



21 世纪高职高专规划教材
高等职业教育规划教材编委会专家审定

SHUJU TONGXIN

数 据 通 信

主 编 孙群中
副主编 李 辉 牛建国



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

21 世纪高职高专规划教材

高等职业教育规划教材编委会专家审定

数 据 通 信

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书系统介绍了数据通信的基本概念;数据信道、数据信号码型及数据信号的传输方式;差错控制技术;数据信息的基本交换方式;数据通信网络协议;几种公用数据通信网技术及应用;计算机网络技术及应用;宽带通信网的概念和未来发展方向。

全书分为8章:第1章概述,第2章数据信号传输,第3章差错控制,第4章数据信息交换,第5章数据通信网络协议,第6章公用数据通信网,第7章计算机网络,第8章宽带通信网。每章后面都有本章内容小结和习题。

本书以知识面宽、浅显易懂为特点,力求与实践相结合,易于学习、理解和讲授。

本书既可以作为高职高专通信类、电子信息类相关专业的教材,也可以作为从事通信工作的科研及工程人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数据通信/孙群中主编. --北京:北京邮电大学出版社,2010.8

ISBN 978-7-5635-2370-2

I. ①数… II. ①孙… III. ①数据通信 IV. ①TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 154275 号

书 名: 数据通信

主 编: 孙群中

责任编辑: 刘扬

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 18.5

字 数: 479 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2370-2

定 价: 33.00

• 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

现代通信技术与计算机网络技术相互融合并飞速发展,使得社会进入了一个崭新的信息时代。人们对数据业务的需求日益增长,随着网络通信技术的广泛应用,人们的工作、生活中的方方面面,以及社会的各行各业都被网罗其中。数据通信与计算机网络技术对社会的发展产生了深刻的影响。

本书阐述了数据通信和计算机网络的基本原理。数据通信主要包括数据传输、差错控制、数据交换和数据通信网(广域网技术)以及相关的通信协议等方面的内容,计算机网络则包括局域网、城域网和互联网等方面的内容,二者各有侧重又相互关联。

本书为高职高专通信类专业的学生编写,以知识面宽、浅显易懂为特点,力求与实践相结合。希望读者通过本书能对数据通信建立较完整的概念,并掌握数据通信和计算机网络技术的基本原理,为从事数据通信和计算机网络方面的工作打下必备的基础。

本书共分8章。各章主要内容包括:

第1章 概述,简单介绍数据通信的概念、数据通信系统的构成及性能指标、数据通信的工作方式、数据传输代码和数据传输方式、数据通信的复用技术和数据通信网等概念。

第2章 数据信号传输,介绍数据传输信道及信道容量、数据传输信号码型和数据传输的基本形式。

第3章 差错控制,首先介绍差错控制的基本概念,分析常用的差错控制编码的特性和原理,最后介绍ARQ原理及滑窗协议等。

第4章 数据信息交换,首先介绍公用数据网进行数据信息交换的基本方式——电路交换、报文交换、分组交换等,然后介绍路由选择、流量控制与拥塞控制等。

第5章 数据通信网络协议,介绍通信协议的概念和协议分层,结合开放系统互联参考模型(OSI-RM)与TCP/IP网络体系结构两种通信协议分层实例来阐述协议分层和各层协议的功能。

第6章 公用数据通信网,分别介绍各种公用数据通信网技术及应用。

第7章 计算机网络,首先分别介绍局域网、城域网和互联网等计算机网络技术及应用,然后介绍网络管理与网络信息安全。

第8章 宽带通信网,介绍宽带通信网的基本概念和宽带通信网的未来发展方向。

本书第1、3、6章由李辉编写,第2、5章由牛建国编写,第4、7、8章由孙群中编写。全书由孙群中统稿。

本书编写过程中,参考了一些相关文献,在此对这些文献的作者表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,数据通信技术发展很快且涉及面很广,书中难免存在错误或不足之处,恳请专家和读者不吝指教,以对本书内容进行改进和完善。

