

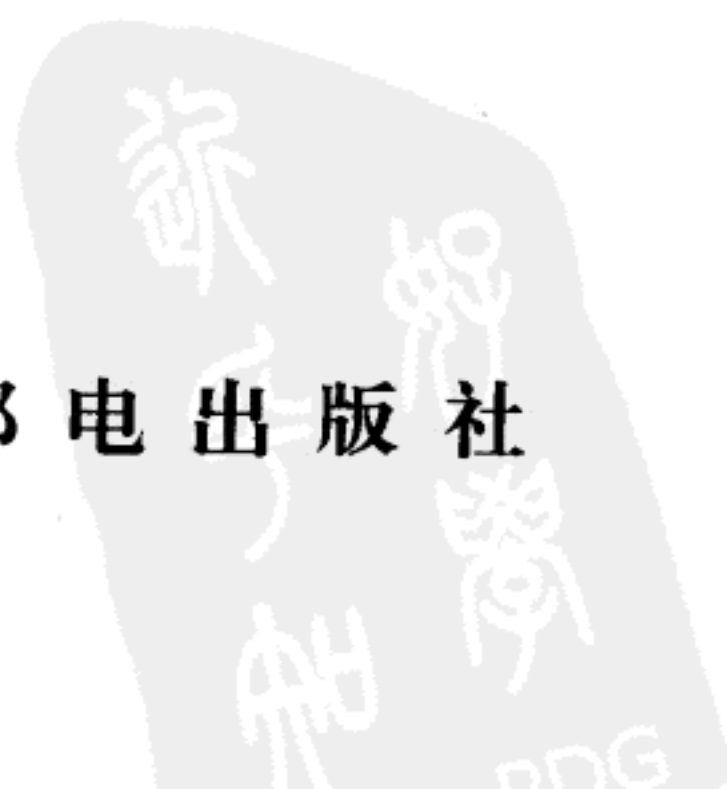
多业务传送平台（MSTP）技术与应用

曹蓟光 吴英桦 编著

杜 森 审

•

人民邮电出版社



前 言

多业务传送平台（MSTP）设备是指基于 SDH 技术，同时实现 TDM、ATM、以太网等多种业务的接入、处理和传送功能，并能提供统一网管的多业务节点。

MSTP 设备作为城域网的主要网元，是数据网和语音网融合的桥接区。MSTP 设备可以应用在城域网各个层面。对于骨干层：它主要进行中心节点之间大容量高速 SDH、IP、ATM 业务的承载、调度并对业务提供保护；对于汇聚层：主要完成接入层到骨干层的 SDH、IP、ATM 多业务汇聚；对于接入层：MSTP 则完成用户多种业务的接入。

MSTP 技术是指这种网元的设计、开发、应用、测试与维护的技术。

MSTP 技术的优点主要表现在它支持多端口种类、支持多种业务类型、具有灵活的服务提供能力、支持 WDM 的升级扩容、最大效用的光纤带宽利用、较小粒度的动态带宽管理等方面，因此它成为一种在城域网建设中受到越来越多关注、应用越来越广泛的技术。基于 MSTP 技术的城域多业务传输网络建设方案是介于传统的“SDH+ATM+IP”方案与全光智能 IP 网络方案之间的一种目前现实可行的、有竞争力的城域网建设方案。

作者在工作中对 MSTP 技术作了较为深入的分析，并且对电信市场上知名厂商的主流 MSTP 产品进行了测试，积累了一定的经验，这些都构成了本书的主要内容。

本书共分为 5 章，第一章主要介绍了城域网的基本概念，对城域网的网络结构、技术特征、主要组网技术、发展方向等问题进行了讨论；第二章对 MSTP 技术进行了较为详细的分析，包括 MSTP 协议栈模型及其对 TDM 业务、以太网业务和 ATM 业务的支持方式等内容；第三章对 MSTP 技术和设备的应用领域和典型应用方式进行了讨论，包括网元配置、基本网络结构、典型应用等内容；第四章对 MSTP 设备的主要测试项目和基本测试原理进行了详细分析，这些内容对于评价和选择 MSTP 设备有具体指导意义；第五章对国内市场上的主流 MSTP 产品的情况进行了介绍。

本书第二章的 2.5.2、2.5.3、2.6 和 2.7 节，第四章的 4.6 节由吴英桦编写，第一至四章的其余各节由曹蓟光编写，第五章由曹蓟光、吴英桦统稿。杜森教授审阅了全书。

