

现代光通信技术丛书

全光网络

张宝富 等 编著

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

现代光通信技术丛书

全 光 网 络

张宝富 等编著

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

全光网络 / 张宝富等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2001.12

(现代光通信技术丛书)

ISBN 7-115-09744-5

I. 全... II. 张 III. 光通信—通信网 IV. TN915.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 074227 号

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了全光网络的最新研究成果。全书共分 10 章, 内容包括: 全光网络的组成、网络拓扑、节点设备、全光网的管理、密集波分复用 (DWDM) 光网络、光时分复用 (OTDM) 网络、光码分多址 (OCDMA) 网络、光互联网、光路由器和光交换、全光传输以及全光网中的新型光纤等。

本书的内容力求基本原理和基本概念的阐述与网络的实际应用相结合, 当前的应用技术与最新的进展相结合。本书语言通俗易懂, 内容层次清楚, 并配有丰富图表来配合文字的叙述, 可适应不同层次读者的需要。本书可供从事通信与计算机及相关专业的科研和工程技术人员使用, 也可作为高等院校相关专业的教材和参考书。

现代光通信技术丛书

全 光 网 络

◆ 编 著 张宝富 等

责任编辑 梁 凝

◆ 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@pptph.com.cn

网址 <http://www.pptph.com.cn>

读者热线 010-67129212 010-67129211(传真)

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京鸿佳印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15.5

字数: 373 千字

2002 年 1 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2002 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09744-5/TN·1797

定价: 27.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010)67129223

前 言

全光网(AON)的出现标志着通信网又向前迈进了重大的一步,它与第一代(全电网络)、第二代(光电混合)通信网相比具有卓越的性能,称为第三代网络,是下一代光互联网的核心。AON 采用了密集波分复用(DWDM)、光码分复用(OCDM)、光时分复用(OTDM)等光波复用技术,充分发挥了光纤的巨大带宽资源以适应未来通信的宽带化要求。由于 AON 是在光域完成信息的传送、路由选择与交换,因此避免了电子瓶颈的影响,完全可以满足未来通信的高速化要求。AON 对信息的内容不作任何处理,因而对业务没有限制(可以是 IP、ATM 业务等),是一个真正对所传业务透明的网络。迅速发展的 AON 技术,尤其是多波长光网络即 DWDM 光网络采用灵活的波长选路由,具有动态资源配置能力,可以实现网络的动态重构,被认为是通信网络升级的首选方案,目前已有部分技术日渐成熟并有商用化产品。为了让对全光网感兴趣的科技人员和高等院校师生全面而系统地了解 and 掌握全光网通信技术我们专门编写了这本书。

全书共分为 10 章。第 1 章:概述,从总体上介绍了全光网在信息网络中的作用,全光网的分层概念和采用的关键技术以及全光互联网的应用。第 2 章:全光传输,分别介绍了全光网的新型光纤、光信号在光纤中的传输(色散补偿技术)和放大(光放大器)以及系统设计。第 3 章到第 5 章分别介绍了三种主要的全光网,即密集波分复用(DWDM)光网络、光时分复用(OTDM)网络和光码分多址(OCDMA)复用网络的原理、关键技术、各自的特点及在高速局域网(HLAN)、全光接入网(AN)、光传送网(OTN)和光分组网中的应用。第 6 章:全光路由选择与优化,主要介绍了光通道层网络的光通道(OC)的波长路由选择与波长分配即 RWA 问题;同时考虑到上层网如 SDH、ATM 网对光通道的合理使用也介绍了虚拓扑的 RWA 问题。第 7 章:全光交换,介绍了全光交换的优点、光电路交换(空分光交换、光波长交换、光时分交换、光码分交换)和光分组交换的原理以及全光交换所需的光开关、光缓存器、光逻辑器件等。第 8 章:全光网络结构,介绍了全光网的原子功能描述及拓扑结构和 DWDM 自愈环,并重点介绍了自愈环的保护即光通道的保护和复用段共享保护。第 9 章:全光网节点设备,介绍了全光网的节点类型及各种节点设备,重点介绍了 DWDM 光网络的波长交叉连接设备(WXC)和分插复用设备(WADM)的原理及它们的不同实现方案。第 10 章:全光网的管理,介绍了全光网网管的特点和管理通道开销的实现方案、分层的管理要求与功能、管理信息模型、组织模型、MIB 库、CMIP 管理协议以及管理网的系统结构。

