

“863”通信高技术丛书

IP数据光网络 技术与应用

黄善国 顾晚仪 张永军 张 沛 编著

TN929.11/76

2008

“863”通信高技术丛书

IP 数据光网络技术与应用

黄善国 顾晚仪 张永军 张 沛 编 著

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

IP 数据光网络技术与应用 / 黄善国等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.4
(“863”通信高技术丛书)
ISBN 978-7-115-17271-6

I. I… II. 黄… III. 光纤通信—通信网 IV. TN929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 185906 号

内 容 提 要

本书以 IP 数据光网络内容为重点, 介绍了光网络及其发展、多协议标签交换 (MPLS) 技术、通用多协议标签交换 (GMPLS) 数据光网络技术、GMPLS 协议技术、基于自动交换光网络 (ASON) 的数据光网络传输技术、基于光突发交换技术 (OBS) 的数据光网络传输技术、基于光分组交换技术 (OPS) 的数据光网络传输技术、Ethernet over SDH 技术以及在多业务传送平台 (MSTP) 中的应用、IP over WDM 数据光网络技术和新型分组传送网技术。本书集成了本领域最新的研究和应用成果, 具有实时性; 内容全面、系统, 且专业性和针对性强。

本书读者为从事电信传输工作的技术人员和管理人员, 以及高等院校通信相关专业的教师、研究生和本科生。

“863”通信高技术丛书

IP 数据光网络技术与应用

-
- ◆ 编 著 黄善国 顾晓仪 张永军 张 沛
责任编辑 杨 凌
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 24.75
字数: 599 千字 2008 年 4 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2008 年 4 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17271-6/TN

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

“863” 通信高技术丛书

编 委 会

主 任：叶培大

委 员：（按姓氏笔画顺序排列）

卫 国 王志威 王 京 王柏义

韦乐平 尤肖虎 冯记春 朱近康

邬江兴 邬贺铨 孙 玉 纪越峰

杜肤生 李少谦 李世鹤 李红滨

李武强 李 星 李默芳 杨千里

杨 壮 张 凌 陈俊亮 季仲华

周炯槃 郑南宁 赵梓森 赵慧玲

侯自强 姚 彦 郭云飞 曹淑敏

蒋林涛 谢麟振 强小哲 简水生

前 言

当前网络的信息服务呈现大容量、多样化、分组化、流媒体、泛在性、个性化的特征。我国光传送网中数据业务已经占 90% 以上，截止到 2006 年，中国的因特网用户已经超过 1.3 亿户，其中宽带用户超过 3 000 万户，数据业务已成为信息服务的主流。同时，以流媒体为主的多业务，特别是以 IPTV 等为代表的流媒体业务的出现和强劲发展，要求光网络具有快速的带宽提供能力；各种点到点（P2P）应用模式的出现及其广泛应用将改变网络的流量模式，需要从业务、网络和传送层面共同疏导。数据业务迅速崛起、新业务不断涌现的客观事实，决定了光传送网应努力发展的方向——在多样性业务背景下，要保证多层多域多粒度光网络具备高效资源优化的能力，从实质上来说，就是要求能够对波长级、TDM 级和分组级的光传送资源进行协同，组成下一代的数据光网络（光因特网），并在面对带宽需求不一的各种业务时能够做到资源优化与快速响应；要求解决好多运营商环境下光传送网的资源组织与调度，使其能够透明地为业务提供服务；要求发展新型光传送网体系架构及其控管理论与技术，使其不仅能满足语音业务的要求，而且能满足以因特网为代表的、不断发展的数据业务的要求。

在此背景下，要求光网络应当是一个可控可管、分布协同的智能网络环境，是一个按需资源配置与多业务响应的自适应网络环境，是一个高效、主动、交互的集成网络环境，最终应构成一个方便灵活的数据光网络，实现数据和光传输网络的无缝融合。