在本书的编写过程中参考了许多专家、学者的研究论文和专著，得到了许多人士的支持和鼓励，在此一并表示谢意。

特别感谢杜森教授的耐心指导和真诚帮助，没有他的鼓励和支持也就没有这本书的问世。

鉴于作者的学识有限，写作时间仓促，因而书中一定存在偏颇甚至谬误之处，还望读者指正！

作 者

cjggjc@263.net

wuyinghua@mail.ritt.com.cn

2003 年 7 月

目 录

第一章 城域网基本概念	1
1.1 城域网的发展历程	1
1.1.1 城域网的概念	1
1.1.2 城域网的发展	2
1.1.3 城域网的网络结构	3
1.2 城域网建设的基本原则	4
1.3 城域网建设的主流技术	5
1.3.1 基于 SDH 的城域网	5
1.3.2 基于以太网的城域网	6
1.3.3 基于 WDM 的城域网	8
1.3.4 基于 ATM 的城域网	9
1.3.5 城域网类型划分	9
1.4 城域网的发展方向	10
第二章 MSTP 技术基础	12
2.1 MSTP 技术概念	12
2.1.1 概述	12
2.1.2 MSTP 概念	14
2.2 MSTP 技术框架	17
2.2.1 MSTP 技术的定位	17
2.2.2 MSTP 技术框架	21
2.2.3 MSTP 设备功能模型	28
2.2.4 MSTP 技术特征	32
2.3 MSTP 技术对 TDM 业务的支持	33
2.3.1 SDH 基本概念	33
2.3.2 SDH 网络结构	35
2.3.3 SDH 网络保护与恢复	36
2.3.4 SDH 帧结构与开销	37
2.3.5 映射	39
2.3.6 定位与复用	40
2.3.7 VC 级联与虚级联	43
2.3.8 LCAS 协议	48

2.3.9	SDH 技术在 MSTP 技术中的地位	50
2.4	以太网业务在 MSTP 中的实现	51
2.4.1	以太网技术基础	51
2.4.2	基于 IEEE 802.3 MAC 层的以太环网	57
2.4.3	基于 IEEE 802.17 MAC 层的以太环网	59
2.4.4	以太网业务保护策略	68
2.5	利用 SDH 传送数据业务	76
2.5.1	利用 SDH 传送数据业务的现有方法	76
2.5.2	PPP	76
2.5.3	LAPS	89
2.5.4	通用成帧规程 (GFP)	90
2.6	ATM 业务在 MSTP 中的实现	95
2.6.1	ATM 的技术特点	95
2.6.2	ATM 的基本业务及应用	96
2.6.3	ATM 基本原理	98
2.6.4	ATM 适配层 (AAL)	101
2.6.5	ATM 层	108
2.6.6	ATM 物理层	114
2.6.7	操作和维护 (OAM) 规程	118
2.6.8	IP over ATM 技术	121
2.6.9	ATM 在 MSTP 城域网中的应用	129
2.7	帧中继在 MSTP 中的实现	131
2.7.1	帧中继的技术特点	131
2.7.2	帧中继的基本业务及应用	133
2.7.3	帧中继的基本技术	134
2.7.4	核心链路层协议	135
2.7.5	PVC 管理协议	139
2.7.6	FR 与 ATM 的互通	139
2.7.7	帧中继承载 IP 业务	142
2.7.8	帧中继业务在 MSTP 中的应用	143
第三章	MSTP 技术应用	144
3.1	概述	144
3.1.1	MSTP 设备特点	145
3.1.2	MSTP 设备优势	145
3.2	网元配置	147
3.3	组网方式	153
3.4	网络应用	154

第四章 MSTP 测试技术	158
4.1 测试类型概述	158
4.1.1 设计测试	158
4.1.2 出厂测试	160
4.1.3 入网测试	160
4.1.4 选型测试	161
4.1.5 试运行测试	161
4.2 测试原则概述	162
4.3 接口测试内容概述	165
4.4 SDH 测试	167
4.4.1 设备的高低阶交叉能力	167
4.4.2 VC 级联能力	175
4.4.3 VC 通道误码特性	178
4.4.4 SDH 网络和设备的抖动与漂移特性	178
4.5 以太网功能测试	189
4.5.1 以太网透传功能验证与性能测试	190
4.5.2 以太网二层功能验证与性能测试	203
4.6 ATM 功能测试	208
4.6.1 ATM 基本测试方法	208
4.6.2 ATM 网性能测试	211
4.7 保护倒换功能测试	214
4.7.1 线性 VC 通道保护测试	216
4.7.2 线性复用段保护测试	217
4.8 互连互通测试	231
4.8.1 两个通道保护环的连接	232
4.8.2 通道保护环与复用段保护环的连接	233
4.8.3 复用段共享保护环的连接	234
4.8.4 两个 SNCP 环的连接	235
4.8.5 SNCP 与复用段保护环的连接	236
4.8.6 基本测试原理和测试方法	238
4.9 同步时钟测试	240
4.9.1 定时方式验证	241
4.9.2 时钟性能测试	243
4.9.3 定时方式倒换测试	247
4.9.4 对 SSM 中的 S1 字节支持能力测试	249
4.9.5 时钟接口物理参数测试	250
4.10 网管能力测试	250
4.10.1 故障管理	251
4.10.2 性能管理	251

