

I n t e r n e t

宽带 IP

I n t e r n e t

网络技术

陈锦章 主编

网络工程师实用技术培训教材



- 满足网络人才市场需求
- 搭建理论到实践的桥梁
- 注重实用的网络技术
- 面向基层网络技术人员



清华大学出版社

网络工程师实用技术培训教材

宽带 IP 网络技术

陈锦章 主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书较全面地介绍了宽带 IP 网络技术的各个方面及发展趋势。前三章介绍宽带 IP 网络总体技术,包括在 ATM、SDH、WDM 上传送 IP 的方法与协议、通用多协议标记交换(GMPLS)技术及下一代网络(NGN)概念、波分复用(WDM)与光联网技术、全光网络、第三代移动通信、宽带无线接入网等。后六章介绍宽带 IP 网络组网热点技术与新技术,包括组建城域网的各种技术、VPN 的各种类型与应用、实现 IP 网安全通信的 IPSec 协议、下一代协议 IPv6 的主要特点、由 IPv4 向 IPv6 过渡的技术、解决 IP QoS 问题的 InterServ 和 DiffServ 两种基本模型及 QoS 的参数、高性能路由器技术及其发展趋势等内容。

本书可作为网络工程师实用技术培训教材,也可作为高等院校计算机专业、通信专业的教学参考书以及工程技术人员学习网络技术和进行网络设计的参考资料。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

宽带 IP 网络技术/陈锦章主编. —北京:清华大学出版社,2003.10

网络工程师实用技术培训教材

ISBN 7-302-07204-3

I. 宽… II. 陈… III. 宽带通信系统—计算机通信网—通信技术—技术培训—教材 IV. TN915.142

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 078835 号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机: 010-62770175

组稿编辑: 徐培忠

文稿编辑: 帅志清

封面设计: 付剑飞

印 刷 者: 北京密云胶印厂

装 订 者: 三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所 \ 清华大学出版社出版发行

开 本: 185×260 印张: 25.5 字数: 631 千字

版 次: 2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-07204-3/TP·5246

印 数: 1~5000

定 价: 39.00 元

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969



序

信息技术飞速发展,IT 行业突飞猛进,我国的 IT 行业已经历了网络时代的萌芽期,正在逐渐壮大和成熟,目前正朝着高速、宽带、移动、多元化应用的方向发展。

IT 业的发展需要大量的高素质技术人才,虽然我国的高校在不断扩大招生,每年都有相当数量的各种 IT 专业的毕业生走上工作岗位,然而对于迅速增长的 IT 人才的需求,仍然供不应求。而且大部分 IT 在职人员随着日新月异的技术发展,也越来越不能适应市场的需求,也需要进行进一步系统性的技术培训。

网络技术是 IT 领域的核心技术,是带动整个 IT 技术发展的龙头。近十余年来,我国的网络产业、网络基础设施建设以及网络应用获得迅速发展,但在我国具有一定基础知识和工程实践经验的基层网络规划、设计人员和网络管理人员的长期缺乏,制约了网络业乃至整个 IT 业进一步的高速发展。

如何进行网络系统的规划、方案设计和工程实施,如何进行网络的维护和管理,如何进行网络产品的开发,如何提供网络服务,这些问题都有待于拥有一定知识和实践经验的技术人员去解决。

通过调研,我们发现目前市场上有关网络技术书籍中的内容多偏于一般性或基础理论的论述,实践性不强,更缺乏建网与网络管理中实用技术的内容,致使建网及网管人员买不到适用的书籍。为了推广和发展我国的信息技术,为培养 IT 行业技术人员提供一条快捷之路,我们根据目前我国网络人才培训的需求,组成编委会,组织、策划并编写了这套丛书——《网络工程师实用技术培训教材》。

这套丛书包括了宽带 IP 网络、接入网、网络安全、网络管理、网络平台与服务、社区数字化系统、网络多媒体七方面内容,根据这些内容组织有关的人员分别编写了每本教材,组成这套丛书。

这套丛书的作者选自既有理论功底,又有实践经验的技术人员,且还包括有教学和培训经验的专家,并组成编委会,统一规划选题,并设专人负责每本教材的审稿工作。每本教材的大纲和目录均经过多次研讨。

