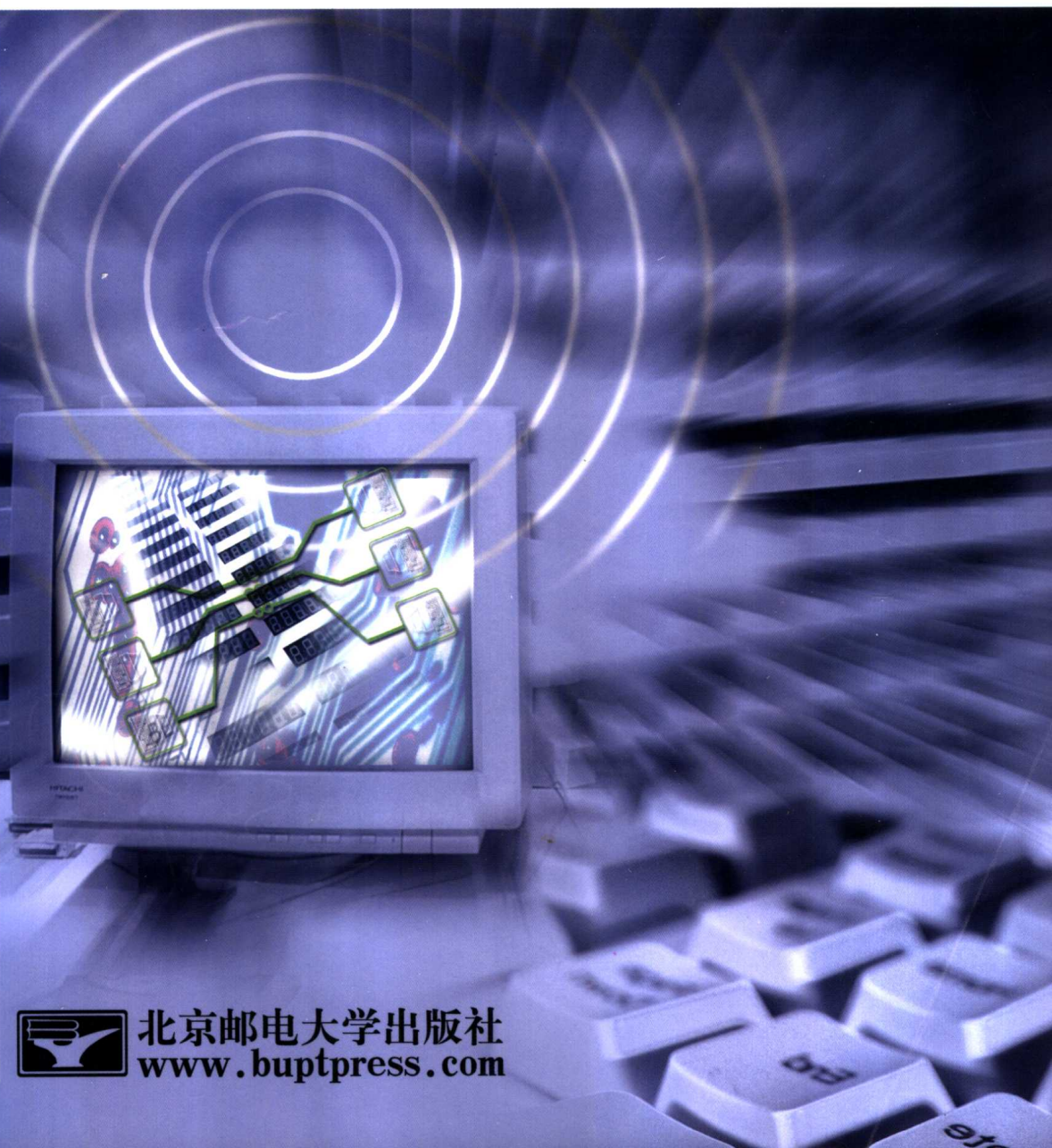


《计算机通信与网络》 实验教程

暨复习要点与习题

| 沈金龙 章 韵 安嘉莹 主 编 |



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

《计算机通信与网络》实验教程

暨复习要点与习题

沈金龙 章 韵 安嘉莹 主编

北京邮电大学出版社

内 容 简 介

本教程是《计算机通信与网络》的姐妹篇。全书由两部分组成,第一部分较系统地简述了计算机通信与网络的一组实验,包括电话网承载的数据通信、Internet 应用技术、计算机局域网的组建和管理及计算机网络互连和网络测试;第二部分结合《计算机通信与网络》的章节给出了复习要点、例题分析、习题与思考。

