



高等学校计算机专业
“十二五”规划教材

计算机组网实验教程

(第二版)

马素刚 主 编 ■
赵婧如 孙韩林 副主编 ■



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校计算机专业“十二五”规划教材

计算机组网实验教程

(第二版)

马素刚 主编

赵婧如 孙韩林 副主编

TP393-33
12-2

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书由浅入深、循序渐进地设计了不同层次的网络实验,针对不同实验项目概括性地介绍了相关的网络基本理论。

全书共分为 11 章。第 1~3 章是网络基础实验部分,包括网络基本连接、网络基本应用、共享 Internet 接入等内容,可作为计算机网络基础等课程教学过程中的配套实验。第 4~11 章是网络应用实验部分,包括 Windows Server 2008 系统网络服务配置、交换机和路由器的配置、VPN 配置、网络程序设计等内容。网络应用实验中难度较低的内容可作为计算机网络等课程教学过程中的配套实验,难度较高的综合性内容可作为课程设计等集中实践环节的实验。

本书内容详实、步骤清晰、图文并茂,注重基础理论与实验环节的紧密结合,构建了完整的网络实验体系,可作为各类大专院校网络工程专业、计算机科学与技术专业及其他相关专业的计算机网络等课程的实验教材,还可以作为计算机网络爱好者和网络工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组网实验教程/马素刚主编. —2 版. —西安:西安电子科技大学出版社,2014.9

高等学校计算机专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3471-5

I. ① 计… II. ① 马… III. ① 计算机网络—实验—高等学校—教材 IV. ① TP393-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 208890 号

策 划 云立实

责任编辑 云立实 谭 莹

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2014 年 9 月第 2 版 2014 年 9 月第 3 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 25

字 数 593 千字

印 数 8001~11 000 册

定 价 43.00 元

ISBN 978-7-5606-3471-5 / TP

XDUP 3763002-3

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

随着计算机技术和通信技术的迅速发展与相互渗透,计算机网络技术已融入社会生活的方方面面。在以信息化带动工业化和工业化促进信息化的进程中,大多数技术领域均不同程度地要求技术人员熟悉网络应用操作,或是具备网络规划与设计、网络建设与维护、网络分析与开发等专业技术能力。

目前,国内各大高等院校的电子信息类专业本科阶段普遍开设了计算机网络技术的相关课程,许多高等院校的部分专业更是把计算机网络课程作为核心课程。计算机网络是一门理论厚重而实践性又很强的课程,教授这一课程的落脚点是如何让学习者具备基于技术原理解决实际问题的能力。在教授过程中如果没有强有力的实践环节的支撑,学习者将难以真正掌握大量深难的网络技术原理,更无法学以致用。本书的编写旨在解决如何锻炼与提高学习者的网络技术应用、分析、开发能力,如何帮助学习者将理论与实践紧密联系起来,如何让学习者分层次有步骤地消化实践内容,如何帮助教师在有限的学时里高效地指导学生完成实验等问题。本教材就计算机网络技术应用及开发的典型问题,分别以不同的专题理论知识为主线,设计了系列实验项目,全书由 11 章内容组成。

第 1 章介绍了双绞线、网络硬件、TCP/IP 协议、网络测试命令等网络基础知识,安排了双绞线的制作、TCP/IP 协议配置、使用交换机组建局域网,以及网络测试命令(如“ipconfig、ping、tracert、arp”)的使用等实验。

第 2 章介绍了 IE 浏览器、电子邮件收发软件 Outlook/Foxmail、远程登录协议 Telnet 和文件传输协议 FTP 等网络基本应用,安排了 IE 浏览器、Outlook、Foxmail 等客户端软件的使用,使用 Telnet 进行远程登录,以及使用 FTP 命令行和 CuteFTP 进行 FTP 客户端操作等实验。

第 3 章在介绍 NAT 的基本原理的基础上,说明了宽带路由器、ICS、代理服务器等共享 Internet 接入的方式,安排了利用宽带路由器、ICS、代理服务器软件(CCProxy)等三种方式共享上网设置的实验。

第 4 章介绍了 Windows Server 2008 系统的网络服务配置,包括 Web 服务、FTP 服务、DNS 服务和 DHCP 服务,安排了 VMware Workstation 的使用,以及 Web、FTP、DNS、DHCP 等四种服务器的配置实验。

第 5 章介绍了交换机的命令模式、交换机的配置方法、MAC 地址表、生成树协议、交换机维护等内容,安排了交换机初始化配置、交换机基本配置、MAC 地址表管理、生成树协议配置、IOS 的备份和升级、配置文件的备份和恢复、IOS 的恢复等实验。

第 6 章介绍了路由器的命令模式、GNS3 软件的功能、路由器配置文件与 IOS 的维护等内容,安排了路由器的初始化配置,利用路由器连接两个子网,配置文件的备份与恢复,IOS 的备份、升级与恢复等实验。

第 7 章在第 5 章的基础上,进一步介绍了交换机上 VLAN 的配置。阐述了 VLAN 的概念、基本原理以及 VLAN 的类型。安排了静态 VLAN 配置、VLAN 中继配置、DTP 协商、VTP 配置,以及利用传统路由、单臂路由和三层交换机等三种方式实现 VLAN 间路由

