

邮电高等函授教材

数据通信原理

倪维桢 高鸿翔 编著

李文海 审

616

1

北京邮电大学出版社

数据通信原理

倪维桢 编著
高鸿翔

李文海 审

北京邮电大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数据通信原理/倪维桢, 高鸿翔编著. —北京: 北京邮电大学出版社,
1995. 12

ISBN 7-5635-0234-3

I. 数… I. ①倪… ②高… II. 数据通信-理论 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 18220 号

内 容 提 要

本书是根据邮电高等函授《数据通信原理》教学大纲编写的。本书系本科教科书, 除第二章或删去部分内容外, 也可作专科教材。

本书首先介绍了数据通信系统的构成、传输方式、性能, 然后讨论了随机信号的分析方法, 接着对数据信号的基带、频带和数字传输从理论上作了较深入详细的叙述; 介绍了差错控制的基本理论; 叙述了数据传输规程与接口。本书的后半部着重讨论了数据交换的方式, 特别对分组数据交换的理论作了较全面的讨论。最后, 本书对于分组数据通信网的协议和分组网的构成也作了较全面的介绍。

本书兼顾数据通信中的三个主要方面, 即传输、交换和通信协议, 自成系统, 重视理论联系实际、力求通顺易懂、适于自学。可作高函电信工程专业教材, 也可供从事数据通信技术方面的工程技术人员参考。

数 据 通 信 原 理

编 著 倪维桢 高鸿翔

责任编辑 王守平

*

北京邮电大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京师范大学印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 1/16 印张 17.5 字数 442 千字

1996 年 1 月第一版 1996 年 1 月第一次印刷

印数: 1—5000 册

ISBN 7-5635-0234-3/TN·97 定价 19.80 元

前 言

本书是根据邮电高等函授《数据通信原理》教学大纲编写的。本书系大学本科教科书,除第二章随机信号分析或删除部分内容外,也可作为专科教科书,可供全国邮电高等函授电信工程专业选用,也可供从事数据通信方面的科技人员和有关院校通信专业的师生参考。

本书在内容和编写上具有下列特点:

1. 根据邮电高等函授教学指导委员会关于在本科教学计划中删去通信系统原理课程的决定,将随机信号分析的内容并入本书,并加强了数字调制的理论和分析。
2. 本书兼顾数据通信中三个主要方面,即传输、交换和通信协议。
3. 在论述上突出技术矛盾的发展。例如通信可靠性与通信效率之间的矛盾,特别注意到传输质量,带宽利用率,平均功率之间的内在关系。
4. 突出重点。在调制技术中突出正交调制 QAM 的理论,在交换上突出分组交换技术,并兼顾其他。
5. 在编写上着重基本原理分析,力求深入浅出,便于自学。

本书共分九章。第一章数据通信概述,介绍数据通信系统的构成、传输方式、性能指标、特点、应用以及网的概念。第二章随机信号的分析,较系统讨论了随机过程的描述、数字特征,特别是平稳随机过程的基本特性。第三章数据信号的传输,详细分析了基带传输、频带传输和数字传输的基本理论和方法。第四章差错控制,介绍了差错控制的基本原理和方法,线性分组码、循环码、卷积码等基本概念和特性。第五章数据传输控制规程与接口,介绍了基本型传输控制规程和高级数据链路控制规程,并给出 100 系列和 200 系列的接口详细说明。第六章数据交换,介绍电路交换、报文交换和分组交换的基本原理。第七章分组交换,较详细讨论了分组交换的有关理论和技术。第八章分组网的通信协议,介绍了 OSI 七层模型、X.25、X.75 以及分组装拆(PAD)等有关协议。第九章分组交换网,介绍分组交换数据网的构成、设备功能以及中国公用交换数据网的组成。

本书的第四、五章由高鸿翔副教授编写,倪维桢教授编写其余各章并负责全书的统编。全书由李文海教授审阅。

编者感谢本书所列文献作者,没有这些文献是难于编写本书的。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,希读者批评指正。