本书以最新的国际标准和研究资料为基础，同时，根据作者多年对光通信技术的研究成果和参与国家相关重大项目的经验，系统全面地介绍了 IP 数据光网络技术及其应用所涉及到的各个关键问题。全书内容共分 10 章：第 1 章概述了光网络及其发展历程和演进方向；第 2~4 章重点对数据光网络中的多协议标签交换（MPLS）、通用多协议交换（GMPLS）及其协议技术进行了综合的阐述；第 5~9 章则从数据光网络的具体实现技术及其应用角度，详细介绍了自动交换光网络（ASON）、光突发交换（OBS）、光分组交换（OPS）、城域光网络以及 IP over WDM 技术等内容；第 10 章则综合整理、分析了最近出现的分组传送技术，包括传送多协议标签交换（T-MPLS）和运营商骨干中继（PBT）技术。

本书作者所在课题组自 20 世纪 90 年代中期开始研究全光通信网，先后承担并圆满完成过多项国家关于光网络的科研项目 and 实验示范网的建设，在研究中积累了较丰富的经验。本书就是在承担国家“863”计划课题和国家自然科学基金相关项目的研究过程中完成的。在此，作者对国家“863”计划和国家自然科学基金委员会多年的资助表示最衷心的感谢。

本书还凝聚了作者所在单位和所在课题组近年来的研究成果，这里要感谢研究室的各位博士和硕士，特别是参与资料提供与整理的所有同事和同学的努力，其中谢文军博士和罗沛博士分别参与编写了第 2、10 章和第 5、7 章，参与编写的还包括杨桂荣、马芳华、刘媛、胡黎明和陈秀忠等。

本书作者和北京大学、清华大学、上海交大等高校，以及朗讯贝尔实验室、华为公司、

中兴公司等单位的相关研究部门一直保持良好的合作关系，并得到他们的大力支持。在长期的项目合作过程中他们为本书的完成提供了大量有益的建议和帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

IP 数据光网络是一项正在发展中的新技术，涉及下一代光网络的众多研究方向。由于作者水平有限，难以做到一书概全，书中的疏漏与不足之处，恳请同行和读者批评指正。

作 者

2007 年 11 月于北京

目 录

第 1 章 光网络及其发展	1
1.1 光网络基本概念与构成	1
1.1.1 光网络的基本概念	1
1.1.2 光网络的基本构成	2
1.2 光网络的发展	4
1.2.1 光网络的发展概述	4
1.2.2 光网络的发展历程	6
1.2.3 下一代光网络的特征	8
1.3 波分复用技术	9
1.3.1 波分复用技术概述	9
1.3.2 WDM 关键技术	11
1.3.3 WDM 在骨干网中的演进	19
1.3.4 WDM 向城域网渗透	21
1.3.5 WDM 在接入网中的应用	25
1.4 国内外光网络项目概况	31
1.5 本章小结	33
第 2 章 多协议标签交换 (MPLS) 技术	34
2.1 MPLS 概述	34
2.1.1 MPLS 的提出	34
2.1.2 MPLS 的网络结构与基本概念	35
2.1.3 MPLS 工作过程	37
2.1.4 MPLS 的功能特征	38
2.1.5 MPLS 与其他宽带网络交换技术的比较	38
2.2 MPLS 基础	38
2.2.1 标签 (Label) 和转发等价类 (FEC)	39
2.2.2 MPLS 中的路由技术	39
2.2.3 MPLS 标签封装结构	40
2.2.4 标签交换路由器 (LSR) 和标签边缘路由器 (LER)	40
2.2.5 标签分发协议 (LDP)	41
2.2.6 标签交换路径 (LSP)	43
2.3 标签分发协议	44

