



国家示范性中等职业教育精品教材

计算机网络技术

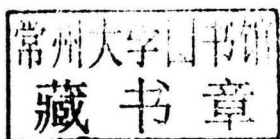
张乃平 编著



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

计算机网络技术

张乃平 编著



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

内容简介

本课程是中等职业学校计算机专业课程之一。课程紧密结合国家工信部行业技能鉴定中心的网络技术技能认证考核要求,详述了局域网原理、以太网组网技术、TCP/IP 协议及 IPv4 地址、网络互联与路由选择技术、广域网与 Internet 接入技术、无线局域网和计算机网络安全及实验指导。

内容新颖、翔实、系统,技术性强,概念清晰,每章备有复习思考题,知识点分布均衡,并附参考答案,便于学生学习时参考。为了便于学生应用“Packet Tracer”软件进行网络模拟实验,还附录了 Cisco 的“Packet Tracer 网络模拟软件”的使用方法。可作为大中专院校计算机及相关专业学生和企业技术人员的教材和教学参考书,也可作为其他行业的网络应用培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术/张乃平编著. —广州:华南理工大学出版社,2015. 1 (2018. 7 重印)
国家示范性中等职业技术教育精品教材
ISBN 978 - 7 - 5623 - 4538 - 1

I. ①计… II. ①张… III. ①计算机网络 - 中等专业学校 - 教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 021486 号

JISUANJI WANGLUO JISHU

计算机网络技术

张乃平 编著

出 版 人: 卢家明

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutc13@scut.edu.cn

营销部电话: 020 - 87113487 87111048 (传真)

策划编辑: 何丽云

责任编辑: 何丽云

印 刷 者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 17.25 字数: 430 千

版 次: 2015 年 1 月第 1 版 2018 年 7 月第 2 次印刷

定 价: 39.80 元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

前言

■ 21 世纪人类跨入了一个崭新的计算机网络时代，因此了解网络、认识网络、掌握计算机网络的基本技术和应用已是 21 世纪实用型人才的基本素质之一。随着计算机网络在各行业中的广泛应用，“计算机网络技术”课程已成为计算机类专业的一门重要基础课。

本课程以培养技能型人才为导向，注重理论与案例相结合的教学。同时遵循中等职业院校学生的认知规律，紧密结合国家工信部通信行业技能鉴定中心的网络技术技能认证考核要求，在编写过程中考虑企业技术人员的需求，紧密结合工作岗位，与职业岗位对接；以项目任务为驱动，强化知识与技能的整合；以技能认证为方向，促进学生养成规范职业行为；将创新理念贯彻到内容选取、教材体例等方面，以满足发展为中心，培养学生创新能力和自学能力。

本课程除了大量设计应用案例，每个案例都能覆盖本课程的知识点，使抽象、难懂的教学内容变得直观、易懂和容易掌握外，还充分利用移动互联网资源、本课程网站资源，在网上和移动互联网智能终端开展教学活动，包括网络课程学习、自主学习、课后复习、课件下载、作业提交、专题讨论、网上答疑等，使学生可以不受时间、地点的限制，方便地进行学习。

本教材是一本面向职业技术教育的“计算机网络技术”教材，也可作为大中专学生学习“计算机网络技术”的参考书。在教材中编入了通信和数制方面的基础知识，希望能够为学生顺利学习计算机网络技术奠定一定的基础，减少学生学习计算机网络技术的难度。

为了减小对计算机网络的抽象概念的理解难度，教材中插入了较多的图形和实例，从而将抽象的概念转变为较为直观的实例，便于学生阅读、学习、理解和应用。

为适应现代计算机网络技术的发展，本教材中实例的操作应用于微软的 Windows 7 操作系统平台。介绍了“Microsoft 网络的文件和打印机共享”配置、“IPv4 地址”配置、Cisco“交换机和路由器”常用配置、ADSL2“Internet 接入”配

置以及“无线网络”配置等实例，是一本职业技术教育的精品教材。

在教材的编写过程中始终从当前职业技术教育的实际出发，一方面重视基础知识的铺垫，另一方面注重内容的实用性和系统性。本教材内容的实用性、技术性、系统性、逻辑性、完整性和新颖性是本书作者在编写过程中自始至终追求的目标。

