

数据交换技术与数据通信网

主 编 张振川

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 张振川 2007

图书在版编目 (CIP) 数据

数据交换技术与数据通信网 / 张振川主编. — 沈阳 : 东北大学出版社, 2007.12
ISBN 978-7-81102-475-3

I. 数... II. 张... III. ①数据交换②数据通信—通信网 IV. TN919.6 TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 183652 号

出 版 者 : 东北大学出版社

地址 : 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编 : 110004

电话 : 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真 : 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail : neuph @ neupress.com

http : // www. neupress. com

印 刷 者 : 抚顺光辉彩色广告印刷有限公司

发 行 者 : 东北大学出版社

幅面尺寸 : 184mm × 260mm

印 张 : 13.5

字 数 : 346 千字

出版时间 : 2007 年 12 月第 1 版

印刷时间 : 2007 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑 : 李毓兴

责任校对 : 刘 敢

封面设计 : 唐敏智

责任出版 : 杨华宁

ISBN 978-7-81102-475-3

定 价 : 25.00 元

内 容 简 介

本书在概括介绍数据通信基本概念的基础上,对数据交换技术与数据通信网络及协议进行了较深入的研究。全书共分八章。第1章概述数据通信的基本概念、数据编码、传输方式、数据通信系统与性能指标以及数据通信系统的发展历史及未来趋势。第2章介绍数据信号的传输技术。第3章介绍标准化的数据传输控制规程及其接口。第4章介绍数据通信中的交换技术。第5章和第6章分别介绍广泛应用的分组交换技术与分组交换网连接及其主要通信协议。第7章介绍综合通信概念及ATM技术。第8章介绍宽带综合业务数字网B-ISDN。

本书可作为普通工科院校通信工程、电子信息工程及其他信息类专业本科生或研究生的教材或参考书,也适合于通信领域从事研究、设计、生产与管理的工程技术人员自学或参考。

前 言

数据通信是 20 世纪 50 年代初期随着电子计算机的发展而产生的一种新的通信方式，是计算机和通信相结合的产物，现在已广泛应用于国民经济、国防建设、科学研究、信息产业和人们的日常生活等各个领域。特别是近年来随着我国计算机信息网络的建设和发展，从事数据通信的工程技术人员越来越多，需求缺口也越来越大，而培养此类人才的教材种类却很少，由此，我们编写了本书。

计算机的发明，特别是 Internet 的出现，使以数据为主的计算机通信网得到了迅速的发展。数据通信的发展大致经过了 20 世纪 50 年代的萌芽时期到现在的高速发展和广泛应用时期。美国从 20 世纪 50 年代开始研究发展数据通信，欧洲及日本也于 20 世纪 60 年代末到 70 年代初开始发展数据通信，在这些发达国家，数据通信发展迅猛，现已具有很大规模。数据通信在我国起步较晚，20 世纪 90 年代以前只发展了一些局部的数据通信网络，但自 20 世纪 90 年代以来，短短的十几年里，我国就建立起了规模庞大的数据网络，如中国公用数字数据网（CHINADDN）、中国公用分组交换数据网（CHINAPAC）、中国公用帧中继宽带业务骨干网（CHINAFRN）、中国公用计算机互联网（CHINANET）、中国公用电子信箱系统（CHINAMAIL）、中国公用电子数据交换业务网（CHINAEDI）、中国公用传真存储转发业务网（CHINAFAX）、无线数据通信网等。这些网络的建立为我国数据通信的发展提供了多样化而强大的网络平台，也标志着我国数据通信进入了一个崭新的高速发展时期。

通信与计算机科学技术的飞速发展及其二者的密切结合，使得我们的世界进入了一个崭新的信息与网络的时代，其特点与最大的追求目标是实现各种信息网络（固定网、移动网、电话网、数据网、电视网、卫星通信网等）的融合和统一，并且推动着人类社会以历史上不曾有过的高速度向前发展。数据通信目前正成为热点，其应用已经开始从商业领域向一般家庭与个人方向发展。有代表性的个人应用有文件传输、电子信箱、语音信箱、可视图文、目录查询、智能用户电报及遥测遥控等。数据通信正在成为我们日常生活中不可缺省的组成部分，它将对社会的发展产生深刻的影响。

根据人们对话音、数据、图像等多种媒体综合通信业务的大力需求，通信网正在迅速向综合化进行演变。不仅仅是通信业内人士，全世界的政治家都倡导建设信息高速公路或信息基础结构。近年来综合业务数字网（ISDN）的广泛研究和大力发展就是世界范围内各界人士努力的结果。