2.3.1	标签分发协议概述	44
2.3.2	标签分发	45
2.3.3	LDP 消息	52
2.3.4	小结	53
2.4	CR-LDP 信令协议与 RSVP 扩展协议	53
2.4.1	RSVP 协议的基本原理	53
2.4.2	RSVP-Extension 协议	55
2.4.3	CR-LDP 信令协议	56
2.4.4	CR-LDP 和 RSVP 扩展协议的比较分析	58
2.4.5	小结	60
2.5	MPLS 流量工程	60
2.5.1	流量工程概述	61
2.5.2	MPLS 实现 TE 的优势	63
2.5.3	流量中继主干线的属性及特点	64
2.5.4	约束路由/显式路由	65
2.5.5	因特网流量工程组成部件	66
2.5.6	小结	67
2.6	MPLS 的光网络扩展	68
2.6.1	未来网络的演进趋势	68
2.6.2	网络体系结构的演化	69
2.6.3	GMPLS 对 MPLS 进行的扩展	72
2.6.4	小结	75
2.7	本章小结	75
第 3 章	通用多协议标签交换 (GMPLS) 数据光网络技术	76
3.1	GMPLS 产生背景	76
3.1.1	传统光网络向智能光网络的演进	76
3.1.2	GMPLS 的演进过程	78
3.1.3	GMPLS 协议与 ASON 协议的发展过程	79
3.2	GMPLS 的关键技术	84
3.2.1	GMPLS 的节点结构	84
3.2.2	GMPLS 的标签和标签交换路由	84
3.2.3	LSP 分级	89
3.2.4	路由和寻址	91
3.2.5	链路管理	92
3.2.6	GMPLS 信令机制	94
3.2.7	链路保护与恢复	94
3.2.8	GMPLS 流量工程	95
3.3	GMPLS 技术应用——构建 OBS 网络	99

3.3.1 基于 GMPLS 技术的 OBS 网络及实现机制	99
3.3.2 基于 GMPLS 技术的 OBS 光交叉节点	103
3.3.3 基于 GMPLS 技术的 OBS 边缘节点	105
3.4 本章小结	106
第 4 章 GMPLS 协议技术	107
4.1 GMPLS 协议栈	107
4.1.1 基于 GMPLS 对等模型的智能光网络	107
4.1.2 GMPLS 协议栈基于对 MPLS 的扩展	108
4.2 GMPLS 信令协议	109
4.2.1 GMPLS 信令协议研究现状	110
4.2.2 ASON 网络对信令的需求分析	111
4.2.3 RSVP-TE 信令机制	112
4.2.4 RSVP-TE 与 CR-LDP 的比较	125
4.3 GMPLS 路由协议	127
4.3.1 GMPLS 路由概述	128
4.3.2 GMPLS 的路由增强	129
4.4 GMPLS 链路管理协议	136
4.4.1 控制通道管理	137
4.4.2 链路属性关联	138
4.4.3 链路连通性验证	139
4.4.4 链路故障管理	141
4.5 本章小结	141
第 5 章 基于自动交换光网络 (ASON) 的数据光网络传输技术	143
5.1 ASON 概述	143
5.1.1 ASON 的提出	143
5.1.2 ASON 的特点和优势	144
5.2 ASON 体系结构	146
5.2.1 ASON 网络体系结构	146
5.2.2 ASON 控制平面结构	151
5.3 ASON 智能光传送节点技术	158
5.3.1 ASON 传送平面的功能需求	158
5.3.2 ASON 传送平面的交换与传输技术	160
5.3.3 多粒度光交换技术	164
5.4 ASON 中的路由与生存性技术	168
5.4.1 路由功能结构	168
5.4.2 3 种路由方式	169
5.4.3 分层路由的实现	170