编 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 数据通信的基本概念及发展	1
1.1.1 数据通信的基本概念	1
1.1.2 数据通信的特点	1
1.1.3 数据通信的发展	2
1.2 数据通信系统	3
1.2.1 数据通信系统的组成	3
1.2.2 数据通信系统的主要性能指标	5
1.3 数据传输代码	7
1.4 数据传输方式	8
1.4.1 并行传输与串行传输	8
1.4.2 同步传输与异步传输	9
1.4.3 单工、半双工和全双工传输	10
1.5 数据通信的复用技术	11
1.5.1 频分多路复用	11
1.5.2 时分多路复用	12
1.5.3 统计时分多路复用	13
1.5.4 波分多路复用	14
1.6 数据通信网	14
小结	15
习题	16
第 2 章 数据信号传输	17
2.1 数据传输信道与信号	17
2.1.1 数据传输介质	17
2.1.2 信道与噪声	21
2.1.3 数据信号基本码型	24
2.2 数据传输信号线路码型	27
2.2.1 数据传输对信号线路码型的要求	27
2.2.2 常用基带信号传输线路码型	28
2.3 数据传输的基本形式	31

2.3.1	数据传输系统的基本概念	31
2.3.2	数据信号基带传输	31
2.3.3	部分响应形成系统与编码	40
2.3.4	数据传输系统性能分析——眼图	44
2.3.5	基带传输中的时域均衡	45
2.3.6	数据序列的扰乱与解扰	48
2.3.7	数据传输系统中的时钟同步	50
2.3.8	基带数据传输系统	51
2.4	数据信号频带传输	52
2.4.1	频带传输系统组成	53
2.4.2	幅移键控	54
2.4.3	频移键控	56
2.4.4	相移键控	58
2.4.5	多进制数字调制	62
2.5	数字数据传输的概念及特点	65
	小结	66
	习题	68
第3章	差错控制	69
3.1	差错控制的基本概念	69
3.1.1	差错控制的基本思想	69
3.1.2	差错类型	69
3.1.3	差错控制方式	70
3.1.4	差错控制编码原理	71
3.1.5	差错控制编码的分类	74
3.2	常用的差错控制编码	75
3.2.1	简单的差错控制编码	75
3.2.2	线性分组码及汉明码	77
3.2.3	循环码	83
3.2.4	卷积码	93
3.3	ARQ 原理及滑窗协议	99
3.3.1	ARQ 原理	99
3.3.2	滑窗协议	103
	小结	105
	习题	106
第4章	数据信息交换	107
4.1	数据信息交换的基本方式	107
4.1.1	数据信息交换的概念和分类	107
4.1.2	电路交换	107

4.1.3 报文交换	109
4.1.4 分组交换	110
4.1.5 几种交换方式的比较	112
4.2 路由选择	113
4.2.1 路由选择的基本概念	113
4.2.2 路由选择的原理	113
4.2.3 路由选择的算法	114
4.3 流量控制与拥塞控制	117
4.3.1 流量控制	117
4.3.2 拥塞控制	119
小结	120
习题	121
第5章 数据通信网络协议	122
5.1 通信协议的概念和协议分层结构	122
5.1.1 通信协议的概念	122
5.1.2 通信协议的作用	122
5.1.3 通信协议的组成要素	122
5.1.4 通信协议的分层概念	123
5.1.5 通信协议开放系统互联参考模型	123
5.2 物理层协议	126
5.2.1 物理层的位置与接口标准	126
5.2.2 物理层的接口功能	126
5.2.3 物理层的接口特性	126
5.2.4 V.24/RS-232C 建议	129
5.2.5 V.35 建议	130
5.2.6 X 系列建议	131
5.2.7 数字网络接口 G.703 建议	132
5.3 数据链路层传输控制规程	132
5.3.1 传输控制规程的种类概述	132
5.3.2 数据链路控制规程的功能	133
5.3.3 数据链路控制规程——HDLC 高级数据链路控制规程	135
5.3.4 点对点协议	138
5.4 网络层协议	141
5.4.1 X.25 建议	141
5.4.2 PAD 相关协议	146
5.4.3 X.25 网间互联协议	149
5.5 TCP/IP 通信体系结构	150
5.5.1 TCP/IP 模型	150
5.5.2 TCP/IP 模型各层的功能	150