为了帮助读者巩固学习成果，本教材提供了常用的操作实例和交换机、路由器的配置实例，并在每章的后面编有复习思考题。题目紧扣教材内容和计算机网络知识的要点，难度适中，同时在附录 A 中给出了参考答案。

在第十一章的“实验指导”一章中设计了十个网络实验，能够帮助教师顺利地进行“计算机网络技术”课的实验教学，同时为学生顺利完成实验报告提供了翔实的依据。

另外，为了帮助读者研究和学习网络，附录 B“网络模拟软件 Packet Tracer”介绍了 Cisco 公司的 Packet Tracer 网络模拟实验软件使用方法，便于学生在学习网络知识的同时，应用 Packet Tracer 软件进行网络模拟实验。

“计算机网络技术”内容广、涉及学科多，本教材编写过程中参考了较多的教材、专著和相关文稿，特向原作者表示感谢。

在本教材的编写过程中得到了很多同仁的帮助和支持，在此一并表示感谢！

由于水平和时间所限，书中的错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目录

第一章 计算机网络的基本概念 1

1.1 计算机网络概述 1

- 1.1.1 计算机网络的基本概念 1
- 1.1.2 计算机网络的应用 1
- 1.1.3 计算机网络的分类 2
- 1.1.4 计算机网络的发展 3

1.2 数据通信 3

- 1.2.1 数据传输方式 4
- 1.2.2 数据的编码与调制技术 6
- 1.2.3 数字信号的调制 9
- 1.2.4 信道的多路复用技术 11

1.3 计算机网络的组成与通信模型 14

- 1.3.1 计算机网络的组成 14
- 1.3.2 数据通信系统的基本模型 15

1.4 计算机网络的体系结构 17

- 1.4.1 协议的基本概念 17
- 1.4.2 ISO/OSI 参考模型 17
- 1.4.3 ISO/OSI 参考模型各层的主要功能 18
- 1.4.4 数据的封装与拆封过程 19

1.5 TCP/IP 协议 20

- 1.5.1 TCP/IP 协议的体系结构 20

- 1.5.2 TCP/IP 协议各层的主要功能 22

- 1.5.3 TCP/IP 协议对数据流的分段过程 23

复习思考题 24

第二章 局域网 26

2.1 局域网的基本概念 26

- 2.1.1 局域网技术的主要特点 26
- 2.1.2 局域网的拓扑结构 27

2.2 局域网传输介质及布线标准 28

- 2.2.1 局域网传输介质 28
- 2.2.2 非屏蔽双绞线布线标准 30

2.3 以太网的主要标准 33

- 2.3.1 IEEE 802 局域网参考模型 33
- 2.3.2 IEEE 802 标准 34

2.4 介质访问控制方法 35

- 2.4.1 分布式传输控制 35
- 2.4.2 CSMA/CD 介质访问控制方式 36
- 2.4.3 Token Bus 介质访问控制方式 37
- 2.4.4 Token Ring 令牌环介质访问控制方式 38



