

高等学校电子信息类教材

数据通信 原理与技术 (第2版)

Principle and Technology of Data Communication
Second Edition

◎ 达新宇 周义建 林家薇 朱海峰 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等学校电子信息类教材

数据通信原理与技术

(第2版)

Principle and Technology of Data Communication
Second Edition

达新宇 周义建 林家薇 朱海峰 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了数据通信的基本原理、基本技术及其设备和网络的知识。具体内容包括:数据通信的基本概念、传输方式、主要指标和发展趋势,数据传输信道,数据通信的数据编码、数据压缩、差错控制、多路复用和数据复接等技术,数据基带和频带传输,数据交换,数据通信协议,数据信号的同步,数据通信设备,以及数据通信网介绍。

本书可作为高等院校通信、计算机及电子信息类专业数据通信课程的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书配有教学课件,任课教师可从华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后下载。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数据通信原理与技术/达新宇等编著.—2版.—北京:电子工业出版社,2010.3

高等学校电子信息类教材

ISBN 978-7-121-10332-2

I. 数… II. 达… III. 数据通信—高等学校—教材 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 022694 号

责任编辑:张来盛(zhangls@phei.com.cn)

印 刷:北京市李史山胶印厂

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:370 千字

印 次:2010 年 3 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

第 2 版前言

本书第 1 版自 2003 年出版发行以来,先后 8 次印刷,在十多所高校使用,受到广大读者的厚爱,使我们倍感欣慰。几年来,通过与使用本教材的老师交流,获得了许多有益的建议;另外,数据通信技术的发展迅速,出现了不少新系统、新设备与新技术。这是我们再版的动因。

考虑到教材内容的系统性以及院校使用需求的连贯性,本书第 2 版在选材上仍然注重数据通信理论的系统性、实用性与现代数据技术先进性的有机结合。第 2 版保持了第 1 版的风貌与格式,内容上尽量避免进行大幅度的变动。与第 1 版相比,改动较大的地方如下:

(1) 在 5.3 节中,增加了数据链路层点对点协议(PPP)的内容;

(2) 删掉了原来 5.6 节有关 X.75/X.32/X.121 的内容,增加了目前应用广泛的网络层协议;

(3) 在 7.2 节中增加了关于 ADSL 调制解调器的内容。

另外,对个别章节的内容和名词术语进行了订正和完善,并对原来各章中的个别错漏之处进行了更正。

本书第 2 版的编写工作主要由达新宇、周义建、林家薇和朱海峰完成,参加部分编写工作的还有:谢丽静、翁木云、谢铁城、伍文、王艳岭、曾武、申勇和欧阳向京等。最后达新宇对全书进行了统稿。

由于编著者水平有限,书中错误在所难免,敬请广大读者不吝赐教。

E-mail: daxinyu@2008.sina.com; daxinyu@vip.sina.com

编著者

2010 年 1 月

第 1 版前言

数据通信是通信技术与计算机网络技术的交叉融合,它伴随着信息产业的蓬勃发展,促进世界进入信息时代,已成为当今网络信息技术发展的重要技术基础。因此,数据通信的基本知识和技术,已不仅仅局限在相关专业技术人员中,而越来越多地成为广大科技人员和技术管理人员学习和掌握的必备知识。本书主要面向计算机和电子信息类专业的学生、广大工程技术人员及技术管理干部,系统介绍了数据通信的基本原理、基本技术及其设备和网络的知识。