全套书形成一个系统,内容上既包括原理与技术基础,又包括了网络各方面的实用技术,还有网络发展的一些热点技术;既适合于刚涉足网络工作的技术人员,更适合正在从事网络建设与管理的中级技术人员,对高级技术人员也有参考价值;也能作为高等院校有关网络课程的教材和参考用书。

张公忠

2002 年 7 月于清华园

编 委 会

主 任 张公忠

副主任 陈锦章 郭维钧 葛乃康 李学农

委 员 (按姓氏笔画为序)

马 严	毛剑英	张公忠	张国鸣
李学农	陈锦章	陈郅生	苏 斌
陆 倜	罗四维	郭维钧	徐时新
曹雨生	葛乃康	雷振洲	鲍 泓

前 言

随着多媒体业务的发展及社会信息化的推进,促使电信网、以因特网为代表的计算机网和有线电视三大网的业务与技术飞速发展并趋向三网融合。随着以 IP 技术为基础的因特网的爆炸式的发展,随着用户数量和多媒体应用的迅速增加,人们对带宽的需求不断增长。人们不仅需要利用网络实现语音的传输,同时还要实现文字、图像和实时视频信号的传送。IP 网络流量正在超过语音业务量而成为通信的主流。语音、传统数据业务和视频会议等传统电信业务将逐步转移到 IP 网上。由于三网所支持的业务、网络基础设施及所用的通信协议等各不相同,所以三网融合是一个长期过程。但三网都建立在光通信网基础上,且有三网都可接受的 IP 通信协议,光纤传输技术、网络交换技术、软件技术、TCP/IP 协议技术、多媒体技术的发展以及其他相关技术的发展为三网融合创造了条件,也促使宽带 IP 网络的发展。

宽带 IP 网络是以 IP 协议为通信协议,支持宽带及当前的窄带业务并正在发展中的网络。它集成与发展了当前的网络技术、IP 技术,并向下一代网络方向发展。在宽带 IP 网络中常用的有 IP over ATM 与 IP over SDH/SONET 两种 IP 传送技术。随着光波分复用技术(WDM)、光层直接联网技术的发展及可实现动态带宽分配的光交换机、光分拆复用设备与具有光接口的高速路由器的开发成功,为实施 IP over WDM 即光互联网创造了条件。光互联网利用了 WDM 的大容量和多个波长通道,可承载 IP over ATM、IP over SDH/SONET 及直接在 WDM 上承载 IP 业务。所以 IP over WDM 在广义上可理解为所有通过 WDM 承载 IP 业务的技术总称。当前正在积极发展光互联网。

随着移动通信的大发展,无线通信日益得到重视,现在无线通信正走向宽带,包括第三代移动通信、宽带卫星网、本地多点分配业务(LMDS)系统、无线局域网、自由空间光(FSO)系统等宽带无线网设施为组构宽带 IP 网提供了更多的灵活性,用户使用也更方便。

为了高质量传送各种信息,满足传送语音、视频等实时业务的要求,并提高网络的有效性与灵活性,促使多协议标记交换(MPLS)及其扩展 MPLS 流量工程(MPLS-TE)技术以及其他服务质量保障(QoS)技术的发展,当前在 MPLS-TE 基础上正在发展通用多协议标记交换(GMPLS)技术。GMPLS 技术可充分利用包括 PDH、SDH、WDM 等各种网络资源,改善网络的有效性与灵活性,并促进光传输网与业务交换网的集成,为宽带 IP 网向下一代网发展创造条件。

在宽带 IP 网络业务与技术正在大发展的情况下,我们特请长期从事 IP 网络、光网络、无线网络、网络安全、高速路由器等方面的专家共同编写了本书,其愿望是让读者较全面地获得宽带 IP 网络技术、组网技术、主要应用技术并了解发展趋势。本书在内容编排上,前三章重点介绍宽带 IP 网络总体技术(包括网络结构、网络协议、光通道与无线通道等网络基础设施方面)的内容及发展趋势,后六章重点介绍宽带 IP 网络组网热点技术与新技术(包括城域网、IPVPN、IPSec、IPv6、QoS、高速路由器等方面)的内容。我们尽可能少写理论性较强的基础知识,而将重点放在实用技术方面的论述。本书的第 1 章重点综述了在 ATM、SDH、WDM 上传送 IP 的方法与协议,正在发展的通用多协议标记交换(GMPLS)技术,下一代网络(NGN)

