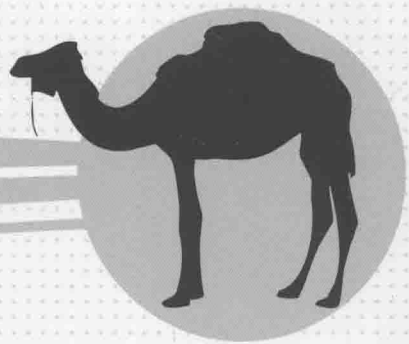


全国高等职业教育计算机类规划教材·实例与实训教程系列

现代通信与网络工程 实用教程

○ 刘正华 主 编



- ★ 由企业工程师和丰富实践教学的一线教师共同开发
- ★ 以工程项目为引导,以“厚基础、重实践”的理念编写
- ★ 顺应网络技术专业人才迫切需要增强通信知识这一需求
- ★ 结合通信领域最新应用,注重网络技术和通信技术的有机结合

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

全国高等职业教育计算机类规划教材·实例与实训教程系列

现代通信与网络工程 实用教程

主 编 刘正华

副主编 张 虎 王 雷 孔庆月
许卫岳 冯 霄

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是作者多年实际工程经验和一线教学心得的总结,全书以项目实训为主线,将现代通信技术和最新计算机网络技术融为一体,注重理论和实践的结合,力求适应培养应用型人才的需要。全书理论阐述简明扼要,项目实现图文并茂,易于接受,注重体现知识的实用性、前沿性、技能性。全书主要包括:网络传输介质与互连设备、局域网技术及其具体实现、TCP/IP 相关协议、现代通信技术、广域网与接入技术、路由技术,以及网络安全架构与网络维护。通过本书的学习,读者可以掌握现代通信和网络的前沿技术,达到通信网络工程师的职业要求。

本书适合各高职高专院校和应用型本科院校的网络技术、通信工程等专业学生使用,也可作为各培训机构的实用教材和工程技术人员的参考书。本教材配有免费的电子教学课件、习题参考答案。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信与网络工程实用教程 / 刘正华主编. —北京: 电子工业出版社, 2012.9

全国高等职业教育计算机类规划教材·实例与实训教程系列

ISBN 978-7-121-17478-0

I. ①现… II. ①刘… III. ①通信技术—高等职业教育—教材 ②计算机网络—高等职业教育—教材 IV. ①TN01 ②TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 139974 号

责任编辑: 左 雅 特约编辑: 王鹤扬

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 19.75 字数: 506 千字

印 次: 2012 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

前 言

当今，计算机网络通信领域新技术不断涌现，培养应用型人才是加快信息产业化发展的必然趋势，也是满足社会需求的重要举措。那么，如何加速应用型人才的培养呢？笔者从科研、IT 行业第一线到教学的经历中，深深地体会到：学生在实训项目中，独立完成任务，亲自解决在项目中遇到的问题，能激发学习兴趣，调动学习的积极性，使学生对知识学得准，学得快，这是培养应用型人才的最好途径。因此，以项目为主线编写教材是笔者编写本书的第一个初衷。其次，信息化社会对海量信息快速处理、存储、交换能力的迫切需求使得计算机网络技术飞速发展。与此同时，光通信技术、移动通信技术的进步又驱动着计算机网络性能的空前提高，以 3G 网络为代表的现代通信技术，直接影响着计算机网络技术的发展，掌握计算机网络和现代通信技术的高级专门人才，已成为社会普遍的需求。通信领域的新概念、新思想、新技术、新型信息服务不断涌现，迫切需要网络技术专业增强通信方面的知识。因此，注重网络技术和现代通信技术的有机结合是笔者编写本书的初衷之一。

全书共 8 章，大体上可分 4 部分内容。

第 1 部分是局域网技术：由第 1 章网络传输介质与互连设备、第 2 章局域网技术、第 3 章局域网的实现技术组成。第 1 章和第 2 章简练地叙述了组建局域网所需的传输介质与设备、局域网的相关技术；第 3 章介绍了工程设计的步骤，以 5 个项目总括了局域网典型的设计方案，可以直接作为学生毕业设计的指导方案。