全书共分 8 章。第 1 章概论,主要介绍数据通信、数据通信网及计算机网的基本概念,数据通信的传输方式、主要指标、发展趋势及数据通信研究的内容等;第 2 章数据通信技术基础,主要介绍数据通信的传输信道特性、数据编码技术、数据压缩技术、差错控制技术、多路复用技术和数字复接技术等;第 3 章数据信号的传输,涉及数据信号的基带特性、基带传输以及频带传输的基本方法、系统组成、工作原理、主要技术、系统分析和性能等;第 4 章数据交换,主要介绍电路交换、报文交换、分组交换、帧中继和 ATM 交换技术的技术原理和特点;第 5 章数据通信协议,在介绍通信协议的概念和分层结构的基础上,重点介绍物理层协议、数据链路传输控制规程、CCITT X. 25 建议、PAD 相关协议、X. 75/X. 32/X. 121 建议;第 6 章数据信号的同步,简单地介绍同步的概念、作用,位(码元)同步、群(帧)同步及网同步的实现方法及性能指标;第 7 章数据通信设备,主要从功能、分类、技术特点等方面介绍各种终端设备、调制解调器、多路复用器、集中器、协议转换器、网络适配器、前端处理器以及中继器、路由器、网桥、网关等网络设备;第 8 章数据通信网介绍,结合具体网络和设备介绍了分组交换网、数字数据网(DDN)和帧中继网(FRN)的组成、技术特点等。在每章后均有内容小结与思考练习题。为了便于阅读,在书后附加了数据通信常用技术标准和缩略语英汉对照表。

全书在选材上注重数据通信原理与技术内容的系统性、实用性、先进性及未来发展;编写上力求简明扼要、深入浅出;注重内容提炼,避免抽象的理论表述与复杂的公式推导;强调基本概念、基本技术的准确易懂,具体网络 and 设备的实用性。

本书第 1,2,3,7 章由达新宇编写,第 4,5,6,8 章由林家薇编写,张德纯编写了第 7,8 章部分内容,全书由达新宇统稿。

由于数据通信技术(特别是网络技术)发展非常迅猛,加上编著者水平有限,本书错误在所难免,敬请广大读者不吝赐教。

E-mail:da_xinyu@163.net

编著者

2003 年 1 月

目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 数据通信的概念	(1)
1.1.1 消息、信息、数据和信号	(1)
1.1.2 模拟通信、数字通信和数据通信	(4)
1.1.3 数据通信的特点	(5)
1.1.4 数据通信系统的组成	(5)
1.2 数据通信网与计算机网	(6)
1.2.1 数据通信网	(6)
1.2.2 计算机网	(8)
1.2.3 联系与区别	(8)
1.3 数据传输方式	(8)
1.3.1 串行传输与并行传输	(9)
1.3.2 异步传输与同步传输	(9)
1.3.3 单工、半双工和全双工传输	(10)
1.4 数据通信系统的主要质量指标	(11)
1.4.1 传输速率	(11)
1.4.2 差错率	(12)
1.4.3 频带利用率	(13)
1.4.4 可靠度	(13)
1.5 数据通信的发展	(13)
1.5.1 通信的简单回顾	(13)
1.5.2 数据通信的发展趋势	(14)
1.6 数据通信研究的主要内容	(14)
本章小结	(15)
思考与练习	(15)
第 2 章 数据通信技术基础	(16)
2.1 传输信道概述	(16)
2.1.1 信道的类型	(16)
2.1.2 信道容量	(17)
2.1.3 有线传输介质	(18)
2.1.4 无线传输信道	(21)
2.2 数据编码技术	(24)
2.2.1 国际 5 号码(IA5 码)	(24)
2.2.2 EBCDIC 码	(26)

2.2.3 国际2号码(IA2码)	(27)
2.2.4 信息交换用汉字编码	(27)
2.2.5 语音的数据编码	(28)
2.3 数据压缩技术	(29)
2.3.1 Lempel-Ziv 编码	(30)
2.3.2 Huffman 编码	(31)
2.3.3 相关编码	(32)
2.3.4 游程编码	(33)
2.4 差错控制技术	(34)
2.4.1 基本概念	(34)
2.4.2 差错控制的基本方式	(35)
2.4.3 最小码距与检错和纠错能力的关系	(35)
2.4.4 几种常用的检错码	(37)
2.4.5 线性分组码	(38)
2.4.6 循环码	(41)
2.4.7 卷积码	(43)
2.5 多路复用技术	(44)
2.5.1 时分多路复用(TDM)	(44)
2.5.2 频分多路复用(FDM)	(45)
2.5.3 统计时分多路复用(STDM)	(45)
2.5.4 码分多址复用(CDMA)	(46)
2.5.5 波分复用(WDM)	(46)
2.6 数字复接技术	(46)
2.6.1 数字复接系统	(47)
2.6.2 数字复接的方法	(47)
2.6.3 准同步数字复接系列(PDH)	(47)
2.6.4 同步数字系列(SDH)	(48)
2.6.5 PDH与SDH的比较	(48)
本章小结	(49)
思考与练习	(50)
第3章 数据信号的传输	(52)
3.1 概述	(52)
3.1.1 常见基带数据信号波形	(52)
3.1.2 对数据基带信号的要求	(55)
3.1.3 基带信号的谱特性	(55)
3.1.4 数据信号的传输	(56)
3.2 数据信号的基带传输	(56)
3.2.1 基带数据传输系统的组成	(56)
3.2.2 码间串扰的概念	(57)
3.2.3 码间串扰的消除	(58)