2.5 以太网组网设备 39

2.5.1 网络适配器 39

2.5.2 集线器 41

2.5.3 以太网交换机 42

2.5.4 常见局域网类型 45

复习思考题 46

第三章 组建以太网 47

3.1 以太网组网设备的参数 47

3.1.1 关于传输介质的物理层标准 47

3.1.2 以太网网卡 48

3.1.3 以太网集线器 49

3.1.4 以太网交换机 50

3.1.5 计算机 51

3.2 集线器网络的构成 52

3.2.1 双绞线网线的制作 53

3.2.2 单集线器构成的简单以太网 55

3.3 多集线器网络 67

3.3.1 多集线器以太网 67

3.3.2 交换机、集线器混合组网方式 69

3.3.3 交换式以太网 70

复习思考题 73

第四章 虚拟局域网 VLAN 75

4.1 交换机工作原理 75

4.1.1 交换机的基本功能 75

4.1.2 交换机的端口/MAC 地址表 76

4.2 虚拟局域网 VLAN 77

4.2.1 虚拟局域网 VLAN 的特点及其优势 77

4.2.2 虚拟局域网 VLAN 的工作方式 79

4.2.3 生成树协议 82

4.3 虚拟局域网 VLAN 的配置 83

4.3.1 Cisco Catalyst 2950 交换机基本配置 83

4.3.2 交换机的基本配置命令 89

4.3.3 单交换机的静态 VLAN 的配置 90

4.3.4 在数据库配置模式中配置静态 VLAN 93

4.3.5 多交换机的 VLAN 配置举例 94

4.3.6 Cisco 交换机生成树协议 STP 模式的配置 96

复习思考题 100

第五章 IP 地址 102

5.1 IP 地址概念 102

5.1.1 IP 地址的作用 102

5.1.2 IP 地址的分类 105

5.1.3 特殊的 IP 地址形式 107

5.2 子网的划分与 C 类网的合并 108

5.2.1 IP 地址的掩码 (Address Mask) 108

5.2.2 IP 地址的配置实例 109

5.2.3 子网的划分与 C 类地址块的合并 111

5.2.4 子网编址实例 114

复习思考题 117





第六章 TCP/IP 协议数据单元	119
6.1 应用层协议与数据	119
6.1.1 应用层的主要功能	119
6.1.2 应用层协议的主要工作模式	120
6.1.3 TCP/IP 协议端口号	122
6.2 TCP/IP 协议的传输协议与协议数据单元	123
6.2.1 传输控制协议 TCP 的数据分组格式	123
6.2.2 传输控制协议 TCP	125
6.2.3 UDP 协议的数据报格式	129
6.3 网络层协议	130
6.3.1 网络层的数据传输方式	131
6.3.2 IP 数据报	132
6.3.3 ARP(Address Resolution Protocol)地址解析协议	134
6.3.4 ICMP 控制报文协议	136
6.3.5 Ping 命令的使用	139
6.4 网络接口层	142
6.4.1 接口层结构	142
6.4.2 以太网帧结构	144
复习思考题	146
第七章 路由选择技术	148
7.1 路由选择的基本概念	148
7.1.1 IP 网络工作原理	148
7.1.2 路由表	149
7.1.3 特殊路由	151
7.2 静态路由与动态路由	154
7.2.1 静态路由	154
7.2.2 动态路由	154
7.3 路由选择协议	156
7.3.1 路由信息协议 RIP	157
7.3.2 链路-状态路由选择协议	159
7.4 路由器配置	161
7.4.1 Cisco 路由器的结构	161
7.4.2 Cisco IOS 的基本操作	164
7.4.3 路由器的基本配置	169
7.4.4 路由选择功能的配置	177
复习思考题	182
第八章 广域网	183
8.1 广域网概述	183
8.1.1 广域网远程数据交换线路	183
8.1.2 Internet 接入方式	187
8.1.3 广域网通信协议	188
8.2 ADSL 接入 Internet 技术与 NAT 协议	190
8.2.1 ADSL 互联网接入技术	190
8.2.2 NAT 协议	192
8.2.3 ADSL 配置实例	195
复习思考题	201
第九章 无线局域网	203
9.1 无线局域网的传输方式	203
9.1.1 无线电电磁波的传播方式	203
9.1.2 无线局域网标准	206
9.1.3 无线局域网介质访问规则	210