4.10.3	配置管理	251
4.10.4	安全管理	251
4.10.5	计费管理	251
第五章	典型的 MSTP 设备	253
5.1	华为 MSTP 设备	253
5.1.1	华为 MSTP 设备概述	253
5.1.2	华为 MSTP 设备特点	254
5.1.3	设备功能简介	255
5.1.4	典型应用	256
5.2	光桥 MSTP 设备	257
5.2.1	MetroWave™ 产品简介	257
5.2.2	MetroWave™ MSTP 核心技术	259
5.2.3	MetroWave™ MSTP 产品的特点	259
5.2.4	MetroWave™ MSTP 产品的典型应用	260
5.3	泰乐公司城域多业务光网络设计理念	261
5.3.1	新一代城域多业务光网络基本设计理念	261
5.3.2	在核心层骨干节点使用大容量交叉连接 (DXC) 设备	263
5.3.3	基于 MPLS 的城域数据业务、服务质量 (QoS) 和安全保证	264
5.4	奥普泰基于 MSTP 的城域网解决方案	266
5.4.1	MSTP 技术的起源及发展趋势	266
5.4.2	MSTP 的相关技术	267
5.4.3	奥普泰公司 MSTP 解决方案	268
5.4.4	奥普泰公司简介	269
参考文献		270

第一章 城域网基本概念

1.1 城域网的发展历程

1.1.1 城域网的概念

城域网（MAN，Metro Area Network）是近十多年来电信领域研究的热点。研究论文和研究报告层出不穷，取得了许多重要的研究成果，内容涉及城域网的方方面面，包括城域网总体技术要求、网络结构、协议栈模型、各种建设技术、业务支持能力和运行维护模式等。同时在城域网建设的工程领域也取得了很大成绩，各个电信运营商均把城域网建设和运行维护作为企业发展的重要环节，通过对城域网的优化和业务服务质量的提高来努力提升城域网的投资回报率（VOI，Value of Investment）、降低单业务的建设成本，从而增强企业的竞争能力。尽管城域网技术在理论和实践等方面均取得了较大的成绩，但是由于它是一个发展中的技术，各种新观点、新技术、新业务不断出现，因此仍然有许多问题亟待解决。这些问题可以分为两类：一类是关于现有城域网各种建设技术在工程实践中如何优化组合，以求建设成本最小化和业务收益最大化的问题，这包括对于网络的一些具体特性（如安全性、可管理性、可维护性、可扩展性、可靠性和可用性等）的深化研究。另一类是关于未来城域网技术发展方向的研究，研究重点集中在下一代城域网的网络模型、关键技术以及业务提供方式和能力等方面。基于 IP 的全光网络成为了下一代城域网研究的热点，并且未来的网络是基于 IP 的智能全光网络的观点也正在被越来越多的研究人员所接收。

在城域网技术的研究领域，对于城域网的概念一直缺少一个公认的、准确的定义。首先，在 ITU 的建议中没有对城域网进行严格的界定，它是通过对局域网和广域网内容的界定来说明城域网研究范围的。其次，在国内对于城域网概念的定义也多种多样，有着不同知识背景、遵从不同技术路线的研究人员对于城域网的概念有着不同的理解。一般认为城域网是指在地域上覆盖城市及其周边地区、在功能上为城域多业务提供综合接入、汇聚和传送的网络平台。在信息产业部制订的行业推荐标准《城市宽带网框架》中提出了宽带城市网（Metro Area Network）概念的定义，“宽带城市网是基于宽带技术，以电信网络的可管理性、可扩充性为基础，在城市范围内汇聚宽、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、虚拟专用网等）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。”这里的城市网就是指城域网。这个定义首先明确了城域网在电信网络中的定位，这包括地域定位、功能定位和市场定位；其次也明确了城域网应具有的重要技术特征。

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，实际是一种带有某些广域网特点的本地应用型公用网络。可以说城域网的关键特征是公用多业务网，由此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，又不同于广域网。城域网与局域网的主要区别首先是网络性质的不同，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，因此有严格的要求；其次是传输距离的扩展，典型局域网的传输距离为数公里，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，它是一个全业务网络。

城域网与广域网的主要区别首先是容量，广域网要求很高的容量，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；最后是容许的成本不同，广域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，而广域网则恰好相反。

总体来讲，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、业务流向和流量具有不确定性。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。

1.1.2 城域网的发展

从历史上看，城域网（MAN）最初产生于局域网互联和数据新业务发展的需要，以后随着形势的变化逐渐发展成为新兴电信运营公司的区域性多业务通信网，传统的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多业务区域性通信网。

具体地讲，城域网的概念最早来自于计算机局域网。成功的解决了本地计算机互联问题的计算机局域网技术在面临地域上分散、数目众多的计算机互联需求时变得力不从心。在这种情况下出现了一些新的计算机互联技术，如在 20 世纪 80 年代末城域网主要采用校园网建设中广为采用的 FDDI 技术来连接多个局域网，数据速率一般在 45Mbit/s~200Mbit/s 之间，应用并不是很普及。随着 SDH 传输技术的发展和 ATM 交换技术的成熟，在相当长一段时间内，城域网建设采用的是：SDH/SONET 传输+ATM 多业务交换的模式，由于 SDH 传输技术的良好可靠性与 ATM 对 QoS 的保证能力，这种模式在技术上是相当成功的，但是在实际建设和运营过程中却遇到了技术实现复杂和建设成本昂贵的问题。因此这种模式在市场运作中虽然占据了较大市场份额，但并没有达到预想的效果。

