



全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试指定用书

网络管理员教程

（第4版）

严体华 张武军 主编

全国计算机专业技术资格考试办公室组编

清华大学出版社



全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）

网络管理员教程

（第4版）

严体华 张武军 主编

全国计算机专业技术资格考试办公室组编

清华大学出版社

内 容 简 介

本书按照全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试要求编写,内容紧扣《网络管理员考试大纲》。全书共分8章,分别对计算机网络基本概念、互联网及其应用、局域网技术与综合布线、网络操作系统、应用服务器配置、Web网站建设、网络安全和网络管理进行了系统的讲解。

本书层次清晰、内容丰富,注重理论与实践相结合,力求反映计算机网络技术的最新发展,既可作为网络管理员资格考试的教材,也可作为各类网络与通信技术基础培训的教材。

本书扉页为防伪页,封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

网络管理员教程/严体华,张武军主编. —4版. —北京:清华大学出版社,2014
全国计算机技术与软件专业技术资格(水平)考试指定用书
ISBN 978-7-302-36803-8

I. ①网… II. ①严…②张… III. ①计算机网络管理-工程技术人员-资格考试-教材 IV. ①TP393.07

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第124333号

责任编辑:柴文强 王冰飞

封面设计:常雪影

责任校对:胡伟民

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm 印 张:30.5 防伪页:1 字 数:700千字

版 次:2004年7月第1版 2014年8月第4版 印 次:2014年8月第1次印刷

印 数:1~10000

定 价:59.00元

产品编号:060346-01

序 言

由人力资源和社会保障部、工业和信息化部共同组织的“全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试”（简称软考），肩负着科学评价选拔软件专业技术人才的光荣使命，肩负着正确引导软件行业专业技术人员潜心钻研、提高能力、加强创新的光荣使命，肩负着加强软件行业专业技术人员队伍建设的光荣使命。自 1991 年开考以来，软考坚持专业化、国际化、品牌化的发展方向，全国累计报名人数 330 万人，培养选拔软件行业专业技术人员 64 万人，部分考试标准与日本、韩国互认，为全国计算机和软件专业技术人员（包括香港、澳门和台湾地区来大陆就业的人员）提供了科学的评价体系和评价机制，为推动“两化”深度融合，提高工业信息化水平，走新型工业化道路提供了有力支撑。

党中央、国务院一直高度重视信息技术产业发展。以 2000 年的《国务院关于印发鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策的通知》（国发【2000】18 号文件）和 2011 年的《国务院关于印发进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展的若干政策的通知》（国发【2011】4 号文件）为重要标志的一系列政策措施，为软件产业和集成电路产业乃至整个信息技术产业发展提供了强劲动力。2011 年，我国软件产业实现业务收入超过 1.84 万亿元，产业规模是 2005 年的 4.7 倍，同比增长 32.4%，超过“十一五”期间平均增速 4.4 个百分点，实现了“十二五”的良好开局。软件产业占电子信息产业比重从 2000 年的 5.8% 上升到 19.9%。软件企业数量超过 3 万家，从业人数超过 300 万人。2012 年上半年，我国软件产业实现软件业务收入 10988 亿元，同比增长 26.2%。软件和信息服务业的持续快速发展，国民经济和社会信息化建设的深入开展，使软件人才和信息技术人才供给不足的问题依旧突出。按照国发【2011】4 号文件提出的“努力培养国际化、复合型、实用性人才”的要求，工业和信息化部教育与考试中心组织一批理论水平高、经验丰富的专家学者和业界精英，结合考试大纲和软件产业技术发展趋势，对原有的“全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试教材和辅导用书”进行了更新，为广大软件行业从业人员提高学习能力、实践能力、创新能力和职业道德水平提供了依据。

当前，我国正处在全面建成小康社会的决定性阶段。坚持走中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化道路，推动信息化和工业化深度融合、工业化和城镇化良性互动、城镇化和农业现代化相互协调，促进工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展，是党中央的重要战略部署。造就规模宏大、素质优良的人才队伍，推动我国由人才大国迈向人才强国，既是