第 2 部分是现代通信技术：由第 4 章 IP 编址与 TCP/IP 相关协议、第 5 章现代通信技术组成。第 4 章主要讲述了 TCP 和 IP 两大协议，并以 4 个项目实现了 IP 的编址方法。第 5 章介绍了数据通信基础知识和各种数据传输技术、GSM 移动通信系统、3G 主流技术标准、LTE 核心技术、4G 技术发展特征及趋势分析。

第 3 部分是广域网技术：由第 6 章广域网与接入技术、第 7 章路由技术组成。第 6 章介绍了各类广域网的特点及其接入技术，以及智能光网络的相关知识。第 7 章讲述了各种路由协议，并以典型的 6 个项目构建了不同路由协议的广域网。

第 4 部分是网络安全技术：即第 8 章网络安全架构与网络维护，讲述网络安全与维护，如 VPN 技术、NAT 技术、安全的邮件传输系统等。

本书的教学参考学时为 60~70 学时，每个项目实训的参考学时为 4 学时。

本书有以下特点。

1. 写作风格有特色

该书打破一般教科书的写作方式，章节前有问题的引领，重点的内容有强调的说明，理论要点和实验关键点有形象的警示叹号加以提示。这样既能让读者清楚应该掌握的知识，又给读者展示了生动活泼的内容，使读者更容易理解和接受。

2. 写作内容有特点

- (1) 以项目为导向，引领全书的写作。
- (2) 注重网络技术和通信技术的有机结合。

3. 写作形式有创新

(1) 打破传统的教材编写方式，充分体现了理论够用就行，像一些人人皆晓的知识、早就过时的技术一概删除，以新技术为突破点加以阐述。

(2) 注重项目方案具体化。本书所述的项目中，大部分是真实的方案、真实的配置技术、真实的解决问题的方法，而且都是经过编者反复试验，成功后再编写出来的实验步骤，有真实的参考价值。

(3) 根据方案说技术，根据技术说实现，使枯燥的理论阐述更有针对性，读者学起来有目的，提高了兴趣，培养了求知探索的精神。采用层层递进的方法，理论阐述贴近项目的实现，理论为了实现试验，试验为了证明理论。

本书由刘正华主编，参加本书编写的还有张虎、王雷、孔庆月、许卫岳、冯霄、王雄、刘宝静、王春艳、袁红丽、陆军、张永斌、薛玢、尹辉等。全书由刘正华负责统编和定稿。

本书在编写的过程中，得到了双博士后、教授、高职高专通信类教职委主任孙青华，博士生导师、教授魏世泽，教授、电子技术专家杨银彪的关心和支持，对此，编者们表示诚挚的谢意。在项目实验的过程中，孔亮、付庆峰等各位老师给予了积极的支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，恳请专家和广大读者批评指正。

为方便教师教学，本书还配有免费的教学指南、电子课件、习题参考答案，请有此需要的教师登录华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）免费注册后下载，有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系。

编者

目 录

CONTENTS

第 1 章 网络传输介质与互连设备	/1
1.1 网络传输介质	/1
1.1.1 双绞线电缆	/1
1.1.2 同轴电缆	/3
1.1.3 光纤	/4
1.1.4 无线传输介质	/6
1.2 网络互连设备	/8
1.2.1 网桥	/8
1.2.2 交换机	/12
1.2.3 路由器	/15
1.2.4 交换机和路由器的区别	/17
1.2.5 网关	/18
1.2.6 中继器与集线器	/20
1.3 网络接入设备	/21
1.3.1 网卡	/21
1.3.2 调制解调器	/23
1.4 无线接入设备	/26
1.4.1 WLAN 接入设备	/26
1.4.2 Femtocell 接入设备	/27
1.4.3 3G 上网卡	/29
1.4.4 ZigBee 技术	/29
练习题	/32
第 2 章 局域网技术	/34
2.1 局域网的分类和拓扑结构	/34
2.1.1 局域网的分类	/34
2.1.2 局域网拓扑结构类型	/34
2.2 局域网标准和介质访问控制协议	/36
2.2.1 IEEE 802 标准与协议	/36
2.2.2 以太网介质访问控制协议	/38
2.3 以太网技术	/40