本书可用做大专院校计算机专业、通信工程专业“计算机通信与网络”课程的本科实验教材,也可用做各级专业技术人员、管理干部进行实验、复习时的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

《计算机通信与网络》实验教程暨复习要点与习题/沈金龙,章韵,安嘉莹主编. —北京:北京邮电大学出版社,2002

ISBN 7-5635-0657-8

I. 计... II. ①沈...②章...③安... III. 计算机通信网—高等学校—教学参考资料 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 096402 号

书 名:《计算机通信与网络》实验教程暨复习要点与习题

主 编:沈金龙 章 韵 安嘉莹

责任编辑:王琴秋

出 版 者:北京邮电大学出版社(北京市海淀区西土城路 10 号) 邮编:100876

发行部电话:(010)62282185 62283578(传真)

经 销:各地新华书店

印 刷:北京源海印刷有限责任公司

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:22.75

字 数:564 千字

印 数:1—3 000 册

版 次:2002 年 12 月第 1 版 2002 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0657-8/TP·70

定价:36.00 元

如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系

前 言

21 世纪是信息社会的时代,计算机通信作为计算机技术与通信技术相结合的一种通信方式,在这个时代的人类活动和经济建设中将起到至关重要的作用和影响,特别是因特网(Internet)在各行各业的广泛应用,形成了势不可挡的 IT 潮流,这又进一步促进了计算机通信与网络的持续发展。计算机通信与网络技术的更新与发展,对正在建立一个完整、统一、先进的国家公用信息基础设施(NII),乃至全球信息基础设施(GII)具有催化和倍增功效。在技术和知识的竞争中,网络占据了重要的地位,谁掌握了网络,占有了网络,谁将赢得主动。

在新世纪、新时代的社会背景下,计算机科学与技术的发展日新月异,知识更新速度飞快。计算机通信与网络技术不仅包括基本的理论知识,而且具有更多的实践环节。本教程作为《计算机通信与网络》一书的姐妹篇,编写的指导思想是力图使读者具备认知与实践的能力和技能,具备应付变化的能力。

全书由两部分组成。第一部分是计算机通信与网络实验教程,共 5 章,含 14 个实验。第 1 章讲述了电话网承载的数据通信:数据通信的基本原理,调制解调器的原理和标准,调制解调器的命令和设置,计算机串行通信软件和常用的串行通信协议。实验内容有:【实验 1】调制解调器的安装和参数设置,【实验 2】计算机异步串行通信实验。第 2 章讲述了 Internet 应用技术,Internet 上的常用软件,用户与 Internet 的连接。实验内容有:【实验 3】接入 Internet 的拨号连接和配置;【实验 4】接入 Internet 的局域网连接和配置;【实验 5】电子邮件的配置和使用;【实验 6】Internet Explorer 4.0 的配置和使用。第 3 章讲述了计算机局域网的组建和管理,包括对等网和基于服务器的网络,网络组成和网络拓扑结构,Novell 网络,Windows NT 和 Windows 2000 网络。实验内容有:【实验 7】安装 Windows 2000 服务器;【实验 8】设置 Windows 2000 域服务器;【实验 9】Windows 2000 网络的用户管理;【实验 10】Windows 2000 资源管理和配置;【实验 11】构筑 WWW 与 FTP 服务器。第 4 章讲述了计算机网络互连:网络互连原理,网络互连设备,Cisco 路由器的基本原理和结构,Cisco 路由器的接口和连接,Cisco IOS,网络交换机的组成和连接,网络交换机的配置和网络管理技术。实验内容有:【实验 12】Cisco 路由器的基本配置;【实验 13】Cisco Catalyst 1924 以太网交换机配置;【实验 14】简单网络管理协议 SNMP 的操作与配置。第 5 章讲述了网络测试,包括网络测试概述、数据传输信道测试、网络规程测试和网络性能测试。