的实验。

第8章在第6章的基础上,进一步介绍了典型路由选择协议的配置。首先阐述了路由选择的概念、路由信息的获取途径,以及路由选择协议的分类,然后介绍了直连路由、静态路由、RIP、OSPF的工作原理,以及路由重分布的概念,安排了直连路由配置、静态路由配置、RIPv1和RIPv2的配置、OSPF的配置及路由重分布配置等实验。

第9章在第6章的基础上,介绍了访问控制列表的配置。阐述了ACL的基本概念、工作原理及配置命令,安排了标准ACL和扩展ACL的配置实验。

第10章介绍了VPN的基本概念和相关技术,以及IPSec、PPTP、L2TP等协议基础理论,安排了IPSec策略配置和基于PPTP、L2TP的VPN实现等实验。

第11章介绍了网络程序设计的基本概念,包括套接字概念、套接字地址、常用套接字函数以及并发服务器程序模型等,通过编写简单的Echo程序和代理服务器程序来实践套接字程序设计,安排了简单的Echo程序、协议无关的并发Echo程序、代理服务器的设计与实现等实验。

计算机网络技术发展日新月异,网络软、硬件环境也随之发生了很大变化,第一版教材的部分实验内容已显陈旧。为了紧随网络技术发展的步伐,更好地满足现阶段和今后一定时期内的教学需求,编者结合广大教师、学生、同行专家等反馈的意见和建议,对第一版教材内容进行了大幅度的修改。第一,调整了全书整体结构。如删除了第一版教材1.2节中“串行、并行线的连接”,并把第1、2章进行合并;把第一版教材第6章“交换机、路由器的基本配置”拆分成两章,分别介绍交换机和路由器的基本配置。第二,重新设计或更新了各章节的实验项目,所有实验已在新的主流软、硬件环境中验证通过,各章实验项目之间联系更加紧密。第三,在文字叙述和位置安排上对各章的理论部分做了大量调整,使之对相关的实验项目有了更好的支撑。

本书基于编者长期从事计算机网络技术实践教学的经验,结合现阶段网络技术人才培养目标与教学需求,通过对实验内容的反复研讨与筛选,对实验项目进行重新编排与设计编写而成。与同类教材相比,本书具有如下特点:

(1) 内容编排遵循由易到难、由浅入深、环环相扣的原则,各章实验项目间的逻辑关联更加紧密,可以引导学生在不同的学习阶段逐步巩固和加强实践技能;

(2) 各章在实验项目之前概括性地介绍了相关理论要点,为学生动手实验做好了理论知识回顾及必要的理论补充;

(3) 实验目的明确,实验环境可根据实际实验条件灵活调整,具有良好的可操作性;

(4) 实验过程中贯穿必要的理论指导以及实验结果分析,使得理论与实践相辅相成;

(5) 实验项目设计符合网络技术应用的主流趋势,具有典型性、实用性,建立的实验原型有助于学习者解决实际问题。

本书由马素刚、赵婧如、孙韩林、张奎等编著。马素刚担任主编,负责全书定稿与审核任务。赵婧如、孙韩林担任副主编,参与全书审核工作。本书第1、3、6、9、10章由马素刚编写,第7、8章由赵婧如编写,第4、5、11章由孙韩林编写,第2章由张奎编写。

限于编者的水平,书中难免有疏漏和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2014年4月

第一版前言

、随着计算机技术和通信技术的迅速发展和相互渗透, 计算机网络已进入社会的每一个领域, 迫切需要大量掌握计算机网络系统规划、设计、建设和运行维护的技术人员。

计算机网络是实践性很强的课程, 为了使读者能够在学习计算机网络的基本概念、网络组成、网络功能和原理的同时, 通过具体的实验加深对网络原理的理解, 掌握一些基本配置方法和调试的基本技能, 学会运用网络理论知识正确分析实验中所遇到的各种现象, 正确整理、分析实验结果和数据, 提高分析问题和解决问题的能力, 我们编写了此实验指导教材。

全书由 11 章构成。

第 1 章主要介绍双绞线及其连接方法。本章安排了双绞线制作、直接电缆连接等实验。

第 2 章主要介绍基本的网络硬件, 如网卡、集线器、交换机、路由器, 讲述一些网络基本工具的使用、利用交换机构建基本网络环境和 Windows 下网络环境的配置。本章安排了计算机、交换机的连接, Windows 98 中网卡驱动程序的安装, NetBEUI 协议、安装及共享设置、TCP/IP 协议的配置, ping、tracert、netstat、ipconfig 命令的使用等实验。

第 3 章介绍常用网络应用工具的设置和使用, 包括 IE 浏览器、Outlook 和 Foxmail 的设置及使用, 用 Telnet 进行远程登录, CuteFTP 的使用等实验。

第 4 章介绍代理服务器的原理、连接与配置, 并以 SyGate 为例详细地介绍代理服务器和客户端的配置。本章安排了利用 SyGate 配置代理服务器实验。

第 5 章介绍 Windows 2000 Server 配置的知识, 其中包括管理工具的介绍, IIS、DNS、DHCP、NAT 的配置。本章安排了 Windows 2000 Server 安装、本地用户和组管理、IIS、DNS、DHCP、路由、NAT 的安装和配置等实验。