宽带综合业务数字网（B-ISDN）自从 20 世纪 80 年代末初步建立以来，以其诱人的业务内容和服务质量备受关注，并且被誉为 21 世纪信息高速公路。B-ISDN 不仅能够提供传统电话网的话音业务与数据网的低中速数据业务，而且能够传送一些十分吸引人的其他业务，例如数字高清晰度电视，高质量可视电话，高速数据传送，点播电视等。B-ISDN 协议及其异步转移模式（ATM）等关键技术是当今以至未来若干年研究的重点。

本书可作为普通工科院校通信、计算机、电子信息工程及其他信息类专业本科生或研究

生的教材或参考书，也适合于从事通信领域研究、设计、生产与管理的工程技术人员自学或参考。

全书共分 8 章。第 1 章概述数据通信的基本概念、数据编码、传输方式、数据通信系统与性能指标以及数据通信系统的发展历史及未来趋势。第 2 章介绍数据信号的传输技术。第 3 章介绍标准化的数据传输控制规程及其接口。第 4 章介绍数据通信中的交换技术。第 5 章和第 6 章分别介绍广泛应用的分组交换技术与分组交换网连接及其主要通信协议。第 7 章介绍综合通信概念及 ATM 技术。第 8 章介绍宽带综合业务数字网 B-ISDN。

本书第 1 章至第 5 章由张振川编写，第 6 章和第 7 章由张艳凤编写，第 8 章由吴菁晶编写。

由于编者水平有限，另外许多技术尚在不断的发展和完善之中，书中难免存在一些错误和问题，殷切希望读者批评指正，在此表示诚挚的感谢。

张振川

2007 年 10 月于东北大学

目 录

第 1 章 概 述.....	1
1.1 数据通信概念	1
1.1.1 模拟通信与数字通信	1
1.1.2 数据与数据通信	3
1.1.3 数据通信与话音通信的主要区别	4
1.2 数据通信系统的组成	5
1.2.1 利用电话网进行数据通信	5
1.2.2 利用数据网进行数据通信	7
1.3 数据的编码	8
1.3.1 数据编码概念	8
1.3.2 常用的数据传输代码	8
1.4 数据信号及传输方式.....	10
1.4.1 数据信号的常用码型.....	10
1.4.2 数据信号的传输方式.....	11
1.5 数据通信系统的性能指标.....	14
1.5.1 数据传输速率.....	14
1.5.2 频带利用率.....	15
1.5.3 可靠性.....	16
1.5.4 数据通信系统的其他性能.....	17
1.6 数据通信系统的应用与发展.....	17
1.6.1 数据通信系统应用.....	17
1.6.2 数据通信系统发展.....	19
第 2 章 数据信号的传输	20
2.1 数据信号的基带传输.....	20
2.1.1 数字基带信号及其频谱.....	20
2.1.2 数字基带传输波形的形成.....	23
2.1.3 基带传输中的时域均衡技术.....	31
2.1.4 基带传输系统的抗噪声性能.....	32
2.1.5 数据序列的扰乱与解扰.....	36
2.1.6 基带传输系统的时钟同步.....	39
2.1.7 基带数据传输系统.....	42
2.2 数据信号的频带传输.....	43

2.2.1	频带信号与频带传输系统.....	43
2.2.2	数字调制技术.....	44
2.2.3	频带传输系统的性能.....	56
2.2.4	扩展频谱系统及抗干扰性能.....	58
2.3	数据信号的时分多路数字传输.....	62
2.3.1	数字数据传输概念.....	63
2.3.2	数字数据传输基本原理.....	64
2.3.3	数字数据传输的时分多路复用（TDM）.....	65
2.3.4	数字数据传输系统与数字数据网.....	71
第3章	数据传输控制规程及接口	74
3.1	物理层接口与接口标准.....	74
3.1.1	物理层接口及其特性.....	74
3.1.2	典型接口标准.....	75
3.2	数据传输控制规程.....	80
3.2.1	数据通信过程及其传输控制功能.....	80
3.2.2	面向字符的数据传输控制规程.....	81
3.2.3	面向比特的数据传输控制规程.....	86
3.3	两种数据传输控制规程的比较.....	91
第4章	数据交换技术	92
4.1	数据交换必要性及其方式.....	92
4.1.1	点一点通信与多点间通信.....	92
4.1.2	交换的必要性.....	92
4.1.3	数据交换的方式.....	93
4.2	数据交换技术原理.....	94
4.2.1	电路交换方式.....	94
4.2.2	报文交换方式.....	96
4.2.3	分组交换方式.....	98
4.3	不同交换方式的性能比较	101
第5章	分组交换技术.....	104
5.1	分组长度的选取原则	104
5.1.1	分组长度与延迟时间的关系	104
5.1.2	分组长度与线路传输效率的关系	106
5.1.3	分组长度与交换机费用的关系	108
5.2	分组的传输方式	108
5.2.1	数据报方式	108
5.2.2	虚电路方式	109
5.3	分组网的路由选择	111
5.3.1	路由选择原则与算法分类	111