构成这一重要战略部署的紧迫任务，也是实施这一重要战略部署的关键措施。从现在起至全面建成小康社会的这一历史时期，信息技术仍然是走中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化道路的先导性技术；全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试也应该看做是落实党的十八大关于“推进各类人才队伍建设，实施重大人才工程，加大创新创业人才培养支持力度，重视实用人才培养”指示的重要组成部分。好雨知时节，当春乃发生——我相信，全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试教材和辅导用书的及时更新必将为我国信息技术人才队伍发展壮大、为软件和信息服务业做大做强、为服务经济转型升级做出更大的贡献；同时我们也要注意，近年来，以云计算、物联网、移动互联网和大数据技术等为热点的新一代信息技术，正在对软件和信息服务业带来一系列深刻变化，也对软件和信息技术在各个领域的应用产生重要影响，我希望，在保持这套教材和辅导用书在一个时期内相对稳定的同时，也要注意及时反映信息技术的新变化、新进展，以跟上软件和信息服务业蓬勃发展的需要，跟上信息化以及新型工业化、城镇化和农业现代化建设蓬勃发展的需要。



前 言

全国计算机软件考试实施至今已经历了 20 余年，在社会上产生了很大的影响，对我国软件产业的形成和发展做出了重要的贡献。随着因特网的迅猛发展，电子政务、电子商务的快速兴起，人类正以前所未有的速度跨入信息化社会，进入网络时代。计算机网络逐渐成为人类各种活动中必不可少的一部分，成为政府施政、企业管理、商家经营的主要平台，成为人与人之间进行沟通的主要方式。为了适应我国信息化发展的需求，人力资源和社会保障部、工业和信息化部决定将考试的级别拓展到计算机技术与软件各个方面，并设置了网络管理员级别的考试，以满足社会上对各种信息技术人才的需要。

编者受全国计算机专业技术资格考试办公室委托，对《网络管理员教程第 3 版（修订版）》进行了改写，以适应网络管理员级别考试大纲的要求。编者在撰写本书时紧扣《网络管理员考试大纲》，对考生需要掌握的内容进行了全面、深入的阐述。全书共分 8 章，对计算机网络基本概念、互联网及其应用、局域网技术与综合布线、网络操作系统、应用服务器配置、Web 网站建设、网络安全和网络管理进行了系统的讲解。需要指出的是，计算机网络管理既具有较强的理论性，又是一门实践性很强的实用技术。所以，希望读者在学习过程中注意理论与实践相结合。本书是全国计算机技术与软件专业技术资格（水平）考试网络管理员教材，也可作为初级网络管理工程技术人员的参考书。

本书由严体华、张武军主编，张国鸣主审，第 1 章和第 2 章由严体华、吴晓葵编写，第 3 章由吴晓葵编写，第 4 章、第 5 章由严体华和张凡编写，第 6 章由张志钦、张武军编写，第 7 章、第 8 章由严体华、张武军编写。全书由严体华、张武军统稿。

本教材对网络操作系统、应用服务器配置以及网络管理工具等方面内容进行了修改，希望读者给予注意。

编 者

2014 年 3 月

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 数据通信基础.....	1
1.1.1 数据通信的基本概念.....	1
1.1.2 数据传输.....	3
1.1.3 数据编码.....	7
1.1.4 多路复用技术.....	9
1.1.5 数据交换技术.....	13
1.2 计算机网络简介.....	16
1.2.1 计算机网络的概念.....	16
1.2.2 计算机网络的分类.....	17
1.2.3 计算机网络的构成.....	17
1.3 计算机网络硬件.....	19
1.3.1 计算机网络传输媒介.....	19
1.3.2 计算机网络互连设备.....	23
1.3.3 计算机网络接入技术.....	29
1.4 计算机网络协议.....	37
1.4.1 OSI 体系结构.....	37
1.4.2 TCP/IP 协议.....	41
1.4.3 IP 地址.....	46
1.4.4 域名地址.....	53
1.4.5 IPv6 简介.....	55
第 2 章 互联网及其应用	61
2.1 互联网入门.....	61
2.1.1 互联网简介.....	61
2.1.2 我国的互联网.....	62
2.1.3 接入互联网的方法.....	63
2.2 WWW 基本应用.....	67
2.2.1 WWW 的概念.....	67
2.2.2 利用 IE 浏览 Web 网页.....	70
2.2.3 WWW 搜索引擎.....	71
2.2.4 利用 WWW 服务下载文件.....	76
2.2.5 设置 IE 的 WWW 浏览环境.....	79
2.3 电子邮件.....	84
2.3.1 电子邮件系统的基本概念.....	84
2.3.2 在线收发电子邮件.....	85
2.3.3 利用 Outlook Express 处理电子邮件.....	89
2.4 文件传输.....	97
2.4.1 FTP 的基本概念.....	97
2.4.2 FTP 客户程序浏览器.....	98
2.4.3 FTP 客户程序 FTP.exe.....	99
2.4.4 FTP 客户程序 CuteFTP.....	102
2.5 其他互联网应用.....	105
2.5.1 BBS.....	105
2.5.2 网络新闻组.....	107
2.5.3 IP Phone.....	109
2.5.4 网络娱乐.....	112
2.5.5 虚拟现实.....	121
2.5.6 电子商务.....	122
2.5.7 电子政务.....	124
第 3 章 局域网技术与综合布线	128
3.1 局域网基础.....	128
3.1.1 局域网参考模型.....	128
3.1.2 局域网拓扑结构.....	130
3.1.3 局域网媒介访问控制方法.....	132
3.1.4 无线局域网简介.....	137
3.2 以太网.....	142
3.2.1 以太网简介.....	142
3.2.2 以太网综述.....	143
3.2.3 以太网技术基础.....	147
3.2.4 以太网交换机的部署.....	153
3.3 交换机与路由器的基本配置.....	157