随着 Internet 技术的发展和应用的普及，IP 技术在电信网中所占的位置越来越重要，于是，人们提出了下一代电信网（NGN，Next Generation Network）的概念，下一代电信网络就是纯 IP 的智能网络。目前在纯 IP 城域网的建设方案中比较有影响的方案有：吉比特以太网方案、POS 方案、EOS 方案、弹性分组环（RPR）方案等，这些方案具有建设成本低、组网能力强和应用灵活的特点。但是 IP 技术在 QoS 保证能力和网络故障恢复能力方面尚存欠缺，对于 TDM 业务的支持能力比较弱，尤其是其不支持时钟传送功能。为了能够在向纯 IP 城域网环境过渡的同时保证对传统的 TDM 业务的支持，现阶段城域网建设中比较可行的方案是多技术集成方案，这种方案综合了 IP 的灵活性、ATM 的 QoS 支持能力、SDH 的快速自愈和 WDM 的大带宽等技术优势，通过各技术的融合来达到对多业务支持的目的。

多技术集成方案可分为两种：一种是立体式的集成，以现有多种技术中的一种技术为基础技术，其他技术均建立在此技术的基础之上，如“SDH+ATM+IP”的城域网建设方案中，以 ATM 技术为基础技术，IP 业务利用 IP over ATM 技术承载在 ATM 之上，其表现为协议的层迭和格式的多次封装与转换；另一种是扁平式的集成，多种技术并立，它们之间没有承接关系，利用新的技术作为这些技术的公共基础，减少协议层数，简化处理流程。这种集成方式不是各个分立技术的简单堆积，而是在这些技术基础上的创新，有着自己的技术基础。在这种类型的方案中，最为典型的方案是多业务传送平台（MSTP），它具有突出技术优势和广阔应用前景。

1.1.3 城域网的网络结构

在建设城域网时，选择城域网网络结构需考虑以下几个重要因素：

（1）对原有网络结构的继承与兼容

网络的发展是一个渐进的过程，对于电信运营商来讲，前向兼容是必需的，这不但可以保护原有投资，而且能够稳定现有客户群。现在城域网传输层大量采用的是 SDH 技术，现有的电路交换业务和大部分的数据业务均由其来承载。在对城域网传输层进行改造或者选择新的传输技术时，要考虑的是如何保护现有的 SDH 投资，以及在 SDH 传送层上的现有业务的稳定传送。

（2）网络层次的简化

网络层次简化即网络层次扁平化。这是通过减少业务数据在处理时所经过的协议转换次数来实现的。城域网组网在逻辑上可继续保持网络分层，但实际网络应尽量建设成扁平化、无级化的网络。它采用一种设备，既可以用做上一层网络（如骨干层）上的节点，又可以做下一层网络（如汇聚层）上的节点，使两个平面变成一个平面。在这个平面上可以将不同节点组成网状网、环形网和线形网，减少环间电路跳接，方便电路调度，并争取在整个本地网上提供端到端的直达电路，而不要经过转接，达到快速提供电路的要求。

（3）网络设备的简化

网络设备简化包括较少的网络设备的种类和数量。网络设备的简化能大大提供网络的效率，降低网络维护的复杂性，节省机房空间和备件投入，并使网络更灵活和易于扩展。在网络建设时，应尽量采用集成度高、多功能、多速率的网络设备。尤其在网络上层，应选用可支持将多路 STM-16/4/1 TM、ADM、DXC 和 GE 等集成到一起的传输设备，并优选可升级到 STM-64 或 WDM/OADM 的平台设备。采用这种传输平台可以大大减少网络设备的数量，减少设备种类，实现网络层次的简化。在接入层应选用可支持多种接口的设备，避免出现针对不同应用采用不同接入设备的情况。为此可采用紧凑型 STM-1/4/16 MSTP 设备。

（4）网络管理的简化

现有城域网的网络管理层次较多，若要开通一个业务时，需要分别对处于不同网络层次的网络设备进行配置，配置过程复杂，纠错排错不方便。当城域网的网络层次和网络设备简化以后，相应的网络管理也得以简化。

通过对上述因素的分析与现有网络实际需求的考虑，通常选用两种网络结构模型：三层网络结构和两层网络结构。所谓的三层网络结构是指城域网由核心层、汇聚层和接入层等三层构成；为了简化网络结构，可以把汇聚层和接入层合二为一，形成了两层网络结构。

城域核心层为高端路由器和多业务骨干交换机提供大容量的 SDH 或波长通道。城域核心层实现几个城域汇聚层之间大容量的业务调度。核心层面临高速率的 IP 端口互连和大量的 SDH 电路或波长通道，要求是一个综合的多业务传送平台。城域核心传输网的拓扑结构推荐使用环形结构，逻辑上可构成网状或半网状结构。根据地域分布和业务量情况，核心传输网可以由若干个环形网组成，每两个相邻的环网之间需要有两个节点相连，以保证网络的可用性。