编 者
1994 年 11 月

目 录

第一章 概 述

第一节 数据通信概念	(1)
第二节 传输代码	(1)
一、国际 5 号码 (IA5)	(2)
二、国际电报 2 号码 (ITA2)	(3)
第三节 数据通信系统	(4)
一、数据通信系统的构成	(4)
二、数据通信系统的分类	(5)
第四节 数据传输速率	(6)
一、调制速率	(6)
二、数据传信速率	(7)
三、数据传信速率与调制速率的关系	(7)
四、数据传送速率	(7)
第五节 数据传输方式	(8)
一、并行传输与串行传输	(8)
二、同步传输与异步传输	(8)
三、单工、半双工和全双工数据传输	(9)
第六节 数据传输质量	(10)
一、差错率	(10)
二、频带利用率	(10)
第七节 数据传输信道	(10)
一、信道特性	(11)
二、信道容量	(12)
三、信道标准	(13)
第八节 数据通信网	(16)
一、按网路拓扑分类	(16)
二、按传输技术分类	(17)
第九节 数据通信的简史、特点、应用与发展	(18)
一、简 史	(18)
二、特 点	(18)
三、应 用	(19)
四、发 展	(19)
小 结	(19)
复习题	(20)

第二章 随机信号的分析

第一节 随机过程的一般描述	(21)
一、随机过程	(21)
二、随机过程的分类	(22)
三、随机过程的一般描述	(22)
第二节 随机过程的部分描述——数字特征	(23)
一、数学期望	(24)
二、方 差	(24)
三、协方差函数和相关函数	(24)
第三节 平稳随机过程	(25)
一、平稳随机过程定义	(25)
二、各态历经性与时间平均	(26)
三、平稳随机过程自相关函数的性质	(27)
四、平稳随机过程的功率谱密度	(29)
第四节 高斯过程	(34)
一、定 义	(34)
二、性 质	(34)
第五节 噪 声	(35)
一、定 义	(35)
二、散粒噪声	(35)
三、热噪声	(35)
四、高斯噪声	(35)
五、白噪声	(36)
第六节 随机过程通过线性系统	(37)
一、输出和输入随机过程的关系	(37)
二、输出随机过程的数学期望	(37)
三、输出随机过程的自相关函数	(38)
四、输出随机过程的功率谱密度	(38)
五、输出随机过程的分布	(40)
第七节 窄带随机过程	(40)
一、什么是窄带系统	(40)
二、窄带随机过程的表示	(40)
三、正交分量 $\xi_c(t)$ 和同相分量 $\xi_s(t)$ 的统计特性	(41)
四、包络和相位的统计特性	(43)
第八节 正弦波加窄带高斯过程	(44)
小 结	(46)
附录 A2-1 概率论的一些基本知识	(48)
复习题	(60)

第三章 数据信号的传输

第一节 数据信号的基带传输	(61)
一、数据序列的电信号表示	(61)
二、基带数据信号的频谱特性	(62)
三、基带传输波形的形成	(65)
四、基带传输的最佳化和系统的误码性能	(74)
五、眼 图	(79)
六、基带传输中的时域均衡	(80)
七、数据序列的扰乱与解扰	(86)
八、数据传输系统的时钟同步	(89)
九、基带数据传输系统	(92)
第二节 数据信号的频带传输	(92)
一、频带传输系统	(92)
二、数字调幅	(94)
三、数字调相	(102)
四、数字调幅调相	(110)
五、数字调频	(112)
六、频带传输中的误码性能	(122)
七、数字调制中的载波提取和形成	(131)
八、数字调制系统的比较	(134)
九、话带数字调制系统	(135)
第三节 数据信号的数字传输	(137)
一、数字数据传输的特点和意义	(137)
二、数字数据传输的基本原理	(138)
三、数字数据的时分复用(TDM)	(140)
四、数字数据网(DDN)	(146)
五、数字数据传输系统	(149)
六、数字数据网同步	(150)
七、数字交叉连接系统(DACS)	(151)
八、数据用户接入 DDN	(152)
小 结	(154)
附录 A3-1 格雷编码	(155)
A3-2 马库姆函数 $Q(X)$	(155)
复习题	(157)