5.4.4	ASON 中的生存性技术	174
5.4.5	控制平面的生存性机制	177
5.5	ASON 在传输网中的应用	180
5.5.1	ASON 演进策略	180
5.5.2	ASON 在核心光网络中的应用	182
5.5.3	ASON 在城域光网络中的应用	186
5.6	本章小结	192
第 6 章	基于 光突发交换技术 (OBS) 的数据光网络传输技术	193
6.1	OBS 产生的背景	193
6.1.1	OBS 概述	193
6.1.2	3 种交换技术的比较	193
6.2	OBS 的基本原理	195
6.2.1	网络结构	195
6.2.2	核心路由器	195
6.2.3	边缘路由器	196
6.2.4	突发分组和控制分组	198
6.3	OBS 协议	200
6.3.1	JIT 协议	201
6.3.2	JET 协议	202
6.4	OBS 的关键技术	204
6.4.1	突发分组的汇聚与组装	204
6.4.2	资源预留	207
6.4.3	偏置时间	209
6.4.4	冲突处理	210
6.4.5	信道调度	214
6.4.6	路由技术	216
6.4.7	网络管理	219
6.4.8	流量等级	221
6.4.9	QoS 策略	222
6.5	OBS 的发展	224
6.5.1	研究方向	224
6.5.2	存在的问题	228
6.5.3	OBS 的前景	228
6.6	本章小结	230
第 7 章	基于光分组交换 (OPS) 技术的数据光网络传输技术	232
7.1	OPS 概述	232

7.2 OPS 节点结构	233
7.2.1 光分组交换节点功能模型	233
7.2.2 光分组交换节点结构	235
7.3 光分组交换网络结构	241
7.3.1 光分组交换网分类及分层模型	241
7.3.2 通用的光分组格式	244
7.3.3 欧洲光透明分组网 (OTP-N)	244
7.4 光分组交换的关键技术	247
7.4.1 光分组产生	247
7.4.2 光分组同步	248
7.4.3 竞争的解决	249
7.4.4 光分组再生	253
7.4.5 光分组编码技术	255
7.5 基于标签的光分组交换网络 (LOPS)	257
7.5.1 LOPS 分层模型	258
7.5.2 LOPS 的网络结构	258
7.5.3 LOPS 的网络功能介绍及控制平面	258
7.6 光分组交换技术展望	260
7.7 本章小结	262
第 8 章 Ethernet over SDH 技术及在多业务传送平台 (MSTP) 的应用	263
8.1 Ethernet over SDH 技术原理	263
8.1.1 EoS 的原理结构	263
8.1.2 EoS 帧映射过程	264
8.2 以太网 SDH 映射中应用的关键技术	267
8.2.1 相邻级联与虚级联技术	267
8.2.2 链路容量调整方案 (LCAS)	274
8.2.3 以太网帧的封装与解封装协议	281
8.3 多业务传送平台 (MSTP) 技术概述	290
8.3.1 传统 SDH 向 MSTP 的演进	290
8.3.2 MSTP 的主要特点	291
8.3.3 多业务传送节点的功能模型	292
8.4 以太网业务在 MSTP 上的传输	293
8.4.1 以太网业务接入 MSTP 的方法及要求	293
8.4.2 以太网业务在 MSTP 上的透传	296
8.4.3 以太网二层交换功能在 MSTP 上的实现	297
8.4.4 MSTP 传送以太网的关键问题	299
8.5 本章小结	300