9.2 无线局域网的组网模式 211

9.2.1 自组无线局域网模式 211

9.2.2 基础设施无线局域网 212

9.2.3 无线网的基本安全协议 214

9.3 无线局域网的组网实例 215

9.3.1 无线局域网组网设备 215

9.3.2 基础设施无线局域网的组网实例 217

9.3.3 无线宽带路由器的配置 218

9.3.4 基于 AP 的无线站点 STA 的配置 225

复习思考题 227

第十章 网络安全概述 228

10.1 网络安全的基本概念 228

10.2 网络系统的安全措施 229

10.2.1 网络工作环境 229

10.2.2 网络硬件系统的安全 229

10.2.3 网络软件系统的安全 230

10.3 网络信息安全技术 231

10.3.1 加密技术 231

10.3.2 认证技术 232

复习思考题 233

第十一章 实验指导 234

实验一 Packet Tracer 创建
连接仿真网络 234

实验二 双绞线制作 235

实验三 文件共享设置 236

实验四 交换机级联 237

实验五 单交换机的 VLAN
配置 238实验六 多交换机的 VLAN
配置 239

实验七 子网 IP 地址的配置 241

实验八 静态路由配置 242

实验九 动态路由协议 RIP
配置 244实验十 基础设施 AP 点无线
网基本配置的仿真
实验 246

附录 A 复习思考题参考答案 248

附录 B 网络模拟软件 Packet
Tracer 250

参考文献 264



第一章 计算机网络的基本概念

本章学习目标

- 计算机网络的基本概念、应用、分类和发展
- 数字信号的编码与调制技术和传输方式
- OSI 参考模型和 TCP/IP 协议

1.1 计算机网络概述

计算机网络是现代科技的重要标志之一，它是发展最为迅速、应用最为广泛的一门学科。如何更进一步地研究好网络、应用好网络已是现代社会发展必须解决的问题。

1.1.1 计算机网络的基本概念

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物。计算机网络是在 20 世纪 60 年代产生的新技术，涉及计算机和通信两大技术领域。计算机网络在各个领域中的广泛应用对社会的快速发展起到了巨大的推动作用。

计算机网络是由通信线路、计算机和网络软件组成的资源处理与共享系统。连接网络的传输介质可以是双绞线、同轴电缆、光纤、无线电电磁波和其他通信线路。构成网络的计算机可以是微型计算机、小型计算机、大型计算机、巨型计算机，这些计算机可联网工作，也可独立工作。计算机网络软件是计算机网络的灵魂，由计算机网络操作系统和计算机网络应用软件两大部分组成。计算机网络的功能在一定程度上取决于计算机网络的应用软件。

1.1.2 计算机网络的应用

随着网络科技的发展，计算机网络已广泛应用于社会的各个领域。

一、办公自动化

利用网络实现办公自动化，快速高效地处理各种办公信息，不仅提高了企业和政府机构的工作效率，同时也降低了管理成本。

二、网络通信

通过 Internet 收发电子邮件，用 Internet - IP 电话进行长途通话可大幅降低通话费用。





目前的宽带网络技术和多媒体技术的发展给网络通信带来了更广阔的前景。

三、金融管理

计算机网络在证券交易、期货交易、信用卡方面的应用取得了巨大的成功。人们在家中可以买卖股票、用信用卡异地存取，极大地方便了人们的工作和生活。

四、文教卫生

教师通过网络异地授课、批改作业，高考网上报名、录取，名医为患者异地治病、会诊开药方，等等，为教育和医疗事业的发展带来了新的动力。

五、财务管理

利用网络进行财务管理不仅提高了财务结算效率，而且快速有效、安全可靠。

六、电子商务

电子商务是以计算机网络为基础的一种新型商业活动。与传统的商业活动不同的是，它不受时间和空间的限制。电子商务主要包括网上订货、网上购物、网上竞拍、网上银行等形式的商务活动。

七、信息检索

Internet 走进千家万户，人们可以在网上浏览各种信息，真正地实现了足不出户全知天下事。

计算机网络的应用对社会的发展和对人们的生活方式带来了深刻的变化，计算机网络的应用前景非常广阔。



1.1.3 计算机网络的分类

当计算机网络的地理覆盖范围不同时，在组网过程中采用的组网技术和设备就会有所不同。根据网络覆盖区域大小来分类，能够较好地体现网络的技术特征。通常计算机网络按照覆盖区域的大小可分为局域网 LAN(Local Area Network)、城域网 MAN(Metropolitan Area Network) 和广域网 WAN(Wide Area Network)。

(1) 局域网 LAN

局域网的覆盖范围一般在一公里之内。局域网一般用集线器、交换机通过双绞线、光纤或同轴电缆直接连接构成。局域网常用于学校、机关、商场的办公室内。数据传输速率一般为 10Mbps、100Mbps、1000Mbps。其特点是组网简单，可靠性高，数据传输速率高。

(2) 城域网 MAN

城域网的覆盖范围介于广域网与局域网之间，一般组建范围从几公里到几十公里。主要用于企业、机关和政府城镇小范围内构建跨区域性互联网。传输介质一般以光纤为主或借用其他远程通信线路(如电话线等)，实现用户之间的数据、语音、图像、视频等多媒体信息传输。一般传输速率为 45 ~ 100 Mbps。