3.2.4 无码间串扰的基带传输系统	(58)
3.3 基带数据传输系统的主要技术	(62)
3.3.1 均衡技术	(62)
3.3.2 部分响应技术	(62)
3.3.3 数据扰乱技术	(64)
3.4 基带传输系统的性能	(65)
3.4.1 误码率的一般公式	(65)
3.4.2 双极性信号的误码率	(66)
3.4.3 单极性信号的误码率	(67)
3.4.4 眼图	(67)
3.5 数据信号的频带传输	(67)
3.5.1 频带传输系统组成	(67)
3.5.2 幅移键控(ASK)	(68)
3.5.3 频移键控(FSK)	(71)
3.5.4 相移键控(PSK)	(76)
3.5.5 多进制数字调制	(80)
3.5.6 正交幅度调制(QAM)	(82)
3.5.7 幅度相位键控(APK)	(84)
3.5.8 网格编码调制(TCM)	(84)
3.6 频带传输系统的性能	(85)
3.6.1 2ASK 的性能	(85)
3.6.2 2FSK 的性能	(86)
3.6.3 2PSK 的性能	(87)
3.6.4 性能比较	(88)
本章小结	(88)
思考与练习	(89)
第4章 数据交换	(91)
4.1 概述	(91)
4.1.1 为什么要进行数据交换	(91)
4.1.2 数据交换的实现	(91)
4.2 电路交换方式	(92)
4.2.1 电路交换原理	(92)
4.2.2 电路交换机	(93)
4.2.3 电路交换的主要优缺点	(95)
4.3 报文交换方式	(95)
4.3.1 报文交换原理	(95)
4.3.2 报文交换的优缺点	(96)
4.4 分组交换方式	(97)
4.4.1 为什么提出分组交换方式	(97)
4.4.2 分组的基本格式和长度选取	(97)

4.4.3	分组交换原理	(98)
4.4.4	分组交换的优缺点	(99)
4.5	帧中继	(100)
4.5.1	帧中继技术的提出	(100)
4.5.2	帧中继的工作原理	(100)
4.5.3	帧中继的特点	(102)
4.6	ATM 技术	(102)
4.6.1	ATM 的提出	(102)
4.6.2	ATM 基本原理	(103)
4.6.3	ATM 交换机	(105)
4.6.4	ATM 的特点	(106)
4.6.5	ATM 面临的问题及技术展望	(106)
4.7	几种交换方式的比较	(107)
	本章小结	(108)
	思考与练习	(109)
第 5 章	数据通信协议	(111)
5.1	通信协议和协议分层结构	(111)
5.1.1	通信协议的一般概念	(111)
5.1.2	通信协议的分层	(112)
5.2	物理层协议	(115)
5.2.1	基本概念	(115)
5.2.2	CCITT V. 24/RS-232C 建议	(117)
5.2.3	V. 35 建议	(121)
5.2.4	X 系列建议	(121)
5.2.5	G. 703 建议	(123)
5.3	数据链路传输控制规程	(125)
5.3.1	概述	(125)
5.3.2	面向字符型的传输控制规程	(128)
5.3.3	面向比特型的传输控制规程	(132)
5.3.4	数据链路层点对点协议	(137)
5.4	CCITT 的 X. 25 建议	(139)
5.4.1	X. 25 建议的基本概念	(139)
5.4.2	X. 25 物理层及其建议	(140)
5.4.3	X. 25 数据链路层及其建议	(140)
5.4.4	X. 25 分组层	(141)
5.5	PAD 相关建议	(143)
5.5.1	PAD 建议及功能	(143)
5.5.2	X. 3 建议	(144)
5.5.3	X. 28 建议	(145)
5.5.4	X. 29 建议	(145)