2.3.1	快速以太网 (100 Base-T)	/40
2.3.2	千兆以太网	/41
2.3.3	万兆以太网	/43
2.3.4	交换式以太网的实现	/45
2.3.5	虚拟局域网 (VLAN) 技术	/46
2.4	无线局域网	/48
2.4.1	WLAN 的分类	/48
2.4.2	WLAN 的标准 (IEEE 802.11 无线局域网标准)	/49
2.4.3	IEEE 802.11 无线局域网物理层的关键技术	/50
2.4.4	IEEE 802.11 标准中 MAC 层及数据链路层传输控制办法	/51
2.5	数据链路层协议	/53
2.5.1	面向字符型传输控制规程	/53
2.5.2	面向比特型传输控制规程	/54
	练习题	/58
第 3 章	局域网的实现技术	/60
3.1	项目需求分析与用户调查	/60
3.2	逻辑网络设计	/62
3.2.1	层次型网络结构设计	/62
3.2.2	网络冗余结构设计	/64
3.3	局域网设计实例	/65
3.3.1	小型局域网的设计方案	/65
3.3.2	中型局域网的设计方案	/66
3.3.3	大型局域网的设计方案	/68
3.4	项目 1 VLAN 技术的实现	/71
3.4.1	项目介绍	/71
3.4.2	配置网络主干	/72
3.4.3	VLAN 创建与配置	/76
3.4.4	划分 VLAN 端口	/78
3.4.5	配置 VLAN 子端口	/79
3.5	项目 2 Trunk 技术的实现	/81
3.5.1	Trunk 链路封装协议基础	/81
3.5.2	Trunk 链路应用项目及配置方法	/84
3.5.3	项目实施	/86
3.6	项目 3 VTP 管理域的实现	/88
3.6.1	VTP 管理域基础	/88
3.6.2	项目实施	/91

3.7 局域网的安全技术	/95
3.7.1 端口绑定	/95
3.7.2 端口镜像	/96
3.7.3 端口汇聚基础	/99
3.7.4 项目 4 二层端口汇聚的实现	/99
3.7.5 项目 5 三层端口汇聚的实现	/101
3.7.6 生成树技术	/102
练习题	/105
第 4 章 IP 编址与 TCP/IP 相关协议	/107
4.1 IP 协议	/107
4.2 IP 编址	/110
4.2.1 IP 地址寻址规则、规划原则和技巧	/110
4.2.2 掩码与子网	/111
4.2.3 项目 1 小型企业在 C 类网中实现子网的划分	/113
4.2.4 项目 2 大型企业在 B 类网中实现子网的划分	/114
4.2.5 超级网络	/115
4.2.6 无类别域间路由 CIDR	/116
4.2.7 可变长子网掩码 VLSM	/118
4.2.8 项目 3 可变长子网掩码 VLSM 的实现	/118
4.2.9 项目 4 多级可变长子网掩码 VLSM 的实现	/119
4.3 TCP 协议	/120
4.3.1 TCP 连接	/120
4.3.2 TCP 报文结构	/121
4.3.3 TCP 连接管理	/122
4.3.4 顺序号和确认	/124
4.3.5 滑动窗口机制和流控制	/125
4.3.6 糊涂窗口症状	/126
4.4 UDP 协议简介	/127
4.5 ARP 协议简介	/127
4.6 ping 和 ICMP 协议简介	/129
4.7 其他应用层协议简介	/131
练习题	/131
第 5 章 现代通信技术	/133
5.1 数据通信的基本概念	/133
5.1.1 常用术语	/133

5.1.2 通信方式	/134
5.2 数据传输	/134
5.2.1 传输概念	/134
5.2.2 数据传输技术	/138
5.3 数据交换技术	/145
5.3.1 电路交换	/146
5.3.2 报文交换	/146
5.3.3 分组交换	/147
5.3.4 异步传输 ATM	/149
5.4 差错检测与控制技术	/150
5.4.1 产生差错的原因	/150
5.4.2 差错控制	/150
5.4.3 常用的检错方法	/152
5.5 光纤通信的基本原理	/153
5.6 移动通信技术的基本原理	/155
5.6.1 GSM 移动通信系统介绍	/155
5.6.2 3G 主流技术标准及比较	/158
5.6.3 3G 项目实例	/159
5.6.4 LTE 的核心技术	/161
5.6.5 4G 技术发展特征及趋势分析	/161
练习题	/163
第 6 章 广域网与接入技术	/165
6.1 广域网	/165
6.1.1 广域网概述	/165
6.1.2 广域网的基本组成与结构	/166
6.2 广域网中的交换技术	/168
6.2.1 交换的基本原理	/168
6.2.2 交换方式的分类	/168
6.2.3 几种交换技术在广域网中的应用	/169
6.3 公共交换电话网络概述	/170
6.4 帧中继网	/172
6.4.1 帧中继概述	/172
6.4.2 帧中继协议	/173
6.4.3 帧中继网的构成	/177
6.5 ATM 网	/180
6.5.1 ATM 信元结构	/180