第二部分是与“计算机通信与网络”课程教学配套的复习要点、例题分析、习题与思考题,并给出了参考答案,供读者预习、自习和复习用。

本书由南京邮电学院沈金龙教授、章韵副教授、安嘉莹高级工程师主编。章韵编写第 1

章、第2章和第4章,安嘉莹编写第3章,沈金龙编写第5章及第二部分,并对全书做了统编、校对。南京邮电学院教务处对本书的编写给予大力支持,将本书列为教材与教学改革项目,对此深表谢意。张美玲老师为本书原稿的整理、编排做了大量的工作。

由于编者水平有限,若书中存在缺点和错误,恳请广大读者批评和指正。

作 者

2002年9月

目 录

第一部分 《计算机通信与网络》实验教程

第 1 章 电话网承载的数据通信	3
1.1 数据通信的基本原理	3
1.2 调制解调器概述	11
1.3 调制解调器的构成和工作原理	19
1.4 调制解调器的 AT 命令	27
1.5 数据通信协议	37
1.6 通信软件的使用	43
【实验 1】 调制解调器的安装和参数设置	50
【实验 2】 计算机异步串行通信实验	53
第 2 章 Internet 应用技术	56
2.1 Internet 的基本情况	56
2.2 Internet 提供的服务和管理模式	62
2.3 Internet 的访问和连接	68
【实验 3】 接入 Internet 的拨号连接和配置	71
【实验 4】 接入 Internet 的局域网连接和配置	79
【实验 5】 电子邮件的配置和使用	85
【实验 6】 Internet Explorer 4.0 的配置和使用	95
第 3 章 Windows 2000	101
3.1 Windows 2000 概述	101
3.2 安装 Windows 2000	108
3.3 网络用户账户及组账户的管理	112
3.4 构筑 DNS 服务器	119
3.5 构筑 WWW 和 FTP 服务器	127
【实验 7】 安装 Windows 2000 服务器	133
【实验 8】 设置 Windows 2000 域服务器	138

【实验 9】 Windows 2000 网络的用户管理	147
【实验 10】 Windows 2000 的 DNS 配置	154
【实验 11】 构筑 WWW 和 FTP 服务器	161
第 4 章 计算机网络互连	174
4.1 计算机网络互连原理	174
4.2 计算机网络互连设备	175
4.3 Cisco 路由器的基本原理和结构	183
4.4 Cisco 路由器的接口和连接	187
4.5 路由器配置基础	191
4.6 使用 Cisco IOS	194
4.7 配置 IP 路由	201
4.8 网络管理技术	216
【实验 12】 Cisco 路由器的设置和局域网的互连	225
【实验 13】 Cisco Catalyst 1924 以太网交换机配置	229
【实验 14】 简单网络管理协议(SNMP)的操作与配置	237
第 5 章 网络测试	243
5.1 网络测试概述	243
5.2 数据传输信道测试	244
5.3 网络规程测试	246
5.4 网络性能测试	252

第二部分 《计算机通信与网络》复习要点与习题

第 1 章 概论	255
1.1 复习要点	255
1.2 例题分析	256
1.3 习题与思考	258
第 2 章 计算机网络体系结构	261
2.1 复习要点	261
2.2 例题分析	262
2.3 习题与思考	266
第 3 章 数据传输与通信接口	270
3.1 复习要点	270
3.2 例题分析	271
3.3 习题与思考	277
第 4 章 数据链路控制	280
4.1 复习要点	280

4.2	例题分析	281
4.3	习题与思考	284
第 5 章	数据交换技术	287
5.1	复习要点	287
5.2	例题分析	288
5.3	习题与思考	292
第 6 章	局域网与城域网	296
6.1	复习要点	296
6.2	例题分析	297
6.3	习题与思考	305
第 7 章	因特网和宽带 IP 网	308
7.1	复习要点	308
7.2	例题分析	309
7.3	习题与思考	316
第 8 章	计算机网络服务和应用	320
8.1	复习要点	320
8.2	例题分析	321
8.3	习题与思考	331
第 9 章	组网与接入技术	333
9.1	复习要点	333
9.2	例题分析	334
9.3	习题与思考	338
第 10 章	网络管理与网络安全	340
10.1	复习要点	340
10.2	例题分析	341
10.3	习题与思考	342
参考文献		356