5.6 网络层协议	(145)
5.6.1 IP 地址结构	(145)
5.6.2 IP 数据包	(147)
5.6.3 地址解析协议	(148)
5.6.4 逆地址解析协议	(148)
5.6.5 控制报文协议	(149)
本章小结	(150)
思考与练习	(150)
第 6 章 数据信号的同步	(152)
6.1 概述	(152)
6.1.1 同步的概念	(152)
6.1.2 不同功用的同步	(152)
6.2 位同步	(153)
6.2.1 插入导频法	(153)
6.2.2 直接法	(154)
6.2.3 位同步的性能指标	(156)
6.3 群同步	(157)
6.3.1 群同步的帧格式	(157)
6.3.2 群同步的工作过程	(157)
6.3.3 群同步的性能指标	(157)
6.3.4 群同步系统的抗干扰设计	(157)
6.4 网同步	(158)
6.4.1 全网同步系统	(158)
6.4.2 准同步系统	(159)
本章小结	(161)
思考与练习	(161)
第 7 章 数据通信设备	(163)
7.1 终端设备	(163)
7.1.1 终端设备输入信息的方式	(163)
7.1.2 终端设备的组成和功能	(163)
7.1.3 终端设备的分类	(164)
7.2 调制解调器	(165)
7.2.1 调制解调器的功能	(165)
7.2.2 调制解调器的标准	(166)
7.2.3 调制解调器的速率标准	(166)
7.2.4 调制解调器的分类	(167)
7.2.5 调制解调器的选择	(168)
7.2.6 几种 Modem 简介	(168)
7.2.7 调制解调器新技术	(176)
7.3 多路复用器	(176)

7.3.1 分类	(176)
7.3.2 复用器的标准	(177)
7.3.3 复用器介绍	(178)
7.4 集中器	(179)
7.5 协议转换器	(180)
7.6 网络适配器	(180)
7.7 前端处理器	(181)
7.8 网络设备	(182)
7.8.1 网络设备的分类	(182)
7.8.2 中继器	(183)
7.8.3 网桥	(183)
7.8.4 路由器	(184)
7.8.5 网络交换机	(185)
7.8.6 网关	(186)
本章小结	(186)
思考与练习	(187)
第8章 数据通信网介绍	(188)
8.1 概述	(188)
8.1.1 数据通信网的组成和分类	(188)
8.1.2 数据通信网的性能指标	(188)
8.2 分组交换网	(188)
8.2.1 分组交换网的构成	(189)
8.2.2 分组交换网的主要技术原理简介	(190)
8.2.3 中国公用分组交换网(CHINAPAC)	(192)
8.3 数字数据网(DDN)	(194)
8.3.1 数字数据网概述	(194)
8.3.2 数字数据网的组成与原理	(196)
8.3.3 专用数字数据网举例	(201)
8.4 帧中继网(FRN)	(201)
8.4.1 帧中继网的组成和用户接入	(201)
8.4.2 帧中继网的服务质量指标和要求	(204)
8.4.3 帧中继网的管理系统	(205)
8.4.4 帧中继业务的应用	(206)
本章小结	(206)
思考与练习	(207)
附录A 数据通信常用技术标准	(208)
附录B 缩略语英汉对照表	(212)
参考文献	(219)

第1章 概 论

随着计算机的广泛应用,特别是 Internet 的出现,人们对信息的需求和依赖性越来越大,促使着数据通信的快速发展。

本章简要介绍有关数据通信的一些基本概念,包括数据通信的传输方式、主要技术指标、发展趋势以及数据通信网、计算机网的基本知识。

1.1 数据通信的概念

人们普遍认为,我们所处的时代是一个信息与网络的时代,我国目前已有的七大互联网络:中国科学技术网(CASNet)、中国教育与科研网(CERnet)、中国公用经济信息通信网即金桥网(CHINAGBN)、中国公用计算机互联网(Chinanet)(即 163 网)、中国联通网(UNInet)、中国网通互联网(CNCnet)以及与其他网络物理隔离而服务于军队的军网。七大网络的形成,为我国数据通信的应用和发展提供了强大而多样的网络平台;反过来,数据通信也为这些网络提供了可靠而坚实的技术基础。因此,数据通信已进入了一个崭新的高速发展时期。数据通信的知识与技术已越来越普遍地受到人们的关注与重视。