3.3.1 交换机的基本配置	157	5.2 DNS 服务器的配置	285
3.3.2 配置和管理 VLAN	163	5.2.1 DNS 服务器基础	285
3.3.3 路由器	167	5.2.2 安装 DNS 服务器	286
3.3.4 路由器的配置	170	5.2.3 创建区域	287
3.3.5 配置路由协议	173	5.2.4 配置区域属性	288
3.4 综合布线	180	5.2.5 添加资源记录	289
3.4.1 综合布线系统概述	180	5.2.6 配置 DNS 客户端	290
3.4.2 综合布线系统设计	183	5.3 DHCP 服务器的配置	291
3.4.3 综合布线系统的性能指标及测试	189	5.3.1 DHCP 简介	291
第 4 章 网络操作系统	193	5.3.2 安装 DHCP 服务	293
4.1 网络操作系统概述	193	5.3.3 创建 DHCP 作用域	294
4.1.1 网络操作系统的概念	193	5.3.4 设置 DHCP 客户端	298
4.1.2 常见的网络操作系统	194	5.3.5 备份、还原 DHCP 服务器 配置信息	298
4.2 Windows Server 2003 的安装与配置	197	5.4 活动目录和管理域	299
4.2.1 Windows Server 2003 及 其特点	197	5.4.1 活动目录概述	299
4.2.2 Windows Server 2003 的安装	203	5.4.2 安装活动目录	299
4.2.3 Windows Server 2003 的 基本配置	209	5.4.3 活动目录的备份	302
4.2.4 终端服务配置	220	5.5 电子邮件服务器的配置	302
4.2.5 远程管理	225	5.5.1 电子邮件服务器的安装	303
4.3 Red Hat Enterprise Linux 6	235	5.5.2 邮箱存储位置设置	304
4.3.1 Red Hat Linux 简介	235	5.5.3 域管理	305
4.3.2 Red Hat Enterprise Linux 6 的安装	239	5.5.4 邮箱管理	306
4.3.3 Red Hat Enterprise Linux 6 的使用	248	5.6 代理服务器	307
4.3.4 Red Hat Enterprise Linux 6 的基本网络配置	268	第 6 章 Web 网站建设	309
第 5 章 Windows Server 2003 应用 服务器的配置	274	6.1 使用 HTML 制作网页	309
5.1 IIS 服务器的配置	274	6.1.1 HTML 简介	309
5.1.1 IIS 服务器的基本概念	274	6.1.2 HTML 常用元素	310
5.1.2 安装 IIS 服务	275	6.2 网页制作工具	320
5.1.3 Web 服务器的配置	276	6.2.1 Flash 简介	320
5.1.4 FTP 服务器的配置	280	6.2.2 Fireworks 简介	323
		6.2.3 Dreamweaver 简介	327
		6.2.4 Photoshop 简介	330
		6.3 动态网页的制作	333
		6.3.1 ASP	334
		6.3.2 JSP	343