第 9 章 IP over WDM 数据光网络技术	301
9.1 IP over WDM 技术概述	301
9.2 IP over WDM 网络结构	302
9.2.1 3 种 IP over WDM 网络结构	302
9.2.2 IP over WDM 网络互联模型	304
9.3 数据网络层与光网络层的适配	309
9.3.1 采用 SDH 帧结构	309
9.3.2 采用吉比特以太网帧结构	311
9.3.3 其他适配协议简介	312
9.4 路由与生存性技术	313
9.4.1 路由问题	313
9.4.2 生存性问题	319
9.4.3 算法示例	328
9.5 IP via MPLS/GMPLS over WDM 的数据光网络技术	329
9.5.1 基于 GMPLS 的 IP over WDM 联合路由控制平面	331
9.5.2 利用 GMPLS 和 TE 协议的扩展实现联合路由	332
9.5.3 联合路由中多层嵌套 LSP 的建立	334
9.6 本章小结	336
第 10 章 新型分组传送网技术	337
10.1 分组传送网结构特征	338
10.1.1 分组传送网中的层次化架构	338
10.1.2 分组传送网中的操作、维护与管理信息 (OAM)	339
10.1.3 分组传送网接口	341
10.2 T-MPLS 数据面技术	343
10.2.1 T-MPLS 网络结构	344
10.2.2 节点功能结构	344
10.2.3 分组交换和转发单元	345
10.2.4 标签处理过程	346
10.2.5 T-MPLS 信号适配与传输接口	348
10.2.6 T-MPLS 保护与恢复自愈技术	351
10.2.7 T-MPLS 网络 OAM 技术	355
10.3 T-MPLS 管理面技术	359
10.3.1 T-MPLS 管理面所需要的功能	359
10.3.2 T-MPLS 设备管理功能	360
10.3.3 T-MPLS 故障管理功能	360
10.4 T-MPLS 控制面技术	361
10.4.1 T-MPLS 控制平面所需的功能	361

10.4.2 T-MPLS 的控制平面进展	362
10.5 基于以太网的分组传送技术	364
10.5.1 PBB 技术	365
10.5.2 PBT 技术分析	367
10.6 本章小结	369
缩略语	371
参考文献	378

第1章 光网络及其发展

随着网络技术的不断进步,业务模型在不断地变化,业务量也随之爆炸式地增长。网络正向下一代因特网(NGI, Next Generation Internet)和下一代网络(NGN, Next Generation Network)迅速地变革,为了适应这种变化,光网络也正朝着更加智能、灵活、透明、优质和安全的下一代光网络发展。

本章首先介绍了光网络的基本概念和构成,回顾了光网络的发展历程,并对其发展趋势进行了探讨。然后结合当今热点的通信网络研究问题,综合阐述了光网络中波分复用的关键技术及其在各级网络中的应用。最后,简单地介绍了当今国内外光网络的研究状况。

1.1 光网络基本概念与构成

1.1.1 光网络的基本概念

21 世纪初,网络泡沫的破灭使全球电信业陷入空前的困境,光纤通信首当其冲。幸运的是,电信业务的内在需求没有根本改变,人们没有少打电话,也没有少上网,移动短信业务如火如荼,网络电视(IPTV)业务蓄势待发,电信业务市场仍然继续成长,全球网络带宽需求的年增长率依然高达 50%~100%,我国在过去几年里的干线业务量和带宽需求的年增长率也超过了 200%。显然,当前的困境只是放慢了发展的速度,绝不会也不可能停止电信技术和业务的发展。电信业经过几年的调整后正开始步入正常的理性发展轨道。

从光纤通信技术本身的发展看,光网络是当前最活跃的领域。然而,所谓的“光网络”不是一个严格意义上的技术术语,而是一个通俗用语。光网络(Optical Network)是一个简单通俗的名称,包含的内容十分广泛。仅从字面上理解,光网络兼具“光”和“网络”两层含义:前者代表由光纤提供的大容量、长距离、高可靠的链路传输手段;后者则强调在上述媒质基础上,利用先进的电或光交换技术,引入控制和管理机制,实现多节点间的联网,以及针对资源与业务的灵活配置。从历史上看,光网络可以分为三代。在第一代光网络中光仅仅是用来实现大容量传输,所有的交换、选路和其他智能化的操作都是在电层面上实现的,SDH 就是第一代光网络中的典型代表。而光传送网(OTN)和全光网络(AON)可以被认为是第二代光网络的代表。OTN 在功能上类似于 SDH,其出发点是在子网内实现透明的光传输,在子网边界处采用光/电/光(O/E/O)的 3R 再生技术,从而构成一个完整的光网络,而全光网络则不同,此时传送、复用、选路、监控和有些智能将在光层面上实现。从更广义的角度看,光网络还应该覆盖城域网和接入网领域,这两个领域的光网络不仅具有更加丰富多彩的技术选择,而且在技术特征上也有很大的不同。第三代光网络是以 ASON/ASTN 为代表

