

NETWORK PROFESSIONAL'S LIBRARY

Osborne 计算机专业技术丛书

Optical
Networking

A BEGINNER'S GUIDE

包括：
Cisco、Juniper 和 Nortel Networks 的
光网络解决方案

面向不熟悉光网络的网络专业人员的实用指导

光网络 实用指南

[美] Robert Elsenpeter 著
Toby J. Velte 译
王延华 译

- 学习基本的光纤网络结构和设计
- 详细了解 SONET、DWDM 和带宽限制等技术
- 学习如何成功地建立和管理光纤网络
- 了解安全协议和过程



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

光网络实用指南

[美] Robert Elsenpeter 著
Toby J. Velte

王延华 译

清华大学出版社
北 京

EISBN: 0-07-219398-0

Optical Networking——A Beginner's Guide

Robert Elsenpeter Toby J. Velte

Copyright© 2002 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original English Language Edition Published by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All Rights Reserved.

本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司授权清华大学出版社在中国境内(香港、澳门特别行政区和台湾地区除外)独家出版、发行。

未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2002-1120 号

版权所有,翻印必究。

本书贴有 McGraw-Hill 伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

光网络实用指南/(美)艾森彼得,(美)维尔特著;王延华译.——北京:清华大学出版社,2003.7

书名原文:Optical Networking——A Beginner's Guide

ISBN 7-302-06658-2

I. 光... II. ①艾...②维...③王... III. 光纤通信—通信网 IV. TN929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 038514 号

出 版 者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

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

责任编辑:冯志强

印 刷 者:清华大学印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×960 1/16 印张:26.25 插页:4 字数:580 千字

版 次:2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-06658-2/TP·4981

印 数:0001~3000

定 价:48.00 元

致 谢

在本书即将完成的时候，我们要对那些为保证全书内容协调一致而工作的人们表示由衷的感谢。Franny Kelly 负责本书的全面协调，他的工作总是充满热情；当 Carolyn Welch 偶尔漏过了我们笔误（比如将字母“t”写成带点的字母“i”）时，Alex Corona 总能把它们弄得清清楚楚；我们非常信任我们的技术编辑 Mac McVicker 和副编辑 Bob Compbell，他们两位都在时间非常紧张的情况下做出了非常卓越的工作。

我们还要特别感谢 Walter Goralski，他允许我们使用了他的大作 *Optical Networks and WDM* 中一些插图。

关于作者

Robert C. Elsenpeter 是一位作家、网页内容编写者、获奖的新闻记者，并且是 *eBusiness: A Beginner Guide* 一书的合著者。

Toby J. Velte 博士，拥有 MSCE + I\CCNA 和 CCDA 认证，是一位受人尊敬的网络领域的企业领导者，他与人合作创办了若干家高科技公司。Velte 博士还是 *Cisco: A Beginner's Guide*、*Cisco Internetworking with Windows NT and 2000* 和 *eBusiness: A Beginner's Guide* 等书的作者。

前言

试着想象一下，一根单独的线缆一次能承载的负荷：

- 1 百万路 DVD 质量或者高清晰度的电视信号
- 6 百万个高速连接的互联网
- 1 亿个拨号连接的互联网

如果这听起来似乎是只有将来您的孙子一代才能够享受的数据和视频网络的类型，那么请您不要沮丧。因为事实上，光纤在今天已经使这些性能成为可能，而且是仅仅使用一根光纤而已。

光纤的性能是惊人的，并且每天都会出现新的方法使光纤能够容纳更多的数据，以至于将来有一天，您的孙子可能会有“在世纪之交时，光纤仅仅才能传送 1 百万路 HDTV?”的疑问。虽然光纤系统在 20 世纪的初叶就被设想(之前 200 多年就有了光和纤维的基本概念)，但一直到 20 世纪 70 年代的中期光纤才被用到通信上。从那以后，基于光纤的通信的能力变得日益强大，于是有了现在的光网络。