6.3.3 PHP	346	7.7.3 S/MIME	408
6.3.4 ADO 数据库编程	351	7.7.4 安全的电子交易	409
6.4 XML 简介	359	7.7.5 Kerberos	410
6.5 Web 网站的创建与维护	371	7.8 防火墙	411
6.5.1 Web 网站的创建	371	7.8.1 防火墙简介	411
6.5.2 Web 网站的维护	375	7.8.2 防火墙的基本分类及实现原理	413
6.6 使用 HTML 与 ASP 编程实例	376	7.8.3 防火墙系统安装、配置基础	418
6.6.1 实例一	376	7.8.4 防火墙系统安装、配置实例	421
6.6.2 实例二	381	7.8.5 入侵检测的基本概念	426
第7章 网络安全	386	7.9 网络防病毒系统	427
7.1 网络安全基础	386	7.9.1 计算机病毒简介	427
7.1.1 网络安全的基本概念	386	7.9.2 网络病毒简介	432
7.1.2 黑客的攻击手段	388	7.9.3 基于网络的防病毒系统	434
7.1.3 可信计算机系统评估标准	392	7.9.4 漏洞扫描	437
7.2 信息加密技术	396	第8章 网络管理	439
7.2.1 数据加密原理	397	8.1 网络管理简介	439
7.2.2 现代加密技术	397	8.1.1 网络管理概述	439
7.3 认证	400	8.1.2 网络管理的模型	440
7.3.1 基于共享密钥的认证	400	8.1.3 网络管理的功能	442
7.3.2 基于公钥的认证	401	8.1.4 网络管理标准	445
7.4 数字签名	401	8.2 简单网络管理协议	448
7.4.1 基于密钥的数字签名	401	8.2.1 SNMP 概述	448
7.4.2 基于公钥的数字签名	402	8.2.2 管理信息库	449
7.5 报文摘要	402	8.2.3 SNMP 操作	450
7.5.1 报文摘要算法(MD5)	404	8.3 网络管理工具	451
7.5.2 安全散列算法(SHA-1)	404	8.4 网络诊断和配置命令	456
7.6 数字证书	404	8.4.1 Ipconfig	456
7.6.1 数字证书的概念	404	8.4.2 Ping	458
7.6.2 证书的获取	405	8.4.3 Arp	460
7.6.3 证书的吊销	406	8.4.4 Netstat	461
7.7 应用层安全协议	407	8.4.5 Tracert	463
7.7.1 S-HTTP	407	8.4.6 Nslookup	464
7.7.2 PGP	407	8.5 智能化的网络管理	472

第1章 计算机网络概述

1.1 数据通信基础

1.1.1 数据通信的基本概念

1. 数据信号

数据可分为模拟数据与数字数据两种。在通信系统中,表示模拟数据的信号称作模拟信号,表示数字数据的信号称作数字信号,二者可以相互转化。模拟信号在时间和幅度取值上都是连续的,其电平也随时间连续变化,如图 1-1 (a) 所示。例如,话音是典型的模拟信号,其他由模拟传感器接收到的信号(如温度、压力、流量等)也都是模拟信号。数字信号在时间上是离散的,在幅值上是经过量化的,它一般是由二进制代码 0、1 组成的数字序列,如图 1-1 (b) 所示。计算机中传送的是典型的数字信号。

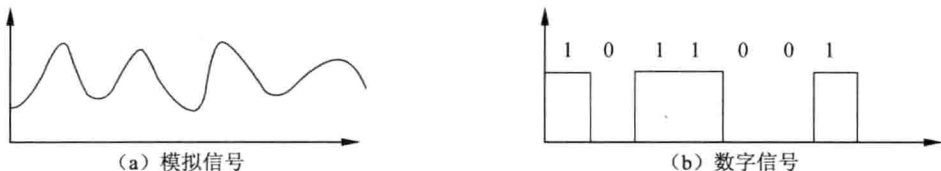


图 1-1 模拟信号和数字信号

传统的电话通信信道是传输音频的模拟信道,无法直接传输计算机中的数字信号。为了利用现有的模拟线路传输数字信号,必须将数字信号转化为模拟信号,这一过程称为调制 (Modulation)。在另一端,接收到的模拟信号要还原成数字信号,这个过程称为解调 (Demodulation)。通常由于数据的传输是双向的,因此,每端都需要调制和解调,进行调制和解调的设备称为调制解调器 (Modem)。

模拟信号的数字化需要三个步骤,依次为采样、量化和编码。采样是用每隔一定时间的信号样值序列来代替原来在时间上连续的信号,也就是在时间上将模拟信号离散化。量化是用有限个幅度值近似原来连续变化的幅度值,把模拟信号的连续幅度变为有限数量的有一定间隔的

离散值。编码则是按照一定的规律,把量化后的值用二进制数字表示,然后转换成二值或多值的数字信号流,这样得到的数字信号可以通过电缆、光纤、微波干线、卫星通道等数字线路传输,上述数字化的过程又称为脉冲编码调制。在接收端则与上述模拟信号数字化过程相反,经过滤波又恢复成原来的模拟信号。

