以太网二层交换功能测试	259
9.2.4 物理接口测试	261
9.3 ATM 测试	262
9.3.1 ATM 功能测试	263
9.3.2 ATM 物理接口测试	265
9.3.3 IMA 功能测试	266
9.4 时钟测试	267
9.4.1 时钟定时测试	268
9.4.2 时钟准确度测试	268
9.5 网管测试	269
9.5.1 技术要求	270
9.5.2 网元管理系统功能测试	272
9.5.3 以太网管理系统功能测试	273
9.6 MPLS 测试	273
9.6.1 MPLS 功能测试	274
9.6.2 MPLS 协议测试	274
9.6.3 MPLS 性能测试	275
9.7 RPR 测试	276
9.7.1 RPR 适配层功能测试	276
9.7.2 RPR MAC 层功能功能	277

9.7.3 RPR 设备性能测试	279
参考文献	280
第 10 章 MSTP 对 3G 的适应	282
10.1 3G 的标准	282
10.1.1 第 3 代移动通信的发展历程	282
10.1.2 3 种主要的 IMT-2000 无线传输方案的比较	284
10.2 3G 对传输的要求	285
10.2.1 3G 核心网传输	286
10.2.2 3G 边缘网传输	289
10.3 MSTP 对 3G 的支持	292
10.3.1 MSTP 对 3G 接入层的支持	293
10.3.2 MSTP 对 3G 汇聚层的支持	294
10.3.3 基于 ASON/GMPLS 的 MSTP 对 3G 业务网的支持	296
参考文献	297
第 11 章 MSTP 网络的优化	298
11.1 网络优化的必要性	298
11.2 网络优化的原则	298
11.3 优化 MSTP 网络	300
11.3.1 物理层/数据链路层的优化	302
11.3.2 拓扑结构的优化	304
11.3.3 网络管理的优化	306
11.3.4 附加业务的优化	307
11.4 利用 MSTP 优化现有网络	310
11.4.1 利用 MSTP 优化 ATM 网	310
11.4.2 利用 MSTP 优化 IP 网	312
11.5 城域光网络的规划与设计	314
11.5.1 核心层的设计	314
11.5.2 汇聚层的设计	315
11.5.3 接入层的设计	315
参考文献	316

第 1 章 城域网概述

1.1 引言

随着密集波分复用 (DWDM) 技术在长途干线上的大规模应用, 以及用户接入驻地网的宽带化技术的普及, 作为桥接终端用户与骨干网的网络部分, 城域网的发展相对滞后, 逐渐成为全网容量与发展的瓶颈。在激烈的市场竞争下, 各运营商迅速将竞争重点转移到城域网。

当前, 以 IP 为代表的业务迅猛发展、ADSL 等宽带接入业务的广泛开展以及 3G 部署的呼声日渐高涨, 都给城域网提出了更高的容量和功能要求, 同时还要快速适应新业务的发展需求。从全球电信业的发展来看, 数据业务量有望在未来 2~3 年内超过话音业务量, 目前在很多国家数据业务量已经远远超过了电信业务量, 基于数据分组交换的业务将在 5~10 年内覆盖整个传统电信业务。如何在保证传统 TDM 业务传送的同时, 高效地传输各种数据业务成为城域网面临的首要问题。而发展城域网涉及的核心问题的实质就是建立城域多业务传送平台, 以支持数据业务尤其是以太网业务和以传统话音为主的 TDM 业务的综合传送。

据报道, 中国光传输设备市场的销售继续增长, 2004 年中国范围内光传输设备销售额可望达到 400 亿人民币, 预计到 2005 前, 国内光传输市场仍可保持 30% 的复合增长率。中国光传输市场的大多数销售收入将来自 SDH 设备, 保守估计 SDH 设备占 2004 年光传输设备市场份额的一半, 即销售额达到 200 亿元。尽管 DWDM 技术在城域网和骨干网中发挥了很大的作用, 但 SDH 相对于 WDM 具有更低的成本, 随着 10Gbit/s SDH 设备的成熟, SDH 在未来时间内还将统领中国的光传输设备市场。