6.5.2 ATM 协议分层及各层的功能	/181
6.5.3 ATM 交换原理	/182
6.6 数字数据网	/185
6.6.1 DDN 概述	/186
6.6.2 DDN 的组成及基本工作原理	/186
6.6.3 DDN 入网方式	/189
6.7 数字用户线路 (XDSL)	/190
6.7.1 数字用户线路概述	/190
6.7.2 利用 ADSL 组建广域网	/191
6.8 混合光纤同轴电缆 (HFC)	/192
6.9 光纤接入网	/192
6.10 智能光网络	/194
6.10.1 智能光网络简介	/194
6.10.2 智能光网的诞生和基本概念	/194
6.10.3 智能光网相应技术	/195
练习题	/198
第 7 章 路由技术	/200
7.1 路由的基本原理	/200
7.2 项目 1 静态路由配置实例	/201
7.3 动态路由选择协议	/204
7.3.1 距离向量算法及 RIP 协议	/205
7.3.2 项目 2 RIP 协议的实现	/210
7.3.3 链路状态算法及 OSPF	/214
7.3.4 项目 3 OSPF 协议的实现	/216
7.3.5 增强内部网关协议 EIGRP	/220
7.3.6 项目 4 EIGRP 协议的实现	/221
7.4 边界网关协议 BGP	/225
7.4.1 BGP 基础	/225
7.4.2 BGP 路径选择	/227
7.4.3 项目 5 BGP 协议的实现	/227
7.4.4 路由协议比较	/234
7.5 项目 6 IPv6 上的路由协议	/234
练习题	/240
第 8 章 网络安全架构与网络维护	/242
8.1 项目 1 Cisco IOS 和配置文件的备份与恢复	/242

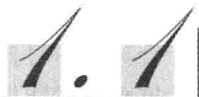
8.1.1 Cisco 路由器 IOS 和配置文件的备份与恢复	/242
8.1.2 Cisco 交换机 IOS 和配置文件的备份与恢复	/245
8.2 项目 2 路由器口令丢失的处理方法	/246
8.3 VPN 技术原理与实现	/248
8.3.1 认识 VPN	/248
8.3.2 VPDN 技术	/249
8.3.3 项目 3 VPDN (简称 VPN) 的实现	/250
8.3.4 项目 4 三层隧道协议——IPSec 协议配置的实现	/268
8.4 NAT 和 NAPT 技术	/277
8.4.1 NAT 和 NAPT 技术简述	/277
8.4.2 项目 5 NAT 服务器的配置与管理 (实现内网访问外网)	/278
8.4.3 项目 6 在 NAT 服务器上实现 NAPT 技术 (通过端口映射实现外网访问内网)	/282
8.4.4 项目 7 在路由器上配置 NAT 协议 (实现内网访问外网)	/284
8.4.5 项目 8 在路由器上配置 NAPT 协议 (实现外网访问内网)	/285
8.5 项目 9 安全的邮件传输系统	/286
8.5.1 项目所需设备	/287
8.5.2 项目前的准备工作	/287
8.5.3 项目实施	/287
练习题	/304
参考文献	/306

第 1 章

网络传输介质与互连设备

计算机网络、互联网技术已是应用普遍且发展潜力无穷的一门科学领域，它吸引着无数科学家、工程师、科技爱好者们苦心钻研网络涉及的方方面面的知识领域，解决工程中或实际需求中所遇到的疑难问题。那么如何才能把“网络”学好呢？记住八个字：协议、原理、命令、实践。

网络传输介质是网络中传输数据、连接各网络站点的实体，是完成任何网络工程项目的基础。如果拿不出正确的设计方案，那么网速、带宽、延时等网络的性能指标将受到严重影响，所以本节重点讲述传输介质的特性指标及其实际应用环境，为后续的项目设计打下坚实的理论基础。