本书既包括了作者所在课题组多年的研究成果,也引用了国内外一些学者的最新研究成果。同时作者还参阅了大量国内外文献。作者在写作中力求取材广泛,内容新颖、重点突出,基本概念和基本原理讲解准确清晰,避免繁琐的公式,着重讲解有关结论性的物理含义。书中还配有丰富图表来配合文字的叙述,以便使读者易于理解。本书可供从事通信与计算机及相关专业的科研和工程技术人员使用,也适合作为高等院校相关专业的教材和参考书。

本书第5章的第3节由刘忠英博士撰写，第4、5节由万谦博士撰写，第6章由周辉和徐俊华协助完成，博士生导师李玉权教授百忙中审阅了全部初稿并提出了许多宝贵意见，在此对他们表示诚挚的谢意。

由于作者的水平有限，书中的错误、偏漏在所难免，欢迎读者批评指正。

作者

2001年6月于南京

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 信息时代中的全光网	1
1.2 全光网的发展过程——三代通信网络	2
1.2.1 电网络	2
1.2.2 光电混合网	2
1.2.3 全光网络	2
1.3 全光网络的概念和分层结构	4
1.3.1 光传送网 (OTN) 与全光网络 (AON)	4
1.3.2 光传送网 (OTN) 的分层网络	8
1.4 全光网的光波复用	10
1.4.1 光波分复用 (WDM)	11
1.4.2 光码分复用 (OCDMA)	13
1.4.3 光时分复用 (OTDM)	15
1.5 光路由与光交换	16
1.5.1 波长选路与路由器	16
1.5.2 光交换	18
1.6 全光网的应用——光互联网	18
1.6.1 多协议栈 (IP over X)	19
1.6.2 全光互联网	21
第 2 章 全光传输	23
2.1 光放大器	23
2.1.1 光纤放大器	24
2.1.2 半导体光放大器(SOA)	32
2.2 超高速光纤传输	34
2.2.1 全光网络对光纤的要求	34
2.2.2 全光网络中的最佳光纤	35
2.2.3 色散与非线性受限	38
2.3 色散补偿	42
2.3.1 色散补偿的目的	42
2.3.2 色散补偿技术	43
2.4 系统设计	47
第 3 章 密集波分复用 (DWDM) 光网络	48
3.1 密集波分复用 (DWDM) 的工作原理	48

3.1.1 DWDM 系统	48
3.1.2 单向与双向 DWDM 系统	48
3.1.3 DWDM 波长分配方案	50
3.1.4 DWDM 的关键技术	50
3.2 DWDM 复用器	52
3.2.1 多层介质膜型(MDTFF)波分复用器	52
3.2.2 光栅型波分复用器	53
3.2.3 熔锥型复用器	55
3.2.4 阵列波导光栅型(AWG)复用器	55
3.3 DWDM 的关键器件	56
3.3.1 DWDM 的光源	56
3.3.2 DWDM 系统的调制器	58
3.3.3 波长可调谐半导体激光器	58
3.3.4 波长可调谐光滤波器	59
3.3.5 波长变换器	60
3.4 DWDM 的传输性能	65
3.4.1 线性串扰	65
3.4.2 非线性串扰	66
3.4.3 其他与性能有关的问题	68
第 4 章 光时分复用(OTDM)网络	70
4.1 光时分复用(OTDM)的概念	70
4.1.1 比特间插 OTDM	70
4.1.2 分组(包)间插 OTDM	70
4.2 全光时分复用	71
4.2.1 光纤延迟线	71
4.2.2 平面光波导	74
4.2.3 快速通道调谐和高速光开关	74
4.3 全光时分解复用	75
4.3.1 串联的 MZI 类型的解复用器	76
4.3.2 非线性光学环路镜(NOLM)	77
4.3.3 四波混频(FWM)开关	78
4.3.4 光孤子陷阱开关	79
4.4 超短光脉冲源	80
4.4.1 锁模环型光纤激光器(ML-FRB)	80
4.4.2 DFB 激光器加电吸收调制器(EAM)	81
4.4.3 超连续(SC)光源	81
4.4.4 孤子脉冲	82
4.5 全光定时提取	82
4.5.1 可变光纤延迟线(TOFL)	82