1.2 城域网概述

1.2.1 城域网的内涵

城域网 (MAN) 是一种主要面向企事业用户的、可最大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。城域网的功能是实现业务的本地分流和向长途骨干网的汇聚, 实际是一种带有某些广域网特点的本地应用型公用网络。城域网在网络的性质、覆盖范围和业务类型等方面有别于局域网和广域网, 业务类型多样化与业务流向和流量不确定是其基本特征。

横向上, 城域网通常可划分为核心层、汇聚层和接入层 3 个层次, 如图 1-1 所示。核心层主要是为各业务汇聚层节点提供高速的承载和传输通道, 同时实现与既有网络的互连; 汇聚层主要完成本地业务的区域汇接, 进行业务汇聚、管理与分发处理; 接入层则主要利用各种接入技术和线路资源实现对用户的覆盖。纵向上, 城域网又可分为业务层和传送层。其中, 传送层完成链路建立、带宽管理和业务疏导; 业务层负责净荷的封装和对传输层的电路信息

进行交换处理^{[1]、[10]、[11]}。

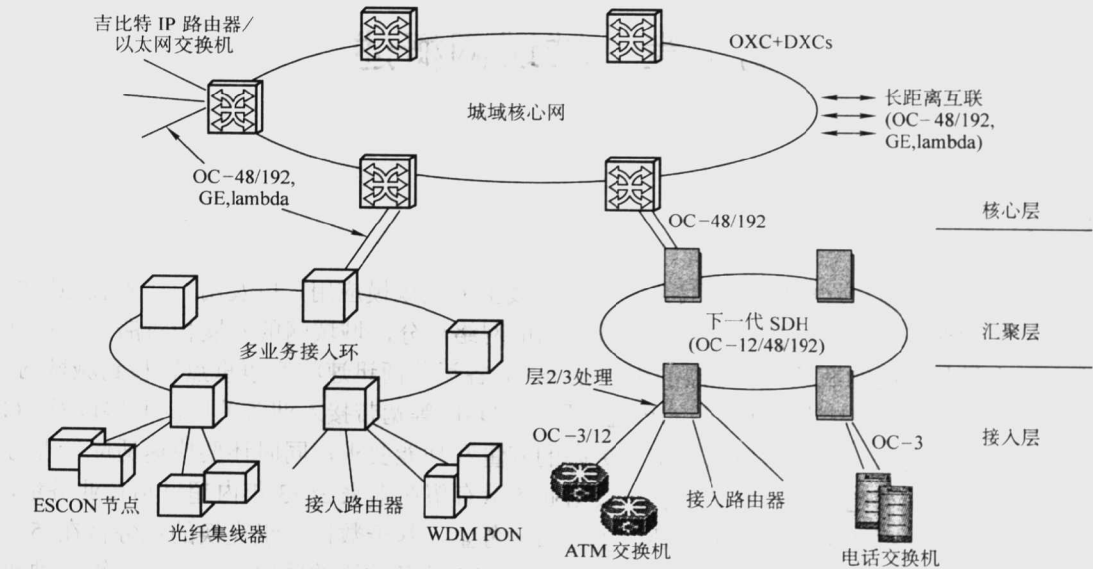


图 1-1 多业务城域网的网络结构

城域网正在从单纯的传送网向业务网演进，从网络结构看，必将朝着网络单一化、业务接入综合化和容量增大化的方向发展；从业务发展趋势看，传统 TDM 业务在电信业务构成中的地位相对弱化，数据业务必将成为城域网未来若干年的发展重点；而从技术发展趋势看，城域网将向多业务和智能化方向发展。在城域网的规划和建设中，应充分考虑网络实际的业务模型、发展趋势与新技术的出现，选择适当的网络拓扑和传输技术。

未来的城域网应该是一个灵活、可以管理、高带宽、高可靠性、高生存性的网络系统，有以下特点：

(1) 业务类型多样性。这就需要提供多种容易使用的标准接口，并且要求这些接口具有一定的自适应能力，能够支持智能业务的复用，有很好的媒体接纳控制能力。为了支持数据、话音、视频等多媒体的传输能力，城域网应大幅提高网络带宽，应实现从桌面至主干交换机各级网络设备全方位地消除网络瓶颈，尽量避免拥塞，显著改善响应时间，还应提供对服务质量的保障机制。