2. 信道

要进行数据终端设备之间的通信,当然要有传输电磁波信号的电路,这里所说的电路既包括有线电路,也包括无线电路。信息传输的必经之路称为“信道”。信道有物理信道和逻辑信道之分。物理信道是指用来传送信号或数据的物理通路,网络中两个节点之间的物理通路称为通信链路,物理信道由传输介质及有关设备组成。逻辑信道也是一种通路,但在信号收、发点之间并不存在一条物理上的传输介质,而是在物理信道的基础上,由节点内部或节点之间建立的连接来实现的。通常把逻辑信道称为“连接”。

信道和电路不同,信道一般都是用来表示向某一个方向传送数据的媒体,一个信道可以看成是电路的逻辑部件;一条电路至少包含一条发送信道或一条接收信道。

3. 数据通信模型

图 1-2 所示的是数据通信系统的基本模型。远端的数据终端设备(Data Terminal Equipment, DTE)通过数据电路与计算机系统相连。数据电路由通信信道和数据通信设备(Data Communication Equipment, DCE)组成。如果通信信道是模拟信道,DCE 的作用就是把 DTE 送来的数字信号变换为模拟信号再送往信道,信号到达目的节点后,把信道送来的模拟信号变换成数字信号再送到 DTE;如果通信信道是数字信道,DCE 的作用就是实现信号码型与电平的转换、信道特性的均衡、收发时钟的形成与供给以及线路接续控制等。

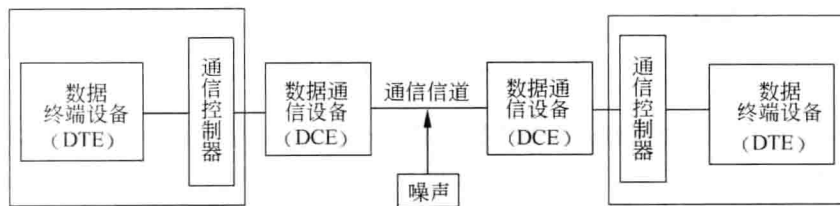


图 1-2 数据通信系统模型

数据通信和传统的电话通信的重要区别之一是,电话通信必须有人直接参与,摘机拨号,接通线路,双方都确认后才开始通话,通话过程中有听不清楚的地方还可要求对方再讲一遍,等等。在数据通信中也必须解决类似的问题,才能进行有效的通信。但由于数据通信没有人直接参与,就必须对传输过程按一定的规程进行控制,以便使双方能协调可靠地工作,包括通信

线路的连接、收发双方的同步、工作方式的选择、传输错误的检测与校正、数据流的控制以及数据交换过程中可能出现的异常情况的检测和恢复。这些都是按双方事先约定的传输控制规程来完成的,具体工作由数据通信系统中的通信控制器来完成。