1.1.1 消息、信息、数据和信号

在通信中,消息、信息、数据、信号等是经常使用的名词,在某些场合,它们也相互替换,混合使用。

1. 消息(Message)

所谓消息,是指通信过程中传输的具体原始对象,例如,电话中语音,电视中的图像画面,电报中的电文,雷达中目标的距离、高度和方位,遥测系统中测量的数据等。很显然,这些语音、图像、电文、参量、数据、符号等消息在物理特征上极不相同,各种具体消息的组成亦不可能相同。

消息通常可以分成两大类:一类是离散消息,另一类是连续消息,它们的共同特点是都具有随机性,并且都可以进行度量。

离散消息和连续消息的统计特性归纳如下:

离散消息	{	组成离散消息的不同符号的个数是有限的
	{	消息中各符号出现的概率可能不同,也可能相同
	{	相邻符号的出现具有统计关联性
连续消息	{	是一个随机过程
	{	在某一状态出现的概率无意义
	{	具有统计关联性

2. 信息(Information)

信息在意义上与消息相似,但它的含义却更抽象。通信中通常把有用的消息认为是信息,

消息可以包含信息,但消息不完全等于信息。信息在本质上看是事物的不确定性的一种描述。例如,“今天中午我们去吃饭”这句话是消息,对消息的接收者来说,是经常发生的情况,可能没有什么信息;但如果是“今天中午我们吃满汉全席”,这一消息平常不可能出现,或出现的可能性很小,它可能就包含着较多的信息。可见,消息的有用程度与信息多少有关系。消息出现的概率愈小,则消息中包含的信息就愈多。

信息可以进行度量,消息中信息的多少可直观地用信息量来衡量。根据香农(Shannon)的理论,对于离散消息,信息量 I 可表述为

$$I = -\log_a P \quad (1-1)$$

式中, P 是离散消息发生的概率;对数的底数 a 决定着信息量 I 的单位:

$$a = \begin{cases} 2, & \text{信息量的单位为比特(bit)} \\ 10, & \text{信息量的单位为哈特莱(Hartley)} \\ e, & \text{信息量的单位为奈特(nat)} \end{cases}$$

在数据通信中,常以二进制(1和0)方式进行传输,因此,二进制的每个符号等概时所包含的信息量为

$$I = -\log_2(1/2) = 1 \quad (\text{bit})$$

对于 M 进制、每个符号等概出现的消息,单一符号的信息量可表示成

$$I = \log_2 M \quad (\text{bit}) \quad (1-2)$$

对于更一般的情况,设消息是由一串(m 个)符号构成的,若各符号的出现相互独立,则第 i 个符号的信息量为 $-\log_2 P_i, i=1, 2, \dots, m$ 。由于信息量具有相加性,则这个消息的信息量为

$$I = -\sum_{i=1}^m n_i \log_2 P_i \quad (1-3)$$

式中, n_i 为第 i 个符号出现的次数, P_i 为第 i 个符号出现的概率, m 为消息中符号的总数。

当组成消息的符号数目 N 很大很大时,第 i 个符号出现的次数 $n_i = N \cdot \frac{n_i}{N} = N \cdot P_i$,则它具有的信息量是 $-NP_i \log_2 P_i$ bit,这个消息所具有的信息量是所有符号信息量的和,即

$$I = -\sum_{i=1}^m NP_i \log_2 P_i = -N \cdot \sum_{i=1}^m P_i \log_2 P_i \quad (1-4)$$

而其中一个符号的信息量(称为平均信息量 H)为

$$H = \frac{1}{N} I = -\sum_{i=1}^m P_i \log_2 P_i \quad (\text{bit/符号}) \quad (1-5)$$