的智能光网络, 智能化的 ASON 在 ITU-T 的文献中定义为: 通过能提供自动发现和动态连接建立功能的分布式 (或部分分布式) 控制平面, 在 OTN 或 SDH 网络之上, 实现动态的、基于信令和策略驱动控制的一种网络。

1.1.2 光网络的基本构成

光网络由光传输系统和在光域内进行交换/选路的光节点构成, 光传输系统的容量巨大, 光节点的处理能力也非常强大, 电处理通常在边缘网络进行, 边缘网络中的节点或节点系统可采用光通信通道通过光网络进行直接连接, 如图 1-1 所示。

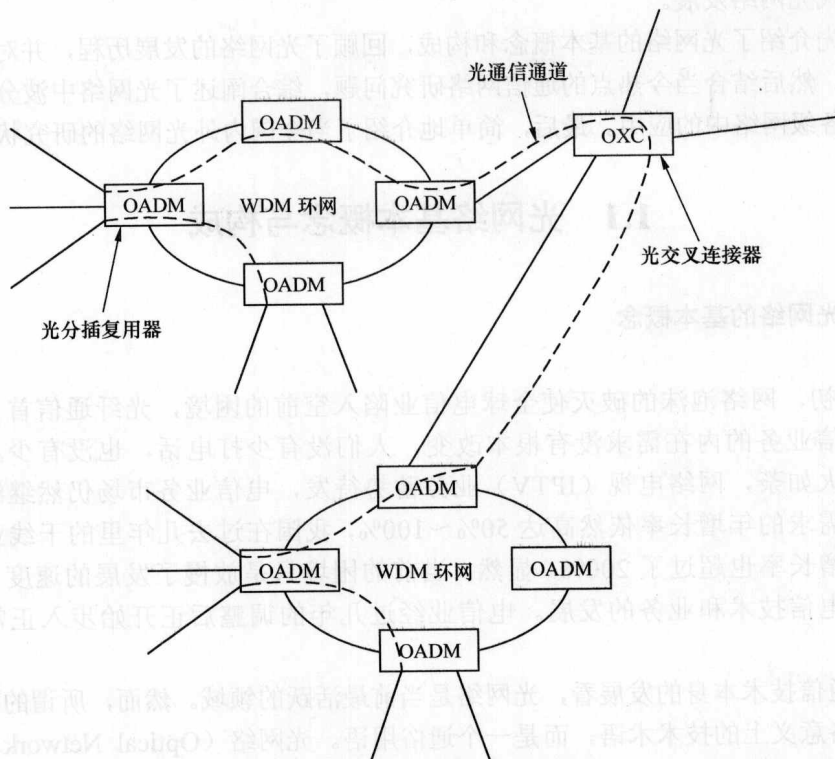


图 1-1 多波长光网络总体结构示意图

光网络节点 (ONN, Optical Network Node) 提供了交换和选路功能, 用来控制、分配光信号的路径和创建所希望的源和目的之间的连接。网络中的光电和光器件主要集中在业务上路和下路节点上, 主要包括: 激光器、检测器、耦合器、光交换设备和放大器等。这些器件同光纤一起协同工作以产生某个连接所需要的光信号。这些潜在的光电和光技术目前还没有很好地得到发展, 因此还不成熟, 也不像电器件那样的便宜。但是这些领域正在不断取得巨大的进步, 随着相关光子技术的逐渐成熟, 组建规模较大的光网络在经济上必将是可行的。

随着波长/光的分插复用器 (WADM/OADM, Wavelength Add-Drop Multiplexer/Optical Add-Drop Multiplexer) 和波长/光交叉连接器 (WXC/OXC, Wavelength Cross Connector/Optical Cross Connector) 技术的成熟, 与 WDM 技术相结合后, 不但能够从任意一条线路中任意上