(3) 广域网 WAN

广域网又称远程网，覆盖范围从几十公里到几千公里。广域网把不同地区的计算机互相连接起来，形成资源共享的远程网络。利用远程通信技术，广域网可以覆盖一个国家，



甚至横跨几个洲。国际互联网 Internet 就是一个典型的广域网。由于广域网传输距离远,因此广域网必须用远程通信系统进行联网。广域网的数据传输的误码率较高,数据传输速率低是广域网面临的主要问题,广域网的数据传输速率为 $1200\text{bps} \sim 45\text{Mbps}$ 。

1.1.4 计算机网络的发展

计算机网络的发展大致经历了 3 个阶段:

(1) 终端联机(On Line) 阶段

在 20 世纪 50 年代,因计算机数量少、造价昂贵,如何共享计算机硬件资源就成为计算机应用的首要问题。将无自主处理能力的终端通过通信线路连接到一台中心计算机,就构成了最初的以共享计算机为主要目的的“终端计算机网络”。其主要特点是中心计算机分时为远程终端提供服务。当接入中心计算机的终端数量增多时,就会出现中心计算机负载过大的现象。终端网络系统中的中心计算机既要处理各终端委托的数据处理任务,又要承担终端间的信息传输任务,不但影响了主机的数据处理能力,还降低了通信线路的利用率。但这一时期对终端网络的应用和研究,为后来计算机网络的形成奠定了基础。

(2) 计算机网络阶段

20 世纪 60 年代中期,美国国防部高级研究计划局(advanced research project agency, ARPA) 的 ARPANET 网成为现代网络的重要标志。该网引入了资源子网与通信子网的概念,采用了层次体系结构。其核心技术是数据分组交换技术。

20 世纪 80 年代国际标准化组织 ISO(international organization for standardization, ISO 来源于希腊语 ISOS) 制定了“开放系统互联参考模型”OSI(open system interconnection reference mode)。同时期的局域网技术逐渐成熟,以太网 Ethernet、令牌总线 TokenBus、令牌环 TokenRing 三种局域网技术已成为国际标准。组成局域网的计算机具有自主处理数据的能力,联网传输线路采用共享传输介质方式。该阶段出现了局域网 LAN、城域网 MAN、广域网 WAN。

(3) 网络互联阶段

20 世纪 90 年代,随着计算机网络的应用和发展,网络互联风靡全球,形成了全球最大的互联网——因特网(Internet)。全球信息网 WWW(world wide web) 是 Internet 最具特色、最广泛的应用之一,它给世界带来了全新的信息交流方式。这一时期的局域网已成为网络互联结构中的基本单元。从 20 世纪末到 21 世纪初,传输速率达 100Mbps 的快速以太网(Fast Ethernet)、 1000Mbps 千兆以太网技术已相当成熟。目前网络的发展已进入了一个崭新的时代,例如 ATM 异步交换机可将局域网和广域网有机地构成一个整体,ATM 异步交换机的高速数据交换性能和可变带宽性能的独特技术,被广泛用于电信、邮政网的主干网段。中国公用多媒体 ATM 宽带网(CHINAATM) 是中国电信投资建设并经营管理的以异步转移模式(ATM) 技术为基础的,向社会提供超高速综合信息传送服务的全国性网络。

1.2 数据通信

计算机在网络通信中,会将所有的信息表示为 0 和 1 组成的二进制序列,形成计算机



特有的数字数据，这样的二进制数字数据序列有时称为数据流。因为在计算机领域将一个二进制位称为比特(bit)，所以二进制数字数据的序列又称为比特流。网络传输速率是以比特为单位的，例如快速以太网的传输速率为 100Mbps(每秒 100Mbit)。

计算机网络通过信道传输数字数据，信道是指传输信息的介质或通道。远距离的数据传输是通过远程通信系统完成的。

通信系统分为数字通信和模拟通信两大类：数字通信系统传输的是数字信号；模拟通信系统传输的是模拟信号。在传输数字数据前，必须根据相应的通信系统的类型将数字数据变换为能够传输的数字信号或模拟信号，这些信号的物理量一般是电压、电流、光信号或电磁波等。目前的电信系统可传输任何类型的数据(不论是数字的还是模拟的)，其信息可以是文字、图像、图片、语音、视频等。

