



对话

 中国通信学会 组编
通信新技术普及丛书

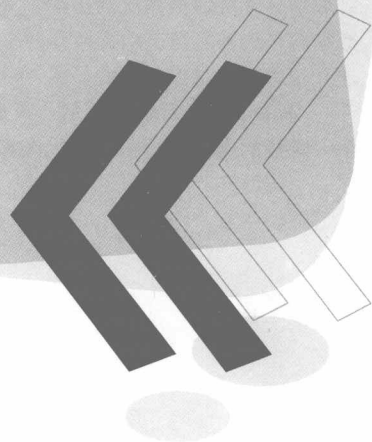
光通信

■ 中兴通讯学院 编著

对话

中国通信学会 组编
通信新技术普及丛书

光通信



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

对话光通信 / 中国通信学会组编 ; 中兴通讯学院编
著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2010. 7
(通信新技术普及丛书)
ISBN 978-7-115-22482-8

I. ①对… II. ①中… ②中… III. ①光通信 IV.
①TN929.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第042501号

内 容 提 要

本书用通俗易懂的语言、轻松的人物对话形式,深入浅出地介绍了光通信的基本概念和理论,包括光纤通信、光纤通信系统的损耗、SDH 传输系统、波分复用传输系统(WDM)、光传送网络(OTN)、分组数据网(PTN)和自动交换光网络(ASON)等内容。全书知识系统、重点突出、内容实用,以趣味性的写法介绍晦涩、枯燥的专业技术,并配有多媒体光盘,为通信技术的初学者轻松打开学习之门。

本书以通信行业相关从业人员为主要读者对象,可作为初涉通信领域人员的学习入门书,也可作为大中专院校的通信、电子、无线电等相关专业的学生学习参考书。

通信新技术普及丛书

对话光通信

-
- ◆ 组 编 中国通信学会
编 著 中兴通讯学院
责任编辑 青晓琴
 - ◆ 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>
北京铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 13.5 2010年7月第1版
字数: 287千字 2010年7月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22482-8

定价: 40.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67119329 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

编 委 会

主 任

周德强

副主任

冷荣泉
赵梅庄

左迅生
季仲华

沙跃家

委 员 (按拼音排序)

陈健洲
李长海
刘 岩
王 涛
易东山
张智江
朱 峰

高颂革
李默芳
钱 航
王晓丹
张英海
赵晓晖
朱洪波

阚兆江
梁志平
钱晋群
韦乐平
张志峰
周建明

策 划

李仲华
张 勇

苏 容
王建军

邱 泉

丛书序

随着信息通信技术与互联网的发展与融合,现代通信网发生了巨大的变化,同时也促进了通信新技术的发展和新业务的丰富。尤其是2009年以来,我国迈入了3G时代,通信新技术、新概念层出不穷,新业务不断涌现,让人目不暇接。面对这种新的形势,及时补充和更新通信技术和业务知识,成为信息通信行业的管理人员、市场营销人员、技术人员的迫切需求。与此同时,社会上关注和想了解信息通信的人也越来越多。

目前,关于信息通信技术的论著很多,其中绝大多数论著的学术气息比较浓厚,语言表达通常严谨而深奥,对一般读者来说学习和理解还有难度。鉴于这种状况,中国通信学会结合当前科普与教育工作的实际需求,经过充分的调研分析,决定组织出版这套《通信新技术普及丛书》,以满足部分读者快速掌握通信知识、提高技术水平、提升专业素养的需求。

《通信新技术普及丛书》包括《对话通信原理》、《对话第三代移动通信》、《对话移动互联网》、《对话多媒体通信》、《对话下一代网络》、《对话宽带接入》、《对话网络融合》和《对话光通信》8本书。丛书不但采用了趣味的人物对话编写方式,还借助现代多媒体技术将一些抽象的概念做了形象的演示,希望以此帮助行业管理人员、市场营销人员、技术人员能够快速地向专业的知识迈进,更深刻地理解通信技术和设备的原理,无障碍地阅读技术资料,以达到高效辅助工作的目的;同时也希望让想了解信息通信的读者能够有深度地了解电信新技术和新业务。