4.5.2	电光锁相环 (PLL)	83
4.5.3	光学锁相环 (OPLL)	83
4.6	OTDM 系统性能	84
4.7	OTDM 光网络	85
4.7.1	OTDM 广播和分配式网络	85
4.7.2	OTDM 分组交换网	86
4.7.3	选路节点的功能	87
4.7.4	缺陷选路	89
4.7.5	竞争解决方案	90
4.8	OTDM 的应用前景	91
第 5 章	光码分多址 (OCDMA) 网络	92
5.1	OCDMA 的概念	92
5.2	OCDMA 采用的扩频码	94
5.2.1	素数码	95
5.2.2	光正交码 (OOC)	96
5.2.3	空间域光正交码 (SD-OOC)	99
5.2.4	二维光正交码和三维光正交码	103
5.3	OCDMA 编解码原理	105
5.3.1	扩频编解码	105
5.3.2	扩时编解码	108
5.3.3	扩空 (全息) 编解码	111
5.4	OCDMA 的传输性能	115
5.4.1	多用户干扰	116
5.4.2	接收机噪声	119
5.5	OCDMA 网络的应用	121
5.5.1	计算机局域网中的应用	121
5.5.2	电信网中的应用	123
5.5.3	其他方面的应用	124
第 6 章	全光路由选择与优化	125
6.1	引言	125
6.2	光通道与全光路由	126
6.3	光通道的选路与波长分配 (RWA)	127
6.3.1	波长通道 (WP) 的波长分配 (WA)	129
6.3.2	虚波长通道 (VWP) 的波长分配 (WA)	132
6.4	光层的 RWA	137
6.4.1	业务模型	137
6.4.2	静态光层的 RWA	139
6.4.3	重构光层的 RWA	141
6.5	逻辑拓扑的 RWA	141

6.5.1	逻辑拓扑与节点度的概念	141
6.5.2	逻辑拓扑的设计	143
6.5.3	逻辑拓扑设计的混合整数线性程序 (MILP)	144
6.5.4	拓扑设计算法	146
第 7 章	全光交换	148
7.1	全光交换的概念	148
7.1.1	光电路交换	148
7.1.2	光分组交换	149
7.2	光开关器件	149
7.2.1	机械开关	150
7.2.2	电光开关	150
7.2.3	热光开关	151
7.2.4	SOA 光开关	151
7.2.5	方向耦合开关	151
7.3	光缓存	152
7.4	光逻辑器件	153
7.5	空分光交换	155
7.6	时分光交换	158
7.7	波分光交换	160
7.8	码分光交换	160
7.9	复合光交换	161
7.10	光分组交换	162
第 8 章	全光网络结构	164
8.1	全光网的功能和结构	164
8.1.1	网络结构元件	164
8.1.2	分层分割	167
8.2	光传送网的原子功能模型	168
8.2.1	三个基本的原子功能	168
8.2.2	原子功能模型的规范语言	169
8.2.3	光传送网的层网络	172
8.3	全光网的拓扑结构	174
8.3.1	物理拓扑	174
8.3.2	逻辑拓扑(虚拓扑)	176
8.4	全光网的保护	177
8.5	WDM 环型网络保护 (自愈环)	179
8.5.1	单向通道倒换环 (UPSR)	180
8.5.2	双纤双向线路倒换环 (BLSR/2)	181
8.5.3	四纤双向线路倒换环 (BLSR/4)	184
8.5.4	节点失效保护	184

8.5.5 双节点互连环境保护	185
第 9 章 全光网的节点设备	186
9.1 节点的设计和设备的类型	187
9.1.1 全光网的结构与提供的服务	187
9.1.2 高速光纤局域网 (HLAN)	188
9.1.3 光纤接入网 (AN)	189
9.1.4 光纤城域网 (MAN)	190
9.1.5 光传送网 (OTN)	192
9.2 设备的功能描述	194
9.2.1 物理层的原子功能	196
9.2.2 OTS/OAS 层的原子功能	196
9.2.3 OMS 层的原子功能	196
9.2.4 OCH 层的原子功能	196
9.2.5 复合功能	196
9.3 基本功能块对节点设备的描述	198
9.3.1 节点模型	198
9.3.2 功能结构元件	199
9.3.3 光器件功能描述	199
9.4 WXC 节点的不同实现方案	200
9.4.1 WXC 功能要求	200
9.4.2 基于空间交换的 WXC 结构	201
9.4.3 基于多波长滤波器 (MWSF) 的 WXC 结构	203
9.4.4 基于平行波长开关的 WXC 结构	203
9.4.5 基于阵列波导光栅复用器 (AWGM) 和波段变换器 (WID (n, r)) 的 WXC 结构	204
9.5 WADM 的不同实现方案	206
第 10 章 全光网的管理	208
10.1 光传送网 (OTN) 管理的特点	208
10.1.1 OTN 管理与电信网管理 TMN	208
10.1.2 OTN 管理的特点	208
10.2 OTN 管理信息的通信通道实现——开销通道	210
10.2.1 OSC 光监控通道	211
10.2.2 导频—副载波调制 (Pilot Tone)	211
10.2.3 OSC 通路数据通道保护	212
10.2.4 管理通道的两种传输方法	212
10.3 OTN 管理要求与功能	213
10.3.1 引言	213
10.3.2 光传送层 (OTS) 的管理要求	218
10.3.3 光复用段层 (OMS) 的管理要求	219
10.3.4 光通道层 (OCH) 的管理要求	219