的概念。第 2 章较全面地介绍了正在发展的光网络技术,包括波分复用(WDM)技术、光联网技术、全光网络、光交换/光路由技术、光网络中的关键器件及光网络的发展趋势。第 3 章以移动通信为主线较全面介绍了宽带无线网方面的内容,主要有第三代移动通信、本地多点分配业务(LMDS)系统、宽带卫星、无线局域网以及移动互联网、宽带无线网的应用等。第 4 章重点介绍了城域网的发展及组建城域网的各种技术,包括 SDH 技术、以太网技术、WDM 技术、动态分组(DPT)传输技术、宽带接入技术、光城域网以及城域网的运行管理等。第 5 章重点介绍 IP VPN 的发展,组网 VPN 的隧道协议,VPN 的各种类型与应用,多协议标记交换(MPLS)工作原理,MPLS VPN 的结构以及 VPN 标准的最新进展。第 6 章重点介绍实现 IP 网安全通信的重要协议 IPSec 的功能、体系结构、IPSec 协议族中的主要协议、IPSec 的某些局限及发展趋势。在此基础上重点介绍了基于 IPSec 的 VPN 解决方案及实例。第 7 章重点介绍现有 IP 网络协议 IPv4 面临 IP 地址空间枯竭、网络号码匮乏、路由表急剧膨胀、服务质量和网络安全等方面的不足,介绍新一代 IP 网络协议 IPv6 的主要特点,由 IPv4 向 IPv6 过渡的技术以及 IPv6 对移动 IP 的支持。第 8 章重点介绍 IP 网络服务质量保证(QoS),解决 IP QoS 问题的两种基本模型:InterServ 和 DiffServ,也介绍了一些如约束路由、QoS 的参数和指标要求以及测量技术等正在发展中的与 QoS 密切相关的新技术。第 9 章重点介绍高性能 IP 骨干网的关键部件——高速、高性能、高吞吐量、低成本的新一代核心 IP 路由器以及新一代路由器内部结构所展现出的主要发展趋势。

本书第 1 章、第 5 章由陈锦章编写,第 2 章、第 4 章、第 7 章由陈郎生编写,第 3 章由雷振洲负责编写,其中还有徐玉、白春霞、秦荣、刘衡萍分别参加编写固定接入和直播卫星部分、宽带卫星部分、2.5G 和 3G 部分以及无线局域网部分。第 6 章由吴江编写,第 8 章由何宝宏编写,第 9 章由马严编写。全书由陈锦章组织,陈锦章、陈郎生审核。在本书编写过程中得到清华大学张公忠教授的帮助,在此表示感谢。

由于宽带 IP 网络是正在不断发展中的新技术,很多内容还在不断完善、演进与深化,因此本书的内容不可能即时包括当前的最新技术动态,书中也难免有不当之处,敬请广大读者批评指正。

陈锦章 陈郎生
2002 年 10 月 5 日

目 录

第 1 章 宽带 IP 网络导论	1
1.1 概述	1
1.2 IP over ATM	3
1.2.1 概述	3
1.2.2 集成模型 IP over ATM 的主要特点	5
1.2.3 数据驱动与控制驱动	6
1.2.4 IP Switching	7
1.2.5 MPLS	9
1.3 IP over SDH/SONET	9
1.3.1 概述	9
1.3.2 链路层协议 LAPS 简介	11
1.4 IP over Optical	15
1.4.1 IP over Optical 网络概述	15
1.4.2 IP over Optical 网络模型	16
1.4.3 IP 在光网络上传送	18
1.4.4 有关控制平面的问题	21
1.5 GMPLS 与 ASON/ASTN	21
1.5.1 概述	21
1.5.2 GMPLS 的主要特点	23
1.5.3 GMPLS 的路由与编址	24
1.5.4 GMPLS 信令	26
1.5.5 标记	27
1.5.6 链路管理	27
1.5.7 支持 GMPLS 控制平面的数据通信网络	29
1.5.8 ASON/ASTN 与 GMPLS 标准化的进展	29
1.6 接入网	30
1.6.1 接入网的定义与功能结构	30
1.6.2 利用双绞线的传输系统	31
1.6.3 光纤接入网	34
1.6.4 混合光纤同轴网	36
1.6.5 固定无线接入	39
1.7 IP 网络性能要求	39
1.7.1 衡量 IP 网络性能的指标	39
1.7.2 假设参考路径(HRP)	41