努力在教育领域继续做出高水平、高规格、高质量的科普培训样本,是中国通信学会落实科学发展观的一项具体措施,也是科普教育工作的一个长期任务。《通信新技术普及丛书》的出版,对落实科学发展观,繁荣通信科普创作,广泛普及通信新技术和新业务知识,提高从业人员和用户的科学文化

素质，促进通信事业发展具有积极的意义。

这里，谨以本丛书的付梓出版，向参与写作和编辑的各方人员致以由衷的感谢和祝贺！

周兆尧

中国通信学会理事长

编者序

科学技术的进步导致人民生活水平的提高和通信行业日新月异的发展；同时，科学技术的不断创新和持续发展也离不开科学文化的普及和科学发展观的落实。国际上的竞争愈来愈演变为高科技领域的竞争，因此，新技术、新知识的快速普及和传播也显得更加迫切和重要，这也是每一个知识工作者应尽的义务和崇高的使命。

对于中兴通讯学院来说，学院的社会责任就是培训和知识传递。知识就是生产力，国家提倡科教兴国，科学教育的核心就是知识，教育的目的是培养人，知识的核心价值体现在人上面。而这个过程是动态的，动态的过程就是传播，是培训。知识的传播既是竞争的需要也是社会责任的体现。

在中国通信学会周德强理事长的倡导下，在通信业界的一些专家和学者的支持下，人民邮电出版社从 2009 年起组织出版一套通信新技术和新知识普及丛书。在网络经济改变人民生活 and 通信行业经历巨大变革的大环境下，这是一件非常有意义的事情。中兴通讯学院恰逢这样的机会，参与到《通信新技术普及丛书》项目共襄盛举。《通信新技术普及丛书》实现了专家、出版社与企业的联动，在知识传递的模式上也有所创新。中兴通讯作为知识型企业，将多年积淀的知识回馈给社会，也体现了企业的社会价值和社会责任。

中兴通讯学院整合公司各部门的技术专家资源、学院的讲师、知识产品架构师、知识产品开发工程师、多媒体开发工程师，参与到《通信新技术普及丛书》的编写工作中。根据最初的策划，完成了《对话通信原理》、《对话第三代移动通信》、《对话移动互联网》、《对话多媒体通信》、《对话下一代网络》、《对话宽带接入》、《对话网络融合》、《对话光通信》共 8 本书的编写。本套丛书在行文风格上力求通俗易懂，在编写上力求采用民众喜闻乐见的方式，并且引进了“科普动漫”来演示抽象的概念和理论。这些努力都是一些有益的尝试，希望有助于知识的传

播和普及。

在科普领域，记得郁达夫曾赞扬亨德里克·威廉·房龙的笔，有“一种魔力”，“干燥无味的科学常识，经他那么的一写，无论大人、小孩，读他书的人，都觉得娓娓忘倦了！”《通信新技术普及丛书》也是向这个方向努力，力图使读者朋友能够轻松、愉快地阅读。另外，本丛书还提供多媒体光盘，可以让读者反复观摩和学习。

再次感谢中国通信学会的各位专家和学者，感谢人民邮电出版社，同时也感谢参与写作和编辑的各方人员。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '陈建俊' (Chen Jianjun), written in a stylized, cursive script.

中兴通讯学院院长

前言

通信发展近 10 年来,数据通信的业务量不断增加,成为电信网络中发展最迅猛的业务之一;铜缆由于其自身固有的缺点,逐步被淘汰,光纤光缆得到广泛应用。

20 世纪末是光通信发展最辉煌的时期,这个时期是光通信向大容量、超高速发展的时期,10Gbit/s、40Gbit/s、80Gbit/s 甚至 160Gbit/s 的超高速率光通信系统设备都被研制出来。

光通信研究的第二阶段,重点已经从大容量、超高速转变为实现智能化和自动化。自动交换光网络(ASON)就是在这个大背景下诞生的。ASON 的最大优点就是用简单、便利的自动电路配置,代替了以往光网络复杂、冗余的人工连接指配。

光网络的边缘化也是光通信发展的另一个趋势。长久以来,光网络都是作为整个通信体系中的最底层——传输层。但是,随着通信网络的迅速发展,城域网、接入网也越来越希望引入光网络,于是,光网络从核心网向边缘网络发展。为了克服城域网中业务类型多、传输速度慢的缺点,人们开发了多业务传输平台(MSTP);在接入网中,光纤到户(FTTH)也逐渐开始广泛应用,取代了原有的双绞线上网方式(xDSL),以谋求更大的带宽。