10.4 OTN 管理的分层信息模型	220
10.4.1 网元层信息模型	220
10.4.2 网络层信息模型	222
10.5 OTN 管理的组织模型与管理网	223
10.5.1 组织模型	223
10.5.2 管理数据库(MIB)	224
10.5.3 网络管理协议(SNMP)	226
10.6 OTN 管理网	228
10.6.1 光传送网管理系统的结构	228
10.6.2 光传送网管理设备的等级	229
附录 A 英文缩写词	232
附录 B 主要参考文献与网址	236

第 1 章 概 述

1.1 信息时代中的全光网

21 世纪是一个以网络为核心的信息时代，人们对信息的需求与日俱增。一些与人们视觉有关的图像信息，诸如付费电视、可视电话、数字图像（DVD）、高清晰度电视（HDTV）等宽带业务市场正在迅速扩大，各类新型业务，诸如远程教育、远程医疗、家庭购物、家庭办公等正在蓬勃发展，Internet 业务也按指数规律逐年增长。这些都必须依靠完善的网络，网络已经成为信息社会的脉搏，它正在改变着社会生活的很多方面。

随着 Internet 业务（IP 业务）的出现，其服务范围已从初期单纯的 E-mail 发展成商务和多媒体服务。IP 在信息网络中的核心地位正在形成，现在全世界上因特网的主机已达 2000 多万台，上网人数过亿，因特网业务的特点之一是用户占用信息带宽的时间长（数十分钟到 1 小时以上），如采用现有的网络结构，必然会造成业务拥挤，带宽“枯竭”，人们呼唤着新一代网络——全光网络的诞生，全光网络是未来信息网络的核心。

全光网 AON (All Optical Network) 以光节点取代现有网络的电节点，并用光纤将光节点互连成网，即在光域完成信号的传输、交换等功能，克服了现有网络在传送和交换时的电子瓶颈，减少了信息传输的拥塞，大大提高了网络的吞吐量。

光纤被认为有“取之不尽”的带宽开发潜力。随着信息技术的发展，先后开发出中心波长为 850nm、1310nm 和 1550nm 三个窗口。近年来，美国的 Lucent 公司又在开发中心波长为 1625nm 的第四个窗口，同时他们正通过超纯光纤生产工艺，削去中心波长为 1385nm 的 OH 吸收带，并使之成为第五个窗口，制成将第二和第三个窗口连成一片，带宽为 1300~1650nm 的全波长（All Wave）光纤，光纤的传输容量以每 12 个月翻一番的速度在增长。目前美国的 Lucent 公司能提供的实用化系统已能达 $2.5\text{Gbit/s} \times 128$ ，日本 NTT 在实验室已进行了 3Tb/s ($160\text{Gbit/s} \times 19$) 的试验，形成一条超宽的信息高速公路。

光节点取代了现有网络的电节点。信号在通过光节点时不需要经过光电、电光转换，因此它不受检测器、调制器等光电器件响应速度的限制，对比特速率和调制方式透明，可以大大提高节点的吞吐量，克服了原有电子交换节点的时钟偏移、漂移、串话、响应速度慢、固有的 RC 参数等缺点。