第一部分

《计算机通信与网络》实验教程

第 1 章 电话网承载的数据通信

随着人类社会的不断进步、经济的迅猛发展以及计算机的广泛应用,人们对信息的需求量越来越大,数据通信应用得到了迅速发展。

数据通信技术是建立计算机网络系统的基础之一。模拟通信在通信技术发展的早期占有很大的比重。例如,有线和无线的语音广播、电话和电视,通信设备发送、传输和接收的都是模拟信号。现代的通信是模拟通信和数字通信的结合体,通常模拟通信和数字通信同时存在于一个通信系统中,但数字通信占据越来越重要的地位。从微观上来看,若把计算机内的部件看成是通信单元,那么它们之间的通信则是数字的。计算机和计算机之间的数据通信,可以通过数字的通信系统,也可以通过模拟的通信系统实现。

本章将主要介绍有关数据通信的一些基本概念、基本原理,以及调制解调器的设置和在数据通信中的应用。

1.1 数据通信的基本原理

1. 数据通信的定义

通信的目的是双方信息的互知,是信息的远距离传送。随着社会的进步,传统的电话、电报通信方式已远远不能满足大信息量交换的需要,以数据作为信息载体的通信手段已成为人们的迫切要求。用数据表示信息的内容是十分广泛的,如电子邮件、各种文本文件、电子表格、数据库文件、图形和二进制可执行程序等。但“数据”还没有统一、严格的定义,一般可以这样认为:数据是预先约定的具有某种含义的数字、字母或符号的组合。

计算机问世以来,为了实现远距离的资源共享,很快就与通信技术相结合,产生了数据通信,所以说数据通信是为了实现计算机与计算机(服务器)或终端(Terminal)与计算机之间信息交互而产生的一种通信技术,是计算机与通信相结合的产物。

与传统的电话通信相比,数据通信有以下特点:

(1) 话音通信的终端(普通话机)发送和接收的都是模拟的电压信号,它的传输是利用现有的公用电话交换网(PSTN)。而数据终端(如计算机)发出的数据一般是离散的数字信号,例如是不同极性的电压、电流或脉冲。其传输可以利用现有的公用电话交换网,也可以利用数据网。如何在传输信道(通信线路)上正确地传输这些离散数字信号,以便在接收端再恢复出原始发送的数据信息,就是数据通信要解决的基本问题。

(2) 数据通信是计算机与计算机以及人与计算机之间的通信,而电话通信是人与人之间的通信。目前,计算机尚不具有人脑的思维和应变能力,计算机之间的通信过程需要按照事先约定好的规程或通信协议来进行,而电话通信不必如此复杂。

(3) 数据传输的可靠性要求高。数据传输过程中,信道的不理想和噪声的影响,可能使数据信号产生差错,导致接收信息完全不同。对军事或银行业务系统,这些差错可能会引起严重后果。因此,要采取一些措施对差错进行纠正或控制。

(4) 数据通信的用户是各种各样的计算机系统和终端设备,它们在通信速率、编码格式、同步方式和通信规程等方面都会有很大差异,为了使它们之间能够相互通信,数据通信网必须提供足够灵活的接口能力。

(5) 数据通信的通信量呈突发性,即数据通信速率的平均值和高峰值差异比较大,如瞬时高峰速率可能高出平均速率上百倍。这就要求网络设计折衷考虑平均速率和峰值速率的要求,在保证一定传输时延的条件下,又能够充分利用网络的资源。

(6) 数据通信每次呼叫平均持续时间短。据美国国防部统计,大约 25% 的数据呼叫持续时间在 1 s 以下,约 50% 的数据呼叫持续时间在 5 s 以下,90% 的数据呼叫持续时间在 50 s 以下,而电话通话的平均时间为 5 min,因此数据通信要求接续和传输响应时间快。

综上所述,可对数据通信作如下定义:数据通信是依照通信协议,利用数据传输技术在两个功能单元之间传递数据信息。它可实现计算机与计算机、计算机与终端或终端与终端之间的数据信息传递。