网络传输介质

1.1.1 双绞线电缆

在局域网布线中，双绞线是目前应用得最为广泛的传输介质。不管是家庭、办公室、学生宿舍等小型网络，还是校园网、企业网，都离不开双绞线。

1. 双绞线的结构和抗干扰性

将一对以上的双绞线封装在一个绝缘外套中，为了降低信号的干扰程度，电缆中的每对双绞线一般都是由两根绝缘铜导线相互扭绕而成的，也因此把它称为双绞线。双绞线的结构如图 1.1 所示。

双绞线具有抗干扰能力强和噪声小的特点，其原理可用图 1.2 说明：这里设与纸面垂直的方向有电磁干扰，则电磁干扰对于每段导线形成的电动势如图中的箭头所示。对于双绞线而言，①、②、③、④线段对应的电动势大小相等，方向如图 1.2 (a) 所示。这样对 x 线来说②、③方向相反，互相抵消，①、④同理，因此不会产生差模噪声。对于平行线而言，⑤、⑥、⑦、⑧线段对应的电动势大小相等，方向如图 1.2 (b) 所示。这样对于 a 线来说，⑤、⑦方向相同，大小相加，⑥、⑧同理，产生了差模噪声。可见，双绞线本身的信号传输形成的电磁干扰噪声要比平行线小得多，不易成为噪声源。双绞

线的缠绕密度越大（绞距越小），其性能越高，传输能力越强。

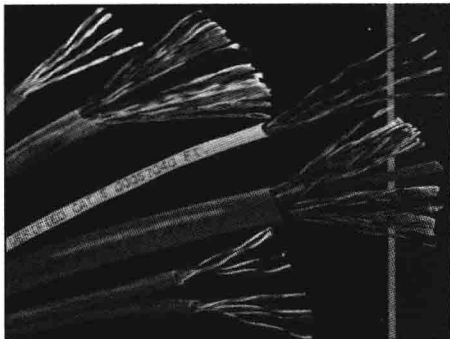


图 1.1 双绞线结构

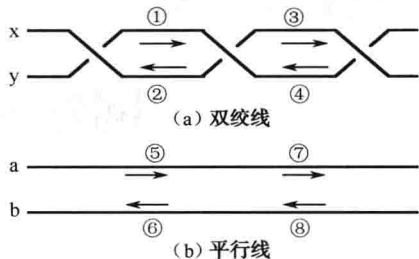


图 1.2 双绞线原理

2. 双绞线的分类

双绞线可分为屏蔽双绞线（Shielded Twisted Pair, STP）和非屏蔽双绞线（Unshielded Twisted Pair, UTP）。

1) 屏蔽双绞线 STP

由于利用双绞线传输信息时要向周围辐射，信息很容易被窃听，因此要花费额外的代价加以屏蔽。屏蔽双绞线电缆的外层由铝箔包裹，以减小辐射，它的作用是使双绞线在有电磁干扰的环境中也能正常工作。但是，金属保护层在保护信号不受外部电磁辐射干扰的同时也使导线本身正常的辐射不能散发。这种电磁辐射由金属屏蔽层反射回铜导线，会导致信号自阻碍。

屏蔽双绞线价格相对较高，安装时要比非屏蔽双绞线电缆困难。类似于同轴电缆，它必须配有支持屏蔽功能的特殊连接器和相应的安装技术。但它有较高的传输速率，100m 内可达到 155Mbps。

STP 分为三类和五类两种，STP 的内部与 UTP 相同，外包铝箔，抗干扰能力强，传输速率高，价格昂贵。

2) 非屏蔽双绞线 UTP

非屏蔽双绞线 UTP 的使用率最高，与屏蔽双绞线相比，非屏蔽双绞线电缆外面只需一层绝缘胶皮，因而重量轻、易弯曲、易安装，组网灵活，非常适用于结构化布线，所以在无特殊要求的计算机网络布线中，常使用非屏蔽双绞线电缆。所以如果没有特殊说明，在应用中所指的双绞线一般是指 UTP。它主要有以下几种。

(1) 五类双绞线。该类双绞线电缆增加了绕线密度，外套一种高质量的绝缘材料，传输频率为 100MHz，用于语音传输和最高传输速率为 100Mbps 的数据传输，主要用于 100Base-T 和 10Base-T 网络，这是最常用的以太网电缆。五类双绞线是目前网络布线的主流。