全光网一经问世就引起了人们极大的兴趣，世界一些发达国家都以关键技术和设备、部件、器件以及材料的研制开发为突破口，通过现场实验来完成实用化和商用化进程。如美国的光网络计划除了美国国防部远景规划局 ARPA (Advanced Research Projects Agency) II 期全球网计划 (MONET, NTON, ICON, WEST) 之外，还包括了 ARPA I 期计划中的一部分 (ONTIC、AON 等)，欧洲与美国一起进行的光网络计划 RACE (欧洲先进通信研究与技术发展) 和 ACTS 等 (先进通信技术与业务)。ITU-T 也抓紧研究有关全光网络的建议，全光网已被认为是通信网向宽带、大容量发展的首选方案。

对于我国这样一个幅员辽阔、具有庞大干线网的国家，应在干线网的节点处引入光节点即，实现光交叉连接（OXC）、光分插复用（OADM），形成用户端到端的全光信号连接，这将使电路之间的调配和转接变得简单和方便。建立全光网络，接入 IP 等多种业务信号已成为通信网络的发展趋势，因为全光网络简化了网络结构，提高了网络的可靠性，并且与业务和承载的信号无关，具有重要的现实意义和长远意义。

1.2 全光网的发展过程——三代通信网络

通信网络的发展历史悠久，经历了现在已开始逐渐淘汰的电通信网络、目前正在广泛使用的光电混合网络，正朝着全光网络迈进。

1.2.1 电网络

电网络采用电缆将网络节点互连在一起，网络节点采用电子交换节点，是一种相当成熟的网络，如图 1.1(a)所示。作为电信号承载信道的电缆有同轴（大、中、小）电缆和对称电缆之分，是一种损耗较大、带宽较窄的传输信道，主要采用了频分复用（FDM）方式来提高传输的容量。电网络具有如下特点：（1）信息以模拟信号为主；（2）信息在网络节点的时延较大；（3）节点的信息吞吐量小；（4）信道的容量受限、传输距离较短等。这些特点都由于电网络完全是在电领域完成信息的传输、交换、存储和处理等功能，因此，受到了器件本身的物理极限的限制。

1.2.2 光电混合网

光电混合网在网络节点之间用光纤取代了传统的电缆，实现了节点之间的全光化。这是目前广泛采用的通信网络，如图 1.1（b）所示。光纤与电缆相比有如下优点：（1）通信容量大、传输距离远；（2）信号串扰小、保密性能好；（3）抗电磁干扰、传输质量佳；（4）光纤尺寸小、重量轻、便于敷设和运输；（5）节约有色金属。这是一个数字化的网络采用了时分复用（TDM）来充分挖掘光纤的宽带资源进行信息的大容量传输，采用时分交换网络（结合空分）实现信息在网络节点上的交换。TDM 有两种复接体系即基于点到点准同步复接体系（PDH）和基于点到多点、与网络同步的同步复接体系（SDH），由于 SDH 优于 PDH，因而目前广泛用 SDH 取代 PDH。

1.2.3 全光网络

全光网以光节点取代电节点，并用光纤将光节点互连在一起，实现信息完全在光领域的传送和交换，是未来信息网的核心，如图 1.1(c)所示。全光网络最重要的优点是它的开放性。全光网络本质上是完全透明的，即对不同速率、协议、调制频率和制式的信号同时兼容，并允许几代设备（PDH/SDH/ATM）共存于同一个光纤基础设施。全光网的结构非常灵活，因此可以随时增加一些新节点，包括增加一些无源分路/合路器和短光纤，而不必安装另外的交换节点或者长光缆。全光网络与光电混合网络的显著不同之处在于它具有最少量的电/光和光/电转换，没有一个节点为其他节点传输和处理信息服务。

从图 1.2 通信网络的分层模型可以清楚地看出在光层中传输的网络功能，如分插复用（ADM）、交叉连接、信号存储，以及业务调度均在光层中完成。这种分层网络支持传统的电复用信号传输，也可以提供全光端对端透明连接。光传送网实际上是为上层业务如 SDH/ATM/IP 等提供了高一层的统一平台。