城域汇聚层实现接入层的业务汇聚，并实现与核心层的连接。汇聚层的核心内容是业务汇聚、调度、综合承载和安全性。由于城域汇聚层节点多，是业务处理的集中区，并且网络安全要求较高，因此在传输层应考虑采用 WDM、SDH、光以太网或其他开放的城域传输平台，并组成环网结构，从而提高网络的可用性。

城域接入层完成用户端的业务接入，低成本、灵活性和业务收敛是关键要求。接入层传输可以采用各种低成本、高可靠的传输技术，如：XDSL、光纤+以太网、HFC、PON 等，根据业务用户的重要性，可以采用环形、链形、树形（如 PON/APON/EPON 技术）的组网结构。

由于 MSTP 技术能够提供多种业务的支持，具有灵活的带宽管理策略，支持容量的平滑扩充，因此其可以应用在城域网的核心层、汇聚层和接入层，是城域网众多建设技术中有竞争力的一种技术。

1.2 城域网建设的基本原则

城域网建设要遵循一些基本原则，概括起来有：

（1）开放性

城域网的开放性体现在其网元设备是否支持国际和国内有关的行业标准（IETF、OSI、ITU-T、ANSI、YD/T 等）以及协议。首先，网元设备的接口类型和参数应该在遵照国际标准的前提下，兼顾国内实际使用情况来选择；其次，网络上所运行的链路层以上协议应该尽量避免采用私有协议和不成熟协议，以免在网络互联互通方面存在问题，影响对业务的支持能力。

（2）技术成熟性和先进性的权衡

城域网所采用的技术既要具有前瞻性，又要具有前向兼容性。在采用新技术时，应该考虑到其是否具有成功的应用实例，并且与运营商现有的城域网技术能否融合，以便对已有投资提供保护。

（3）可运营性

城域网需要向大量用户提供不同类型的服务，网络应提供良好的业务管理能力，支持对宽带用户的接入管理、身份认证、带宽许可、地址管理和服务质量（QoS）保证，并针对不同的业务提供灵活的计费方式，确保网络的可运营特性。

（4）可管理性

城域网分层的网络结构，需要具有统一的分级、分权管理能力的网管系统，实现统一的网络业务调度和管理，降低网络运营成本。

（5）可增值性

根据竞争和企业发展的需要，城域网建设要充分考虑业务的扩展能力，能针对不同的用

户需求提供丰富的宽带增值业务，使网络可持续赢利。增值业务包括两个方面：一个是提供传统业务的附加业务；另一个是开拓发展新业务。

(6) 可扩展性

网络的可扩展性包括网络容量的扩展、网络技术的扩展、网络应用的扩展和网络用户的扩展。网络扩展性对网络规划提出了要求。

(7) 安全性

网络的安全性可以分为如下几个层次：网络安全、操作系统安全、用户安全、应用安全和信息安全。城域网的设计应充分考虑网络上述层次的安全性，保证业务数据安全、高效、稳定地传送。

(8) 高可用性

城域网应该具有较高的可用性，尤其是城域网的传送层作为所有业务的承载网应该达到99.999%的可用性。并且城域网建设时应该考虑在多个网络层次上提供多种级别的保护策略，如设备级保护、网络级保护、业务级保护等，这些不同层次的保护措施应能协同工作，提高网络的可用性。

1.3 城域网建设的主流技术

目前，城域网建设技术正处于百家争鸣时期，各种新技术和组网方式层出不穷；在实际网络中也是多种技术并存。

城域传送网的典型解决方案如图 1.3.1 所示，这些方案可以分为基于 SDH 的多业务传送方案、基于以太网的多业务传送方案、基于 WDM 的多业务传送方案、基于 ATM 的多业务传送方案等。