(2) 超五类双绞线。与五类双绞线相比，超五类双绞线的衰减和串扰更小，可提供更坚实的网络基础，满足大多数应用的需求（尤其支持千兆位以太网 1000Base-T 的布线），给网络的安装和测试带来了便利，成为目前网络应用中较好的解决方案。原标准规定的超五类双绞线的传输特性与普通五类双绞线的相同，只是超五类双绞线的全部线（4 对）都能实现全双工通信。不过，现在超五类双绞线已超出了原有的标准，市面上相继出现了带宽为 125MHz 和 200MHz 的超五类双绞线（如美国通贝公司的超五类双绞线等），其特性较原标准也有了

提高,据有关资料介绍,这些超五类双绞线的传输距离已超过了 100m 的界限,可达到 130m 甚至更长。超五类双绞线的主要用途是千兆位以太网环境。

(3) 六类双绞线。电信工业协会 (TIA) 和国际标准化组织 (ISO) 已经着手制定六类双绞线布线标准。该标准将规定未来布线应达到 200MHz 的带宽,可以传输语音、数据和视频,足以应付未来高速和多媒体网络的需要。六类双绞线布线标准已发布,但市面上的相关产品较少。所以,六类双绞线在现在和未来的 3~5 年中,还不能成为局域网布线的主流选择。

五类(超五类)双绞线的应用如下。

传输速率支持 100Mbps 或 10Mbps,外层保护胶皮较厚,胶皮上注有“cat5”。

超五类双绞线在传送信号时比普通五类双绞线的衰减更小,抗干扰能力更强,在 100Mbps 网络中,受干扰程度只有普通五类双绞线的 1/4,目前应用较少。

双绞线一般用于星形网络的布线连接,两端安装有 RJ-45 头(水晶头),如图 1.3 所示。

连接网卡与集线器,最大网线长度为 100m,如果要加大网络的范围,对于模拟信号,大约每 5~6km 需要一个放大器。对于数字信号,每 2~3km 使用一台中继器,最多可安装 4 个中继器。

1.1.2 同轴电缆

1. 同轴电缆的结构及特性

同轴电缆由一根空心的外圆柱导体和一根位于中心轴线的内导体组成,内导体和圆柱导体及外界之间用绝缘材料隔开,如图 1.4 所示。按直径的不同,可分为粗缆和细缆两种。

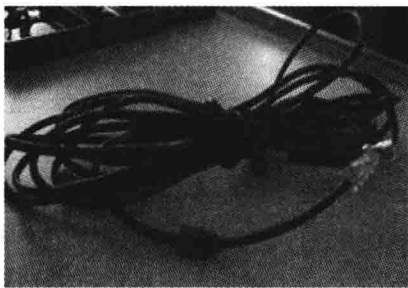


图 1.3 双绞线连接线

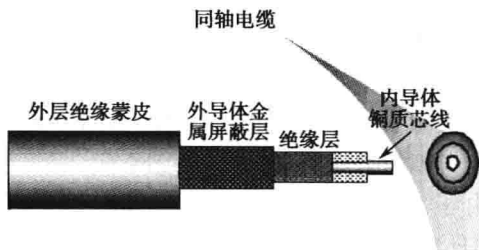


图 1.4 同轴电缆结构示意图

1) 粗缆

粗缆的传输距离长,性能好,但成本高,安装、维护困难,一般用于大型局域网的干线,连接时两端需终接器。其结构示意图如图 1.5 所示。

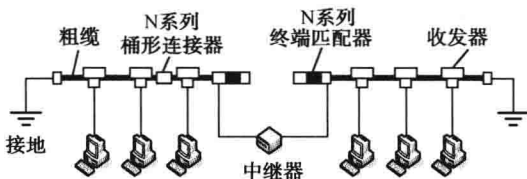


图 1.5 粗缆结构示意图

(1) 粗缆与外部收发器相连。(2) 收发器与网卡之间用 AUI 电缆相连。(3) 网卡必

须有 AUI 端口（15 针 D 型端口）：每段 500m，100 个用户，4 个中继器可达 2 500m，收发器之间最小 2.5m，收发器电缆最大 50m。

2) 细缆

细缆与 BNC 网卡相连，两端装 50Ω 的终端电阻。用 T 形头，T 形头之间最小 0.5m。细缆网络每段干线长度最大为 185m，每段干线最多接入 30 个用户。如采用 4 个中继器连接 5 个网段，网络最大距离可达 925m。