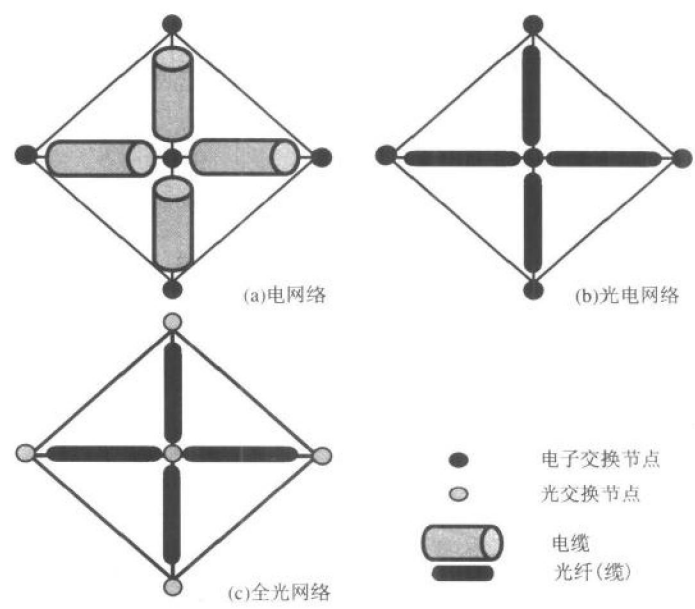


图 1.1 三代通信网络

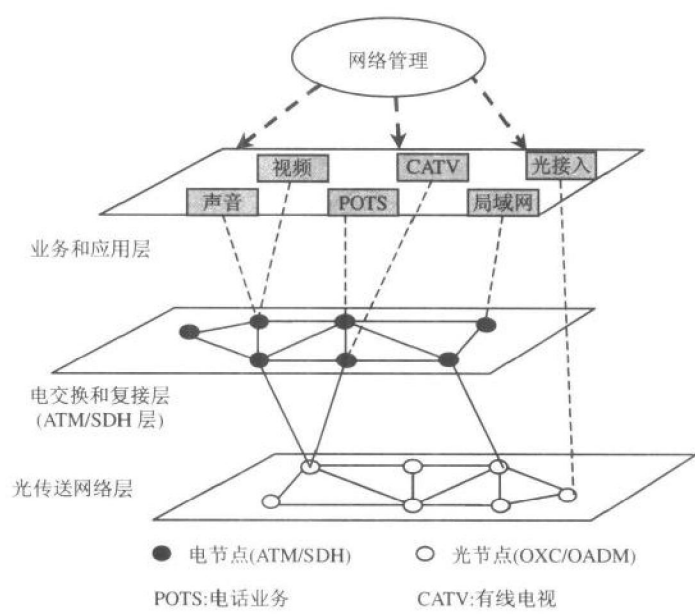


图 1.2 通信网络分层

1.3 全光网络的概念和分层结构

1.3.1 光传送网（OTN）与全光网络（AON）

光传送网是在 SDH 光传送网和 WDM 光纤系统的基础上发展起来的，图 1.3 和图 1.4 形象直观地给出了光传送网的演变。

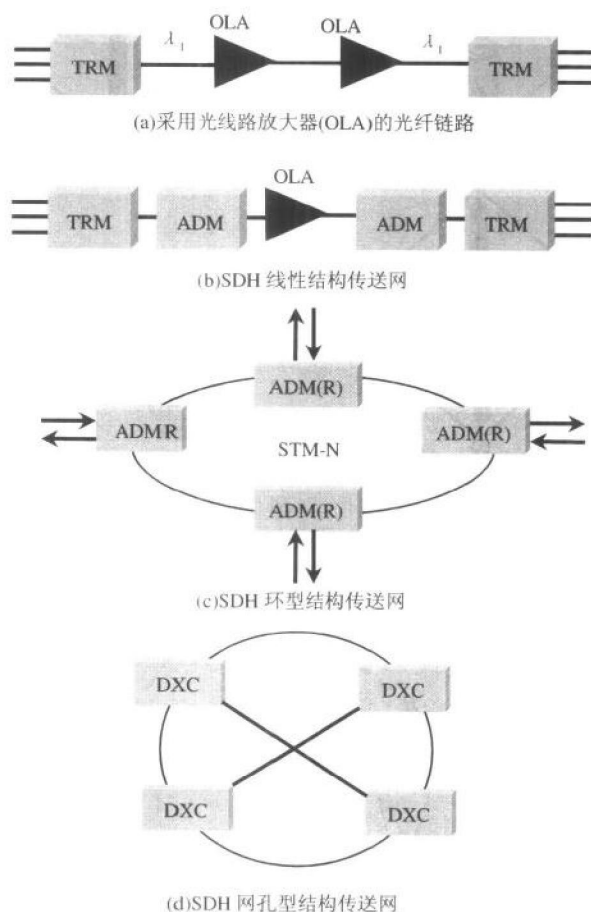


图 1.3 光传送网的演变 (1)