数据通信包括两方面的内容:数据传输和数据传输前后的数据处理。数据传输指的是通过某种方式建立一个数据传输通道将数据信号在其中传输,它是数据通信的基础;数据处理的目的是使数据更有效、更可靠地传输,它包括数据集中、数据交换、差错控制、传输规程等。

2. 传统的数据通信系统的构成

传统的数据通信系统是通过数据电路将分布在远端的数据终端设备(DTE: Data Terminal Equipment)与计算机系统连接起来,实现数据传输、交换、存储和处理的系统。典型的数据通信系统主要由中央计算机系统、数据终端设备、数据电路三部分构成,如图 1-1 所示。

(1) 数据终端设备

数据终端设备由数据输入设备(产生数据的数据源)、数据输出设备(接收数据的数据宿)和传输控制器组成,它是数据的出发点和目的地。

数据输入/输出设备是操作人员与终端之间的界面,它把人可以识别的数据变换成计算机可以处理的信息或者相反的过程。数据输入/输出可以通过键盘、鼠标、手写、声、光等手段,最常见的输入设备是键盘、鼠标、扫描仪;输出设备可以是 CRT 显示器、打印机、绘图机、磁带或磁盘的写入部分、传真机和各种记录仪等。

传输控制部分主要执行与通信网络之间的通信过程控制,包括差错控制和通信协议实现,完成数据缓冲、速度匹配、串并转换等。

数据终端设备的种类很多,如按其使用场合可分为通用数据终端和专用数据终端,按其性能可分为简单终端(如一台只接收数据的打印机)和智能终端(如 PC 微机、掌上型电脑)等等。

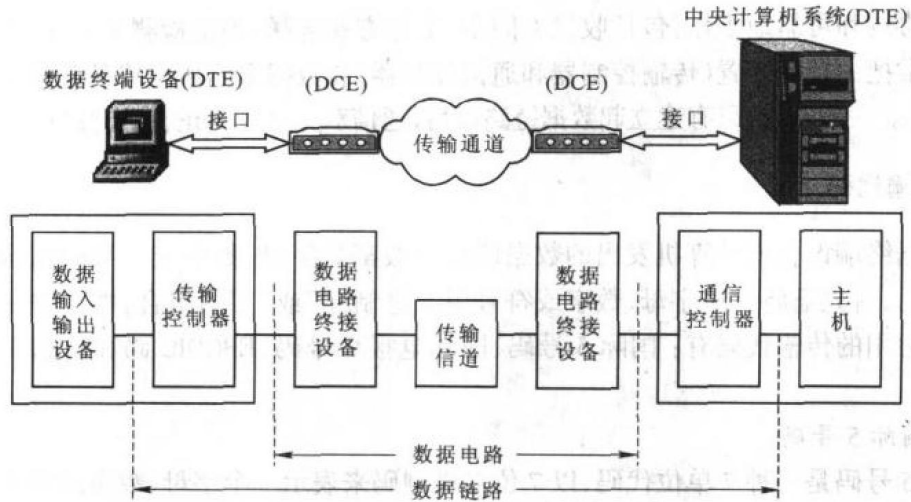


图 1-1 传统的数据通信系统的基本构成

(2) 数据电路

数据电路由传输信道(通信介质)及两端的数据电路终接设备(DCE: Data Circuit Terminating Equipment)组成。

信道是传输信号的通道,可以有线的传输介质,也可以是无线的传输介质。数据电路位于 DTE 和中央计算机系统之间,为数据通信提供数字传输信道。DTE 产生的数据信号可能有不同的形式,但都表现为脉冲信号。DCE 是 DTE 与传输信道之间的接口设备,其主要作用是信号变换。具体地说,在发送方,DCE 将来自 DTE 的数据信号进行变换,消除原数据信号内的直流分量,使信号功率谱与传输信道相适应,并防止数据信号中出现长串“1”或“0”时可能导致的收发双方的失步;接收方则完成相反的变换。

当传输信道为模拟信道时,发送方将 DTE 送来的数字信号进行调制(频谱搬移),变成模拟信号送往信道或进行相反的变换,这时 DCE 是调制解调器(Modem)。当传输信道是数字信道时,DCE 实际是数字接口适配器,其中包含数据服务单元(DSU: Data Service Unit)与信道服务单元(CSU: Channel Service Unit)。前者执行码型和电平转换、定时、信号再生和同步等功能;后者则执行信道均衡、信号整形和环路检测等功能。