1.2.1 数据传输方式

在数字通信技术中将数据传输方式分为串行和并行两种，无论哪种传输方式，通信的双方都要保持高度的协调性和一致性，比如双方传送数据的速率、每比特持续的时间要相同。通信的双方协同动作的控制技术叫做同步，只有在收发的两端同步工作时，才能避免传输的数据出错。通常，串行传输中使用的同步技术有两种：同步传输和异步传输。

通常根据不同的用途，通信系统的工作模式可分为三种：单工、半双工、全双工。

一、并行传输与串行传输

并行传输是指多个数据位(bits) 同时传输，这需要多个传输信道。并行传输的数据位一般是 2 的整数倍，如 4 位、8 位、16 位等。英文字符的 ASCII 码是 8 位二进制编码，并行传输一个字符需要 8 个信道同时传输，如图 1-1 所示。

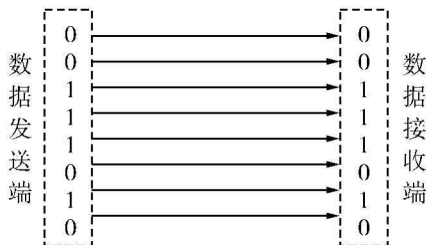


图 1-1 并行传输

并行传输系统在发送端与接收端之间需要有多条信道(多条线路)，特点是结构复杂、速度快，适合于近距离的高速传输。在计算机内部的数据传输都是并行的，近距离的计算机之间、近距离的计算机与外设之间可选择并行传输。

串行传输是指数据在一个信道上的顺序传输方式。对于 8 位的 ASCII 码来讲，传送一个字符，就是让 ASCII 码由低位到高位次序顺序通过同一个信道，如图 1-2 所示。

串行通信系统结构简单、可靠性较高，收发端之间只需一条信道，因此串行通信适合于远距离通信。无论是局域网、城域网还是广域网，计算机网络都采用了串行通信方式。在发送数据时，计算机中的网络接口要将内部的并行数据转换为串行数据；在接收数据

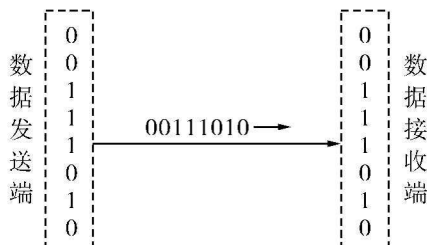


图 1-2 串行传输

时，计算机中的网络接口要将接收到的串行数据转换为计算机能够存储的并行数据。

二、异步传输与同步传输

在串行通信技术中，采用两种同步方式：异步传输和同步传输。

(1) 异步传输

在异步传输方式中，每传送一个字符，都要在字符编码的前面加一个起始位，表示字符编码的开始；在字符编码的结束处增加一到两位的停止位，表示字符传输的结束。在接收端，利用起始位和停止位来判断一个字符的开始与结束，从而起到了同步控制的作用（如图 1-3 所示）。异步传输方式实现起来较容易，但在传送一个字符时，因为有起始位与停止位，所以每传送一个字符都要多传两到三位的数字。



图 1-3 异步传输

(2) 同步传输

在同步传输方式中，发送方和接收方通过数据流中的同步字节进行同步。其传输的信息单元的格式相当于一组字符，这一组字符的编码构成了一串二进制码，通常称为数据帧。

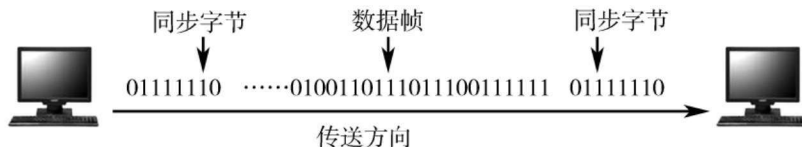


图 1-4 同步传输

如图 1-4 所示，同步传输在发送数据帧之前首先发送一字节的同步数字，然后发送数据帧；在数据帧结束后再发送一字节的同步数字，表示数据帧的结束。同步字节的数字由以下两个协议规定：



面向字符的同步协议(IBM 的 BSC 协议)在发送数据帧之前首先发送一或两个同步字符 SYN (01101000);而面向 bit 的同步协议(ISO 的 HDLC 协议)在发送数据帧之前后分别插入一个同步字节(01111110)。