细缆安装较容易，造价较低，但日常维护不方便，一旦一个用户出故障，便会影响其他用户的正常工作。其结构示意图如图 1.6 所示。

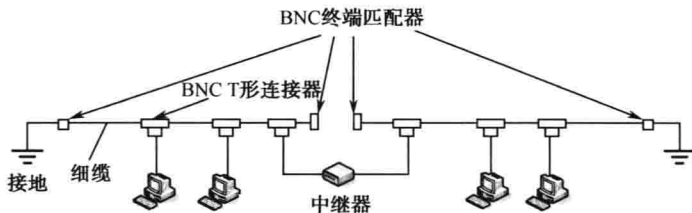


图 1.6 细缆结构示意图

2. 同轴电缆的传输类型

同轴电缆的这种结构，使它具有高带宽和极好的噪声抑制特性。同轴电缆的带宽取决于电缆长度。1km 的电缆可以达到 1~2Gbps 的数据传输速率。还可以使用更长的电缆，但是传输速率要降低或使用中间放大器。目前，同轴电缆大量被光纤取代，但仍广泛应用于有线电视和某些局域网。

根据传输频带的不同，同轴电缆可分两种类型。一种是 50Ω 电缆，用于数字传输，由于多用于基带传输，也叫基带同轴电缆；另一种是 75Ω 电缆，用于模拟传输，即下面要讲的宽带同轴电缆。

使用有限电视电缆进行模拟信号传输的同轴电缆系统被称为宽带同轴电缆。“宽带”这个词来源于电话业，指比 4kHz 宽的频带。然而在计算机网络中，“宽带电缆”却指任何使用模拟信号进行传输的电缆网。

由于宽带网使用标准的有线电视技术，可使用的频带高达 300MHz（常常到 450MHz）；由于使用模拟信号，需要在端口处安放一个电子设备，用以把进入网络的比特流转换为模拟信号，并把网络输出的信号再转换成比特流。

宽带系统又分为多个信道，电视广播通常占用 6MHz 信道。每个信道可用于模拟电视、CD 质量声音（1.4Mbps）或 3Mbps 的数字比特流。电视和数据可在一条电缆上混合传输。

由于宽带系统覆盖的区域广，因此，需要模拟放大器周期性地加强信号。这些放大器仅能单向传输信号。因此，如果计算机间有放大器，则报文分组就不能在计算机间逆向传输。为了解决这个问题，人们已经开发了两种类型的宽带系统：双缆系统和单缆系统。

1.1.3 光纤

1. 光纤的结构

光纤自内向外为纤芯（芯层）→包层→涂敷层，核心部分为纤芯和包层，二者共同

构成介质光波导，形成对光信号的传导和约束，实现光的传输，所以又将二者构成的光纤称为裸光纤。在多模光纤中，芯的直径是 $15\sim 50\mu\text{m}$ ，而单模光纤芯的直径为 $8\sim 10\mu\text{m}$ 。纤芯通常是由石英玻璃制成的横截面积很小的双层同心圆柱体，它质地脆，易断裂，因此需要外加涂敷层，如图 1.7 所示。

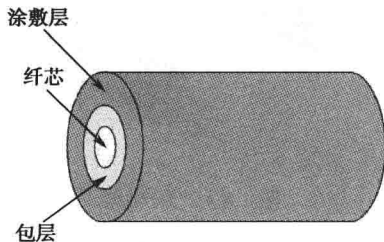


图 1.7 光纤的结构

2. 光纤通信的原理

光纤通信的主要组成部件有光发送机、光接收机和光纤，在进行长距离信息传输时还需要中继器。通信中应用光学原理，由光发送机产生光束，将表示数字代码的电信号转变成光信号，并将光信号导入光纤，光信号在光纤中传播，在另一端由光接收机负责接收光纤上传出的光信号，并进一步将其还原成发送前的电信号。