(2) 业务流量的不确定性。城域网要承载各种各样的业务，现在数据业务已经逐步变为主要的业务，而且其所占比例将会进一步加大，数据业务流量的特征为突发性和流向易变性，这就要求网络具有更好的灵活性，而且能够动态分配带宽。

(3) 技术的多样性。现有城域网技术的发展基本上为从骨干网的技术向下延伸，从接入网、以太网的技术向上扩展，形成多种技术融合共存的局面。由于城域网既要满足骨干的传输和接入业务的多样化的要求，同时又要迎合现在网络统一化的需求，所以城域网技术的发展应能支持多种协议，形成一个开放型的网络，并支持各种协议的互连。此外，城域网技术应能提供根据网络的应用类型灵活地划分和管理虚拟网，支持动态地跨区组建虚拟网的功能，从而可以有效地隔绝各部分应用，减少不必要的网络流量，适合城域发展不均衡的特点。

(4) 管理和控制的复杂性。城域网的电路调度多，需要很强的调度和配置能力，为了管

理和维护的方便,需要城域网具有高生存性、智能性。因此城域网需要网络系统具有良好的可管理性和智能性,具有监测、故障诊断、故障隔离、过滤设置等功能,同时应尽可能向集成度高、模块化、可通用性程度高等方向发展。

(5) 平滑升级扩容性。城域网具有地域不平衡性,对电信运营商来说,不希望在开始投入很大的资金,而是希望在扩容的时候逐步投入,这就对扩展性提出了一个很高的要求,网络应平滑地扩展和升级,而不需要初期投资过大。

1.2.2 城域网的技术选择

城域网目前面临的主要问题是带宽瓶颈,其次就是由于不同技术构建的重叠网的存在,导致网络的投资成本和运营成本过高,随着用户个性化需求的涌现,这些过于简单的业务模式将无法留住和吸引用户。鉴于这些原因,运营商期望实现网络的融合,希望将来的城域网在为用户提供各种基本业务的同时,还能迅速生成新的增值业务。

城域网的传送距离相对较短,业务种类繁多,存在着多种技术形式与解决方案。从运营商的角度考虑,技术方案的选择主要取决于自身的市场定位、用户需求及其拥有的网络资源状况。此外技术也是其考虑的一个重要因素,技术发展趋势、技术特点、技术成熟性以及网络承载的业务特性将是重点考虑的因素。目前,城域网技术主要有4种解决方案,分别是基于SDH的多业务传送平台(MSTP)、城域以太网多业务平台、弹性分组环(RPR)多业务平台、城域波分复用(WDM)多业务平台。各种技术方案都有其特定的应用场合,具体的选择哪种技术方案要依据市场、业务强度和分布以及发展战略等多种因素来综合确定。

1. 基于SDH的MSTP

基于SDH的多业务传送平台保留传统SDH技术的优良性能,并加以改造以支持数据业务的传送,终结多种数据协议,实施数据透传或二层交换和本地汇聚。鉴于城域网底层目前多采用传统SDH作传送平台,这种技术方案良好的兼容性、平滑升级性和综合性价比,应该是多数运营商心目中较为理想的可持续发展的策略。本书将在后面章节对基于SDH的MSTP进行详细的介绍和分析^{[2]~[9]}。

2. 基于以太网的MSTP

以太网是一种成本低廉、技术简单、扩展性能优异的面向数据分组的技术,在全球已得到极其广泛的应用。随着城域范围内越来越多的业务起始或终结于以太网帧格式,基于以太网技术来构建多业务城域网无疑将省去其他方案所必需的网络边界处的格式变换,降低网络的复杂性和成本。

基于以太网的MSTP具有简单、容易实现和成本低等优点。只要在大部分的城市地区建立起以太网,那么用很少的几条光纤线路连接地理位置相邻城市的城域网(MAN),就完全能用以太网的方式建立地区性网络。城域以太网将以太网的优越性扩展到了MAN,如低成本的以太网接口(10Mbit/s、100Mbit/s、1Gbit/s)。以太网在企业和个人计算机上的广泛使用,使得以太网的硬件成本非常低,大大降低了运营商的网络建设成本。以太网技术的成熟更降低了网络的风险。通过跨WAN的虚拟局域网(VLAN)实现虚拟专用网络应用,不需要企业改变他们现有的IP地址,简化了企业的管理成本,使得城域以太网可以同时为住宅用户和商业用户服务。