第 6 章介绍利用超级终端对交换机、路由器进行配置的方法。本章安排了交换机的基本连接和配置、用路由器连接两个子网等实验。

第 7 章在第 6 章的基础上进一步介绍典型路由协议的配置方法, 如 RIP 路由协议、OSPF 路由协议、路由重分配等。本章安排了配置静态路由、配置 RIP 路由协议、设置 OSPF 多域和路由重新分配的设置等实验。

第 8 章介绍 ACL 的基本概念以及在 Cisco 路由器中 ACL 的设置方法。本章安排了标准 ACL 的设置、扩展 ACL 的设置等实验。

第 9 章介绍 VLAN 的概念、分类及作用, 利用 Cisco 交换机设置 VLAN 的方法, 干道链路、VTP 的概念及设置方法。本章安排了基于端口的 VLAN、跨越交换机的 VLAN、VLAN 间路由等实验。

第 10 章介绍 VPN 的基本概念及相关协议、基于 Windows 2000 的 VPN 设置方法。本章安排了远程访问 VPN 的设置、路由器到路由器的 VPN 设置等实验。

第 11 章介绍 Socket 的基本概念、Winsock 函数以及基于客户/服务器的程序设计思想。

本章安排了面向连接的通信程序设计、基于 TCP 端口扫描程序的开发等实验。

本书在编写过程中参考了国内外的相关文献，在此对文献的作者表示感谢。

本书由王宣政、赵婧如、刘瑛、马素刚等编著，王宣政担任主编。本书编著过程中得到了韩俊刚老师和西安电子科技大学出版社的大力支持，以及朱军星、李锐锋的帮助，在此表示衷心的感谢。

限于编者的水平，加之时间仓促，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2005 年 4 月

目 录

第 1 章 网络基本连接.....1	2.3.2 远程登录的工作过程.....34
1.1 双绞线的制作.....1	2.3.3 实验 Windows 7 系统下使用 Telnet 进行远程登录.....34
1.1.1 双绞线介绍.....1	2.4 文件传输协议 FTP.....36
1.1.2 双绞线的制作标准.....4	2.4.1 文件传输协议.....36
1.1.3 实验 双绞线的制作.....6	2.4.2 FIP 命令介绍.....37
1.2 搭建基本网络环境.....7	2.4.3 实验 FTP 的命令行操作.....39
1.2.1 常见的网络硬件.....7	2.4.4 实验 CuteFTP 的使用.....42
1.2.2 TCP/IP 协议.....10	
1.2.3 实验 Windows 7 系统下 TCP/IP 协议的配置.....10	第 3 章 共享 Internet 接入.....46
1.2.4 实验 使用交换机组建局域网.....11	3.1 概述.....46
1.3 基本网络测试命令.....12	3.2 网络地址转换 NAT.....46
1.3.1 基本网络测试命令介绍.....12	3.2.1 NAT 概述.....46
1.3.2 基本网络测试命令在 Windows 7 系统下的格式.....13	3.2.2 NAT 的工作原理.....47
1.3.3 实验 “ipconfig” 命令的使用.....16	3.2.3 NAT 的转换方式.....48
1.3.4 实验 “ping” 命令的使用.....18	3.3 利用宽带路由器共享 Internet 接入.....49
1.3.5 实验 “tracert” 命令的使用.....21	3.3.1 宽带路由器介绍.....49
1.3.6 实验 “arp” 命令的使用.....22	3.3.2 实验 宽带路由器共享上网的配置...50
	3.4 利用 ICS 共享 Internet 接入.....54
第 2 章 网络基本应用.....23	3.4.1 ICS 介绍.....54
2.1 IE 浏览器的设置和使用.....23	3.4.2 实验 ICS 共享上网的配置.....55
2.1.1 IE 浏览器简介.....23	3.5 利用代理服务器共享 Internet 接入.....58
2.1.2 实验 IE 浏览器的设置和使用.....23	3.5.1 代理服务器介绍.....58
2.2 Outlook/Foxmail 的设置和使用.....27	3.5.2 实验 利用 CCProxy 配置代理 服务器.....58
2.2.1 Outlook/Foxmail 简介.....27	
2.2.2 实验 Microsoft Outlook 的设置 和使用.....27	第 4 章 Windows Server 2008 系统的 网络服务配置.....63
2.2.3 实验 Foxmail 的设置和使用.....30	4.1 VMware Workstation 的使用.....63
2.3 远程登录协议 Telnet.....33	4.1.1 VMware Workstation 简介.....63
2.3.1 Telnet 简介.....33	4.1.2 实验 VMware Workstation 的安装...63