同步通信传送数据帧的位数几乎不受限制,通常一次通信所传输的数据有几十到几千个字节,通信效率较高。但同步传输要求在通信中保持精确的同步时钟,所以其发送器和接收器比较复杂,成本也较高,一般用于传送速率要求较高的场合。

三、单工、半双工、全双工

数据通信在线路上的传输是有方向的,按照数据传输的方向和时间的关系,可以分三种不同的工作模式:单工、半双工、全双工,如图 1-5 所示。

单工模式是指通信的方向是单向的,比如收音机、电视机的信号传输都是单向的。这种工作模式的发送方只发送数据,不能接收数据;接收方只能接收数据,不能发送数据。

半双工模式则不同,半双工可以进行双向通信,但不能同时进行。对讲机就是半双工通信模式,要将发送状态变为接收状态时需要用开关切换。

全双工模式是同时双向通信模式,比如电话就是全双工通信模式,以太网也是全双工通信模式。

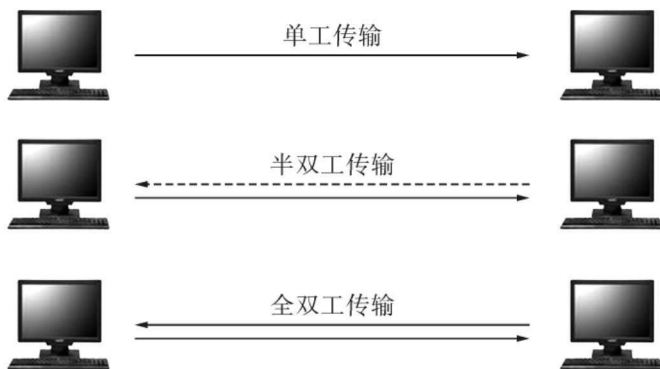


图 1-5 单工、半双工、全双工

1.2.2 数据的编码与调制技术

计算机中的数字数据通常是不适合直接传输的,为了提高数字信道传输的可靠性和有效性,必须将要传输的数字数据变换为特定的数字信号,这种变换过程叫编码。

经编码产生的带有数字信息的信号叫基带信号,近距离的情况下可直接传输,这种传输方式也叫基带传输。基带传输的特点是速度快、设备简单、只能用于近距离的数字通信。

远距离的数字通信多为频带传输。频带传输就是将基带信号变换(调制)成较高频率范围的模拟信号,通过远程模拟信道传输的数字信号传输方式。调制产生的高频模拟信号又称为频带信号,频带信号非常适合在远程通信系统的模拟信道中传输。计算机网络的远距



离通信通常采用的是频带传输。基带信号与频带信号的转换是由调制解调技术完成的。

一、数字信号的编码

数字信号的基本编码方式有三种：不归零编码、曼彻斯特编码、差分曼彻斯特编码。

不归零编码(Non return to zero)是用一种电平表示“1”，用另一种电平表示“0”；通常是用高电平表示“1”，低电平表示“0”。这种编码的缺点是编码信号中没有同步信息，必须用其他的同步措施，如图1-6所示。

曼彻斯特编码(Manchester)是每一个二进制位的信号的中间都有跳变，可设定由高电平跃变到低电平表示“1”，由低电平跃变到高电平表示“0”。这样二进制位的中间的跃变可作为发送端和接收端的时钟信号，可保持发送端与接收端的同步，如图1-6所示。

差分曼彻斯特编码(Difference Manchester)是对曼彻斯特编码的改进，每位中间的跳变仅提供时钟定时，而用每位开始时有无跳变表示“0”或“1”，有跳变为“0”，无跳变为“1”，如图1-6所示。

两种曼彻斯特编码是将时钟和数据包含在数据流中，在传输代码信息的同时，也将时钟同步信号一起传输到对方，每位编码中有一跳变，不存在直流分量，因此具有自同步能力和良好的抗干扰性能。但每一个码元都被调制成两个电平，所以数据传输速率只有调制速率的 $1/2$ 。