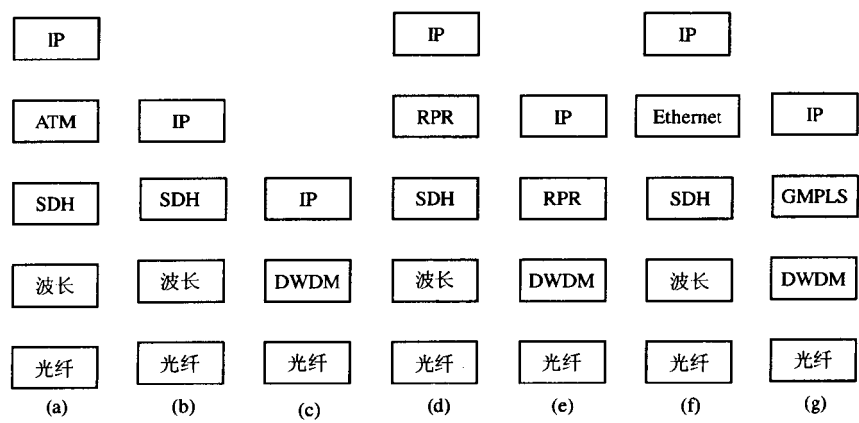


图 1.3.1 城域传送网典型解决方案

1.3.1 基于 SDH 的城域网

这种方案以成熟的 SDH 技术为基础，充分利用 SDH 技术的保护恢复能力和同步低时延特性，在其上承载多种业务。

具体地讲，这种方案又可以分为两种：一种是现在广为采用的 WDM+SDH+ATM+IP 的组网模式；另一种是对现有 SDH 技术加以改造，以适应多种业务的传输。

对于前者，考虑到网络中大量存在的 SDH 设备和 ATM 设备，利用 ATM 技术来承载 IP 业务，这样可以充分保护现有网络设备的投资。采用这种方案的另外一个原因在于 SDH 技术在网络可用性和传输性能等方面的优势，以及 ATM 技术在 QoS 方面的突出表现。ATM 能够把多种不同服务集中在一个通道中，并提供分类管理。它根据对 VC、VP 流量进行监测建立显式路径，为流量负荷提供不同的连接来避免网络上出现拥塞点，实现传输的高效率。但 ATM 在传输 IP 业务时存在分帧内部开销和信元税，导致传输效率下降。SVC 的建立时间比网络传输时延要长几个数量级，带宽利用率低，其多层的管理体制使得管理系统很复杂。更大的问题是在路由器线路卡中要设置包分拆重装 SAR 装置，存在排队延迟、链路层复杂的问题。这些问题都限制了 WDM+SDH+ATM+IP 成为以承载 IP 业务为主的综合业务平台。

而后者主要考虑到：传统的 SDH 技术主要是适应 TDM 业务的传送，在传送带宽可变的分组业务时显得力不从心。因此在 SDH 技术上增加对数据业务的支持，特别是以太网业务的支持，对于已有 SDH 网络和大量 TDM 业务的运营商是最直接有效的解决方案。基于 SDH 的多业务传送平台（MSTP）正是在这种环境下产生的。

基于 SDH 的 MSTP 技术是指对现有 SDH 技术的功能进行扩充，使其支持二层甚至三层数据处理智能。基本思路是将多种不同业务通过 VC 级联等方式映射进不同的 SDH 时隙，而 SDH 设备与二层和三层分组设备在物理上集成为一个功能实体。这样可以减少机架数、机房占地、功耗、架间互连，简化了电路指配，加快了业务提供速度，改进了网络扩展性，节省了运营维护和培训成本，还可以提供诸如虚拟专网（VPN）或视频广播等新的增值业务。特别是集成了 IP 路由、以太网、ATM 或帧中继功能后，网络可以通过统计复用和超额订购业务来提高 TDM 通路的带宽利用率和减少局端设备的端口数，使现有 SDH 基础设施效能最佳化。另外，基于 SDH 的 MSTP 技术还可以方便地完成协议终结和转换功能，使运营者可以在网络边缘提供多种不同业务，而同时将这些业务的协议转换成其特有的骨干网协议。

总的来讲，基于 SDH 的 MSTP 技术可以用于网络边缘的融合节点支持混合型业务量，特别是以 TDM 业务量为主的混合型业务量。它不仅适用于缺乏网络基础设施的新运营者，应用于局间或 POP 间，乃至大企业用户驻地，也适用于已敷设了大量 SDH 网的运营公司。以 SDH 为基础的多业务平台可以更有效地支持分组数据业务，有助于实现从电路交换网向分组网的过渡。

1.3.2 基于以太网的城域网

以太网原本是用于局域网中的一种技术，但是随着数据业务的拓展，这种技术正向城域网乃至广域网扩展和渗透。从技术上看，以太网是一种很简单的解决方案，只需要最少量的规划、设计和测试工作，并且应用多年，为用户所熟悉，业务配置时间可以减少到几个小时或几天。其次，以太网是标准技术，互换互操作性好，具有广泛的软、硬件支持，成本低。再者，以太网是与媒体无关的承载技术，可以透明地与铜线对、电缆和各种光纤等不同传输媒体接口，避免了重新布线的成本开销。从结构上看，以太网正以前所未有的端到端解决方案面目出现，消除了其他解决方案所必不可少的网络边界处的格式变换，减少了网络的复杂性。此外，以太网是具有很好扩展性的解决方案，其速率可以从 10Mbit/s、100Mbit/s、1Gbit/s

一直扩展到 10Gbit/s。从管理上看,由于同样的系统可以应用在网络的各个层面上,因此网络管理可以大大简化。尤其值得一提的是,由于很多用户已经熟悉了以太网,因此培训工作简化,新业务可以拓展得更快。