4. 数据通信方式

根据所允许的传输方向,数据通信方式可分成以下三种。

(1) 单工通信:数据只能沿一个固定方向传输,即传输是单向的,如图 1-3 (a) 所示。

(2) 半双工通信:允许数据沿两个方向传输,但在同一时刻信息只能在一个方向传输,如图 1-3 (b) 所示。

(3) 双工通信:允许信息同时沿两个方向传输,这是计算机通信用常的方式,可大大提高传输速率,如图 1-3 (c) 所示。

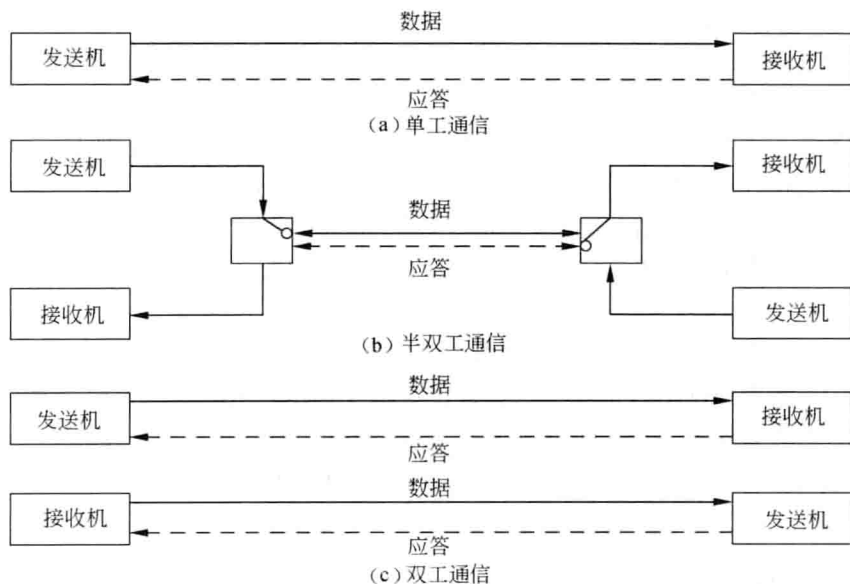


图 1-3 数据通信方式

1.1.2 数据传输

1. 数据传输的方式

1) 并行传输与串行传输

并行传输指的是数据以成组的方式,在多条并行信道上同时进行传输,常见的就是将构成

一个字符代码的几位二进制码分别在几个并行信道上进行传输。例如,采用8单位代码的字符,可以用8个信道并行传输,一次传送一个字符,因此收、发双方不存在字符的同步问题,不需要另加“起”、“止”信号或其他同步信号来实现收、发双方的字符同步,这是并行传输的一个主要优点。但是,并行传输必须有并行信道,这往往带来了设备或实施条件上的限制,因此,实际应用受限。

串行传输指的是数据流以串行方式,在一条信道上传输。一个字符的8个二进制代码,由高位到低位顺序排列,再接下一个字符的8位二进制码,这样串接起来即形成串行数据流传输。串行传输只需要一条传输信道,易于实现,是目前采用的一种主要的传输方式。但是串行传输存在收、发双方如何保持码组或字符同步的问题,这个问题不解决,接收方就不能从接收到的数据流中正确地分出一个个字符,因而传输将失去意义。对于码组或字符的同步问题,目前有两种不同的解决办法,即异步传输方式和同步传输方式。

2) 异步传输与同步传输

异步传输一般以字符为单位,不论所采用的字符代码长度为多少位,在发送每一字符代码时,前面均加上一个“起”信号,其长度规定为1个码元,极性为“0”,即空号的极性;字符代码后面均加上一个“止”信号,其长度为1或2个码元,极性皆为“1”,即与信号极性相同,加上起、止信号的作用就是为了能区分串行传输的“字符”,也就实现了串行传输收、发双方码组或字符的同步。这种传输方式的优点是同步实现简单,收发双方的时钟信号不需要严格同步,缺点是对每一字符都需加入起、止码元,使传输效率降低,故适用于1200bps以下的低速数据传输。

同步传输是以同步的时钟节拍来发送数据信号的,因此在一个串行的数据流中,各信号码元之间的相对位置都是固定的(即同步的)。接收端为了从收到的数据流中正确地分出一个个信号码元,首先必须建立准确的时钟信号。数据的发送一般以组(帧)为单位,一组数据包含多个字符收发之间的码组或帧同步,是通过传输特定的传输控制字符或同步序列来完成的,传输效率较高。

2. 数据传输的形式

1) 基带传输

在信道上直接传输基带信号的方式称为基带传输,它是指在通信电缆上原封不动地传输由计算机或终端产生的数字脉冲信号。这样一个信号的基本频带可以从直流成分到数兆赫,频带越宽,传输线路的电容电感等对传输信号波形衰减的影响越大,传输距离一般不超过2km,超过时则需加中继器放大信号,以便延长传输距离。基带信号绝大部分是数字信号,计算机网络内往往采用基带传输。

2) 频带传输

将基带信号转换为频率表示的模拟信号来传输的方式,称为频带传输。例如,使用电话线进行远距离数据通信,需要将数字信号调制成音频信号再发送和传输,接收端再将音频信号解调成数字信号。由此可见,采用频带传输时,要求在发送和接收端安装调制解调器,这不仅实现了数字信号可用电话线路传输,而且可以实现多路复用,从而提高了信道利用率。

3) 宽带传输

将信道分成多个子信道,分别传送音频、视频和数字信号的方式,称为宽带传输。它是一种传输介质频带宽度较宽的信息传输方式,通常为 300~400MHz。系统设计时将此频带分割成几个子频带,采用“多路复用”技术。一般来说,宽带传输与基带传输相比有以下优点:能在一条信道中传输声音、图像和数据信息,使系统具有多种用途;一条宽带信道能划分为多条逻辑基带信道,实现多路复用,因此信道的容量大大增加;宽带传输的距离比基带远,因为基带传输直接传送数字信号,传输的速率愈高,能够传输的距离愈短。

3. 数据传输速率

1) 比特率

比特率是指单位时间内所传送的二进制码元的有效位数,以每秒多少比特数计,即 bps。例如一个数字通信系统,它每秒传输 800 个二进制码元,它的比特率就是 800 比特/秒(800bps)。码元是对于网络中传送的二进制数字中每一位的通称,也常称作“位”或 b。例如 1010101,共有 7 位或 7b。