现在的通信网正在从 SDH 网向 IP 网过渡,交换机要 IP 化,发展光网络也要考虑 IP 化——PTN 技术应运而生,光通信又迎来了新的发展机遇。

本书试图通过趣味的编写,避免深奥的专业理论,同时借助现代多媒体技术,演示一些抽象的概念,以期在业余和专业之间,高效、快速地搭起一座准专业的桥梁,既方便读者向更专业的知识迈进,也方便读者更深入地分析光纤通信的技术和市场。

本书共分 8 章,刘勇负责全书的统稿及编写工作,多媒体制作部分由张刚勤、徐恒、裴泽芳、秦红娟、林春燕、周厚桥、胡明、邵文娟、覃开政等人担当。由于编者水平有限,书中错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2010 年 4 月于中兴通讯

目 录

第 1 章 初识光通信	1
1.1 多种方式利用光——光通信的基本类型	2
1.2 你从哪里来——光通信的起源	3
1.2.1 古代光通信	3
1.2.2 通信小故事	4
1.2.3 光通信的发展	5
1.3 你用什么方式交换——光交换技术	7
1.3.1 空分光交换	7
1.3.2 时分光交换	8
1.3.3 波分光交换	8
1.3.4 码分光交换	9
1.3.5 复合光交换	9
1.3.6 光分组交换	10
1.4 小结	10
1.5 习题	11
第 2 章 “玻璃丝”中的光通信——光纤通信	12
2.1 “地铁”与“公交”的区别——光纤通信系统的特点	13
2.2 一种通信，多种类别——光纤通信系统的分类	13
2.3 万变不离其宗——光纤通信系统的构成	14
2.4 小身体，大能耐——光纤	15
2.4.1 光纤的结构	15
2.4.2 光信号在光纤内的传输原理	16
2.4.3 光纤的分类	17
2.4.4 光纤的传输特性	18
2.4.5 ITU-T 规定的光纤种类	19
2.4.6 新的光纤类型	20
2.5 客户信号到线路信号的转换——发送光端机	21
2.5.1 发送光端机的结构	21
2.5.2 发送光端机的主要指标	23
2.5.3 光调制方式	23



2.6	线路信号到客户信号的还原——接收光端机	24
2.6.1	接收光端机的结构	25
2.6.2	光电检测器	25
2.6.3	光解调方式	26
2.6.4	接收光端机的主要指标	26
2.7	接收放大, 重新出发——中继器	27
2.8	小结	27
2.9	习题	28
第3章	谁在影响信号质量——光纤通信系统的损耗	29
3.1	产生“摩擦力”——光纤的传输损耗	30
3.1.1	光纤的吸收损耗	31
3.1.2	光纤的散射损耗	32
3.1.3	光纤弯曲产生的辐射损耗	32
3.1.4	接续损耗	33
3.2	我被拉宽啦——光纤的色散损耗	33
3.2.1	色散的概念	33
3.2.2	色散的分类	34
3.2.3	色散的影响	34
3.3	光波通道也有“串音”的烦恼——光纤的非线性损耗	35
3.4	“放大”是把双刃剑——光放大器相关的损耗	37
3.5	小结	38
3.6	习题	39
第4章	同步赢天下——SDH	40
4.1	SDH的基本概念和特点	41
4.1.1	SDH的定义	41
4.1.2	PDH的缺点和SDH的产生	41
4.1.3	SDH的优越性	43
4.1.4	SDH的速率	44
4.2	“货车”的容量和装货方式——SDH的帧结构	45
4.3	一步解复用——SDH复用和映射方法	47
4.4	多级监控, 随时关注“货物”的安全——SDH开销功能	50
4.4.1	开销类型	50
4.4.2	段开销	51
4.4.3	通道开销	54
4.5	世界级标准——SDH光接口分类与规范	58
4.5.1	光接口代码	58
4.5.2	光接口参数	59
4.6	小积木搭起摩天大厦——SDH设备的逻辑功能块	60