基于以太网的城域多业务传送平台的实现主要包括两种方式:基于以太网技术的方式和基于弹性分组环(RPR)技术的方式。

以太网技术是以 IEEE 802.3 系列标准为基础的。以太网在城域网中的应用正在由 EFM(Ethernet First Mile)组织进行研究和标准化。由于以太网开始是一种局域网技术,因此需要对其进行改进才能适合于城域网的应用。这些改进主要包括保护恢复时间、服务质量等。基于三层路由的以太网恢复需要几分钟,基于 STP 的二层以太网恢复需要几秒到几十秒的时间,具体恢复时间与网络规模有关,这无法满足语音业务的需求。而快速 STP(RSTP)将保护恢复时间缩短为几秒。现在提的比较多的基于以太网的城域网建设方案是吉比特以太网技术。这种方式的好处是传输效率高、设备简单、易维护,而且价格低廉。存在的缺点除了包括以太网技术用于电信业务传输时的传统问题,如 QoS 保证能力、安全性等外,还有其对于传统 TDM 业务的支持能力比较弱,这是制约这种方式普及的重要原因。

另外一种基于以太网的多业务传送平台是基于 IEEE 802.17 的 RPR 技术。RPR 技术吸收了吉比特以太网的经济性、SDH 系统 50ms 环保护特性等优点。它采用类似以太网的帧格式、结合 MPLS 标记、基于 MAC 高速交换、简化 IP 前传。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。RPR 在整个环上而不是在单独链路上实行公平机制,因此容易实施全局的公平机制。服务提供商可以利用控制源节点发送数据包的速率来控制上游节点和下游节点的速率。带宽策略允许在无拥塞的情况下把环上任意两个节点之间所有的带宽分配给这两个节点,没有 SDH 那种固定电路系统的不灵活性,同时又比点到点的以太网更加有效。

目前 RPR 的标准化工作尚未完全完成,主要的 RPR 厂家分为两类,一种支持 TDM 话音业务,另一种则只支持数据业务。RPR 的重要不足在于对 TDM 业务的支持方面,虽然目前有厂商声称可以很好地支持 TDM 业务,但是实际的效果仍不尽如人意。其中的一个重要问题是对时钟的透明传输,RPR 同步机制与 SDH 不同,必须确保 TDM 时钟可以透明传输到对端。另外一个问题来自网络管理系统,基于 SNMP 的网络管理系统无法像 SDH 网管系统那样对一个复杂、庞大的网络进行有效的管理,并且缺少 SDH 的端到端性能监视和配置等手段。第三个问题是 RPR 定义的是一个环网结构下的技术,无法工作在复杂的网络环境下(甚至是环间互联)。而实际的城域网络环境往往是十分复杂的。

尽管从长远看,一个端到端的以太网是不可避免的,但演进的路线却不止一条。对于没有基础设施的新兴运营者可以租用暗光纤从头建设自己的网络,完全旁路现有的 SDH 和 ATM 基础设施。对于已经拥有 SDH 和 ATM 基础设施的运营者来说,问题就没有那么简单,须仔细研究、分步骤逐渐演进。

概括起来讲,基于以太网的多业务传送平台所具有的主要优点是简单、高效;主要缺点集中在 QoS 支持能力弱、安全性保证能力差,以及网管能力弱等方面。另外,以太网交换机的光口是以点到点方式直接相连的,省掉了传输设备,无法提供故障定位和性能监视手段,保护功能也难以实现。最后,尽管以太网作为局域网应用是一项久经考验的技术,但是用于

公用电信网特别是广域网环境仍然是一项未经测试的新技术，其设备是否能提供大型电信级公用网硬件和软件所必需的可靠性，也需要实践和时间的验证。总的看，只有妥善地解决了上述主要问题后，传统以太网才能顺利地应用于大型公用电信网环境。

1.3.3 基于 WDM 的城域网

随着技术的进步和业务的发展，WDM 技术正从长途传输领域向城域网领域扩展。当然，这种扩展不是直接进行的，需要针对城域网的特定环境对 WDM 进行改造。其主要特点和要求可以归结如下几个方面。

首先，采用 WDM 后，容量有了大幅度的增加，至少可增加几十倍，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。这样，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 10Mbit/s~2.5Gbit/s 范围的所有信号。而对于应用在城域网核心的系统，则将来有可能还会要求支持 10Gbit/s 的 SDH 信号和 10Gbit/s 的以太网信号。最后，城域网 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而迅速提供新的业务，极大地增强了运营者的市场竞争能力。

针对带宽需求不是特别大，要求设备简单灵活的情况，现在又出现了一种波长数量较少（一般在 4~12 波）、波长间隔较大的 CWDM（粗波分复用）。CWDM 在波长复用间隔（放宽到 10nm 左右）方面区别于 DWDM（ITU-T 标准为 0.8nm）。CWDM 可以使用 1200~1600nm 甚至更宽的窗口，这样，大大降低了光器件成本。它的最大特点就是多功能集成可用一套设备，组网简单、灵活和便宜。但是由于要使用光纤全波段，有可能对光纤的损耗谱线提出附加要求，并要使用全波段的复用/解复用器件。另外，DWDM 系统价格的快速下降，也使 CWDM 的应用前景变得不明朗。