1.8	下一代网络(NGN)	43
1.8.1	下一代网络概述	43
1.8.2	软交换设备	46
1.9	思考题	50
1.10	参考文献	50
第2章	光联网	52
2.1	光通信概述	52
2.1.1	光纤通信系统的中继距离	53
2.1.2	通信网光纤化	54
2.1.3	几种典型光纤	55
2.1.4	光纤的传输性能	57
2.1.5	新一代光纤	59
2.2	波分复用技术与波分复用网络	64
2.2.1	波分复用技术(WDM)	64
2.2.2	密集波分复用技术(DWDM)	68
2.2.3	光时分复用技术(OTDM)	70
2.2.4	光码分多址技术(OCDMA)	73
2.2.5	几种光传送网技术的比较	74
2.3	全光网络	74
2.3.1	全光网的概念	74
2.3.2	现状和发展趋势	75
2.3.3	全光网的优点	78
2.3.4	全光网的体系结构	79
2.3.5	全光网络中的关键技术	80
2.3.6	全光网的管理、控制和运作问题	81
2.4	光交换路由技术	83
2.4.1	光交换/光路由的作用	83
2.4.2	光交换/光路由的技术原理	84
2.4.3	光交换/光路由的典型应用	85
2.4.4	光交换/光路由的发展现状与前景	85
2.4.5	光交换/光路由关键器件技术	86
2.5	掺铒光纤放大器(EDFA)	89
2.6	光联网技术(IP over WDM)	92
2.7	思考题	96
2.8	参考文献	96
第3章	宽带无线网	97
3.1	概述	97
3.2	蜂窝移动通信	97

3.2.1	概述	97
3.2.2	2.5G 系统	98
3.2.3	3G 系统	102
3.2.4	后 3G 系统	109
3.3	宽带卫星通信	113
3.3.1	概述	113
3.3.2	多媒体 VSAT 系统	114
3.3.3	直播卫星(DBS)系统	115
3.3.4	全球宽带卫星系统	117
3.4	宽带固定无线接入	118
3.4.1	概述	118
3.4.2	本地多点分配业务(LMDS).....	119
3.4.3	3.5GHz 频段上的点到多点系统.....	121
3.5	无线局域网(WLAN)	123
3.5.1	概述	123
3.5.2	WLAN 的优劣势	123
3.5.3	802.11 标准系列	124
3.5.4	WLAN 的漫游服务	125
3.6	无线个人域网(WPAN)	125
3.6.1	概述	125
3.6.2	IEEE 803.15.3 高速率 WPAN 标准	126
3.6.3	高速率 WPAN 的应用	127
3.7	自由空间光通信(FSO)系统	128
3.7.1	概述	128
3.7.2	FSO 网络拓扑	128
3.7.3	FSO 的主要优势	129
3.7.4	FSO 的主要问题	129
3.7.5	FSO 市场分析	131
3.8	平流层通信系统	131
3.8.1	概述	131
3.8.2	平流层通信系统的基本思路	132
3.8.3	平流层通信系统的使用频段	133
3.8.4	典型系统 SkyStation 和 SkyTower	133
3.9	移动互联网	136
3.9.1	概述	136
3.9.2	高速接入	136
3.9.3	手机上网	137
3.9.4	移动性	139
3.10	宽带无线网的应用	140