4.7	工程实践——SDH 组网应用	61
4.7.1	SDH 设备的逻辑组成	61
4.7.2	SDH 传送网的物理拓扑	64
4.7.3	SDH 网络的层次结构	65
4.8	安全最重要——SDH 层的保护和恢复技术	67
4.8.1	保护和恢复的概念	67
4.8.2	链型网保护	67
4.8.3	自愈环保护	68
4.9	安全状况了然于胸——SDH 网络管理	72
4.9.1	TMN 管理框架	72
4.9.2	TMN 物理结构	73
4.9.3	TMN 层次划分	74
4.10	咱比的是综合能力——下一代 SDH 标准和城域网多业务平台	76
4.10.1	传统 SDH 的缺点	77
4.10.2	SDH 的新标准	77
4.10.3	SDH 的发展与 MSTP 的未来之路	79
4.11	小结	80
4.12	习题	81
第 5 章	共享优势——WDM	82
5.1	从“时分”到“波分”——WDM 技术的产生背景	83
5.1.1	光网络复用技术的发展	83
5.1.2	光通信发展的 3 个阶段	84
5.2	此“波分”与彼“波分”——WDM 技术概述	87
5.2.1	WDM 的相关定义	87
5.2.2	WDM 在传输网中的定位	87
5.2.3	WDM 技术对比	88
5.3	看看到底有多“密集”——DWDM 技术	90
5.3.1	DWDM 简介	90
5.3.2	DWDM 的特点和优势	91
5.3.3	DWDM 的发展趋势	92
5.4	细数看家本领——DWDM 系统的关键技术	93
5.4.1	DWDM 系统的基本结构	93
5.4.2	光转发技术	94
5.4.3	光波分复用和解复用技术	97
5.4.4	光放大技术	100
5.4.5	监控技术	107

5.5	指标考核见高低——相关技术标准	109
5.5.1	集成式系统和开放式系统	109
5.5.2	DWDM 工作波长范围	111
5.5.3	DWDM 系统的工作波长	112
5.5.4	主要性能指标	113
5.6	小结	115
5.7	习题	116
第 6 章	全光网络的雏形——OTN	117
6.1	技术背景	118
6.2	SDH+DWDM——OTN 概念	118
6.3	1+1>2——OTN 的优点	119
6.4	分层布道——OTN 层次划分	122
6.4.1	OTN 结构	122
6.4.2	OTN 接口定义	123
6.5	光传送模块长啥样——OTM 的结构	124
6.6	从低到高, 逐级跨越——复用/映射原则和比特速率	126
6.6.1	映射	126
6.6.2	波分复用	127
6.6.3	比特速率和容量	128
6.7	相同的结构, 不同的速率——OTN 帧结构	129
6.7.1	OTN 的帧结构	129
6.7.2	OTU _k 开销	131
6.7.3	ODU _k	135
6.7.4	OPU _k	140
6.8	超强兼容能力揭秘——客户信号的映射	142
6.8.1	SDH 信号映射到 OTN	142
6.8.2	ATM 信号映射到 OTN	146
6.8.3	以太网信号映射到 OTN	148
6.9	小结	149
6.10	习题	149
第 7 章	IP 化的承载技术——PTN	150
7.1	今天你“IP”了吗——分组传送网 (PTN) 的发展背景	151
7.1.1	现有传送网的弊端	151
7.1.2	PTN 的产生	152
7.2	并非横空出世——PTN 的定义	152
7.3	俺是纯“IP”的——PTN 的特点	152

7.4	明确定位好应用——PTN 的网络应用	153
7.4.1	PTN 的网络定位	153
7.4.2	PTN 的组网应用	154
7.5	终级模仿秀——PWE3	155
7.5.1	PWE3 概述	155
7.5.2	PWE3 原理	156
7.5.3	PWE3 业务网络基本要素	157
7.5.4	报文转发	158
7.5.5	业务仿真	158
7.6	我的安全“倡议”——保护	163
7.6.1	链路保护	163
7.6.2	T-MPLS 环网保护	166
7.6.3	端口保护	167
7.7	小结	170
7.8	习题	171
第 8 章	智能网, 通天下——ASON	172
8.1	固有缺陷, 制约的发展——传统光网络运营中的问题	173
8.2	“智能”的力量——ASON 的优点	174
8.3	各就各位, 各司其职——ASON 的结构模型	174
8.3.1	3 个功能平面	174
8.3.2	3 种连接类型	177
8.3.3	3 种接口类型	179
8.4	“智能”背后的隐形控制者——控制信令协议	180
8.4.1	链路管理和发现协议 LMP	181
8.4.2	路由协议	181
8.4.3	信令协议	182
8.5	差异化服务——生存技术	183
8.5.1	保护	184
8.5.2	恢复	185
8.6	无处不在的“自动化”——拓扑自动发现	186
8.6.1	控制链路自动发现	186
8.6.2	TE 链路自动发现	187
8.7	条条大路通罗马——MESH 组网恢复	188
8.8	小结	189
8.9	习题	190
	习题答案	191
	缩略语	195