第四章 差错控制

第一节 差错类型和差错控制方式	(159)
一、差错类型	(159)
二、差错控制的基本方式	(160)

第二节 纠错编码的基本概念	(161)
一、纠错编码的检错、纠错原理	(161)
二、纠错编码的检错、纠错能力	(162)
三、编码效率	(163)
四、纠错编码的分类	(163)
第三节 常用的简单差错控制编码	(163)
一、奇偶监督码	(163)
二、水平一致监督码	(164)
三、行列监督码	(164)
四、恒比码	(165)
五、正反码	(165)
六、汉明码	(166)
第四节 线性码	(168)
第五节 循环码	(171)
第六节 BCH 码	(174)
第七节 卷积码	(177)
小 结	(181)
复习题	(182)

第五章 数据传输控制规程与接口

第一节 数据传输控制规程的功能	(183)
一、数据通信过程	(183)
二、传输控制规程的主要功能	(184)
第二节 基本型控制规程	(184)
一、主站与从站	(185)
二、传输控制字符	(185)
三、数据传输格式	(186)
四、通信阶段操作过程	(188)
第三节 高级数据链路控制规程(HDLC)	(190)
一、一些基本概念	(190)
二、帧结构	(191)
三、控制字段的格式和参数	(194)
四、命令和响应	(196)
五、链路的操作过程	(196)
第四节 HDLC 与基本型控制规程的比较	(197)
第五节 数据终端设备与数据电路终接设备之间的接口	(198)
一、接口的意义	(198)
二、100 系列接口线	(199)
三、200 系列接口线	(201)
小 结	(203)

复习题	(204)
-----------	---------

第六章 数据交换

第一节 数据交换的必要性	(205)
第二节 利用公用网进行数据交换	(206)
第三节 电路交换方式	(206)
第四节 报文交换方式	(208)
第五节 分组交换方式	(209)
第六节 交换方式的选择与比较	(211)
小 结	(213)
复习题	(214)

第七章 分组交换

第一节 分组长度选取的原则	(215)
一、分组长度与延迟时间	(215)
二、分组长度与交换机费用	(217)
三、分组长度与误码率	(218)
第二节 分组的传输	(219)
一、数据报	(219)
二、虚电路	(220)
第三节 分组的路由选择	(221)
一、路由选择的一般要求	(221)
二、路由选择的算法	(222)
第四节 分组网的流量控制	(226)
一、流量控制的必要性	(227)
二、流量控制的目的和类型	(227)
三、流量控制的方式	(228)
四、窗口方式流量控制	(229)
第五节 分组网的编号规则	(230)
第六节 分组网的计费原则	(231)
第七节 网际互连	(231)
一、分组网与电话网互连	(232)
二、分组网与用户电报网互连	(233)
三、分组网之间的互连	(233)
第八节 用户终端与分组网的互连	(234)
一、用户线	(234)
二、用户终端与分组网的连接方式	(234)
三、用户终端进网规程	(235)
小 结	(236)
复习题	(237)

第八章 分组网的通信协议

第一节 协议概念与层次结构	(238)
第二节 OSI 开放系统互连参考模型	(239)
一、OSI 分层通信概念	(239)
二、OSI 模型各层的基本功能	(239)
三、层次结构的优缺点	(241)
第三节 层间通信	(241)
第四节 CCITT X 系列建议的主要概况	(242)
第五节 CCITT X. 25 建议	(243)
一、引 言	(243)
二、X. 25 建议结构	(244)
三、X. 25 建议第一层的 X. 21、X. 21bis 建议	(244)
四、X. 25 建议第二层的 LAPB 及 MLP	(245)
五、X. 25 的第三层 (分组层)	(245)
第六节 分组装/拆 (PAD) 功能及相关协议	(250)
一、引 言	(250)
二、X. 3 建议	(251)
三、X. 28 建议	(251)
四、X. 29 建议	(252)
第七节 公用分组交换网的互连协议——X. 75 建议	(253)
小 结	(254)
复习题	(254)