人们并不惊奇于网络变得越来越快。如果问任何一个人，他们的网络是不是已经足够快了，他们都会回答“不是”。速度的需求受到了变得越来越庞大的应用系统和现代网络中数据所承担的角色变化的刺激。即使在网络中从服务器到客户端简单地传输文本文件，网络的速度就已经不够了，更何况现在又要绕半个地球传输视频文件和进行没有任何中断的在线电话交谈了。

一种使网络和计算更快、性能更强大的方法是使用光网络系统。光网络非常类似于传统的电子网络，光网络设备(路由器和交换机)的使用位置与在电子网络相同。极细的玻璃纤维正在一英里—英里地替代着铜芯电缆。外表看起来一根直径只有几微米的玻璃纤维似乎不能承载任何东西，然而恰恰相反，光网络在传输数据的数量和速度上都大大超过了它的对手电子网络。

本书将从几个角度来讨论光网络，我们将说到有关光网络的基础知识、光的交换和光的路由、怎样设计和管理光网络以及如何做到网络的安全和保密。

光网络和用户机构

构建光网络所面临的不仅有与建立电子网络所遇到的一样的难题，而且光网络的物理特性和工作机制使得其构建过程有时更难掌握。

不管如何使用一个光网络，用户的机构都会从中受益。当网络的能力变得更加强大的时候，在网络上运行的应用程序的性能也会提高；而当应用程序要求更多的带宽时，网络

必须扩展以便与之匹配。这是一个没有终止的循环，而如果采用光网络的设计方案，那么网络的速度和容量就会获得一个大的飞跃。

使用光网络在传统上被认为仅仅是电话公司和像 Microsoft 公司这样的大企业所考虑的问题。实际上，任何规模的机构都可以使用光网络。不管一个机构是需要越洋传送视频和数据，还是仅仅需要在本地网上得到更加强大的连接能力，光网络都能提供解决方案。

当然，光网络也有费用方面的实际问题，光网络的建设比它的对手电子网络昂贵得多。但是，当对光网络的初始成本和电子网络的运行成本进行综合比较时，就会发现节约成本的一方是光网络。

谁应该阅读本书

本书是写给一些机构中的有关人士或者对光网络感兴趣的人看的，但首先(或者最重要的)是写给那些能做出重要决定的人看的，因为这些人将实施光网络的解决方案。然而，本书的内容也适合于 IT 工作人员、CEO 或者对您的机构的光网络目标有兴趣和有投资的人。任何人读了这本书都会对有关光网络的原理、理论和应用有所了解。

但是，这并不是说有很高技术水平的专家就不能从本书得到有价值的信息。网络世界变化迅速，并且(由于光网络的特点)对于光网络的部署来说有很多技术的方法和概念是独特的，我们在书中将讨论这些问题。

本书包含的内容

本书分为三个部分，每一部分都以从易到难的方式介绍有关光网络的一个重要方面。例如，如果您想找有关光网络基础知识的内容，可以阅读第一部分的 3 章；如果您想看有关实际如何部署光网络的内容，则应阅读与此问题有密切关系的第三部分。下面介绍各部分以及其中各章的内容。

第一部分：光速的网络。在这一部分的三章中介绍了光传播的基本知识、光是怎样被考虑作为传输平台的，以及如何基于光技术创建网络。这一部分的各章是：

第一章：光网络的理论 这一章是真正的光导纤维入门知识。包含有关光网络背后的基础知识、光导纤维如何工作、光放大器、损耗以及光是怎样在光导纤维中传播的。

第二章：光网络的历史 这一部分我们暂时回顾一下光网络的历史。回顾一下像 Charles Vernon Boys 这样的先驱者如何做出了第一束均匀的玻璃纤维；瑞士物理学家 Daniel Colladon 和法国物理学家 Jacques Babinet 如何同时发现一个喷水池里光跟随水流的现象；然后，我们重点讨论从前的高速度是什么样子、最后一英里的设计以及走了哪些弯路。最后，我们将了解一下被动的光网络(PONS)，并且看看它是如何解决最后一英里问题的。