3.10.1	概述	140
3.10.2	GPRS	140
3.10.3	WAP	141
3.10.4	i-Mode	142
3.10.5	3G	143
3.10.6	WLAN	144
3.10.7	多媒体短消息服务(MMS)	146
3.10.8	未来展望	147
3.11	思考题	149
3.12	参考文献	150
第 4 章	城域网 MAN	151
4.1	城域网的发展与业务技术要求	152
4.1.1	城域网的特色	153
4.1.2	城域网的中国特色	154
4.2	城域网的解决方案	155
4.2.1	交换设备的选择	155
4.2.2	城域骨干网传输网	157
4.3	城域网中的 SDH 技术	161
4.3.1	纯 IP 城域网中的 POS 技术	161
4.3.2	多业务节点 SDH 技术	162
4.4	城域网中的以太网技术	164
4.4.1	千兆以太网 GbE	165
4.4.2	10Gb 以太网技术	167
4.5	城域网中的 WDM 技术	168
4.5.1	城域光骨干网需要解决的问题	169
4.5.2	传统波分复用技术的改造	171
4.5.3	新型放大器	171
4.6	动态分组传输技术 DPT	173
4.6.1	DPT 体系结构和特性	175
4.6.2	DPT 环上空间再使用协议(SRP)	178
4.6.3	IP 业务的实现因素	179
4.6.4	DPT 技术的应用	181
4.7	城域网中的宽带接入	184
4.7.1	铜变金的数字用户环路技术 ADSL	184
4.7.2	天然宽带特性的 HFC	185
4.7.3	ADSL 与 Cable Modem 的比较	186
4.7.4	LMDS 无线接入	188
4.7.5	以太网接入方式	189

4.8	城域网拓扑结构的比较	192
4.9	光城域网络	194
4.9.1	光城域网络的产生背景	194
4.9.2	光城域网络的结构	195
4.9.3	光城域网络的主要特点	195
4.9.4	光城域网络的设备	196
4.9.5	光城域网络的建设案例	197
4.10	思考题	198
4.11	参考文献	198
第 5 章	虚拟专用网 (VPN)	199
5.1	VPN 概述	199
5.2	VPN 的一般要求	200
5.3	隧道技术	201
5.3.1	VPN 的隧道协议需求	201
5.3.2	隧道实现技术	204
5.3.3	L2TP 协议	204
5.3.4	GRE 隧道	208
5.4	VPN 类型	209
5.4.1	基于网络的 VPN 和基于 CE 的 VPN	209
5.4.2	按应用分类的 VPN 类型	211
5.5	按构形分类的 VPN 类型	212
5.5.1	虚拟租用线路 (VLL)	212
5.5.2	虚拟专用拨号网络 (VPDN)	213
5.5.3	虚拟专用 LAN 服务 (VPLS)	216
5.6	虚拟专用路由网络 (VPRN)	219
5.6.1	VPRN 的基本结构	219
5.6.2	VPRN 应用的主要特性	221
5.6.3	VPRN 通用技术需求	222
5.6.4	基于网络的 VPRN 的建立	222
5.7	多协议标记交换 (MPLS) VPN	226
5.7.1	MPLS 技术工作原理	226
5.7.2	MPLS 工作基本流程	229
5.7.3	MPLS 流量工程简介	230
5.7.4	MPLS VPN	231
5.7.5	用虚拟路由器组构 VPN	234
5.8	网络接入与用户管理	237
5.8.1	网络接入	237
5.8.2	VPN 的用户管理	238