城域光分插复用（OADM）环网可承载大量客户的多种协议和多种速率的业务，每个波长承载一种业务的方式将很快耗尽波长，为提高每个波长的带宽利用率，应尽量避免低速率业务单独占用一个光波长通道。一种新兴的经济有效方法是将多个低速率客户信号复用到一个波长信道中。该技术被称为子速率（或子波长）复用，从而实现了“每个波长多种业务”。这种“子速率复用器”降低了城域 WDM 系统的应用门槛，可以直接容纳低速率的信号，给组网带来了灵活性。

WDM 环网解决了两个重要问题：光纤短缺和多业务的透明传输。成本是限制其应用的重要因素。目前它主要用来保护那些 SDH 还无法保护的業務，如 ESCON、FIBER CHANNEL 等。城域网 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中；此外，不能动态地配置波长，实现光层灵活连接；最后，目前其成本仍然较高。

总的看，城域网 WDM 的演进可以分为下述几个步骤：初始在城域网铺设 WDM 的主要目的是解决城域网枢纽点光纤耗尽的问题；第二步是逐步添加 OADM 设备，形成光自愈环，将大量现有的 SDH 自愈环汇聚到光自愈环；第三步是引入光交叉连接（OXC）互连大量的光自愈环，形成光网状网结构，从而使其具备网状网结构的大量优点，还能提供端到端的波长业务。当然，在合适的阶段还需要在 OXC 的基础上引入自动交换光网络（ASON），进一

步实现动态分配部署波长通路,以适应 IP 业务量的需要。

1.3.4 基于 ATM 的城域网

ATM 是一种出色的多业务平台技术,而且由于其固有的设计已经充分考虑了业务的 QoS 问题,因此可以为 IP 或其他任意客户层信号提供面向连接的、带宽可控、安全性好、延时小的高质量业务。特别是目前在城域网中应用的 ATM VP 环技术,利用在 SDH 骨干网上为 ATM 业务量生成虚通道 VP 的方式,可以使 SDH 网更有效地承载数据流。

对于未来网络最重要的 IP 业务信号而言,将 IP 与 ATM 结合可以综合利用 ATM 的速度快、颗粒细、多业务支持能力强的优点以及 IP 的简单、灵活、易扩充和统一性的特点,达到优势互补的目的。由于 ATM 具有固定的信元长度,又工作在链路层,因而是速度最快的分组交换技术。这种技术具有较强的流量工程能力,可以为不同类型的业务流建立不同的通道,根据业务流负荷和阻塞情况疏导不同链路,确保实时业务的 QoS。然而其主要缺点是网络体系结构复杂重复,传输效率较低。在网络扩展性方面,ATM 的分段和组装(SAR)功能将随着接口速率增加而变得十分复杂困难,速率难以提高。此外,ATM 的连接建立信令较复杂,选路灵活性不高;硬件投资高,运行维护管理复杂,特别是作大型路由配置时耗时耗力;对于较短的数据包,链路建立时间远长于网络数据传输延时,其间无法传数据,在高速条件下成为重要的带宽损失。

简言之,以 ATM 为基础的多业务平台最适用于多业务电信环境以及服务质量要求较高的 IP 业务,主要应用于网络边缘多业务的汇集和一般 IP 骨干网。由于其扩展性受限,高业务量下的性能表现不理想,ATM VP 环也不支持网状网结构,因而以 ATM 为基础的多业务平台不太适合超大型 IP 骨干网应用。一般说,对于那些已经敷设了核心 ATM 网而计划扩展到网络边缘的大型电信运营公司,ATM VP 环不失为一种可选的解决方案。但是对于预计近期 IP 业务量会持续大幅度攀升,网络规模需要大幅度扩展的情况,则以 ATM 为基础的多业务平台不是一种理想的解决方案。

1.3.5 城域网类型划分

对于上面提到的多种城域网建设方案,可以从多个角度、按多种分类方法来对其进行划分,如按不同技术所处的网络层次来分、按多种技术的集成方式来分或按技术成熟度和应用普及程度来分等。

(1) 按 OSI 七层模型不同层次所采用的技术来分

物理层: 光纤、WDM (DWDM、CWDM)、SDH;

数据链路层: ATM、以太网 (POS、EOS、GE)、基于 SDH 的 PRP、基于以太网的 RPR、基于 SDH 的 MSTP、基于 DWDM 和 CWDM 的多业务传输技术、MPLS (GMPLS);

网络层: 只有 IP,实现对高层应用的复杂度隔离。

(2) 按多种技术的集成方式来分

包括两种主要方式: 第一种是纯 IP 技术组网方式,如吉比特以太网方式、RPR 方式;另一种是 IP 技术与传统 TDM 技术综合的组网方式。对于前者,由于采用的技术比较单一,因此网络设计与建设较为方便,但是对于一些电信运营商来讲,其对原有设备和技术的兼容性较差,因此这种方式虽然受到较多关注,但是应用并不普及。对于后者,由于其能够保护