第三章：光网络的结构 在第三章中，我们回到光网络的本质，我们将讨论负责传送光的数据位(bit)和字节(byte)的光网络的类型。我们的讨论内容包括同步光网络(Syncro-

nous Optical Networks, SONET)和密集波长分割多路复用(Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM)。

第二部分：光网络的设备、应用和提供商。在这一部分，我们将看看怎么样设计一个符合特殊需求的光网络、光的路由和交换如何发生、光网络设备的提供商必须供应什么设备以及光网络最适合哪些应用。这一部分包括以下几章：

第四章：光网络设计 这一章主要讨论光网络的设计。不管是需要部署大规模的还是小规模的网络，这一章所介绍的网络设计方法都是有用的。首先，我们讨论网络的基础知识，然后将把这些知识应用到光导纤维领域中去。

第五章：光的交换和路由 在这一章里，我们讨论交换和路由。不管网络是电子的还是光的，不管是建设一般网络还是互联网络，路由和交换都是非常重要的。在光网络的部署中，特别是在真正的全光设备引进以后，对路由器和交换机的要求会有稍微的不同。这一章不仅介绍路由和交换如何进行，而且还要介绍在真正的全光设备被开发出来后，路由和交换如何进行。

第六章：供应商和他们的产品 这一章介绍各种不同的提供光设备的供应商，我们的介绍将包括在这一领域内的大多数有实力的供应商，谈到他们在业界所处的地位，介绍他们所提供的设备。

第七章：光网络的应用 创建一个光网络是不错的想法，但能用它来干些什么呢？针对这个问题，这一章我们讨论光网络最适合于什么应用，包括基于 IP 的语音传送(Voice over IP, VoIP)、存储域网络(SANs)和海底电缆系统。

第三部分：光网络的实践，最后一部分将把光网络的知识结合到实际的应用中，我们从设计光网络转到建立光网络。光网络建成后，我们需要管理它、调整它以及维护它。然后，我们将介绍市场上不同类型的光纤，以及怎样挑选它们。这一部分的各章是：

第八章：创建光网络 这一章说明光网络怎样被建立起来，内容包括不断增强的以太网能力、光纤分布数据接口(FDDI)和一些对您部署光网络最有用的技术。

第九章：光网络的管理 对于任何网络来说管理都是重要的，光网络也是如此。这一章讨论与光网络管理有关的问题，并向您推荐一些可以用来管理自己的网络的方法。

第十章：光网络的维护与调整 一个网络建成后，不可能永远一年到头地连续工作，不出故障，因此，对网络的维护和调整是信息技术的专业人员必须进行的永恒的日常工作。这一章讨论光网络的管理、调整并推荐一些可以帮助调整光网络的第三方资源。

第十一章：光纤 当到了建设光网络的时候，需要知道光纤有哪些类型、它们是怎样连接的，以及怎样才能保证安全。尽管没有电流流过光纤，光纤仍然存在危险，存在着潜在的致盲的危险。这一章从光纤的角度介绍有关人身安全的问题以及如何处理和处置光纤碎屑的问题。

第十二章：光网络的安全 最后一章关注光网络的安全。我们以讨论光网络和电子网络的安全开始，然后再转到与光网络相关的特殊问题上。我们不仅讨论防止光网络不被黑

客侵袭或者不被无道德的人恶性访问而应该采取的措施，而且也要讨论可以防止光网络遭到破坏的一些物理方法。

怎样阅读本书

本书设想的主要阅读对象是初学者。它被设计为：读者随时可以捡起它跳到任何一章，以便找到所需要的信息。我们假设读者已经对网络、计算机和互联网有了基本的了解，因此，如果读者想要查找某些特殊的信息（比如，关于光路由的信息），则可以直接跳到那一章。比如，如果读者想要了解关于网络安全的内容，可以直接跳到第十二章。