2) 信道带宽

模拟信道的带宽如图 1-4 所示,信道带宽 $W=f_2-f_1$,其中, f_1 是信道能通过的最高频率; f_2 是信道能通过的最高频率,两者都是由信道的物理特性决定的。为了使信号传输中的失真小些,信道要有足够的带宽。

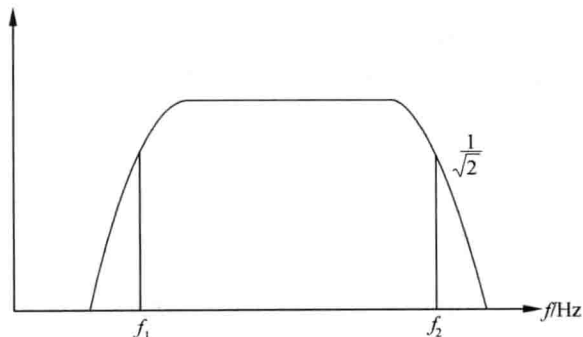


图 1-4 模拟信道的带宽

3) 波特率

数字信道是一种离散信道,它只能传送取离散值的数字信号。信道的带宽决定了信道中能不失真地传输的脉冲序列的最高速率。一个数字脉冲称为一个码元,我们用码元速率表示单位时间内信号波形的变换次数,即单位时间内通过信道传输的码元个数。若信号码元宽度为 T 秒,则码元速率 $B=1/T$ 。码元速率的单位叫波特(Baud),所以码元速率也叫波特率。这里的码元可以是二进制的,也可以是多进制的。波特率 N 和比特率 R 的关系为 $R=N\log_2 M$,当码元为二进制时 M 为 2;码元为四进制时 M 为 4,依此类推。如果波特率为 600Baud,在二进制时,比特率为 600bps,在八进制时为 1800bps。

4) 奈奎斯特定理

1924 年,贝尔实验室的研究员亨利·奈奎斯特(Harry Nyquist)就推导出了有限带宽无噪声信道的极限波特率,称为奈奎斯特定理。若信道带宽为 W ,则最大码元速率为:

$$B=2W \text{ (Baud)}$$

奈奎斯特定理指定的信道容量也叫做奈奎斯特极限,这是由信道的物理特性决定的。超过奈奎斯特极限传送脉冲信号是不可能的,所以要进一步提高波特率,必须改善信道带宽。

码元携带的信息量由码元取的离散值个数决定。若码元取两个离散值,则一个码元携带 1 比特(b)信息。若码元可取 4 种离散值,则一个码元携带两比特信息,即一个码元携带的信息量 n (比特)与码元的种类数 N 有如下关系:

$$n=\log_2 N$$

在一定的波特率下提高速率的途径是用一个码元表示更多的比特数。如果把两比特编码为一个码元,则数据速率可成倍提高,即:

$$R=B \log_2 N=2W \log_2 N \text{ (bps)}$$

其中, R 表示数据速率,单位是每秒位(bit per second),简写为 bps 或 bps。

5) 香农(Shannon)定理

奈奎斯特定理是在无噪声的理想情况下的极限值。实际信道会受到各种噪声的干扰,因而远远达不到按奈奎斯特定理计算出的数据传送速率。香农的研究表明,有噪声信道的极限数据速率为:

$$C=W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

其中, W 为信道带宽, S 为信号的平均功率, N 为噪声平均功率, $\frac{S}{N}$ 叫做信噪比。由于在实际使用中 S 与 N 的比值太大,故常取其分贝数(dB)。分贝与信噪比的关系为:

$$\text{dB}=10 \lg \frac{S}{N}$$

例如当 $\frac{S}{N}=1000$ 时, 信噪比为 30dB。这个公式与信号取的离散值个数无关, 也就是说无论用什么方式调制, 只要给定了信噪比, 则单位时间内最大的信息传输量就确定了。例如信道带宽为 3000Hz, 信噪比为 30dB, 则最大数据速率为:

$$C=3000 \log_2(1+1000) \approx 3000 \times 9.97 \approx 30\ 000 \text{ bps}$$

这是极限值, 只有理论上的意义。实际上, 在 3000 Hz 带宽的电话线上, 数据速率能达到 9600 bps 就很不错了。

6) 误码率

误码率指信息传输的错误率, 是衡量系统可靠性的指标。它以接收信息中错误比特数占总传输比特数的比例来度量, 通常应低于 10^{-6} 。

1.1.3 数据编码

在计算机中, 数据是以离散的二进制比特流方式表示的, 称为数字数据。计算机数据在网络中传输, 通信信道无外乎两种类型, 即模拟信道和数字信道。计算机数据在不同的信道中传输要采用不同的编码方式, 也就是说, 在模拟信道中传输时, 要把计算机中的数字信号转换成模拟信道能够识别的模拟信号; 在数字信道中传输时, 要把计算机中的数字信号转换成网络媒体能够识别的, 利于网络传输的数字信号。