5.9	VPN 标准的进展	239
5.9.1	概述	239
5.9.2	提供商准备的 VPN(PPVPN)	239
5.10	思考题	242
5.11	参考文献	242
第 6 章	基于 IPSec 的安全 VPN	243
6.1	信息安全的一些基本概念	243
6.1.1	安全威胁	243
6.1.2	安全需求	243
6.1.3	安全服务	244
6.1.4	安全机制	244
6.1.5	密码技术	244
6.1.6	服务、机制和算法之间的关系	245
6.2	IPSec 产生的背景	246
6.2.1	IP 网络环境下的安全威胁	246
6.2.2	Internet 上其他安全技术的局限	247
6.2.3	IP 协议的弱点——无内建安全机制	248
6.2.4	网络层的重要性	248
6.2.5	使用 IPSec 解决 IP 层的安全	249
6.3	IPSec 的体系结构	249
6.3.1	IPSec 概述	249
6.3.2	IPSec 协议族和体系结构	251
6.4	认证、完整性和机密性服务	253
6.4.1	安全载荷封装(ESP)	253
6.4.2	认证头(AH)	256
6.4.3	小结	258
6.5	协议协商和密钥管理	258
6.5.1	密钥管理的复杂性	258
6.5.2	密钥管理和交换	259
6.5.3	安全联盟 SA	259
6.5.4	IKE——Internet 密钥交换协议	260
6.5.5	协商 IPSec SA	265
6.5.6	可扩展的密钥交换	266
6.6	IPSec 的发展	266
6.6.1	IPSec 对 IP 网络适应性的局限	266
6.6.2	分层 IPSec(Layered IPSec)	267
6.6.3	子 IKE	268
6.6.4	其他	268

6.7 基于 IPSec 的 VPN 解决方案	269
6.7.1 IPSec 的实现	269
6.7.2 基于 IPSec 的安全 VPN 实例	269
6.8 思考题	276
6.9 参考文献	276
第 7 章 IPv6	277
7.1 IPv4 的不足	277
7.2 IPv6 的主要特点	280
7.3 IPv6 与 IPv4 报头的比较	287
7.3.1 IPv6 与 IPv4 报头	287
7.3.2 IPv6 基本报头	289
7.3.3 IPv6 扩展报头	291
7.4 因特网控制报文协议 ICMP(Internet Control Message Protocol)	305
7.4.1 ICMP 报文格式	306
7.4.2 邻居发现	308
7.4.3 地址自动配置	316
7.4.4 组成员	318
7.4.5 差错报告	319
7.4.6 网络诊断	322
7.5 IPv4 向 Ipv6 的过渡	323
7.5.1 过渡是渐进的	323
7.5.2 IPv4 向 IPv6 的过渡策略	324
7.5.3 IPv4 向 IPv6 的过渡机制	325
7.5.4 过渡的基本技术	326
7.6 IPv6 对移动 IP 的支持	336
7.6.1 移动互联的基石 IPv6	336
7.6.2 移动 IPv6 的工作过程	337
7.6.3 路由优化问题	344
7.7 思考题	345
7.8 参考文献	345
第 8 章 IP 网络服务质量技术	347
8.1 IP 网为何需要 Qos	347
8.2 分层模型	348
8.2.1 垂直模型	348
8.2.2 水平模型	349
8.3 QoS 参数定义	349
8.4 InterServ 模型	353
8.4.1 InterServ 的基本原理	353

8.4.2	InterServ 的特点与问题	354
8.4.3	RSVP-TE	354
8.5	DiffServ 模型	356
8.5.1	DiffServ 的基本原理	356
8.5.2	DS 字段的定义	359
8.5.3	DiffServ 的特点与问题	359
8.5.4	MPLS 支持的 DiffServ	359
8.6	QoS 策略控制	360
8.7	局域网(LAN)的 QoS 技术	361
8.7.1	IEEE 802.1D	361
8.7.2	子带宽管理(SBM)协议	362
8.8	约束路由	363
8.9	流量控制与拥塞控制	363
8.9.1	流量参数和描述符的定义	364
8.9.2	IP 传送能力	364
8.9.3	流量控制、拥塞控制和过载处理功能	365
8.10	端到端 IP 网络性能测量方法	365
8.10.1	主动测量与被动测量	365
8.10.2	可选的测量方法	366
8.10.3	测量的不确定性和误差	366
8.10.4	其他测量要求	367
8.10.5	抽样与统计方法	367
8.11	有待研究的问题	368
8.12	思考题	369
8.13	参考文献	370
第 9 章	高性能路由器技术	371
9.1	下一代网络的发展需要	371
9.2	主要特征	372
9.2.1	高性能交换背板	372
9.2.2	低时延和低时延抖动	373
9.2.3	高速接口板	373
9.2.4	光网络、光交换和光接口	373
9.2.5	服务质量 QoS	374
9.2.6	基于硬件交换的快速处理能力	375
9.2.7	网络和信息安全维护	375
9.3	路由器新技术	376
9.3.1	多协议(IPv4 和 IPv6 兼容)网络处理芯片的设计	376
9.3.2	传统时分复用技术与分组技术的结合——TDMoIP	376