4.1.3 实验 Windows Server 2008 R2 系统的安装	66
4.2 IIS 的安装及 Web 服务器的配置	71
4.2.1 IIS 简介	71
4.2.2 实验 IIS 的安装	71
4.2.3 实验 Web 服务器的配置	74
4.3 FTP 服务器的安装及配置	81
4.3.1 实验 FTP 服务器的安装	81
4.3.2 实验 FTP 服务器的配置	83
4.4 DNS 服务器的安装及配置	92
4.4.1 DNS 概述	92
4.4.2 实验 DNS 服务器的安装	93
4.4.3 实验 DNS 服务器的配置	95
4.5 DHCP 服务器的安装及配置	104
4.5.1 DHCP 概述	104
4.5.2 实验 DHCP 服务器的安装	105
4.5.3 实验 DHCP 服务器的配置	108
第 5 章 交换机的配置	113
5.1 交换机	113
5.1.1 交换机简介	113
5.1.2 Cisco 交换机	114
5.1.3 console 配置端口	117
5.2 交换机的基本配置	117
5.2.1 实验 交换机的初始化配置	117
5.2.2 实验 交换机的基本配置	121
5.2.3 实验 MAC 地址表管理	125
5.3 生成树协议	127
5.3.1 生成树协议简介	127
5.3.2 Packet Tracer 简介	130
5.3.3 实验 生成树协议的配置	131
5.4 交换机的维护	134
5.4.1 TFTP 简介	134
5.4.2 交换机维护概述	134
5.4.3 实验 IOS 的备份和升级	135
5.4.4 实验 配置文件的备份和恢复	138
5.4.5 实验 IOS 的恢复	140

第 6 章 路由器的配置	144
6.1 路由器的基本配置	144
6.1.1 路由器介绍	144
6.1.2 路由器的命令模式	147
6.1.3 实验 路由器的初始化配置	149
6.2 GNS3 的使用	151
6.2.1 GNS3 简介	151
6.2.2 实验 利用路由器连接两个子网	152
6.3 路由器的维护	159
6.3.1 路由器维护概述	159
6.3.2 实验 配置文件的备份与恢复	160
6.3.3 实验 IOS 的备份与升级	162
6.3.4 实验 IOS 的恢复	164
第 7 章 VLAN 的配置与测试	167
7.1 VLAN 的基本原理	167
7.1.1 概述	167
7.1.2 VLAN 的类型	168
7.1.3 实验相关命令格式	170
7.1.4 实验 静态 VLAN 的配置	170
7.2 VLAN 中继	175
7.2.1 VLAN 中继简介	175
7.2.2 实验相关命令格式	178
7.2.3 实验 VLAN 中继的配置	179
7.2.4 实验 DTP 协商	183
7.3 VLAN 中继协议	184
7.3.1 VTP 的作用	184
7.3.2 VTP 要点	184
7.3.3 实验相关命令格式	187
7.3.4 实验 VTP 的基本配置	188
7.3.5 实验 添加 VTP 透明模式交换机	195
7.3.6 实验 为 VTP 域设定密码以增加安全性	199
7.4 VLAN 间路由	201
7.4.1 概述	201
7.4.2 实验相关命令格式	203

7.4.3 实验 利用传统路由实现 VLAN 间路由	204	9.1.1 ACL 的基本概念	270
7.4.4 实验 利用单臂路由实现 VLAN 间路由	206	9.1.2 ACL 的工作原理	271
7.4.5 实验 利用三层交换机实现 VLAN 间路由	208	9.1.3 ACL 的配置方式	272
第 8 章 路由选择协议及其配置	214	9.2 标准 ACL	273
8.1 路由选择概述	214	9.2.1 配置标准 ACL 的命令	273
8.2 静态路由	215	9.2.2 通配符掩码的使用	274
8.2.1 静态路由概述	215	9.2.3 实验 标准 ACL 的配置	275
8.2.2 实验相关命令格式	216	9.3 扩展 ACL	277
8.2.3 实验 直连路由的配置	218	9.3.1 配置扩展 ACL 的命令	277
8.2.4 实验 静态路由的配置	223	9.3.2 实验 扩展 ACL 的配置	280
8.2.5 实验 静态路由由汇总及静态 默认路由的配置	225	第 10 章 基于 Windows Server 2008 系统的 VPN	283
8.3 RIP	227	10.1 VPN 介绍	283
8.3.1 RIP 概述	227	10.1.1 VPN 产生背景	283
8.3.2 实验相关命令格式	228	10.1.2 VPN 分类	283
8.3.3 实验 RIPv1 的配置	229	10.1.3 VPN 功能特性	285
8.3.4 实验 RIPv2 的配置	234	10.1.4 VPN 采用的安全技术	286
8.4 OSPF	241	10.2 三层 VPN 技术	286
8.4.1 OSPF 概述	241	10.2.1 IPSec 协议	286
8.4.2 实验相关命令格式	245	10.2.2 实验 传输模式 IPSec 策略的 配置	288
8.4.3 实验 单区域点到点网络 OSPF 的配置	246	10.2.3 实验 隧道模式 IPSec 策略的 配置	294
8.4.4 实验 单区域广播型多路访问 网络 OSPF 的配置	252	10.3 二层 VPN 技术	299
8.4.5 实验 多区域 OSPF 的配置	256	10.3.1 第二层隧道协议	299
8.5 路由重分布	262	10.3.2 实验 基于 PPTP 的远程访问 VPN 实现	301
8.5.1 路由重分布概述	262	10.3.3 实验 基于 L2TP 的远程访问 VPN 实现	310
8.5.2 实验相关命令格式	263	10.3.4 实验 基于 PPTP 的网关到网关 VPN 实现	314
8.5.3 实验 路由重分布的配置	263	10.3.5 实验 基于 L2TP 的网关到网关 VPN 实现	324
第 9 章 访问控制列表	270	第 11 章 网络程序设计	331
9.1 访问控制列表	270	11.1 网络程序设计基础	331