5.5.3 TCP/IP 各层主要协议	151
5.5.4 TCP/IP 模型与 OSI 标准模型的比较	152
小结	154
习题	154
第 6 章 公用数据通信网	156
6.1 分组交换网	156
6.1.1 分组交换网概述	156
6.1.2 分组交换网的结构与组成	156
6.1.3 分组交换网的业务功能	159
6.2 帧中继网	159
6.2.1 帧中继概述	159
6.2.2 帧中继协议	161
6.2.3 帧中继网的结构与组成	165
6.2.4 帧中继网的入网方式及网间互联	166
6.2.5 帧中继网的业务功能	168
6.2.6 帧中继网的应用	168
6.3 数字数据网	170
6.3.1 DDN 概述	170
6.3.2 DDN 的结构与组成	171
6.3.3 DDN 的入网方式及网间互联	175
6.3.4 DDN 的业务	176
6.4 ATM 网	177
6.4.1 ATM 概述	177
6.4.2 ATM 信元	178
6.4.3 ATM 协议参考模型	179
6.4.4 ATM 交换原理	181
6.4.5 ATM 的网络结构	185
6.4.6 ATM 的业务	186
6.5 IP 网	187
6.5.1 IP 与 ATM 的结合	187
6.5.2 MPLS 概述	188
6.5.3 MPLS 的网络结构	190
6.5.4 MPLS 工作原理	191
6.5.5 MPLS 的应用	193
小结	195
习题	196
第 7 章 计算机网络	197
7.1 计算机网络概述	197

7.1.1 计算机网络的基本概念	197
7.1.2 计算机网络的产生和发展	197
7.1.3 计算机网络的功能	199
7.1.4 计算机网络的组成和拓扑结构	199
7.1.5 计算机网络的分类	201
7.2 局域网	201
7.2.1 局域网基本概念	201
7.2.2 以太网	203
7.2.3 局域网的应用	222
7.3 城域网	222
7.3.1 城域网基本概念	222
7.3.2 宽带 IP 城域网	223
7.3.3 城域网的应用	226
7.4 互联网	227
7.4.1 互联网概述	227
7.4.2 TCP/IP 协议栈	228
7.4.3 因特网的应用	248
7.4.4 虚拟专用网	259
7.5 网络管理与网络信息安全	260
7.5.1 网络管理	260
7.5.2 网络安全	262
7.5.3 信息安全	264
小结	269
习题	272
第 8 章 宽带通信网	274
8.1 宽带通信网的概念	274
8.2 宽带通信网的未来发展方向	274
8.2.1 下一代网络	275
8.2.2 下一代互联网	277
8.2.3 下一代广播电视网(NGB)	279
8.2.4 宽带通信网的终极发展目标	281
小结	282
习题	283
参考文献	284

数据通信是为了实现计算机(或终端)与计算机(或终端)之间的信息交互而产生的一种通信方式,是通信技术与计算机网络技术相结合的产物。

本章简要介绍数据通信的一些基本概念。

1.1 数据通信的基本概念及发展

1.1.1 数据通信的基本概念

1. 数据的概念

通常所说的数据是将事实或观察的结果以数字、字母和各种符号的形式所做的记录。数据可以在物理介质上记录或传输,并通过外围设备被计算机接收。人们对数据进行加工处理(解释),就可以得到某种意义,这就是数据包含的信息。

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。数据涉及事物的表示形式,是信息的载体,而信息则是数据的内容和解释。用数据表示信息的内容十分广泛,如电子邮件、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。