(3) 中央计算机系统

中央计算机系统由主机(host)、通信控制器(又称前端处理机或通信处理机)及外围设备组成,具有处理从数据终端设备输入的数据信息,并将处理结果向相应数据终端设备输出的功能。

主机又称中央处理机,由中央处理单元(CPU)、主存储器、输入/输出设备及其他外围设备组成。其主要功能是进行数据处理。

通信控制器用于管理与数据终端相连接的所有通信线路。当考察正在通信的一个 DTE 和中央计算机系统时,中央计算机系统等同于一个 DTE,这时通信控制器的作用与传输控制器相同。

这里应注意的是,与电话通信不同,当数据电路建立后,为了进行有效的数据通信,还必须由传输控制器和通信控制器按照事先约定的传输控制规程来对传输过程进行控制,以使

双方能够协调和可靠地工作,包括收发方同步、工作方式选择、差错检测与校正、数据流量控制等。通常把由控制装置(传输控制器和通信控制器)和数据电路所组成的部分叫数据链路(Data Link)。一般来说,只有建立起数据链路以后,通信双方才能真正有效地进行数据通信。

3. 传输代码

由数据终端设备或计算机发出的数据信息一般都是字母、数字或符号的组合。为了传递这些信息,首先需将这些字母、数字或符号用二进制“0”或“1”的组合,即二进制代码来表示。目前常用的传输代码有:国际5号码、国际电报2号码、EBCDIC码和信息交换用汉字代码。

(1) 国际5号码

国际5号码是一种7单位代码,以7位二进制码来表示一个字母、数字或符号。这种码最早是1963年美国标准化协会提出的,称为美国信息交换用标准代码(American Standard Code for Information Interchange,简称ASCII码),后被ISO(国际标准化组织)和ITU-T(国际电信联盟电信标准化部门,原称CCITT,即国际电报电话咨询委员会)采纳并发展成为国际通用的信息交换用标准代码。7位二进制共有128种组合,可表示128个不同的字母、符号和数字。其中32个作为控制字符使用,它只产生控制功能,不能被显示或打印。其余均为显示或打印用的图形字符,包括大、小写英文字母各26个,数字10个,其他图形符号33个。表1-1为国际5号码编码表。

表 1-1 国际5号码编码表

				D ₇	0	0	0	0	1	1	1	1
				D ₆	0	0	1	1	0	0	1	1
				D ₅	0	1	0	1	0	1	0	1
D ₄	D ₃	D ₂	D ₁		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	\	p
0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1	1	0	0	12	FF	FS	,	<	L	\	l	
1	1	0	1	13	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1	1	1	0	14	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1	1	1	1	15	SI	US	/	?	O	-	o	DEL

注:

SOH (Start of Heading) 标题开始	STX (Start of Text) 正文开始
ETX (End of Text) 正文结束	EOT (End of Transmission) 传输结束
ENQ (Enquiry) 询问	ACK (Acknowledge) 确认
DLE (Data Link Escape) 数据链转义	NAK (Negative Acknowledge) 否认
SYN (Synchronous) 同步	ETB (End of Transmission Block) 组传输结束
BS (Backspace) 退格	HT (Horizontal Tabulation) 横向制表
LF (Line Feed) 换行	VT (Vertical Tabulation) 纵向制表
FF (Form Feed) 换页	CR (Carriage Return) 回车
DC1 (Device Control 1) 设备控制 1	DC2 (Device Control 2) 设备控制 2
DC3 (Device Control 3) 设备控制 3	DC4 (Device Control 4) 设备控制 4
US (Unit Separator) 单元分隔	RS (Record Separator) 记录分隔
GS (Group Separator) 组分隔	FS (File Separator) 文件分隔
NUL (Null) 空	BEL (Bell) 告警
SO (Shift-Out) 移出	SI (Shift-In) 移入
CAN (Cancel) 取消	EM (End of Medium) 媒体结束
SUB (Substitution) 取代	ESC (Escape) 转义
DEL (Delete) 删除	SP (Space) 空格