在所支持业务的类型上,城域以太网设备厂商和运营商已形成的共识是,城域以太网技

术将能够支持以下业务类型:

- 1) 高速 Internet 接入以及潜在的其他通信接入, 如帧中继和专线;
- 2) 基于分组的城域数据业务;
- 3) MAN 内的透明 LAN 业务, 即固定速率的 LAN 到 LAN 通信;
- 4) 存储区域网 (SAN) 业务, 以太网链接将在本地服务器和远程存储器之间代替或传输光纤信道连接;
- 5) VPN 业务 (类似于规划中基于 MPLS 标准的 VPN), 该业务是基于 802.1p 以太网标准的;
- 6) 为其他运营商提供的业务, 用于集合和链接数字用户环路 (DSL) 及电缆调制解调器;
- 7) 可管理的 LAN 业务和可管理的 Internet 安全性业务。

还有其他更多的应用可望相继出现, 如分组话音业务和城域以太网话音业务, 这意味着城域以太网可用作向 VoIP 骨干网传输话音的接入技术。

城域以太网技术具有非常好的扩展性, 可以非常方便地扩展用户的数量, 同时它的统计复用功能能提高网络中继带宽的利用率。但在用户管理、网络可靠性和 SLA 管理等方面, 目前的以太网技术还不能满足电信网的要求, 以下 3 个问题亟待解决:

(1) 用户管理是一切业务的基础。在网络大规模建设的初期, 为了适应市场的需求, 快速推出用户接入业务, 各运营商一般采用包月制的方式。我们看到, 简单的包月资费方式确有简单快速的优点, 但从长远来看, 这种过于单一的资费政策, 不仅会使运营商损失大量的客户, 浪费大量的网络资源, 同时也使得宽带网的运营缺乏高效、灵活扩展的管理手段, 使得运营商在未来的市场竞争中处于不利地位。因此, 建设宽带网络运营支撑平台成为当前宽带运营商迫切的需求。

(2) 网络的可靠性包含以下几个方面: 链路路径的保护和故障恢复、拥塞控制、路由选择和流量控制。已有的以太网技术在这几方面存在缺陷。如在 MAN 的组网中, 经常会出现环路, 虽然生成树 (Spanning Tree) 可以用来消除环路, 但这样不仅带宽不能有效利用, 并且当链路发生故障时, 生成树的重构又需要多达 10s 多的时间。与传统的 SDH 相比, 这是无法接受的。为解决以上问题, IEEE 成立了 802.17 工作组, 专门致力于环结构以太网技术弹性分组环 (RPR) 的研究, 以期在网络可靠性方面有较大的提高。

(3) 缺少端到端的 QoS 保障机制。电信运行商很难通过以太网来确保用户获得网络带宽的峰值和均值及数据包的丢失率和网络的传输时延。

总的来看, 城域以太网多业务平台最适合 IP 业务量占据绝对主导的网络应用场合, 也可以在 IP 业务量足够大的中小城市作为独立的 IP 城域网应用, 还可以在 IP 业务量很大的大中城市作为 IP 城域网的汇聚层和接入层应用。

3. 基于 RPR 的 MSTP

RPR 是一种新型的网络结构和技术, 是为了实现面向数据分组优化的城域网的要求而设计的。RPR 标准定义的 MAC 层可以独立于物理层, 运行在以太网、SDH 等物理层介质之上, 节点间的链路甚至可以通过 WDM 技术进行扩容。RPR 技术综合 IP 的智能性、以太网的经济性、动态带宽分配和 SDH 对时延和抖动的严格保障及 50ms 的保护和恢复等特性, 利用统计的空间复用机制, 提供动态带宽分配, 支持业务类别 (CoS) ^{[12]、[14]~[16]}。