第九章 分组交换数据网

第一节 分组交换数据网的构成	(255)
第二节 分组交换数据网中设备的功能	(256)
一、分组交换机	(256)
二、网路管理中心 (NMC)	(257)
三、远程集中器	(259)
第三节 分组交换数据网的性能	(260)
第四节 我国公用分组交换数据网	(261)
一、公用分组交换数据试验网	(261)
二、新的公用分组交换数据网 (新 CNPAC)	(262)
三、地区分组交换数据网	(264)
小 结	(265)
复习题	(266)
部分复习题答案	(267)
参考文献	(268)

第一章 概 述

本章从数据,数据通信,数据通信系统的构成及其各部分的功能、分类,数据传输速率、方式、质量、信道以及数据通网的概念和数据通信的简史、特点、应用、发展等方面,对数据通信的整体作一比较概括的介绍,并提出了一些基本概念。

学习要点

- (1) 数据通信的构成和各部分的功能;
- (2) 数据传输速率、方式、质量,对信道的要求;
- (3) 数据通信网的基本概念;
- (4) 数据通信的特点及应用。

第一节 数据通信概念

数据,人们几乎每天都要碰到它。例如各种实验数据,各类统计报表等等。尽管人们经常处理数据,但数据一词还没统一的严格定义。然而,数据通常是用数字或字母(符号)来表示的,并赋以一定的意义。因此,可以认为,数据是预先约定的具有某种含义的任何一个数字或一个字母(符号)以及它们的组合表示。例如,约定用数字“1”表示电路接通,数字“0”表示电路开断。这里,数字“1”和“0”就是数据。

现代通信借助于电和光来传输信息。因此,数据通信就是用电(光)信号将上述数据正确地传输给接收者。要达到这一目的,需要信道来传输数据信号,信道存在不理想性(传输失真和噪声干扰),可能使数据信号发生差错。因而,要对差错进行控制。同时,为了使整个数据通信过程能按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,这样才实现了有意义的数据通信。

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。通俗而言,数据通信是计算机与通信相结合而产生的一种通信方式和通信业务。可见,数据通信是一种把计算机技术和通信技术结合起来的新型通信方式,它是信息社会不可缺少的一种高效的通信方式,也是未来“信息高速公路”的主要内容。

从以上数据通信的定义可以理解,数据通信包含两方面内容:数据的传输和数据传输前后的处理。例如数据的集中、交换、控制等等。数据传输是数据通信的基础,而数据传输前后的处理使数据的远距离交换得以实现。这一点在讨论数据链路、数据交换以及各种规程时将会更明显。

第二节 传输代码

前面谈到数字“0”和“1”可以是数据,要以电信号来传输它们,必须以电信号的一定波形来

表示。例如用一定时间长度的正电压代表数字“1”，用负值表示“0”，如图 1-2-1 所示。

我们知道，数据是由数字、字母(符号)等组成的，要用许多不同形状的电压来表示它们是不现实的。解决办法是采用代码。例如用“1000001”表示 A，用 1011010 表示 Z，再把这些“0”和“1”代码用二电平电压(电流)波形来表示并传输。这就解决了用少量电压(电流)波形来表示众多数据字符的矛盾。这里所说的代码就是二进制的组合，即二进制代码。目前，常用的二进制代码有国际 5 号码(IA5)、EBCDIC 码和国际电报 2 号码(ITA2)等。

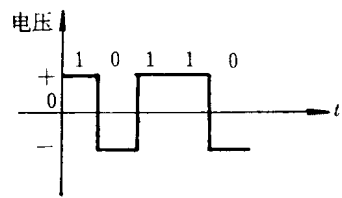


图 1-2-1 数据信号举例

一、国际 5 号码(IA5)

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。这种码最早在 1963 年由美国标准协会提出，称为美国信息交换用标准代码(American Standard Code for Information Interchange 简称 ASCII 码)。7 位二进制码一共有 $2^7=128$ 种组合，可表示 128 个不同的字母、数字和符号，如表 1-2-1 所示。其分配是：大写及小写英文字母各 26 个，数字 10 个，图形符号 33 个，控制符号 32 个，还有一个 DEL(抹掉)符号。我国国家标准总局 1980