注意,除数据外,不同的媒体形式还包括语音、图像、视频等,但它们都可以通过编码处理而转换成数据信息,因此,广义的数据概念可以包含所有的媒体形式。

2. 数据通信的概念

顾名思义,数据通信就是传输数据信息的通信方式。数据信号可以是模拟信号形式,也可以是数字信号形式。

为了使整个数据通信过程能按照一定的规则有顺序地进行,通信双方必须建立一定的协议或约定,并且具有执行协议的功能,这样才能实现有意义的数据通信。

严格来讲,数据通信的定义是依照通信协议,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、计算机与终端以及终端与终端之间的数据信息传递。

数据通信包括的内容有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传输数据信号,它是数据通信的基础;数据处理是为了使数据更有效、更可靠地传输,包括数据集中、数据交换、差错控制和传输规程等。

1.1.2 数据通信的特点

与传统的电话通信相比,数据通信的特点如表 1-1 所示。

表 1-1 数据通信与电话通信的特点

比较项目	电话通信	数据通信
传输的信号类型	终端发送和接收的都是模拟的电压信号	终端发送和接收的数据是离散的数字信号
通信的对象	人与人	计算机与计算机、人与计算机、计算机与终端、终端与终端
传输的可靠性	可接受的误码率小于 10^{-3}	可接受的误码率小于 10^{-9}
接口能力	灵活性要求差	灵活性要求高
通信量的突发性	突发性小, 峰值速率与均值速率相差不大	突发性大, 峰值速率与均值速率相差很大
每次呼叫平均持续时间	平均持续时间 5 min	25% 的数据呼叫持续时间在 1 s 以下, 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
每次呼叫建立时间	较长, 可达 15 s	较短, 通常小于 1.5 s
传输时延	小于 250 ms, 且恒定不变	无要求

1.1.3 数据通信的发展

在 20 世纪 60 年代初, 数据通信在模拟网络环境下进行, 那时人们采用专线或用户电报 Telex 进行异步低速数据通信。

20 世纪 70 年代初, 由于计算机网络技术和分布处理技术的进步及用户需求量的增加, 推动了数据通信网络与技术发展, 采用分组交换技术组建的数据通信网的应用渐趋普及, 提高了网络效率及线路利用率, 具有传输速率高、传输质量好、接续速度快及可靠性高等优点, 成为当时计算机通信广泛采用的网络技术。

20 世纪 70 年代末期, 随着光纤技术的普及应用, 一种利用数字通道提供半永久性连接电路的数字数据网络(DDN)出现, 它具有安全性强、使用方便、可靠性高等优点, 适宜相对固定而且信息量很大的数据通信服务。

进入 20 世纪 80 年代, 微型计算机、智能终端、个人计算机(PC)等的广泛采用, 使局部范围内(办公大楼或校园等)计算机和终端实现资源共享和相互通信, 因而导致局域网(LAN)及其相应技术的迅速发展。同时, 一种采用单一网络结构满足各种类型业务需求的概念出现, 即综合业务数字网(ISDN)。它将数据、语音、图像、传真等综合业务集中在同一网络中实现, 以解决多种网络并存的局面。

20 世纪 90 年代, 全球范围内 LAN 数量猛增, 局域网在广域网环境中互联, 在高质量光纤传输及智能化终端条件下使网络技术得以简化, 出现了帧中继(FR)这一快速分组交换技术, 它具有高速率、吞吐能力强、时延短、适应突发性业务等优点, 得到世界范围广泛重视。电信专家们提出将电路交换和分组交换优点相结合的异步转移模式(ATM)作为 B-ISDN 的解决方案。另外, 因特网进入崭新发展时期也是 90 年代数据通信网络发展的特征, 因特网是世界范围的计算机网间网, 它采用开放性通信协议(TCP/IP), 将网络各异、规模各异及不同地理区域的计算机网络互联成为一个整体, 是目前规模最大的国际性计算机网络。