图 1.3 (a) 所示的是具有光线路放大器的光纤链路。光线路放大器 (OLA) 代替原来的电中继再生器是光纤技术发展中迈出的重大一步。光放大器具有比电中继再生器价格便宜容易安装和透明传输等特点，正是由于它是透明器件，所以无须更换放大器就可以扩容（提高链路的传输速率）和引入 WDM 技术（多个波长通道传输信号，相当于一根光纤上有多个虚拟光纤，从而成倍地提高通信容量）。图 1.3(b)、(c)、(d)所示的是 SDH 光传送网的发展，由于使用了分插复用设备 (ADM) 和数字交叉连接设备 (DXC) 使得简单的点到点光纤链路，

由 SDH 光传送网代替。分插复用设备有两种类型即线型 ADM (L) 和环型 ADM (R)，分别应用于线型网和环型网。其主要功能是在高速率数据（如 STM-4、STM-16 等）中分出或插入低速率（如 STM-1、STM-4 等）的数据。数字交叉连接设备 DXC 是实现在数据等级（如 VC12、VC4 等）上的数据交换。图 1.4(a)所示的是多波长通道的 WDM 光纤链路，这是光纤技术发展中的又一重要步骤，其发展非常迅速，波长个数已由 4 波长发展到 64 波长甚至 128 波长，当然这主要集中在 C 波段（1530~1560nm），今后将向 L 波段（1560~1620nm）延伸。WDM 设备与 SDH 设备组成的混合网已在应用中。图 1.4(b)所示为 WDM 设备 TM 和 SDH 设备 TRM（终端设备接数字交换机）和分插复用设备（ADM）采用背靠背方式混合成网，利用波分复用设备在光域进行扩容，利用 SDH 设备在电域的灵活性分插、交叉连接等特性，组成各种应用网络。由于当容量大到一定程度，通过点对点传输到一个节点需要分路、转接时，再用转换成电信号的方法进行分插、转接就显得麻烦和复杂，而且还有“电子瓶颈”，因此人们开始探讨在光域进行分插、交叉连接，甚至路由选择和交换也在光域完成，以便形成

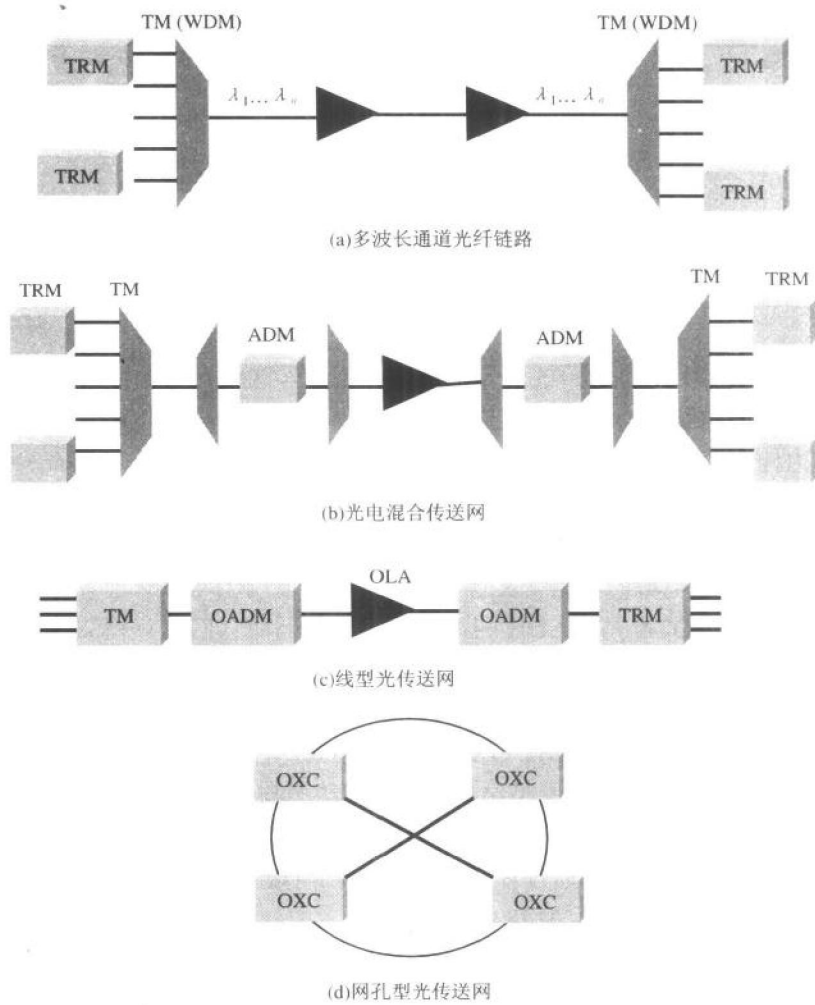


图 1.4 光传送网的演变 (2)