11.1.1 网络编程	331	11.3.4 实验 协议无关的并发 Echo 程序	362
11.1.2 套接字	332	11.4 代理服务器程序设计	374
11.2 套接字函数	334	11.4.1 代理服务器简介	374
11.2.1 套接字地址	334	11.4.2 代理服务器设计	375
11.2.2 常用套接字函数	337	11.4.3 实验 代理服务器的实现	376
11.3 简单网络程序设计	350	11.4.4 实验 客户端程序的实现	386
11.3.1 函数封装	350		
11.3.2 实验 简单的 Echo 程序	356		
11.3.3 服务器 I/O 模式	361		

第1章 网络基本连接

网络基本连接是网络技术最基础的内容,本章介绍了双绞线、网络硬件、TCP/IP 协议、网络测试命令等网络技术的基础知识。通过对本章的学习,应该学会制作双绞线,能够配置 TCP/IP 协议,使用交换机组建简单的局域网,同时掌握基本网络测试命令的使用方法。

1.1 双绞线的制作

1.1.1 双绞线介绍

1. 概述

双绞线(Twisted Pair, TP)是综合布线工程中最常用的一种传输介质,它由两根具有绝缘保护层的铜导线组成。把两根绝缘的铜导线按一定密度互相绞在一起,可降低信号干扰的程度,这是因为一根导线在传输中辐射的电波会被另一根导线上发出的电波抵消。将一对或多对双绞线放在一个绝缘套管中便成了双绞线电缆(简称为双绞线),如图 1.1 所示。在双绞线电缆内,不同线对具有不同的扭绞长度,一般来说,扭绞长度在 14~38.1 cm 内,按逆时针方向扭绞,相邻线对的扭绞长度在 12.7 cm 以上。与其他传输介质相比,双绞线在传输距离、信道宽度和数据传输速度等方面均受到一定限制,但价格较为低廉。

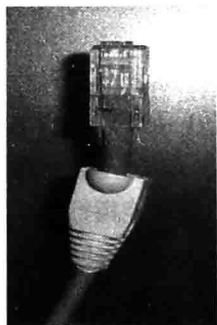


图 1.1 带有水晶头和保护套的双绞线电缆

虽然双绞线早期主要用来传输模拟声音信息,但现在同样适用于数字信号的传输,特别适用于较短距离的信息传输。采用双绞线传输信号的局域网带宽取决于所用导线的质量、长度及传输技术。只要精心选择和安装双绞线,就可以在有限的距离内达到较高的传输速率。

双绞线可分为非屏蔽双绞线(Unshielded Twisted Pair, UTP)和屏蔽双绞线(Shielded Twisted Pair, STP)两种。利用非屏蔽双绞线传输信息时,由于电磁波向外辐射,信息容易泄露。屏蔽双绞线电缆的外层由铝箔包裹,可以减小幅射,但并不能完全消除辐射。屏蔽双绞线具有较高的数据传输速率,但价格相对较高,安装时也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。除某些特殊场合(如受电磁辐射严重、对传输质量要求较高等)在布线中使用屏蔽双绞线外,一般情况下都采用非屏蔽双绞线。

非屏蔽双绞线电缆具有以下优点:无屏蔽外套,直径小,重量轻;易弯曲,易安装;串扰小;具有阻燃性;具有独立性和灵活性,适用于结构化综合布线。

2. 分类

电子工业联盟/电信工业协会(Electronic Industries Alliance/Telecommunications Industry Association, EIA/TIA)为双绞线电缆定义了以下几种标准, 计算机网络综合布线使用 3 类以上标准。

(1) 1 类: 主要用于传输语音(1 类标准主要用于 20 世纪 80 年代之前的电话线缆), 不用于数据传输。

(2) 2 类: 传输频率为 1 MHz, 用于语音传输和最高传输速率为 4 Mb/s 的数据传输, 常见于使用 4 Mb/s 规范令牌传递协议的旧的令牌网。

(3) 3 类: 目前在 ANSI 和 EIA/TIA 568 标准中指定的电缆。该类电缆的传输频率为 16 MHz, 用于语音传输及最高传输速率为 10 Mb/s 的数据传输, 主要用于 10Base-T 网络。

(4) 4 类: 该类电缆的传输频率为 20 MHz, 用于语音传输和最高传输速率为 16 Mb/s 的数据传输, 主要用于基于令牌环局域网和 10Base-T/100Base-T 网络。