实践表明, ATM 并不能很好地适应多种速率、不同业务特性的众多宽带多媒体业务。在计算机网络领域占领主导地位的 IP 技术, 由于具有开放性、灵活性和经济性的特点, 使其与数据通信技术的结合越来越紧密, 并在和 ATM 技术的竞争中具有明显优势, 数据通信网呈现

IP 化的发展趋势。

数据通信领域发展迅速,应用范围和应用规模不断扩大,新的应用业务不断涌现,特别是网络互联技术的不断更新和发展以及移动数据通信的迅速发展,使得数据通信与网络技术不断更新换代,现代网络技术向高速、宽带、数字传输与综合利用的方向发展。

1.2 数据通信系统

1.2.1 数据通信系统的组成

数据通信系统是通过数据电路将分布在远地的数据终端设备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。数据通信系统的基本组成如图 1-1 所示。

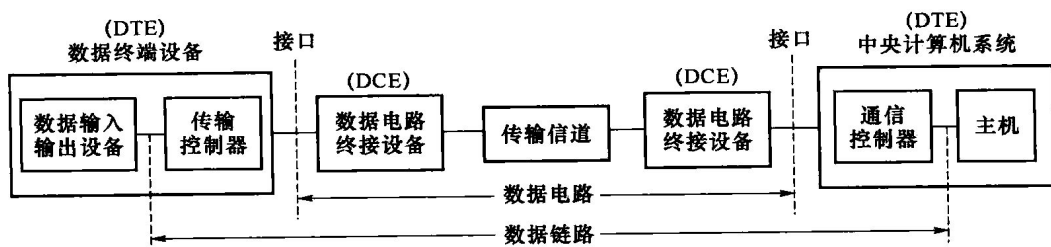


图 1-1 数据通信系统的基本组成

1. 数据终端设备

数据终端设备(Data Terminal Equipment,DTE)是产生数据的数据源或接收数据的数据宿。它把人可识别的信息变成以数字代码表示的数据,并把这些数据送到远端的计算机系统,同时可以接收远端计算机系统的数据,并把它变为人可理解的信息,即完成数据的发送和接收。

数据终端设备由数据输入、输出设备和传输控制器组成。

(1) 数据输入、输出设备是操作人员与终端之间的界面。它把人可以识别的信息变换成计算机可以处理的信息或者相反的过程。常见的输入设备是键盘、鼠标和扫描仪;输出设备可以是显示器、打印机等。常见的输入输出设备如图 1-2 所示。



图 1-2 常见的输入、输出设备

(2) 传输控制器执行与通信网络之间的通信过程控制,由软件实现,包括差错控制、流量控制、接续和传输等通信协议的实现。

2. 数据电路

数据电路位于数据终端设备和中央计算机系统之间,为数据通信提供一条传输通道。

数据电路由传输信道(通信线路)及两端的数据电路终接设备(Data Circuit-terminating Equipment, DCE)组成。

(1) 传输信道。传输信道由通信线路和通信设备组成。通信线路一般采用电缆、光缆、微波和卫星等线路。通信设备可分为模拟通信设备和数字通信设备,从而使传输信道分为模拟传输信道和数字传输信道。

(2) 数据电路终接设备。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,即将 DTE 发出的数据信号变换成适合信道传输的信号,或完成相反的变换。

当传输信道为模拟传输信道时,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)。调制解调器如图 1-3 所示。

当传输信道为数字传输信道时,DCE 实际是数字接口适配器,其中包含数据服务单元(DSU)与信道服务单元(CSU)。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。

中央计算机系统由主机、通信控制器(又称前置处理机)及外围设备组成。

(1) 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。

(2) 通信控制器是数据电路和计算机系统的接口。用于管理与数据终端相连接的所有通信线路,接收从远程 DTE 发来的数据信号,并向远程 DTE 发出数据信号。如微机中的异步通信适配器(如 UART)、数字基带网中的网卡就是通信控制器。网卡如图 1-4 所示。