全光网，这是光纤技术发展中的又一重大发展。但在目前 WDM 系统的最大传输距离还只有 600~640km（多跨度系统），要传更长的距离，还需借助电再生方式，同时路由交换的实现有待时日，所以全光网是发展方向，但目前还实现不了，只能从光传送层（简称光层）做起，图 1.4（c）、（d）给出了光传送网（OTN）的典型结构。

光传送网（OTN）是在光域上进行客户信息的传输、复用和交叉连接的光纤网络。由于在光域完成信息的传输、复用、交叉连接，因此减少了电/光和光/电转换，其容量突破了电子瓶颈，最重要的是没有一个网络节点处理客户信息，因此实现了对客户信息的透明传输。OTN 的基本网元有光缆线路系统、WDM 复用器（TM）、光分插复用器（OADM）和光交叉连接设备（OXC）。这里简单介绍 OTN 的两个重要网元 OADM 和 OXC，详细介绍参阅第 9 章。

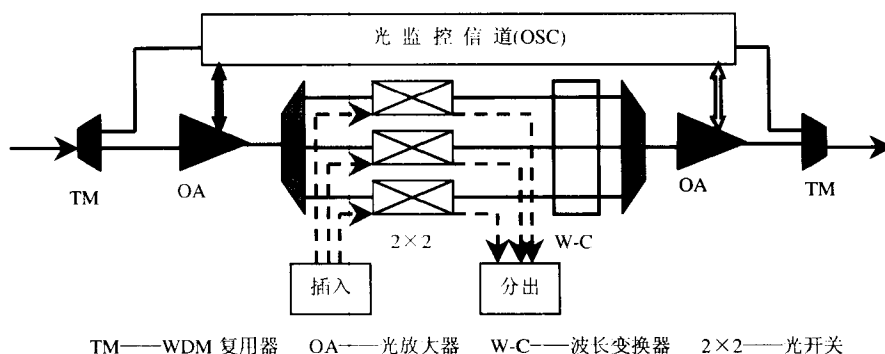


图 1.5 OADM 的节点结构

OADM 的内部典型结构如图 1.5 所示。多波长信道经 TM 后分为监控波长信道、工作波长信道。监控波长送控制中心，工作波长送光开关阵列，由控制中心决定是直通或是取出。插入波长信道由控制中心决定送出，光放大器用来补偿由于 TM 和光开关插入引起的功率损耗。波长变换器（W-C）用来将拥塞的波长转换到另一波长，实现透明传送。

OXC 节点的结构如图 1.6 所示。图中调谐滤波器（TF）的作用是从 N 个波长信道中滤出所需的波长。DXC 完成电域的数据交叉连接，光监控信道用于网络管理。

OTN 的网络结构。OTN 是由 SDH 网络演化而来，因而它们具有相似性。从网络组成上看，SDH 有 TM、ADM、DXC 等几种网元，网络拓扑结构有点到点的线性结构，ADM 组成的自愈环网（如图 1.3(c)所示），DXC 组成的自愈网（如图 1.3(d)所示），OTN 也与此类似。有背对背的 WDM 终端 TM、OADM、OXC 等几种网元，在网络拓扑结构上也要经过点对点线性结构，逐步转变到自愈环和网孔型结构。自愈环结构与网孔型结构相比有如下优势：（1）OADM 节点结构简单因而比 OXC 节点经济；（2）具有相对较少的倒换步骤因而透明性好，网络的损耗小，跨距增加；（3）通过环网的互连可以组成规模大的网络。为清楚起见，现将 SDH 网络与 OTN 网络作一比较，如表 1.1 所示。

全光网（AON）是指信息从源节点到目的节点的传输完全在光域进行，即全部采用光波技术完成信息的传输和交换的宽带网络。它包括光传输、光放大、光再生、光选路、光交换、光存储、光信息处理等先进的全光技术。全光网有如下特点：（1）充分利用了光纤的带宽资