表 1-2-1 国际 5 号电码表

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

年公布的“信息处理用 7 位编码字符表”与表 1-2-1 的区别仅在位置 2/4 上,将国际通用货币符号“〇”改为“¥”作为我国货币(人民币)的标志,在国内使用。表中第 1,2 两列的字符作为控制字符使用,它只产生控制作用,不能被显示或打印。其中 NUL 表示“空白”;FE₀ 到 FE₅ 是页面的格式化控制字符;DC₁ 至 DC₄ 是控制外围设备的字符;IS₂ 至 IS₄ 是分隔信息用的分隔字符;TC₁ 至 TC₁₀ 是传输控制字符,这几个字符的使用方式将在第五章中详细叙述。注意,代码在顺序传输过程中以 b₁ 作为第一位,b₇ 为最后一位。为了提高传输的可靠性,CCITT V.4 建议规定在 b₇ 之后加上第 8 位 b₈ 码位作为奇偶校验用。所谓奇偶校验就是加上 b₈ 位后,使 8 位码的组合中“1”的总个数为奇数或偶数。这样,经过传输后,如检查到规定的奇或偶数规则被破坏就可判断码组中存在差错,从而采取相应的对策,这将在第四章中详细讨论。

二、国际电报 2 号码(ITA2)

国际电报 2 号码是一种 5 单位代码,又称波多码,为起止式电传电报通信中的标准信息代码。目前,在某些低速数据通信系统中仍然使用这种代码,如表 1-2-2 所示。从表可见,有相当一部分数字和字母、符号使用相同的代码(因为 5 位代码组合只有 2⁵=32 种组合),所以,采用“字母(Letters)”与“数字(Figures)”键来区分,即在字母键后,代码表示字母;在数字键后,代码表示数字和符号。

表 1-2-2 国际 2 号码

	字母	数 字	代 码						字母	数 字	代 码				
1	A	—	1	1	0	0	0	17	Q	1	1	1	0	1	
2	B	?	1	0	0	1	1	18	R	4	0	1	0	0	
3	C	:	0	1	1	1	0	19	S	,	1	0	1	0	
4	D	Who Are You	1	0	0	1	0	20	T	5	0	0	0	1	
5	E	3	1	0	0	0	0	21	U	7	1	1	1	0	
6	F	未规定	1	0	1	1	0	22	V	=	0	1	1	1	
7	G	未规定	0	1	0	1	1	23	W	2	1	1	0	1	
8	H	未规定	0	0	1	0	1	24	X	/	1	0	1	1	
9	I	8	0	1	1	0	0	25	Y	6	1	0	1	0	
10	J	Bell	1	1	0	1	0	26	Z	+	1	0	0	1	
11	K	(	1	1	1	1	0	27	回 车		0	0	0	1	
12	L	)	0	1	0	0	1	28	换 行		0	1	0	0	
13	M	·	0	0	1	1	1	29	字母键		1	1	1	1	
14	N	,	0	0	1	1	0	30	数字键		1	1	0	1	
15	O	9	0	0	0	1	1	31	间 隔		0	0	1	0	
16	P	0	0	1	1	0	1	32	不 用		0	0	0	0	

另外,EBCDIC 码是一个扩充的二-十进制交换码,它是一种 8 单位码,但它的第 8 位码 b₈ 仅用来扩展功能,不用于奇偶校验。因此,这种码一般不作为远距传输用,而作为计算机的内部代码使用。

第三节 数据通信系统

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。比较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(DTE)、数据电路三部分构成,如图 1-3-1 所示:

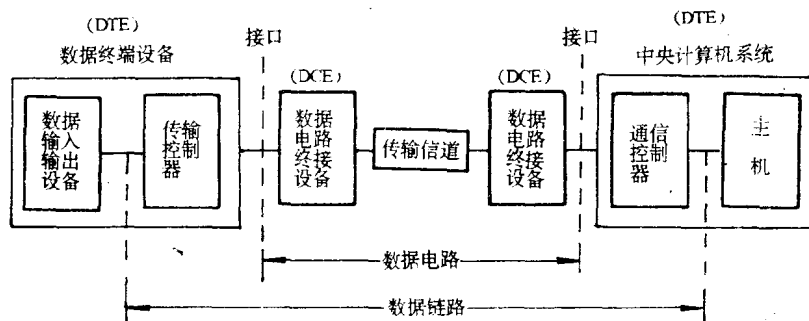


图 1-3-1 数据通信系统的基本构成

一、数据通信系统的构成

1. 数据终端设备

数据终端设备(Data Terminal Equipment, DTE)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。

DTE 在数据通信中的作用有点类似于电话与电报通信中的话机和电传机,它把人们的信息变成以数字代码表示的数据,并把这些数据输送到远端的计算机系统。同时,可以接收远端计算机系统的处理结果——数据,并将它变为人们能理解的信息。所以,DTE 相当于人和机器(计算机)之间的接口。

DTE 是一个总称,根据实际需要采用不同的设备。例如,在发送数据中,DTE 可以用键盘输入器;在接收数据中,它可以是屏幕显示设备(CRT),也可以是激光打印机等等。当然,具有一定处理功能的个人计算机也可称为 DTE。

2. 数据由路

数据电路由传输信道(传输线路)及其两端的数据电路终接设备(Data Circuit Terminating Equipment, DCE)组成。

数据电路位于 DTE 与计算机系统之间,它的作用是为数据通信提供数字传输信道。在数据电路两端收发的是二进制“1”或“0”的数字数据信号。数据传输电路要保证将 DTE 的数据信号迅速、准确、安全地送到计算机系统以及由计算机系统送回 DTE。

传输信道包括通信线路和通信设备。通信线路一般采用电缆、光缆、微波线路等。而通信设备又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。另外,传输信道中还包括通过交换网的连接或是专用线路的固定连接。

DCE 是 DTE 与传输信道的接口设备。发方的 DCE 有两项功能:一是将来自 DTE 的数据信号进行变换,使之消除原数据信号内的直流分量,使信号功率谱与信道相适应,防止数据信

号中长串“1”或“0”码时,可能导致收发双方的失步;二是当传输信道为模拟信道时,使来自 DTE 的基带数据信号调制(载频信号),实现频带搬移。收方的 DCE 则施行与发方相反的功能。调制解调器(Modem)是最常见的 DCE,它是调制器和解调器的结合。发送时,调制器把数字数据信号转换成适合于模拟电路上传输的模拟信号;接收时,模拟信号由解调器将它还原成数字数据信号,并送到 DTE。当数据信号在数字信道上传输时,DCE 的位置上不再需要 Modem,而改为数据服务单元(Data Service Unit,DSU)。DSU 的功能是信号格式变换,即消除信号中的直流成分和防止长串零的编码,信号再生和定时等等。另外,如数据信号直接在电缆中传输,称为基带传输,这时 DCE 只需要第一项功能。

3. 中央计算机系统

中央计算机系统由通信控制器(或称前置处理机)、主机及其外围设备组成,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的数据终端设备输出的功能。

(1) 通信控制器

通信控制器(或前置处理机)是数据电路和计算机系统的接口,控制与远程数据终端设备连接的全部通信信道,接收远程 DTE 发来的数据信号,并向远程 DTE 发送数据信号。

通信控制器的主要功能,对远程 DTE 一侧来说,是差错控制、终端的接续控制、确认控制、传输顺序控制和切断等控制;对计算机系统一侧来说,其功能是将线路上来的串行比特信号变成并行比特信号,或将计算机输出的并行比特信号变成串行比特信号。另外,在远程 DTE 侧有时也有类似的通信控制功能,但一般作为一块通信控制板合并并在 DTE 之中。

(2) 主机

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

最后,从图 1-3-1 中看到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。控制装置是按照双方事先约定的规程(一般是指 CCITT 所建议的有关规程)进行控制的。一般来说,只有在建立起数据链路之后,通信双方才能真正有效地进行数据通信。