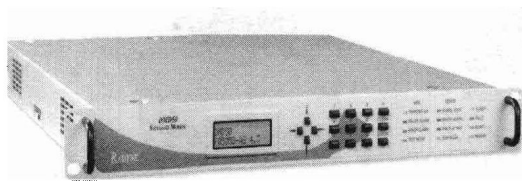


图 1-3 调制解调器

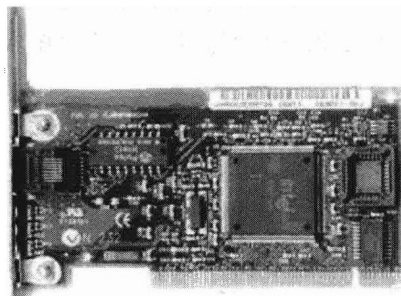


图 1-4 网卡

4. 数据链路

数据链路是由控制装置(传输控制器和通信控制器)和数据电路所组成。它是在数据电路建立后,为了进行有效、可靠地数据通信,通过传输控制器和通信控制器按照事先约定的传输控制规程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、差错检测及纠正和流量控制等。一般来说,只有建立起数据链路后,通信双方才能真正有效地进行数据通信。

1.2.2 数据通信系统的主要性能指标

在设计和评价通信系统性能优劣时,要涉及通信系统的性能指标。数据通信系统的性能指标主要有两个:有效性指标和可靠性指标。有效性指标用于衡量系统的传输效率,可靠性指标用于衡量系统的传输质量。

1. 有效性指标

有效性指标是衡量系统传输能力的主要指标,通常用3个指标来说明:码元传输速率、信息传输速率及频带利用率。

(1) 码元传输速率(R_B)

定义:每秒传输信号码元的数目,又称调制速率、符号速率、传码率、波特率,用符号 R_B 表示。单位:波特(Baud)。如果信号码元持续时间(时间长度)为 T (单位为 s),那么,码元传输速率公式为

$$R_B = \frac{1}{T} \quad (1-1)$$

图 1-5 给出了两种数据信号,其中图(a)为二电平信号,即一个信号码元可以取“0”或“1”两种状态之一;图(b)为四电平信号,它在一个码元 T 中可能取 ± 3 和 ± 1 这4种不同的值(状态),因此每个信号码元可以代表4种情况之一。

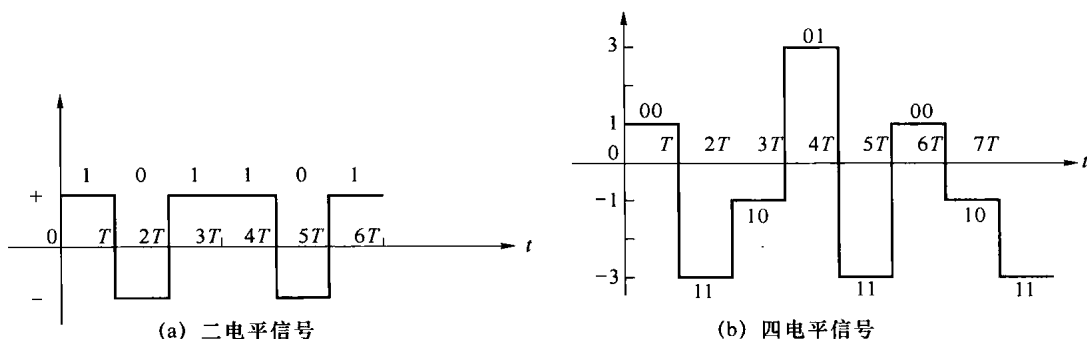


图 1-5 二电平和四电平数据信号

(2) 信息传输速率(R_b)