目 录

第一部分 光速的网络

第一章 光网络的理论	3
1.1 基础知识	3
1.1.1 光网络的能力	5
1.1.2 光网络怎样工作	7
1.1.3 光纤的基础知识	9
1.2 光	13
1.2.1 光子和电子	13
1.2.2 光源	14
1.3 放大	16
1.3.1 获得增益	17
1.3.2 掺铒光纤放大器(EDFA)	18
1.3.3 半导体光放大器	21
1.3.4 拉曼(RAMAN)放大器	22
1.4 光网络的障碍	23
1.4.1 衰减	23
1.4.2 散射	24
1.4.3 非线性效应	25
1.4.4 限制	26
1.5 小结	28
第二章 光网络的历史	29
2.1 光网络的经历	30
2.1.1 发现和创新	30
2.1.2 制造玻璃线	34
2.1.3 跨越距离	36
2.2 科学基础	39
2.2.1 光纤的诞生	39
2.2.2 激光器	42

2.3	光网络的服务	44
2.3.1	发展	44
2.3.2	最后一英里	47
第三章	光网络的构造	51
3.1	多路复用	51
3.1.1	基础知识	51
3.1.2	多路复用的类型	52
3.1.3	光的多路分离	53
3.1.4	加/减多路复用	56
3.2	SONET	57
3.2.1	进展	58
3.2.2	概况	58
3.2.3	环状结构	59
3.2.4	结构	60
3.3	DWDM	71
3.3.1	光谱	71
3.3.2	DWDM 的发展	72
3.3.3	DWDM 如何工作	73
3.3.4	放大器和 DWDM	75
3.3.5	SONET 对 DWDM	76
3.4	动态数据包传送	77
3.4.1	DPT 的概况	77
3.4.2	空间的再利用	78
3.4.3	DPT 与 SONET	80

第二部分 光网络的设备、应用和提供商

第四章	光网络的设计	85
4.1	网络的基础	85
4.1.1	OSI 参考模型	85
4.1.2	数据链路协议	86
4.1.3	IP 寻址	89
4.1.4	光 LAN 的考虑	91
4.2	物理上的考虑	95

4.2.1	网络拓扑结构	95
4.2.2	设计	99
4.3	广域网	102
4.3.1	访问	103
4.3.2	边缘	104
4.3.3	主干	105
4.3.4	长距离	107
4.4	构造	109
4.4.1	交换	109
4.4.2	度量	111
4.4.3	应用	112
4.4.4	构造的规模	113
4.4.5	构造的覆盖	115
4.4.6	MPLS	116
第五章	光的交换和路由	123
5.1	路由和交换的基础	123
5.1.1	路由器	123
5.1.2	交换机	126
5.1.3	光的考虑	132
5.2	光的交换	134
5.2.1	概况	134
5.2.2	交换技术	135
5.2.3	光的交叉连接(OXC)	142
5.3	光的路由选择	146
5.3.1	基础	146
5.3.2	速度和扩展	149
5.3.3	路由器决定了下一代互联网	151
第六章	供货厂商和他们的产品	155
6.1	Cisco System 公司	155
6.1.1	概况	155
6.1.2	传输系统	156
6.1.3	交换机	160
6.1.4	路由器	162

6.2	Tellium 公司	167
6.2.1	概况	167
6.2.2	交换机	167
6.3	Nortel 公司	169
6.3.1	交换机	169
6.3.2	传输	171
6.4	Juniper 公司	174
6.4.1	概况	175
6.4.2	路由器	175
6.5	CIENA 公司	179
6.5.1	概况	179
6.5.2	传输	180
6.5.3	交换	183
6.6	Sycamore 公司	186
6.6.1	概况	186
6.6.2	交换机	187
6.7	Lucent 公司	189
6.7.1	概况	189
6.7.2	传输	189
6.7.3	交换机	190
6.7.4	其他的产品	191
6.8	Foundry Networks 公司	193
6.8.1	概况	193
6.8.2	路由器	194
6.8.3	交换机	196
第七章	光网络的应用	199
7.1	海底缆线系统	199
7.1.1	连接大陆	200
7.1.2	安装	201
7.2	城域网	205
7.2.1	MAN	205
7.2.2	SONET 对 DWDM 第三回合	206
7.2.3	下一代的 MAN	208
7.3	VoIP	211