然而, 国际上至今仍未形成最终的 RPR 技术标准, 致使各种专有产品的互联互通存在问

题。其次, RPR 技术着重在数据分组的处理能力上做文章, 对 TDM 业务的支持力度仍不够, 在当前 TDM 业务仍为电信业务收入主体的情况下, 发展速度和规模将会受到限制。此外, 由于 RPR 没有跨环标准, 独立组建大型网络的能力较弱, 必须与其他技术结合使用^{[18]、[19]}。

RPR 技术适合于数据业务量占主导、同时要求为 TDM 业务提供有效支持的应用场合。鉴于 RPR 具有很好的汇聚特性和优化的数据接入能力, 因此适于应用在城域网的接入层, 特别是以太网业务带宽需求占绝对优势的场合。关于 RPR 技术的特点在后面章节将会较为详细地介绍。

4. 基于 WDM 的 MSTP

通常来说, 网络扩容的方式归结起来大致有两种: 提高单板的电处理速率与采用 WDM 技术。随着技术的进展和业务的发展, WDM 技术正从长途传输领域向城域网领域扩展。

WDM 技术的应用允许网络运营者向用户提供透明的以波长为基础的业务, 客户信号可采用任何协议和格式而不受限于 SDH 技术模式。同时, 系统可以通过简单地增加波长的方式迅速提供新的业务, 而不会影响到原有的工作波长, 从而极大增强了网络的扩展性和市场竞争力。

采用 WDM 后, 容量有了大幅度的增加, 可以扩大数十至数百倍, 而且可以提供某种形式的 WDM 环保护。其次, 应用 WDM 后容许网络运营者提供透明的以波长为基础的业务。用户可以灵活地传送任何协议和格式的信号而不受限于 SDH 格式。特别是对于应用在城域网边缘的系统, 直接与用户接口需要能灵活快速地支持各种速率和信号格式的业务, 因而要求其光接口可以自动接收和适应从 10Mbit/s~2.5Gbit/s 范围内的所有信号, 包括 SDH、ATM、IP、千兆以太网和光纤通路等。而对于应用在城域网核心的系统, 将来可能还会要求支持 10Gbit/s 乃至 40Gbit/s 的 SDH 信号和以太网信号。最后, 城域 WDM 系统还应具备波长可扩展性, 新的波长应能随时加上而不会影响原有工作波长, 这样, 系统可以通过简单地增加波长的方式迅速提供新的业务, 极大地增强了网络扩展性和市场竞争能力。

然而, 城域 WDM 系统的主要不足之处在于不能有效灵活地将低速率信号汇聚进较昂贵的波长通路; 此外, 不能动态地配置波长, 实现光层灵活连接; 况且, 目前其成本仍然较高, 特别是传输距离较长时需要光纤放大器, 因此需要开发低成本光纤放大器。

由于当前在网络边缘需要整个波长带宽的用户和应用毕竟很少, 因此 WDM 多业务平台主要适用于核心层, 特别适用于扩容需求较大、距离较长的应用场合。为此进一步开发允许不同业务量和不同协议共享同一波长的子速率复用技术, 改进容量利用效率是 WDM 向网络边缘扩展的必要手段。

为了降低城域 WDM 多业务平台的成本, 粗波分复用 (CWDM) 技术逐渐得到重视。CWDM 系统的典型波长组合有 3 种, 即 4 个、8 个和 16 个, 分别覆盖 1510~1570nm、1470~1610nm、1310~1610nm 范围, 波长通路间隔达 20nm, 滤波器通带宽度约 13nm, 允许波长漂移 $\pm 6.5\text{nm}$, 大大降低了对激光器的要求。传统 DWDM 系统用激光器的波长精度要求至少有 0.1nm, 而 CWDM 系统用激光器的波长精度要求可以放宽到 2~3nm。此外, 由于 CWDM 系统对激光器的波长精度要求很低, 无须制冷器和波长锁定器, 不仅功耗低, 尺寸小, 而且其封装可以用简单的同轴结构, 比传统碟形封装成本低 (激光器模块的总成本可以减少 2/3)。从滤波器角度看, 典型的 100GHz 间隔的介质薄膜滤波器需要 150 层镀膜, 而 20nm 间隔的 CWDM 滤波器只需要 50 层镀膜即可, 其成品率和成本都可以获得有效改进, 预计成本至少