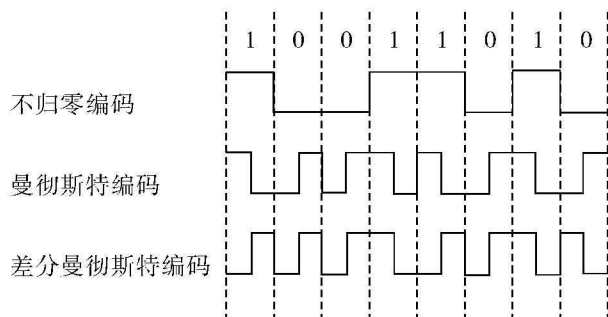


图1-6 数字信号的编码

二、数字信号的调制与解调

为了能通过远程通信系统传输数字信号，必须使用调制技术。用数字信号对高频信号进行调制(Modulation) 有两个目的：

- 一是实现数字信号到高频模拟信号的变换。
- 二是实现传输信号频率上移到更高的频率。

只有调制后的高频模拟信号才能使用远程通信系统，因为只有高频频带信号适合远程通信系统传输。

在发送端将数字信号转换为高频模拟信号的设备称调制器(Modulator) ，在接收端将高频模拟信号转换为数字信号的设备称解调器(Demodulator) 。如果通信系统能够以全双工方式传输，在发送端和接收端必须具有同时调制和解调的功能设备，这样的设备称调制解调器(Modem) 。用电话线传输数字信号的过程就是用调制解调器完成的(如图1-7 所示) 。

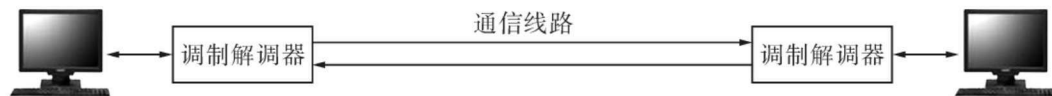


图 1-7 用电话线传输数字信号的过程

三、调制的概念与频谱的搬移

(1) 调制

调制是通过调制信号对高频载波信号的某项参数进行调制实现的, 高频载波信号是一正弦波, 调制信号是通信系统要传输的低频信号(比如语音或图像等)。

调制的目的是将低频调制信号装载到高频载波信号上去, 使调制后的高频信号携带调制信号的信息。

图 1-8 描述了实现调制的过程, 通过调制电路, 用低频信号改变高频载波的某相参数, 形成高频已调波。对于模拟信号的远程通信系统, 基本的调制方式有调幅、调频和调相三种。图 1-9 详细地描述了三种调制过程中的波形的变换。

调幅——用低频信号改变高频载波的振幅 A , 形成高频调幅波(如图 1-9c 所示)。

调频——用低频信号改变高频载波的频率 f , 形成高频调频波(如图 1-9d 所示)。

调相——用低频信号改变高频载波的相位 θ , 形成高频调相波(如图 1-9e 所示)。

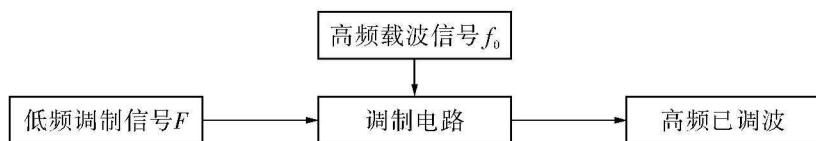


图 1-8 调制的过程

(2) 信号的频带宽度

任何一种信号都是由不同频率的信号组成的。如图 1-10 所示, 低频调制信号的频率范围是 $F_{\max} \sim F_{\min}$, 高频载波信号的频率是 f_0 。无论是调幅、调频还是调相, 经调制后的信号的频率上移到高频载波频率 f_0 的两边, 形成了两个边带, 从而实现低频信号向高频的搬移。

组成某一种信号的频率范围称为频带宽度, 简称频宽。通常用 B_f 来表示信号的频带宽度。

即 $B_f = \text{信号的最高频率} - \text{信号的最低频率}$

图 1-10 中的已调波的频带宽度 $B_f = f_h - f_l$, 通常用下面的方法估算高频已调信号的带宽:

调幅信号的带宽为

$B_f = 2 \times F_{\max}$ (即是调制信号最高频率的两倍)

调频和调相信号的“带宽”要比调幅信号的“带宽”宽, 可以用卡森定律计算:

即 $B_f = 2(\Delta f + F_{\max})$

$F_{\max}$ 是低频调制信号的最高频率, Δf 是调频信号或者是调相信号的最大频偏。