定义:每秒传输的信息量,又称传信率、比特率,用符号 R_b 表示。单位:比特/秒(bit/s)。

比特在数字通信系统中是信息量的单位。在二进制数字通信系统中,每个二进制码元若是等概率传送的,则信息量是 1 bit。所以,一个二进制码元在此时所携带的信息量就是 1 比特。通常,在无特殊说明的情况下,都把一个二进制码元所传的信息量视为 1 bit,即指每秒传送的二进制码元数目。在二进制数字通信系统中,码元传输速率与信息传输速率在数值上是相等的,但是单位不同,意义不同,不能混淆。在多进制系统中,多进制的进制数与等效对应的二进制码元数的关系为

$$M = 2^n \quad (1-2)$$

式中, M 是进制数, n 是二进制码元数,这时信息传输速率和码元传输速率的关系为

$$R_b = R_B \log_2 M \text{ (bit/s)} \quad (1-3)$$

例如在四进制中($M=4$),已知码元传输速率 $R_B=600$ Baud,则信息传输速率 $R_b=1\,200$ bit/s。

(3) 频带利用率(η)

在比较两个通信系统的有效性时,单看它们的传输速率是不够的,或者说虽然两个系统的传输速率相同,但它们的系统效率可以是不一样的,因为两个系统可能具有不同的带宽,那么,它们传输信息的能力就不同。所以,衡量系统效率的另一个重要指标是系统的频带利用率 η 。 η 定义为

$$\eta = \frac{\text{码元传输速率}}{\text{频带宽度}} \quad (\text{Baud/Hz}) \quad (1-4)$$

或

$$\eta = \frac{\text{信息传输速率}}{\text{频带宽度}} \quad (\text{bit/s}) \cdot \text{Hz}^{-1} \quad (1-5)$$

通信系统所占用的频带越宽,传输信息的能力就越大。系统的频带利用率越高,系统的有效性就发挥得越好。

2. 可靠性指标

由于数据信号在传输过程中不可避免地受到外界的噪声干扰,信道的不理想也会带来信号畸变,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、误比特率和误字符率或误码组率。

(1) 误码率(P_e)

定义:通信过程中系统传错的码元数目与所传输的总码元数目之比,即传错码元的概率。记为

$$P_e = \frac{\text{传错码元的个数}}{\text{传输码元的总数}} \quad (1-6)$$

误码率是衡量数据通信系统在正常工作状态下传输质量优劣的一个非常重要的指标,它反映了数据信息在传输过程中受到损害的程度。误码率的大小,反映了系统传错码元的概率的大小。误码率是指某一段时间内的平均误码率。对于同一条通信线路,由于测量的时间长短不同,误码率也不一样。在测量时间长短相同的条件下,测量时间的分布不同,如上午、下午和晚上,它们的测量结果也不同。所以在通信设备的研发和验收时,应以较长时间的平均误码率来评价。

(2) 误比特率(P_b)

定义:通信过程中系统传错的信息比特数目与所传输的总信息比特数之比,即传错信息比特的概率,也称误信率。记为

$$P_b = \frac{\text{传错比特数}}{\text{传输的比特总数}} \quad (1-7)$$

误比特率的大小,反映了信息在传输中,由于码元的错误判断而造成的传输信息错误的大小,它与误码率从两个不同层次反映了系统的可靠性。在二进制系统中,误码数目就等于传错信息的比特数,即 $P_e = P_b$ 。

(3) 误字符率或误码组率

定义:通信过程中系统传错的字符(码组)数与所传输的总字符(码组)数之比,即传错字符(码组)的概率。记为

$$\text{误字符率或误码组率} = \frac{\text{传错的字符数或码组数}}{\text{传输的总字符数或码组数}} \quad (1-8)$$

由于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,此时使用误字符率或误码组率更具实际意义,也易于理解。但由于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错一个字符或码组,故用误字符率或误码组率评价数据电路的传输质量并不很确切。