(5) 5 类: 该类电缆增加了绕线密度, 其外套一种高质量的绝缘材料, 传输频率为 100 MHz, 用于语音传输和最高传输速率为 100 Mb/s 的数据传输, 主要用于 10Base-T/100Base-T 网络, 是最常用的以太网电缆。

(6) 超 5 类: 它对现有的非屏蔽 5 类双绞线的部分性能加以改善, 具有衰减小、串扰少、更高的衰减串扰比(ACR)和信噪比、更小的时延误差等特点, 性能得到很大提高, 但其传输频率仍为 100 MHz。

(7) 6 类: 传输频率为 250 MHz, 传输速率为 1 Gb/s, 主要用于 10Base-T/100Base-T/1000Base-T 网络。

(8) 扩展 6 类: 传输频率为 500 MHz, 传输速率为 10 Gb/s, 主要用于 10GBase-T 网络。

(9) 7 类: 能满足 600 MHz 以上, 甚至 1.2 GHz 的传输频率要求, 传输速率达 10 Gb/s 以上, 主要为了适应万兆以太网技术的应用和发展。

3. 性能指标

对于双绞线, 用户最关心的是表征其性能的几个指标, 包括衰减、近端串扰、直流环路电阻、特性阻抗、衰减串扰比等。

(1) 衰减。衰减(Attenuation)是沿链路的信号损失的度量。衰减与线缆的长度有关系, 随着长度的增加, 信号衰减也随之增加。衰减用“dB”作单位, 表示源发送端信号与接收端信号强度的比率。由于衰减随频率而变化, 因此, 应测量在应用范围内的所有频率上的衰减。

(2) 近端串扰(NEXT)。串扰分近端串扰和远端串扰(FEXT), 测试仪主要是测量近端串扰。由于存在线路损耗, 因此 FEXT 的影响较小。近端串扰是指一条 UTP 链路中一个线对的信号在同一端另一个线对上产生的信号耦合。对于 UTP 链路, NEXT 是一个关键的性能指标, 也是最难精确测量的一个指标。随着信号频率的增加, 其测量难度将加大。

(3) 直流环路电阻。它是指一对导线电阻的和。ISO/IEC 11801 规格的双绞线的直流环路电阻不得大于 $19.2\ \Omega$, 每对导线间电阻值的差异不能太大(小于 $0.1\ \Omega$)。直流环路电阻会消耗一部分信号, 并将其转变成热量。

(4) 特性阻抗。与直流环路电阻不同, 特性阻抗包括电阻及频率为 $1\sim 100\text{ MHz}$ 的电感阻抗及电容阻抗, 它与一对电线之间的距离及绝缘体的电气性能有关。各种电缆有不同的

特性阻抗,而双绞线电缆则有 $100\ \Omega$ 、 $120\ \Omega$ 及 $150\ \Omega$ 几种。

(5) 衰减串扰比(ACR)。在某些频率范围,串扰与衰减量的比例关系是反映电缆性能的另一个重要参数。ACR 是指某一频率上测得的串扰与衰减的差,单位为 dB。ACR 值较大,表示抗干扰的能力较强。一般系统要求 ACR 至少大于 10 dB。ACR 也称信噪比(Signal-Noise Ratio, SNR)。SNR 是在考虑到干扰信号的情况下,对数据信号强度的一个度量。如果 SNR 过低,将导致数据信号在接收时,接收器不能分辨数据信号和噪音信号,最终引起数据错误。因此,为了将数据错误限制在一定范围内,必须定义一个最小的可接收的 SNR。

4. 双绞线的识别

随着快速以太网标准的推出和实施,5 类双绞线如今广泛地应用于网络布线。但是由于个别厂商和网络公司在宣传上的误导,以及部分网络用户对有关标准缺乏必要的了解,致使在选用 5 类双绞线时真假难辨,不知所措。一旦选用了不符合标准的 5 类双绞线,一方面会使网络整体性能下降,另一方面会为将来网络的升级埋下隐患。根据目前网络布线的实际需要,下面主要介绍 5 类非屏蔽双绞线的正确识别和选择方法。

1) 传输速度

双绞线质量的优劣是决定局域网带宽的关键因素之一。某些厂商在 5 类 UTP 电缆中所包裹的是 3 类或 4 类 UTP 中所使用的线对,这种制假方法对一般用户来说很难辨别。这种所谓的“5 类 UTP”无法达到 100 Mb/s 的数据传输率,最大为 10 Mb/s 或 16 Mb/s。可以使用网络测试仪或测速软件来验证网络所能达到的传输速率。

2) 电缆中双绞线对的扭绕应符合要求

为了降低信号的干扰,双绞线电缆中的每一线对都由两根绝缘的铜导线相互扭绕而成,而且同一电缆中的不同线对具有不同的扭绕度(就是扭绕线圈的数量)。同时,标准双绞线电缆中的线对是按逆时针方向进行扭绕的。但某些非正规厂商生产的电缆线却存在许多问题:

(1) 为了简化制造工艺,电缆中所有线对的扭绕度相同。

(2) 线对中两根绝缘导线的扭绕度不符合技术要求。

(3) 线对的扭绕方向不符合要求。

如果存在以上问题,将会引起双绞线的串扰(指 UTP 中两线对之间的信号干扰),从而使传输距离达不到要求。双绞线的扭绕度在生产中都有较严格的标准,实际选购时,在有条件的情况下可用一些专业设备进行测量,但一般用户只能凭肉眼来观察。需要说明的是,5 类 UTP 中线对的扭绕度要比 3 类密,超 5 类要比 5 类密。

除组成双绞线线对的两条绝缘铜导线要按要求进行扭绕外,标准双绞线电缆中的线对之间也要按逆时针方向进行扭绕。否则将会引起电缆电阻的不匹配,限制了传输距离。这一点一般用户很少注意到。有关 5 类双绞线电缆的扭绕度和其他相关参数,有兴趣的读者可查阅 EIA/TIA 568 标准中的具体规定。EIA/TIA 568 是 ANSI 于 1996 年制定的布线标准,该标准给出了网络布线时有关基础设施,包括线缆、连接设备等的规范。其中,EIA/TIA 568A 表示 IBM 的布线标准,EIA/TIA 568B 表示 AT&T 公司的标准。

3) 5 类双绞线的线对数

以太网在使用双绞线作为传输介质时,只需要 2 对(4 芯)线就可以完成信号的发送和接收。在使用双绞线作为传输介质的快速以太网中存在着三个标准:100Base-TX、100Base-T2

和 100Base-T4。其中, 100Base-T4 标准要求使用全部的 4 对线进行信号传输, 另外两个标准只要求 2 对线。在快速以太网中最普及的是 100Base-TX 标准。在购买 100M 网络中使用的双绞线时, 不要购买只有 2 个线对的双绞线。在美国线缆标准(AWG)中对 3 类、4 类、5 类和超 5 类双绞线都定义为 4 对, 在千兆位以太网中更是要求使用全部的 4 对线进行通信。所以, 标准 5 类双绞线中应该有 4 对线。

4) 仔细观察

在具备了以上知识后, 识别 5 类 UTP 时还应注意以下几点:

(1) 查看电缆外皮的说明信息是否详细规范。在双绞线电缆的外皮上应该印有像“AMP SYSTEMS CABLE……24AWG……CAT5”的字样, 表示该双绞线是 AMP 公司的 5 类双绞线, 其中 24AWG 表示是局域网中所使用的双绞线, CAT5 表示为 5 类。此外还有一种 NORDX/CDT 公司的 IBDN 标准 5 类双绞线, 上面的字样就是“IBDN PLUS NORDX/CDX……24AWG……CATEGORY5”, 这里的“CATEGORY5”也表示 5 类 (CATEGORY 是英文“种类”的意思)。

(2) 查看双绞线是否易弯曲。双绞线应弯曲自然, 以方便布线。

(3) 查看双绞线中的铜芯是否具有较好的韧性。为了使双绞线在移动中不致于断线, 除外皮保护层外, 内部的铜芯还要具有一定的韧性。同时为便于接头的制作和连接可靠, 铜芯既不能太软, 也不能太硬, 铜芯太软不易接头的制作, 铜芯太硬则容易产生接头处断裂。

(4) 查看双绞线是否具有阻燃性。为了避免受高温或起火而引起的线缆损坏, 双绞线最外面的一层外皮除应具有很好的抗拉特性外, 还应具有阻燃性(可以用火烧一下来测试, 如果是正品, 胶皮会受热松软, 不会起火; 如果是假货, 遇火就容易燃烧)。为了降低制造成本, 非标准双绞线电缆一般采用不符合要求的材料制作电缆的外皮, 不利于通信安全。

1.1.2 双绞线的制作标准

1. 双绞线制作的两种国际标准

双绞线的制作有两种国际标准, 分别是 EIA/TIA 568A 和 EIA/TIA 568B, 如表 1-1 所示。

表 1-1 双绞线制作的两种国际标准

EIA/TIA 568A			EIA/TIA 568B		
引脚顺序	连接信号	排列顺序	引脚顺序	连接信号	排列顺序
1	TX+ (传输)	白绿	1	TX+ (传输)	白橙
2	TX- (传输)	绿	2	TX- (传输)	橙
3	RX+ (接收)	白橙	3	RX+ (接收)	白绿
4	没有使用	蓝	4	没有使用	蓝
5	没有使用	白蓝	5	没有使用	白蓝
6	RX- (接收)	橙	6	RX- (接收)	绿
7	没有使用	白棕	7	没有使用	白棕
8	没有使用	棕	8	没有使用	棕

实际上对于标准接法, EIA/TIA 568A 和 EIA/TIA 568B 二者并没有本质的区别, 只是

颜色上的区别,用户需要注意的只是在连接两个水晶头时必须保证:1、2线对是一个绕对;3、6线对是一个绕对;4、5线对是一个绕对;7、8线对是一个绕对。双绞线中,4、5、7、8这4根线没有定义。

具体接线时,往往不注意接成了1、2、3、4,在以前做NOVELL网连接10M网络时就是这样连接的,但10M网络相对而言带宽窄、连通性好,故连接成1、2、3、4也可以互访。由于100M网络的高带宽,再连成1、2、3、4就不能很好地工作了。更为严重的是,该故障的表现方式不尽相同:有的计算机在进行连接后,网卡和集线器/交换机上的指示灯均正常点亮;有的计算机却是网卡上的指示灯正常亮,而集线器/交换机端的指示灯闪烁,从而增加了排错的难度。因此,应确保按照标准线序进行接线。