1. 模拟数据编码

将计算机中的数字数据在网络中用模拟信号表示, 要进行调制, 也就是要进行波形变换, 或者更严格地讲, 是进行频谱变换, 将数字信号的频谱变换成适合于在模拟信道中传输的频谱。最基本的调制方法有以下三种。

1) 调幅 AM (Amplitude Modulator)

调幅即载波的振幅随着基带数字信号而变化, 例如数字信号 1 用有载波输出表示, 数字信号 0 用无载波输出表示, 如图 1-5 (a) 所示。这种调幅的方法又叫幅移键控 (Amplitude Shift Keying, ASK), 其特点是信号容易实现, 技术简单, 但抗干扰能力差。

2) 调频 FM (Frequency Modulator)

调频即载波的频率随着基带数字信号而变化, 例如数字信号 1 用频率 f_1 表示, 数字信号 0 用频率 f_2 表示, 如图 1-5 (b) 所示。这种调频的方法又叫频移键控 (Frequency Shift Keying, FSK), 其特点是信号容易实现, 技术简单, 抗干扰能力较强。

3) 调相 PM (Phase Modulator)

调相即载波的初始相位随着基带数字信号而变化, 例如数字信号 1 对应于相位 180° , 数字信号 0 对应于相位 0° , 如图 1-5 (c) 所示。这种调相的方法又叫相移键控 (Phase Shift Keying,

PSK), 其特点是抗干扰能力较强, 但信号实现的技术比较复杂。

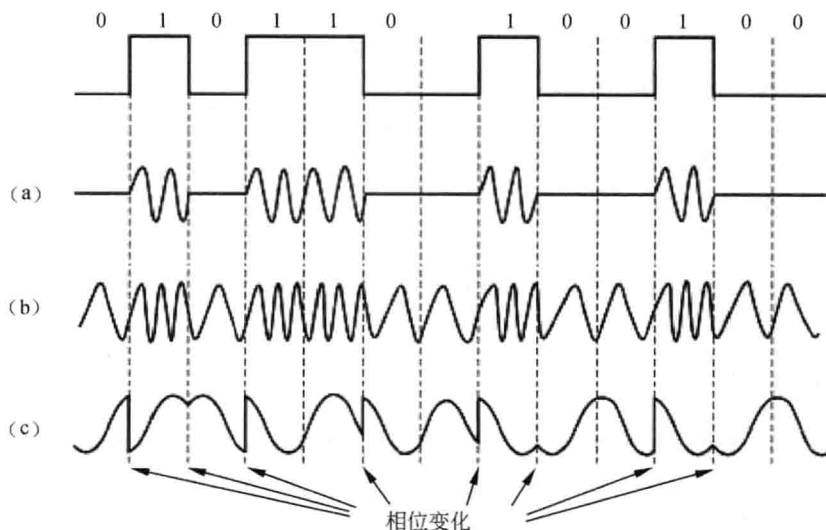


图 1-5 基带数字信号的调制方法

2. 数字数据编码

在数字信道中传输计算机数据时, 要对计算机中的数字信号重新编码后进行基带传输。在基带传输中, 数字信号的编码方式主要有以下几种。

1) 不归零编码 (Non-Return-Zero, NRZ)

不归零编码用低电平表示二进制 0, 用高电平表示二进制 1, 如图 1-6 (a) 所示。

不归零编码的缺点是无法判断每一位的开始与结束, 收发双方不能保持同步。为保证收发双方同步, 必须在发送不归零编码的同时用另一个信道传送同步信号。

2) 曼彻斯特编码 (Manchester Encoding)

曼彻斯特编码不用电平的高低表示二进制, 而是用电平的跳变来表示的。在曼彻斯特编码中, 每一个比特的中间均有一个跳变, 这个跳变既作为时钟信号, 又作为数据信号。电平从高到低的跳变表示二进制 1, 从低到高的跳变表示二进制 0, 如图 1-6 (b) 所示。

3) 差分曼彻斯特编码 (Differential Manchester Encoding)

差分曼彻斯特编码是对曼彻斯特编码的改进, 每比特中间的跳变仅做同步之用, 每比特的值根据其开始边界是否发生跳变来决定。每比特的开始无跳变表示二进制 1, 有跳变表示二进制 0, 如图 1-6 (c) 所示。