代码在顺序传输过程中一般以 D_1 位作为第一位,以 D_7 位为最后一位。为了提高可靠性,常在 D_7 之后附加一位 D_8 作奇偶校验用。所谓奇(或偶)校验就是使 $D_1 \sim D_8$ 中“1”的个数为奇数(或偶数)。

国际 5 号码是当前在数据通信中使用最普遍的一种代码,我国在 1980 年颁布的国家标准 GB1988—80“信息处理交换用的七位编码字符集”也是根据国际 5 号码来制定的,它与国际 5 号码的差别只在于 2/4 位置上,将国际通用货币符号“\$”改为“¥”,在国内通用。

(2) 国际电报 2 号码

国际电报 2 号码(ITA2),是一种 5 单位代码,又称为波多码,是起止式电传电报通信中的标准代码。目前在采用普通电传机作终端的低速数据通信系统中,仍使用这种代码。5 单位码共有 32 种组合,另外还有两个转移控制码“字母(letter)”和“数字(figure)”使其随后的代码改变意义,用于区分数字和字母,因此可有 64 种表示,实际只用 58 个传输码字,包括字母、数字、符号和控制符。

(3) EBCDIC 码

EBCDIC 码是扩充的二~十进制码的简称,是一种 8 单位代码,由于第 8 位用于扩充功能,不能作奇偶校验。故这种码一般不作远距离传输用,而作为计算机的内部码使用,尤其为 IBM 机采用。

(4) 信息交换用汉字代码

信息交换用汉字代码是汉字信息交换用的标准代码,它适用于一般的汉字处理、汉字通信等系统之间的信息交换。汉字用两个字节表示,每个字节均采用国家标准 GB1988—80“信息处理交换用的七位编码字符集”的 7 单位代码。

4. 数据通信系统的主要性能指标

(1) 工作速率

工作速率是衡量数据通信系统通信能力的主要指标。通常可采用调制速率、数据传信

速率和数据传送速率来描述。这三种工作速率从不同的角度描述数据通信系统的传输能力,当然它们之间也存在一定的联系,可以相互转换。

① 调制速率

数据以代码的形式表示,在传输时通常用某种波形或信号脉冲代表一个代码或几个代码的组合。这种携带数据信息的波形或信号脉冲叫做码元。

调制速率反映信号波形变换的频繁程度,其定义是每秒传输信号码元的个数,又称符号速率,记为 N_{Bd} ,单位为波特(Bd)。如信号码元持续时间为 T ,那么调制速率为:

$$N_{\text{Bd}}(\text{波特}) = 1/T$$

对于调制速率,不论一个信号码元有多少状态,只计算 1 s 内数据信号的码元个数。注意这里信号码元时长 T 是信号码元中的最短时长,如连续两个“1”代码,信号正电压持续长度为 $2T$,但不能以 $2T$ 作为信号码元时长。

② 数据传信速率

数据传信速率的定义为每秒传输二进制码元的个数,又称为比特率,记为 R ,其单位为 bit/s。或 kbit/s 或 Mbit/s。

比特在信息论中作为信息量的度量单位。在数据通信中,如果使用代码“1”或“0”的概率是相同的,则每个“1”或“0”含有一个比特的信息量。因此传递了一个代码就相当于传递了 1 比特的信息,故数据传信速率又称信息传输速率。

需要强调的是,调制速率和数据传信速率的物理意义是不同的。前者描述了单位时间内系统所传输的码元数;而后者说明系统在单位时间内所传输的信息量。两者具有不同的定义,不应混淆。但是它们之间有确定的关系。当数据信号是二进制脉冲,即二状态时,两者的数值是相同的;但若数据信号采用多电平传输时,则两者的数值是不同的。如对 M 电平(状态)传输,即信号码元有 M 种电平,则需要用 $\log_2 M$ 个二进制代码表示。如果信号波形的持续时间为 T ,则相当于单位时间内传送 $\log_2 M/T$ 个比特数。所以数据传信速率与调制速率之间的关系为

$$R = N_{\text{Bd}} \log_2 M (\text{bit/s})$$

③ 数据传送速率

前面介绍的两种工作速率是相对数据通信系统的,其波特率或比特率都是指系统为了有效可靠地传输数据在单位时间内通过信道所传输的码元或信息,在这些码元或信息中,一般来说不一定全部是从数据源发出的。因此前两种工作速率不能直接反映系统传输用户数据信息的能力,而数据传送速率描述了这种能力。