平均信息量有时也称为熵(Entropy),这是因为 H 的计算公式与热力学和统计力学中关于系统熵的公式相似的缘故。

可以证明,当消息中每个符号等概出现($P_1 = P_2 = \dots = P_m = P = 1/m$)时, H 具有最大值:

$$H = -\sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \log_2 \frac{1}{m} = \log_2 m \quad (\text{bit/符号}) \quad (1-6)$$

在这种情况下平均信息量等于每一个符号的信息量 I ,此时式(1-6)与式(1-2)一致。值得说明的是, H 的单位是比特/符号(bit/符号),而 I 的单位是比特(bit)。

如果已知一个消息的符号个数 N 和符号的平均信息量,则消息的总信息量为

$$I = N \cdot H \quad (1-7)$$

例 1-1 已知一消息源由 A、B、C、D 四个符号组成,它们出现的概率分别为 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{3}{8}$ 和

$\frac{1}{8}$, 且每个符号相互独立。消息源每秒输出 2400 个符号。试求 A、B、C、D 单个符号的信息量和消息源在 1 min 内的信息量。

解: 各个符号的信息量 I 可用式(1-1)求得:

$$I_A = I_B = -\log_2(1/4) = 2 \text{ (bit)}$$

$$I_C = -\log_2(3/8) = 1.415 \text{ (bit)}$$

$$I_D = -\log_2(1/8) = 3 \text{ (bit)}$$

每个符号的平均信息量 H 可通过式(1-5)求得:

$$\begin{aligned} H &= -\sum_{i=1}^4 P_i \log_2 P_i \\ &= \frac{1}{4} \log_2 4 + \frac{1}{4} \log_2 4 + \frac{3}{8} \log_2 (8/3) + \frac{1}{8} \log_2 8 \\ &= 1.905625 \text{ (bit/符号)} \end{aligned}$$

消息源每秒输出 2400 个符号, 则在 1 min 内共输出 60×2400 个符号, 则 1 min 内的信息量

$$I_z = N \cdot H = 60 \times 2400 \times 1.905625 = 274410 \text{ (bit)}$$

通过例 1-1 可以看出, 离散消息符号出现的概率愈小, 则信息量愈大, 可见消息的信息量与符号发生的概率值成减函数关系。另外, 消息总的信息量与符号的多少成正比关系。

对于连续消息信息量的计算, 可用下式计算:

$$H(x) = -\int_{-\infty}^{\infty} P(x) \ln P(x) dx \quad (1-8)$$

式中 $P(x)$ 为连续消息的概率密度函数, $H(x)$ 的单位为奈特。在数据通信中, 由于数据是离散消息, 故对连续消息信息量的计算不予详述。

3. 数据(Data)

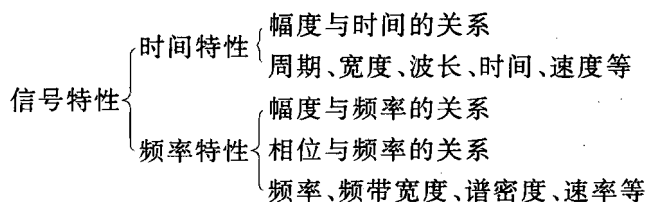
“数据”一词是人们日常工作和生活中使用频率很高的词, 例如各种实验数据、测量数据、统计数据、计算机数据等。尽管人们经常遇见各种各样的数据, 处理和运用数据, 但数据很难严格地定义。一般可这样认为: 数据是用来描述任何物体、概念、情况, 且预先具有特定含义的数字、字母和符号。

在数据通信中, 通常认为数据是指具有数字形式的数据, 即由二进制或多进制数组成的数字序列(串)。从消息的概念来看, 数据就是携带有用信息的离散消息。

4. 信号(Signal)

信号是数据的表现形式, 是消息的承载者。在通信中所使用的信号, 指的是电信号或光信号, 即随时间变化的电压、电流或光强。信号是通信系统中传输的主体, 它存在于系统的每个环节中, 因此, 了解信号的特性及分析方法是很有用的。信号分类和信号特性分别简要归纳如下:

信号分类	{	连续信号与离散信号(模拟信号与数字信号)
		确知信号与随机信号
		周期信号与非周期信号
		能量信号与功率信号



1.1.2 模拟通信、数字通信和数据通信

通信的目的是为了进行消息的传递和交换。通常把从一个地方向另一个地方进行消息的有效传递和交换称为通信(Communication)。通信的分类形式多种多样,因此会出现许多概念。例如,按通信信道具体形式的不同,可分为有线通信和无线通信;按使用的频段可分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信、光通信等;按具体业务和内容可分为语音通信、图像通信、数据通信、多媒体通信等;按信道中传输信号形式的不同,可分为模拟通信和数字通信。图 1-1 是一个点对点通信的模型。由图可以看出,通信系统由三部分组成:发送端(简称发端)、接收端(简称收端)和介于两者之间的信道。

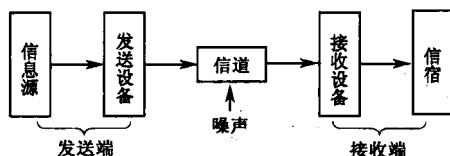


图 1-1 通信系统的模型

在图 1-1 中,信息源(简称信源)出来的信号叫基带信号。所谓基带信号,是指没有经过调制(频谱搬移)的原始电信号,其特点是信号的频率较低。基带信号有模拟基带信号(如电话系统中电话单机输出的信号)和数字基带信号(如计算机通信中计算机输出的信号)之分。信源出来的信号一般不能直接在信道上传输,需要由发送设备对信号进行某种变换(如调制),以适应信道的特性。在接收端,接收设备的作用正好与发送设备相反,把通过信道传过来的信号还原成基带信号。

知道了通信系统的组成,下面来说明什么是模拟通信、数字通信和数据通信,以及它们之间的区别。

通过通信系统中信源输出信号的类别和广义信道^①上信号的形式,就可非常清楚地界定模拟通信、数字通信和数据通信。当信源和信道上的信号都是模拟信号时,称为模拟通信;信源是模拟信号,而信道上数字信号时,称为数字通信,显然,数字通信在发端有一个把模拟信号转换成数字信号的转换器(A/D),收端则有相反的 D/A 转换器;只要信源是数字信号(数据信号),则不管广义信道上信号的形式如何,都称为数据通信。为了方便理解,归纳成表 1-1。

可以看出,数据通信强调的是信源信号的形式。随着计算机的广泛应用,现代意义上的数据通信已与计算机密不可分。数据通信是人与计算机,或计算机与计算机之间的信息交换和传递的过程。现代数据通信并不是一般简单的点对点的关系,而涉及到比较复杂的网络结构、路由选择、通信协议等内容。因此,可对数据通信作如下定义:依照通信协议,利用数据传输和

^① 广义信道是指不仅包括传输介质,同时也把收、发端的部分设备(功能单元)包括在内的信号通路。例如,调制信道是指从发端调制器后到收端解调器前的那部分信号通路。

交换技术,在两个功能单元之间完成数据信息的有效传递和交换。实际上,现代数据通信是计算机与数字通信相结合的一种新型通信方式和业务。

表 1-1 模拟通信、数字通信、数据通信的区分

信源信号形式	广义信道上信号形式	通信类型
模拟信号	模拟信号	模拟通信
模拟信号	数字信号	数字通信
数字信号/数据信号	数字信号	数据通信
数字信号/数据信号	模拟信号	数据通信

1.1.3 数据通信的特点

数据通信与传统的电话等通信手段相比,具有如下特点:

- (1) 传统电话通信是人—人之间的通信,而数据通信是机(计算机)—机之间、人—机之间的通信。机—机间通信需要按事先约定好的规程或协议来完成,而电话通信则没有那么复杂。
- (2) 电话通信的信源与信宿都是模拟的电压信号,其传输是利用现有的公用电话交换网(PSTN)。而数据通信的数据终端设备发出的数据都是离散信号(数字信号),传输时,既可以利用现有的 PSTN,又可以利用数据网络来完成。
- (3) 数据通信具有差错控制能力。根据不同的可靠性要求,对数字信号可以进行差错控制编码,以达到满意的误码要求。另外,可以在数据通信的中间转换环节对信号进行抽样、判决,以消除噪声积累,而传统电话则不能。
- (4) 数据通信具有灵活的接口能力,以适应各种各样的计算机与数据终端设备。
- (5) 数据通信每次呼叫平均时间短,要求接续和传输响应时间快。
- (6) 数据通信抗干扰能力强,因为数据信号比模拟信号的抗干扰能力要强。
- (7) 数据通信容易加密,且加密技术、加密手段优于传统通信方式。