5.3.2	扩散式路由选择算法	111
5.3.3	固定式路由选择算法	112
5.3.4	最小权数标记路由选择算法	113
5.3.5	分支流量路由选择算法	114
5.3.6	自适应式路由选择算法	116
5.3.7	几种路由选择算法的简单比较	116
5.4	分组网的流量控制	117
5.4.1	流量控制的目的与类型	118
5.4.2	流量控制方式	118
5.4.3	滑动窗口方式流量控制	119
5.5	分组网编号规则	121
第 6 章	分组网连接及通信协议	123
6.1	分组交换网	123
6.1.1	分组交换网基本组成结构	123
6.1.2	我国公用分组交换数据网	125
6.2	用户终端接入方式	127
6.3	分组网的互连	128
6.3.1	分组网之间的互连	128
6.3.2	分组网与电话网互连	129
6.3.3	分组网与用户电报网互连	130
6.3.4	分组网与 ISDN 互连	130
6.4	分组网的通信协议	131
6.4.1	协议及其层次结构	131
6.4.2	OSI 网络参考模型的层次功能	131
6.4.3	CCITT 系列建议	134
6.5	CCITT X.25 建议	134
6.5.1	X.25 建议的基本结构	134
6.5.2	X.25 建议的第一层——物理接口标准 X.21	136
6.5.3	X.25 建议的第二层——链路控制规程 LAPB 与 MLP	136
6.5.4	X.25 建议的第三层——分组结构及其传输	137
6.6	分组拆/装 (PAD) 协议	141
6.6.1	PAD 转换作用	141
6.6.2	X.3 建议	142
6.6.3	X.28 建议	143
6.6.4	X.29 建议	144
6.7	分组网互连协议——X.75 建议	144
第 7 章	综合通信与 ATM 技术	146
7.1	综合通信业务与多媒体传输特性	146
7.1.1	综合通信业务	146

7.1.2 综合业务特性及其需求	152
7.2 综合通信技术	156
7.2.1 高级电路交换技术	157
7.2.2 快速分组交换(帧中继)技术	158
7.3 多媒体信息交换与传输技术——ATM	160
7.3.1 ATM 技术应用与发展	161
7.3.2 ATM 定义与技术特点	163
7.3.3 ATM 信元及其传输	165
7.3.4 传输通道、虚通道(VP)与虚信道(VC)	168
7.3.5 虚通道连接(VPC)与虚信道连接(VCC)	171
7.4 综合通信网络	172
7.4.1 综合的含义	172
7.4.2 综合业务数字网	174
第8章 宽带综合业务数字网(B-ISDN)	177
8.1 B-ISDN 的标准化	177
8.1.1 ITU-T 标准	177
8.1.2 ATM 论坛标准	177
8.2 B-ISDN 协议模型与结构	178
8.2.1 B-ISDN 协议参考模型	179
8.2.2 B-ISDN 协议层次结构与基本功能	179
8.3 B-ISDN 的物理层	181
8.3.1 物理介质(PM)子层	181
8.3.2 传输汇聚(TC)子层	184
8.4 B-ISDN 的 ATM 层	188
8.4.1 协议模型	188
8.4.2 UN 接口与 NN 接口及其 ATM 信元结构	190
8.4.3 ATM 层功能	192
8.5 B-ISDN 的 ATM 适配层(AAL)	194
8.5.1 AAL 协议结构	194
8.5.2 AAL 基本功能	195
8.6 B-ISDN 的用户平面、控制平面与管理平面	202
8.6.1 用户平面	202
8.6.2 控制平面	203
8.6.3 管理平面	204
参考文献	205

第 1 章 概 述

本章在了解数据与数据通信的基础上，概括讨论了数据通信系统的组成、数据的编码及其信号传输方式、数据通信系统的主要性能指标，并对数据通信技术的发展及未来的趋势进行了简要介绍。