9.3.3 弹性分组环(RPR)	377
9.3.4 流控制传输协议(SCTP)	378
9.3.5 光传送技术在路由器的应用	379
9.4 主要生产厂家	379
9.5 思考题	381
9.6 参考文献	381
附录 缩略语	382

第 1 章 宽带 IP 网络导论

1.1 概述

因特网指数式增长导致对宽带业务的需求急速上升。波分复用(WDM)、全光网及高速路由器等技术的发展促进了宽带 IP 网的建设。由于光网络有近乎无限的带宽,所以宽带 IP 网当前都是建筑在光网络基础上的。

IP 网是以 TCP/IP 为通信协议的网络。近些年,IP over ATM、IP over SDH/SONET 开始向 IP over WDM 发展,它是指 IP 直接接入到 WDM 光网上,其核心网中没有 SDH/SONET 复用设备以及 ATM 设备。当前实用化的 WDM 在一条光纤中可达 1.6 Tb/s 的容量,而波长数为 273、每一波长通道可达 40 Gb/s 的 10.9 Tb 系统已在实验室开通。光纤通信技术也已从单纯的光传输技术发展到了包含光交换技术的全光网络技术。为了使广域网络能及时提供各类业务所需的宽带,同时也为了能动态利用包括 PDH、SDH/SONET、WDM 等多种网络资源以及拓展新业务,ITU-T、OIF、ODST 及 IETF 等国际标准化机构也分别提出了自动交换传输网络(ASTN)/自动交换光网络(ASON)及通用多协议标记交换(GMPLS)标准或标准草案。

IP over WDM 通常以具有光接口的高速路由器直接接入 WDM 光网络上,它是 IP 层与光层的两层结构。高速路由器的 IP 包通常通过 MPLS 实施路径选择。WDM 作为光传送通道也可支持 IP over ATM 与 IP over SDH/SONET,其分层结构与所用协议如图 1.1 所示。IP over ATM 为四层结构,IP over SDH/SONET 为三层结构,它比前者少了一个 ATM 层次。显然 IP over WDM 结构最简单,从而造价也最便宜。实际上,IP over ATM 与 IP over SDH/SONET 不一定要建在 WDM 光网络基础上,而可以建在一般光纤系统上。尽管从长远发展角度看,IP over WDM 会有很大的发展,是一种主要方式,但另外两种方式在一定场合下也会有较多的应用。通常,IP over WDM 的速率范围大于 STM-16,即 2.5 Gb/s,适用于长途网与城域网的核心网中;IP over SDH/SONET 的速率范围为 STM-1、STM-4、STM-16,即 155 Mb/s、622 Mb/s、2.5 Gb/s,适用于长途网与城域网的边缘层;IP over ATM 的速率范围一般小于或等于 STM-1,即 155 Mb/s,由于其宽带的颗粒小、ATM 能支持 QoS,与现有的电信网,例如,帧中继网、数字数据网、X.25 网、PSTN 等接口较容易支持现有的各种电信业务,所以它通常用于长途网与城域网的边缘层与接入层。实际上现有的长途网与城域网很多采用 IP over ATM 与 IP over SDH/SONET 模式,IP over ATM 的速率可达 622 Mb/s 甚至更高,将来 IP 网的核心层逐步向协议层少的 IP over WDM 方向转移,而协议层次多的 IP over ATM 与 IP over SDH/SONET 逐步向边缘转移。WDM 的发展也为多种模式并存创造条件,因为 WDM 的多个波长通道相互隔离,每个波长通道可支持一种模式。例如,IP over SDH 模式的端设备通过光接口接入 WDM 的一个波长通道,再通过光网络传至对端的 IP over SDH 模式的端设备。对于 IP over ATM 可以通过 SDH/SONET 接入某一波长通道,SDH/SONET 的复用结构可支持包括 IP over ATM 模式的 IP 业务以及其他业务。