二、数据通信系统的分类

根据传输线路是否直接与中央计算机系统相连接,数据通信系统可分为脱机系统和联机系统。由于脱机系统的自动化程度低、等待时间长、工作效率低等原因,故它只是数据通信发展初期用于非实时处理的一种系统,以后的数据通信系统几乎都是联机系统。

数据通信系统根据处理形式的不同,可以分为联机实时系统、远程批量处理系统和分时处理系统三类。

1. 联机实时系统

联机实时系统是指从终端输入的数据,在中央计算机上立即进行处理,并将处理结果直接送回终端设备的处理形式。它适用于要求能够迅速地处理随机发生的大量数据的场合。

联机实时系统根据不同的应用又可分为询问处理系统、会话处理系统、数据收集系统、数据分配系统和数据交换系统等。

询问处理系统是指从远程终端发送电文到中央计算机,并将经处理后的结果作为电文送回该终端的系统,例如情报检索系统。

会话处理系统是终端和中央计算机一面进行会话(一系列交替的询问和回答),一面进行处理的系统,例如订票系统等。

数据收集系统是将多台远程终端的数据,定时地收集到中央计算机进行存储和处理,再加工成为各种报表资料,其数据流向是从远程终端到中央计算机,例如电力检测系统、气象观测资料收集系统。而数据分配系统的数据流向与数据收集系统的相反,通常将这两种系统组合起来使用。

数据交换系统是中央计算机接收某一终端送来的数据,经识别该数据的接收终端地址,再转发给目的地的接收终端,如银行汇兑系统。

2. 远程批量处理系统

远程批量处理系统是从远程终端向中央计算机投入作业,获得处理结果。为了提高效率,批量处理的作业可通过批量作业站送到中央计算机。批量作业站是由一些能控制作业的终端组成的。

3. 分时处理系统

分时处理系统是将中央计算机的时间划分成很短的时间片,远程终端按时间片轮流使用中央计算机的处理形式。分时处理系统的特点是一台中央计算机上可以连接几个控制台和上百台终端,每个用户都可以在一台终端或控制台上以会话方式操作或控制其作业的运行。这样,很多联机用户可同时使用一台计算机,每个用户感觉不到别人也在使用,好像自己在单独使用计算机。

第四节 数据传输速率

数据传输速率是衡量系统传输能力的主要指标,通常使用三种不同的定义:

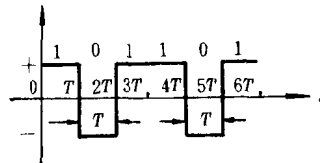
- (1) 调制速率;
- (2) 数据传信速率;
- (3) 数据传送速率。

一、调制速率

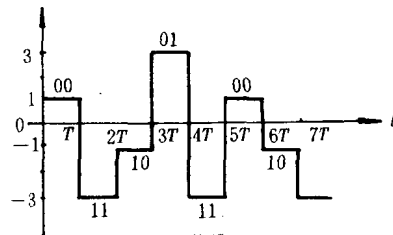
调制速率的定义是每秒传输信号码元的个数,又称波特率,单位为波特(Bd)。如信号码元持续时间(时间长度)为 T (秒),那么,调制速率 N_{Bd} 为

$$N_{Bd}(\text{波特}) = \frac{1}{T(\text{秒})} \quad (1-4-1)$$

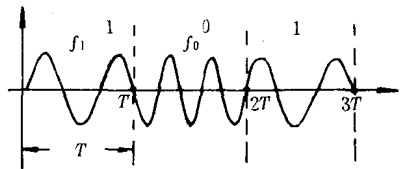
图1-4-1给出了三个数据信号。其中(a),(b)为基带信号,(c)为已调信号。(a)为前述的二电平信号,即一个信号码元中有两种状态。(b)为四电平信号,它在一个码元 T 中可能取四种不同的值(状态): ± 3 和 ± 1 ,因此每个信号码元可以代表四种情况之一。所以,可以表示2个传输代码的 $4(2^2=4)$ 种组合。图(c)为调频波,以 f_1 表示代码“1”, f_0 表示代码“0”。如果这三个数据信号码元时间长度 T 相同,则它们的调制速率相同。若 $T=833 \times 10^{-6}$ 秒,则调制速率