数据传送速率的定义为:单位时间内在数据传输系统的相应设备之间实际传送的平均数据量,又称有效数据传输速率。单位为比特/秒(bit/s)、字符/秒或码组/秒。通常,在数据传输过程中总要在传输信息流中加入一些冗余码,这些多余的码元携带的不是从相应设备发出的数据信息,而是系统插入的为数据可靠传输而服务的信息,如同步码元、差错控制码元等,因此实际的有效数据传送速率是小于数据传信速率的。又如实际应用中,当数据在传输过程中出现差错时,接收方检出差错,一般将其作为无效数据而丢弃;同时请求发送方重发这部分数据。因此收发之间的有效数据的传送速率一般是低于数据传信速率的。另外,数据传送速率还与中央处理机的处理能力、通信规程等因素有关。

(2) 可靠性质量指标

由于数据信号在传输过程中不可避免地会受到外界的噪声干扰,信道的不理想也会带来信号的畸变,当噪声干扰和信号畸变达到一定程度时,就可能导致接收的差错。衡量数据通信系统可靠性的指标是传输的差错率,常用的有误码率、误字符率、误码组率等。它们的定义分别是:

误码率(P_e) = 接收出现差错的比特数/总的发送比特数

误字符(码组)率(P_b) = 接收出现差错的字符(码组)数/总的发送字符(码组)数

差错率是一个统计平均值,因此在测试或统计时,总的发送比特(字符、码组)数应达到一定的数量,否则得出的结果将失去意义。

误码率通常用于衡量数据电路的传输质量。而在一些数据通信系统中,通常以字符或码组作为一个信息单元进行传输,此时使用误(字符)码组率更具实际意义,也易于理解。但由于用几个比特表示一个字符或码组,而一个字符或码组中无论错一个或多个比特都算误一个字符/码组,故用误(字符)码组率评价数据电路的传输质量并不很确切。

(3) 有效性质量指标

衡量有效性的主要指标是频带利用率。它反映了数据传输系统对频带资源的利用水平和有效程度。频带利用率可用单位频带内系统允许的数据传输速率来衡量,即:

η = 系统的传输速率/系统的频带宽度 (B/Hz 或 bit/s·Hz)

在比较不同数据传输系统的有效性时,常以数据传信速率来比较,但是仅考虑数据传信速率是不够的,因为各种传输系统的带宽可能不同。一般来说,数据传输系统所占的频带越宽,传输信号的能力就越大。因而即使两个传输系统的传信速率相同,所占频带不同,也认为它们传输的效率不同。所以真正衡量数据传输系统有效性的指标,是单位频带内的传信速率,即每赫兹每秒的比特数(bit/s·Hz),或单位频带内的调制速率,即每赫兹的波特数(B/Hz)。

5. 数据传输方式

(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。常用的是将一个字符的几位二进制码同时分别在几个并行的信道上传输;另外加一条控制信号即“选通”脉冲,它在数据信号发出之后传送,用以通知接收设备所有的位已经发送完毕,可对各条信道上的信号进行取样了。对于一个采用8单位二进制码构成一个字符进行并行传输的系统,系统采用8个信道并行传输,一次传送一个字符,因此收、发双方不存在字符同步的问题,不需要额外的措施来实现收发双方的字符同步,这是并行传输的主要优点。并行传输必须有多条并行信道,所以常用于计算机内部数据总线或PC微机与打印机接口,但由于成本比较高,不适宜远距离传输。

串行传输指的是组成字符的若干位二进制码排列成数据流以串行的方式在一条信道上传输。通常传输顺序为由低位到高位,传完这个字符再传下一个字符,因此收、发双方必须保持字符同步,以使接收方能够从接收的数据比特流中正确区分出与发送方相同的一个一个的字符。这是串行传输必须解决的问题。串行传输只需要一条传输信道,易于实现,是目前远距离通信采用的一种主要传输方式。