下一路或几路波长,而且可以灵活地将一个节点与其他节点相连,从而形成 WDM 光网络。另外动态、可重构型 OADM 和 OXC 能够使 WDM 光网络对不同输入链路上的波长在光域上实现交叉连接和分插复用的动态重构能力,增加网络对波长通道的灵活配置能力,提高网络通道的使用效率。总之,OADM 和 OXC 的使用使得光纤通信逐渐从点到点的单路传输系统向 WDM 联网的光网络方向发展。多波长光网络的基本思想是将点到点的波分复用系统用光交叉互连节点和光分插复用节点连接起来,组成以端到端为基础的光传送网。波分复用技术负责完成 OTN 节点之间的多波长通道的光信号传输,OXC 节点和 OADM 节点则负责完成对光通道的交换配置功能。

通过使用多波长光路来联网的光网络利用波分复用和波长路由技术,将一个个波长作为通道,进行全光路由选择。通过可重构的选路节点建立端到端的“虚波长”通路(由一系列不同波长连接起来的一条光路),实现源和目的之间端到端的光连接,这将使通路之间的调配和转接变得简单和方便。在多波长光纤网络中,由于采用光路由器/光交换机技术,极大增强了节点处理的容量和速度,这使得光网络具有对信息传输码率、调制方式、传送协议等透明的优点,有效地克服了节点“电子瓶颈”的限制,因此,只有 WDM 多波长光纤网络才能满足当前和未来通信业务量迅速增长的需求。也正是基于这些原因,近年来在国际上形成了一股对高速宽带光网络的研究热潮,其中以美国、欧洲最为突出。美国在国家先进研究项目署(DARPA, Defense Advanced Research Project Agency)资助下,组成一系列协作集团,建设国家规模的全光网;欧洲正在实施“欧洲先进通信技术和业务”(ACTS, European Advanced Communications Technologies and Services)计划,根据这一计划要建设连接欧洲各主要城市、直径 3 000km 的光纤通信网。与此同时,包括国际电联(ITU-T)、ANSI T1X1.5 协会、光互联网论坛(OIF, Optical Internetworking Forum)和互联网工程任务组(IETF)在内的标准化组织也都积极致力于对可重构型多波长光纤网络的研究。有关国内外近年光网络的研究现状,将在本章 1.4 节中介绍。

光网络的基本结构类型有星形、总线形(含环形)和树形 3 种,利用这 3 种基本的网络拓扑可以组合成各种复杂的网络结构。光网络可横向分割为骨干网、城域/本地网和接入网。骨干网倾向于采用网状结构,城域/本地网多采用环形结构,接入网通常是环形和星形的复合结构,如图 1-2 所示。

与其他网络结构相比,网状光网络更能体现 WDM 技术的联网优势,例如 Mesh 网比环型网络能够更好地利用空闲资源,实现网状光网络的主要优势可以体现在以下几个方面:

- 在 IP 层和光层之间使用集成的业务量控制工程;
- 在相同条件下的建设成本节省近 2/3;
- 动态波长指配能够实现实时指配,以秒的量级进行服务传递,很快产生收益;
- 动态的光通道恢复,毫秒量级的恢复时间;
- 共享保护路由的选择增多,减少用于恢复的网络资源,提高光网络基础结构的利用率;
- 使用动态波长实现光层与 IP 层的互联,光交叉连接节点可以动态地为阻塞的路由器分配波长进行重新选路,还可以根据路由器的动态带宽请求重新配置网络,以满足新的网络业务模式。