初识光通信

第 **1** 章



：嗨，大家好！我叫鹦鹉，长得像鹦鹉，名字也叫鹦鹉，来自遥远的火星。星空虽然遥远，但是借助了传播速度非常快的光波来通信之后，我们的距离就变得很近了。我现在是通信学会资深会员老秦的教学助理，日前遇到这么一位学生，自诩“问题青年”。正好，我们老秦的外号叫“百问不倒翁”——天哪，当“百问不倒翁”遭遇“问题青年”，那会怎样？看看便知。

1.1 多种方式利用光——光通信的基本类型



：大家好，欢迎大家来到光通信的世界，在这里，你将见到一个个打扮得多姿多彩的光通信家庭成员。也许你现在还不知道到底什么是光通信，但是你肯定在使用光通信，比如，当你打电话，或者打开浏览器浏览网页时，就已经在使用光通信了——光通信已经融入了我们每个人的生活！



概念

什么是光通信？光通信是一种以光波为传输媒质的通信方式。

光波按其波长的长短，依次可分为红外线光、可见光和紫外线光。红外线光和紫外线光属不可见光，但它们同可见光一样都可用来传输信息。



：是不是使用不同类型的光，就可以进行不同的光通信呢？



：是这样的。光通信按光源特性的不同，可分为激光通信和非激光通信；按传输媒质的不同，可分为有线光通信和无线光通信（也叫大气光通信）。



：除此之外，还有哪些光通信的方式呢？



：常用的光通信有大气激光通信、光纤通信、蓝绿光通信、红外线通信和紫外线通信。

- 大气激光通信：信息以激光束为载波，沿大气传播。它不需要敷设线路，设备较轻，便于机动，保密性好，传输信息量大，可传输声音、数据、图像等信息。大气激光通信易受气候和外界环境的影响，一般用作河湖山谷、沙漠地区及海岛间的视距通信。

● 光纤通信：它是一种有线通信，光波沿光导纤维传输。光源可以是激光器（又称半导体激光二极管），也可以是发光二极管。光纤通信的传输衰减小、容量大、不受外界干扰、保密性好，可用于大容量干线通信。

● 蓝绿光通信：它是一种使用波长介于蓝光与绿光之间的激光，可以在海水中传输信息，是目前较好的一种水下通信手段。

● 红外线通信：它是利用红外线（波长 $400\sim 0.76\mu\text{m}$ ）传输信息的通信方式。可传输语言、文字、数据、图像等信息，适用于沿海岛屿间、近距离遥控、飞行器内部通信等。其通信容量大、保密性强、抗电磁干扰性能好，设备结构简单，体积小、重量轻、价格低，但在大气信道中传输时易受气候影响。

● 紫外线通信：它是利用紫外线（波长 $0.4\sim 0.01\mu\text{m}$ ）传输信息的通信方式。其基本原理与红外线通信相似，与红外线通信同属非激光通信。



：你知道吗？现在使用最多的光通信方式是光纤通信。



提示

本书所介绍的光通信技术均基于光纤通信。

1.2 你从哪里来——光通信的起源

1.2.1 古代光通信



：古代就已经有光通信了吗？



：古代的光通信只是利用光进行简单的信息传递，这与现代复杂的光通信系统有很大的区别，但是，它们本质上都是使用光信号来交换信息，所以将这些通信方式都统称为光通信！



你知道吗？

最早出现的光通信：

- 3000 年前的烽火台；
- 17 世纪中叶，发明了望远镜；
- 1791 年，法国人发明了信号灯。