1.3 数据传输代码

在数据终端设备或计算机内部信息是用二进制数表示的,而数据终端设备或计算机输入输出的数据信息是由人们容易识别的各种字母、数字或符号的组合来表示的。因而,为了实现正确的数据通信需将二进制和字符、数字和符号的对应关系作统一的规定,这种规定称为传输代码或编码。目前常用的传输代码有4种:国际电报2号码(IAT2)、国际5号码(IA5)、EBCDIC、信息交换用汉字代码等。

1. 国际电报2号码

国际电报2号码(IAT2)是一种5单位代码,也称博多码。由5位二进制码组成,是电报通信中广泛使用的一种代码。通常在电报与计算机通信时使用,低速(50 Baud)数据通信中有时也使用。

2. 国际5号码

国际5号码(IA5),1963年由美国标准化协会(ANSI)最早提出,后被ISO和原CCITT(现ITU-T)采纳并发展称为国际通用的信息交换用标准代码,即ASCII码。

标准的ASCII码是一种7单位代码,即用7位二进制码表示一个字母、数字或符号。ASCII编码表如表1-2所示。

表 1-2 ASCII 编码表

H L	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE	SP	0	@	P	,	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	)	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	(	9	I	Y	i	y
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	.	<	L	\	l	
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

国际 5 号代码表是由 $2^7 = 128$ 个字符构成的字符集,可分为控制字符和图形字符 2 类。控制字符只产生控制功能,不被显示或打印。总共 6 类:①传输控制字符;②格式控制字符;③代码扩充控制字符;④设备控制字符;⑤信息分隔符;⑥其他控制字符。图形字符为显示或打印的字符,共 94 个,包括 52 个大小写英文字母、10 个数字和 32 个图形符号。

字符集中每个字符都是由 7 位(比特)组成,表示为 $(b_7, b_6, b_5, b_4, b_3, b_2, b_1)$ 。其中 L 表示为 (b_4, b_3, b_2, b_1) ;H 表示为 (b_7, b_6, b_5) 。串行传输时,先发送低位 b_1 ,后发送高位 b_7 。

为了提高传输的可靠性,可以在 b_7 后加第 8 位 b_8 作为奇偶校验位,通常同步工作时采用奇校验,起止式工作时采用偶校验。所谓奇偶校验就是加上 b_8 后,使 $b_1 \sim b_8$ 中“1”的个数为奇数或偶数。

ASCII 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 GB 1988-80“信息处理交换用的七位编码字符集”也是根据 ASCII 码来制定的,它与 ASCII 的差别在于将国际通用的货币符号“ Q ”改为人民币符号“ Y ”,在国内通用。

3. EBCDIC

EBCDIC(Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)为 IBM 公司于 1963—1964 年间推出的字符编码表,根据早期打孔机式的二-十进制(Binary Coded Decimal,BCD)排列而成。这种码一般不作远距离传输用,而作为计算机内部码使用。

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。对于任何一个图形字符都采用两个字节表示,每个字节均采用中国国家标准 GB 1988-80“信息处理交换用的七位编码字符集”的 7 单位代码。

1.4 数据传输方式

数据传输方式是指数据在信道上传送所采取的方式。如按数据代码传输的顺序可以分为并行传输和串行传输;如按数据传输的同步方式可分为同步传输和异步传输;如按数据传输的流向和时间关系可分为单工、半双工和全双工数据传输。

1.4.1 并行传输与串行传输

1. 并行传输

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。发送设备将这些数据位通过对应的数据线传送给接收设备,还可附加一位数据校验位。接收设备同时接收到这些数据,不需要作任何变换就可直接使用。图 1-6 给出了一个采用 8 单位二进制码构成一个字符进行并行传输的示意图。

并行传输的主要优点是:

(1) 系统采用多个信道并行传输,一次传送一个字符,因此收、发双方不存在字符同步问题,不需要额外的措施来实现收、发双方的字符同步。

(2) 传输速度快,一位(比特)时间内可传输一个字符。

并行传输的主要缺点是:

(1) 通信成本高。每位传输要求一个单独的信道支持,因此,如果一个字符包含 8 个二进