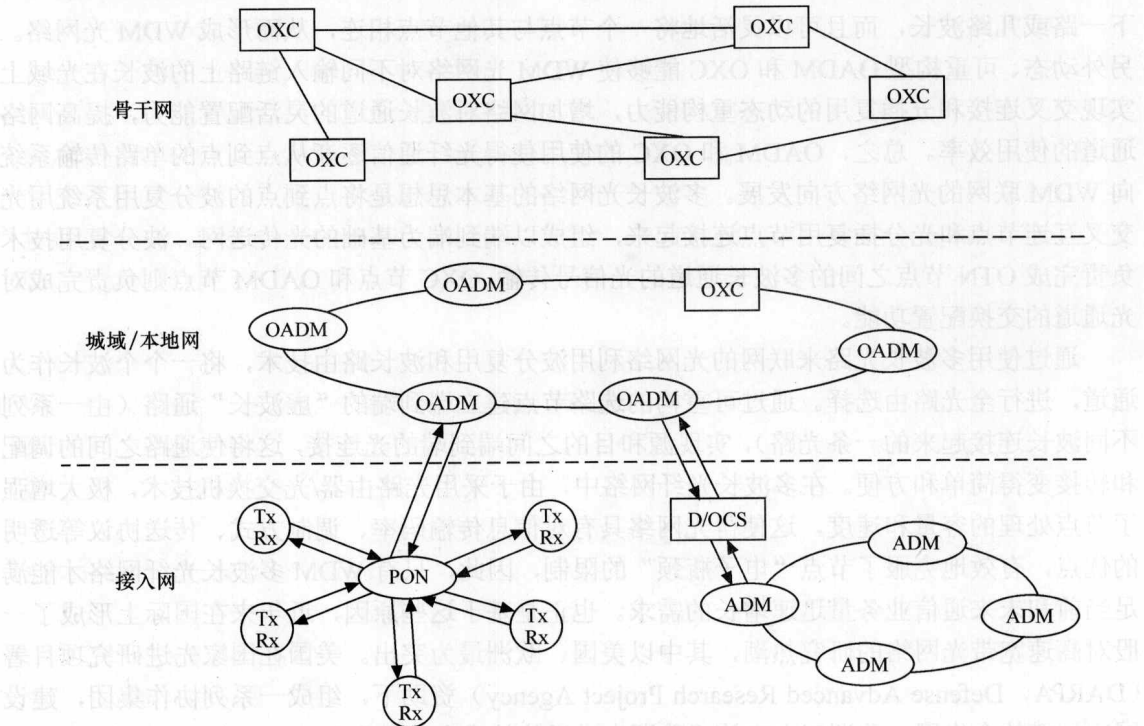


图 1-2 光网络的横向分割结构

1.2 光网络的发展

1.2.1 光网络的发展概述

信息化、数字化、全球化、网络化是 21 世纪信息社会的重要特征。网络作为信息社会的主要载体，其重要性就如同铁路和高速公路的蓬勃发展给工业社会带来了广泛而深远的影响一样，因此，网络已成为 21 世纪全球最重要的基础设施之一。功能各异、形式多样的应用系统对数字信息的综合采集、存储、传输、处理和利用，最终通过无处不在的网络平台将全球范围的人类社会更紧密地联系起来，以不可抗拒之势影响和冲击着人类社会政治、经济、军事、日常工作和生活的各个方面。据估计，到 2020 年左右，以信息网络及其应用为中心的人类活动将带动出超过 20 万亿美元产值的大产业，成为 21 世纪衡量一个国家综合实力的重要标志之一。

下一代因特网将是一个按需分配资源（RoD, Resource on Demand）的网络，即以极小的时延为上层应用提供动态、透明的网络资源。下一代光网络将是多种传输技术和多种交换技术（传统的电路交换、支持分组的突发光交换等）共存的异构网络。其中，自动交换光网络（ASON, Automatic Switching Optical Network）代表下一代光网络演进的方向，所以未来的光网络应该是基于以智能化为基础，网络结构呈现扁平化、业务直接面向光网络并且支持下一代因特网和下一代网络的体系结构。

20 世纪 90 年代以来，伴随新兴光纤通信技术的飞速发展，光网络蔚然兴起。根据联合