1.1.4 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端的数据终端设备与中央计算机系统连接起来,实现数据的传输、交换、存储和处理功能的系统。因此可以认为,数据通信系统是由数据终端设备、数据电路、中央计算机系统三大部分组成的,如图 1-2 所示(图中未画出中央计算机)。

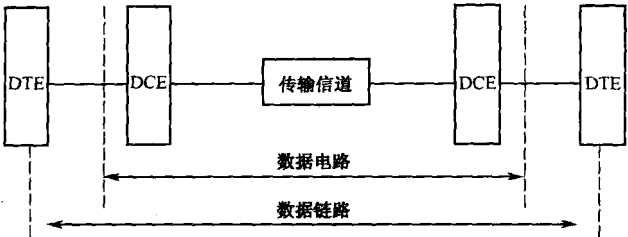


图 1-2 数据通信系统的基本组成

1. 数据终端设备(DTE)

数据终端设备(DTE, Data Terminal Equipment)通常由数据输入设备(信息源)、数据输出设备(信宿)和传输控制器组成。数据输入/输出设备是操作人员与终端之间的界面,其中输入设备有键盘、鼠标、扫描仪、传真机等;输出设备有显示器、打印机、绘图机、磁带或磁盘存储器、传真机以及各种记录仪器等;传输控制器主要执行通信网络中的通信控制,包括对数据进行差错控制、实施通信协议等。

需要说明的是,不是每一个 DTE 都包含有数据输入设备、数据输出设备和传输控制器。例如,接收数据的打印机就是一个简单的 DTE。

通常情况下,DTE 就是一台计算机,传输控制器相当于计算机内相应的控制软/硬件。

2. 数据电路

数据电路包括传输信道和数据电路终接设备(DCE, Data Circuit Terminating Equipment),它位于 DTE 和 DTE 之间,或 DTE 与中央计算机系统之间,为数据通信提供传输信道。

DCE 是 DTE 与传输信道之间的接口设备,其主要功能是完成信号变换,以适应具体的传输信道要求。如果传输信道是模拟信道(调制信道),则 DCE 就是调制解调器(Modem),目前普通家庭用户通过电话线上网,就是这种类型;如果传输信道是数字信道,则 DCE 就是一个数字接口适配器,其作用是对数据信号进行码型变换、电平变换、抽样、定时、信号再生等,以便能可靠、有效地传输数据信号。

3. 中央计算机系统(CCS)

中央计算机系统(CCS, Central Computer System)通过通信线路可连接多个 DTE,实现主机资源共享。CCS 的主要功能是处理和管理 DTE 来的数据信息,并将结果向相应的 DTE 输出。

在图 1-2 中未画出 CCS,如果考察正在通信的一个 DTE 和 CCS,这时 CCS 就等同于一个 DTE。

4. 数据链路(DL)

数据链路(DL, Data Link)是一个广义信道,它是指包括数据电路及其两端 DTE 中的传输控制器在内的信号通路。一般来说,在数据通信中,只有首先建立起数据链路后,才能真正完成数据传输。

1.2 数据通信网与计算机网

1.2.1 数据通信网

数据通信网(DCN, Data Communication Network)是数据通信系统的网络形态。图 1-2 所示的数据通信系统是网络的最简单形式。一个多用户计算机系统的远程联机数据通信,就构成网络的形态,图 1-3 所示就是一个远程联机系统。

随着时间的推移,数据通信网的概念也进一步扩展,它常常是广域计算机通信网或计算机网络的基础通信设施的代名词。例如,以太网、公用数据网、ISDN、ATM 网等,都可以称为数据通信网。从网络角度看,数据通信网的主要作用是为各种信息网络提供“通信子网”资源。