3. 光纤的性能

(1) 衰减。塑料光纤的衰减主要受限于芯包塑料材料的吸收损耗和色散损耗。

(2) 带宽。阶跃折射率分布塑料光纤传输带宽仅为几十至上百 $\text{MHz} \cdot \text{km}$ 。氟化梯度折射率分布塑料光纤传输带宽高达几百 $\text{MHz} \cdot \text{km}$ 至 $10\text{GHz} \cdot \text{km}$ 。

(3) 热稳定。为切实提高塑料光纤的热稳定性，通常的做法如下：①选用含氟或硅的塑料材料来制造塑料光纤；②将塑料光纤的光源工作波长选择在大于 660nm ，以求得塑料光纤热稳定性长期可靠。

4. 光纤在计算机网络中的应用

局域网布线中一般使用 $62.5\mu\text{m}/125\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}/125\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}/140\mu\text{m}$ 规格的多模光纤和 $8.3\mu\text{m}/125\mu\text{m}$ 规格的单模光纤。

在实际应用中多使用光缆而不是光纤，因为光纤只能单向传输信号，所以在局域网中连接两个设备时至少需要 2 根光纤，一根用于发送数据，另一根用于接收数据。布线中直接使用的光纤，一根光缆由多根光纤组成，外面再加上保护层。局域网中的光纤产品主要包括光纤跳线、布线光缆（包括室内光缆和室外光缆两类）和光纤连接器等。

(1) 光纤跳线，如图 1.8 所示。光纤跳线是指与桌面计算机或设备直接相连接的光纤，以方便设备的连接和管理。光纤跳线也分为单模和多模两种，分别与单模和多模光纤连接。

(2) 室内光缆。室内光缆的抗拉强度较小，保护层较差，但重量较轻，且较便宜。

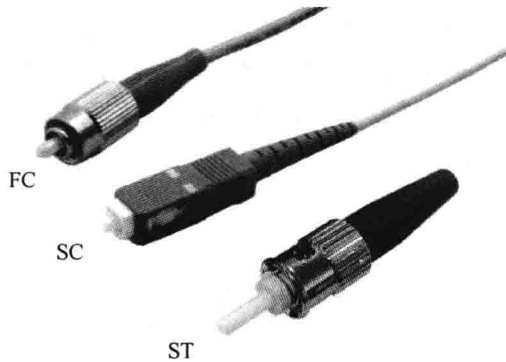


图 1.8 光纤跳线

(3) 室外光缆。与室内光缆相比，室外光缆的抗拉强度较大，保护层较厚重，并且通常为铠装（即金属皮包裹）。室外光缆主要适用于建筑物之间的布线。根据布线方式的不同，室外光缆又分为直埋式光缆、架空式光缆和管道式光缆 3 种。

(4) 光纤连接器。对于普通用户来说，虽然光纤的端接和跳线的制作都非常困难，但光纤网络的连接却较为容易。只要连接设备（集线器、交换机或网卡）具有光纤连接端口，就可使用一段已制作好的光纤跳线进行连接。光纤的连接器具有多种不同的类型，而不同类型的连接器之间又无法直接进行连接。

光纤链路的连接可以分为永久性连接和活动性连接两种。在永久性连接中大多采用熔接法、粘接法或固定连接器来实现；而活动性连接一般采用活动连接器来实现。

光纤连接器有如下分类和特点。

① FC 型光纤连接器。FC 的外部加强采用金属套，紧固方式为螺丝扣。

② SC 型光纤连接器。SC 型光纤连接器外壳呈矩形，所采用的插针与耦合套筒的结构尺寸与 FC 型完全相同。

③ ST 型光纤连接器。ST 型光纤连接器外壳呈圆形，所采用的插针与耦合套筒的结构尺寸与 FC 型完全相同。

新的光缆连接器叫做 SFF (Small Form Factor)，一般将其称为微型光缆连接器。千兆位以太网在连接光缆时都是成对使用的，即一个输出 (Output, 光源)，另一个输入 (Input, 光检测器)。

1.1.4 无线传输介质

无线传输介质是大气，电磁波在其中传输。首先我们对大气介质和电磁波的特性做简单的介绍。

1. 电磁波

根据傅里叶热分析理论中的频域分析的概念，人们进一步发现，声波、光波、电磁波都可以用含有能量的正弦波来解释。至今人类所认识的红外线、可见光、紫外线、x 射线、γ 射线，本质上都是电磁波，只是频率和波长不同而已。