2. 直通线缆与交叉线缆

通常情况下,双绞线的连接方法有两种:直通线缆和交叉线缆。下面分别介绍这两种线缆的引脚排序及适用场合。

(1) 直通线缆。线缆两端都是遵循EIA/TIA 568A或EIA/TIA 568B标准,双绞线的每组绕线是一一对应的。表1-2列出了两端均遵循EIA/TIA 568B标准的直通线缆线序。

表 1-2 标准的直通线缆

A 端水晶头排列顺序	水晶头引脚顺序	B 端水晶头排列顺序
白橙	1	白橙
橙	2	橙
白绿	3	白绿
蓝	4	蓝
白蓝	5	白蓝
绿	6	绿
白棕	7	白棕
棕	8	棕

直通线缆适用场合:交换机(或集线器)UPLINK口与交换机(或集线器)普通端口的连接;交换机(或集线器)普通端口与计算机网卡的连接。

(2) 交叉线缆。一端遵循EIA/TIA 568A标准,而另一端遵循EIA/TIA 568B标准,如表1-3所示。两个水晶头的连线交叉连接,A水晶头的1、2分别对应B水晶头的3、6,而A水晶头的3、6分别对应B水晶头的1、2。

表 1-3 标准的交叉线缆

A 端水晶头排列顺序	水晶头引脚顺序	B 端水晶头排列顺序
白橙	1	白绿
橙	2	绿
白绿	3	白橙
蓝	4	蓝
白蓝	5	白蓝
绿	6	橙
白棕	7	白棕
棕	8	棕

交叉线缆适用场合:交换机(或集线器)普通端口与交换机(或集线器)普通端口;计算机

网卡之间的连接。

1.1.3 实验 双绞线的制作

【实验目的】

- (1) 熟悉双绞线的制作标准。
- (2) 学会直通双绞线的制作方法。
- (3) 学会交叉双绞线的制作方法。

【实验环境】

双绞线 2 根, RJ-45 接头(水晶头)4 个, 压线钳 1 把, 网络电缆测试仪 1 只。

【实验过程】

1. 直通线的制作

按照 EIA/TIA 568B 的标准制作直通线。下面介绍制作步骤:

(1) 准备好制作工具和材料, 主要包括压线钳、网络电缆测试仪、RJ-45 接头和双绞线。压线钳如图 1.2 所示, 从手柄开始主要由断线刀、压头器和剥线刀三部分构成。

(2) 利用压线钳的断线刀剪下所需长度的双绞线, 至少 0.6 m, 最多不超过 100 m; 然后利用压线钳的剥线刀将双绞线的外皮除去 2~3 cm。有一些双绞线内含有一条柔软的尼龙线, 在剥除双绞线的外皮时, 如果裸露出的部分太短, 可以紧握双绞线外皮, 再捏住尼龙线往外拉, 露出足够长的导线后, 剪去外皮和尼龙线。

(3) 将 4 对线按照从左到右分别为橙、绿、蓝、棕的顺序排列, 小心地拨开每一线对, 并使 8 根线的排列顺序为白橙、橙、白绿、绿、白蓝、蓝、白棕、棕。需要说明的是, 不需要剥开各对线的外皮。把蓝色线和绿色线互换位置, 形成的线序为白橙、橙、白绿、蓝、白蓝、绿、白棕、棕。

(4) 不改变 8 根线的顺序, 调整使之平整, 用压线钳的断线刀将裸露出的双绞线的导线头剪齐, 并使剩下的长度约为 14 mm。

(5) 将剪好的 8 根线按序插入 RJ-45 接头的引脚内, 直至底部。RJ-45 接头的外形及其引脚顺序如图 1.3 所示, 第一只引脚内应该放白橙色的线。

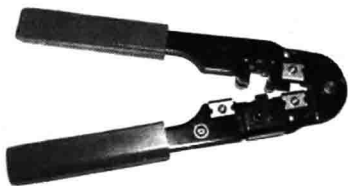


图 1.2 压线钳

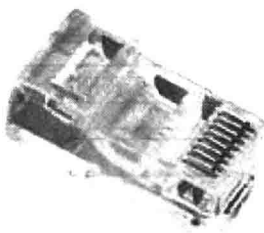
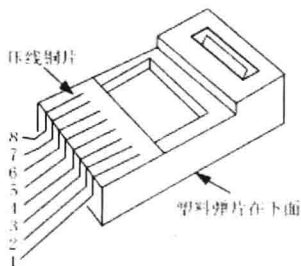


图 1.3 RJ-45 接头



(6) 在线序正确的情况下, 将 RJ-45 接头放入压线钳的压槽内, 握住压线钳的手柄, 用压头器压紧 RJ-45 接头, 确保每一根线与接头的引脚充分接触。

(7) 用同样的方法, 制作双绞线的另一端, 这样一根直通线就制作完成了。