7.3.1	导言	212
7.3.2	建立 VoIP 网络	214
7.3.3	使用光	218
7.4	存储域网络	220
7.4.1	存储的需求	221
7.4.2	光纤通道	222
7.4.3	SAN 的设计和创建	223
7.5	无光纤的光网络	227
7.5.1	基础	227
7.5.2	不需要缆线, 不需要审批	228
7.5.3	不需要连线的网络	229

第三部分 光网络的实践

第八章	创建光网络	235
8.1	设计的基础	235
8.1.1	三层结构的分层设计模式	235
8.1.2	设计方式	239
8.1.3	光网络设备	243
8.2	满足需求的设计	245
8.2.1	了解现存的互联网络	245
8.2.2	描述网络的特性	246
8.3	优化的光技术	248
8.3.1	FDDI	249
8.3.2	千兆位以太网	252
8.3.3	10 千兆位以太网	257
8.3.4	光纤通道	259
8.4	模型	265
8.4.1	服务提供商	265
8.4.2	主干	267
8.4.3	LAN	268
8.4.4	MAN	270
第九章	光网络的管理	274
9.1	网络管理概述	274
9.1.1	网络管理的起源	275

9.1.2	当今的网络管理工具	278
9.1.3	企业系统管理的发展趋势	280
9.2	服务水平协议	282
9.2.1	好处	282
9.2.2	准备一个 SLA	285
9.2.3	维护	287
9.2.4	在 SLA 中注意什么	289
9.3	SNMP	290
9.3.1	什么是 SNMP	290
9.3.2	SNMP 轮询和托管对象	292
9.3.3	MIB	293
9.3.4	轮询组和数据汇集	298
9.3.5	SNMP 命令	298
9.3.6	阈值	300
9.3.7	事件和捕获	301
9.3.8	SNMP 的版本	302
9.4	TMN	303
9.4.1	概况	303
9.4.2	功能结构	305
9.4.3	物理结构	307
9.4.4	信息结构	308
9.4.5	逻辑分层结构	309
9.5	光网络管理的应用	311
9.5.1	Lucent 公司的 WaveWrapper	312
9.5.2	Cisco 公司的传输管理器	313
9.5.3	Corvis 公司的 CorManager	315
9.5.4	Sun 公司的 Solstice 企业管理器	316
第十章	光网络的维护和调整	318
10.1	逻辑的维护和调整	318
10.1.1	网络设计	318
10.1.2	统计多路复用	322
10.1.3	故障	323
10.2	物理的维护和调整	327
10.2.1	解决光纤被切断的问题	328
10.2.2	解决光纤的不良连接问题	331



10.2.3	损耗测量	339
10.2.4	可调式激光器	342
10.3	工具	343
10.3.1	LightWave 公司的网络信息计算机	344
10.3.2	Acterna 公司的 CycloneCore IP 优化器	344
10.3.3	Fluke 公司的光纤检查器	345
第十一章	光纤	347
11.1	光缆、结构和连接器	347
11.1.1	光纤的类型	347
11.1.2	光纤的生产	352
11.1.3	光纤连接器	355
11.2	光缆及其构造	359
11.2.1	光缆铺设的环境	359
11.2.2	光缆的结构	364
11.2.3	光纤的保护	366
11.3	注意事项和生产厂家	368
11.3.1	问题	368
11.3.2	安全	370
11.3.3	制造厂商	372
第十二章	光网络的安全	374
12.1	网络安全概述	374
12.1.1	基于数据流的安全系统	375
12.1.2	基于用户的安全系统	376
12.1.3	攻击的种类	378
12.2	保护网络	382
12.2.1	安全协议	382
12.2.2	闯入检测系统	386
12.3	光的考虑	390
12.3.1	光网络安全的特点	390
12.3.2	攻击的方法	393
12.3.3	攻击检测	395
12.3.4	弱点	397
12.3.5	物理安全	398

第一部分

光速的网络