(a) 二电平信号



(b) 四电平信号



(c) 二状态调频波

图 1-4-1 数据信号举例

$$N_{\text{Bd}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{833 \times 10^{-6}} \approx 1200 \text{ 波特}$$

由此可见,对于调制速率,不论一个信号码元中信号有多少状态,只计算一秒钟内数据信号的码元个数。注意,这里指的信号码元时长 T 是数据信号中最短的信号单元时间长度,如图(a)中连续二个“1”代码,其信号正电压持续长度为 $2T$,而不能以 $2T$ 作为信号码元时长。调制速率中的信号码元时长是指信号码元中的最短时长。调制速度又称符号速率、(信号)码元传输速率。但要注意,不要和代码传输速率相混,如图(b)中一个数据信号码元中表示 2 个代码。

二、数据传信速率

数据传信速率的定义是每秒钟传输二进制码元的个数,又称比特率,单位为比特/秒(bit/s, 或 bps),有时用千比特/秒(kbit/s),兆比特/秒(Mbit/s)。

比特一词是英文(binary digit)的缩写,在信息论中作为信息量的度量单位。在数字通信中习惯上也用它来表征二进制代码中的位。一般在数据通信中,如使用代码“1”和“0”的概率是相同的,则每个“1”和“0”就含有一个比特的信息量。如果一个数据通信系统,每秒钟内传输 2400 个代码,则它的数据传信速率记作 R ,且 $R=2400 \text{ bit/s}$ 。

数据传信速率,实际上就是数据传输系统每秒内传输二进制码元个数。根据实际需要,数据传信速率已形成国际标准系列,一般是按 $2^n \cdot 150(\text{bit/s})$ 的算式确定。式中 n 为正整数。如有 300bit/s, 600bit/s, 1200bit/s, 2400bit/s, ..., 19200bit/s 等速率,也有不按这一等式的速率,如 14.4kbit/s, 64kbit/s 等。

三、数据传信速率与调制速率的关系

数据传信速率(bit/s)和数据调制速率(Bd)之间存在一定关系。当数据信号是二进制脉冲(码元),即二状态时,两者的速率是相同的。但数据信号有时采用多状态制,或称多电平制、多进制,则两者的速率是不相同的。例如图 1-4-1(b)与(a)相比,四进制中一个信号码元(T)包含 2 个代码。这样对于图(b)来说,它的调制速率是 $N_{\text{Bd}} = \frac{1}{T} = 1200 \text{ 波特}$ (当 $T=833 \times 10^{-6} \text{ 秒}$),但它的传信速率 $R = 2 \cdot \frac{1}{T} = 2400 \text{ bit/s}$ (当 $T=833 \times 10^{-6} \text{ 秒}$),一般,当数据信号为 M 电平,即 M 进制时,传信速率与调制速率关系为

$$R = N_{\text{Bd}} \log_2 M \quad \text{bit/s} \quad (1-4-2)$$

可见, $M=2$ 时, $R=N_{\text{Bd}}$; $M=4$ 时, $R=2N_{\text{Bd}}$ 。

四、数据传送速率

数据传送速率的定义是单位时间内在数据传输系统中的相应设备之间传送的比特、字符或码组平均数。定义中的相应设备常指调制解调器、中间设备或数据源与数据宿。单位为比特/秒(bit/s)、字符/秒或码组/秒。

数据传信速率与数据传送速率不同。数据传信速率是传输数据的速率,而数据传送速率是相应设备之间实际能达到的平均数据转移速率。它不仅与发送的比特率有关,而且与差错控制方式、通信规程以及信道差错率有关,即与传输的效率有关。因此,数据传送速率总是小于数据传信速率。

数据传输速率的三个定义,在实际应用上既有联系又有侧重。在讨论信道特性,特别是传