1.1 数据通信概念

我们经常会遇到“数字”、“数字信号”、“数字通信”、“数字通信系统”等通信技术术语。但我们需要清楚，数字不等于数据，数字通信和数据通信也有着本质的区别。数字通信与模拟通信相对应，它们是以“传输信号”的不同来划分的；数据通信通常和话音或图像通信相对应，它们是以“消息特征”的不同来划分的。为了进一步加深对数据通信概念的理解，我们先介绍一下模拟通信与数字通信。

1.1.1 模拟通信与数字通信

1.1.1.1 模拟通信

模拟通信是指通信系统传输的是模拟信号。模拟信号是随时间连续变化的信号，它有两个特点，一是时间取值连续性，二是幅度取值连续性。时间取值连续性表明在任意小的时间段($\Delta t \neq 0$)内这种信号必须用无数个点的瞬时值来表达；幅度取值连续性表明在任意小的限定幅度(最大 $V_{\max}$ ，最小 $V_{\min}$ ，且 $V_{\max} - V_{\min} \neq 0$)范围内，任一时刻的信号幅度有无限多的取值可能。我们通常把时间段($\Delta t \neq 0$)内的这种必须用无数个点的瞬时值来表达，其幅度有无限多种取值可能(尽管有最大值和最小值限制)的这种模拟信号称作连续时间模拟信号。事实上，不管时间是否连续，只要幅度在无限范围内(尽管有幅度上限 $V_{\max}$ 和下限 $V_{\min}$)连续取值的信号就称为模拟信号。

模拟通信传输信号常用电参量(也可用光、声参量等)，如电压、电流来表示要传送的信息。典型的模拟信号有模拟话音信号、模拟图像信号等。图 1.1 描述的是我们讲话的模拟声信号转换为模拟话音电信号的原理。

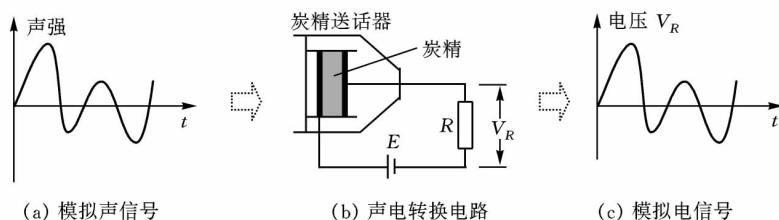


图 1.1 模拟声波通过炭精送话器产生模拟话音电信号

用于传输模拟信号的通信系统称作模拟通信系统。

信源(模拟电话机)发出的模拟信号,是一种原始的电信号,它具有丰富的低频成分,相对于频率较高的已调信号(参见第2章),通常称之为基带信号,如电话通信中的音频信号频率不大于3400Hz。基带信号不适于远距离的传送,利用调制技术,将基带信号变换成频率较高的适合于在特定传输媒质上传输的模拟信号,然后在传输媒体中传输。图1.2中的调制解调器由调制器和解调器两部分组成,调制器实现基带信号向特定高频率的变换,解调器则把接收到的已调信号进行反变换,使其恢复成调制器输入端的基带信号。图中的调制解调器实际上是一种信号变换器,由于模拟信道是以模拟信号的方式传输,故信道的利用率高,技术成熟;但由于传输信号的连续性,混入噪声后干扰不易消除,且不易进行保密通信,设备的集成度低。

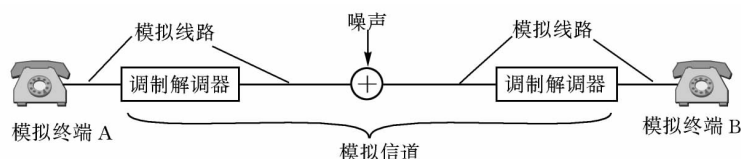


图 1.2 典型的模拟通信系统

1.1.1.2 数字通信

数字通信是指通信系统传输数字信号。数字信号与模拟信号不同,在所传输的信号时间取值上和幅度取值上都是不连续的(称为离散的)。所谓时间上不连续,是指在任意长($\Delta t \neq \infty$)的时间段内信号的全部信息可由有限个时间点上的瞬时值来表达;所谓幅度上不连续,是指在任意大的幅度变化区间(最大 $V_{\max}$, 最小 $V_{\min}$, 且 $V_{\max} - V_{\min} \neq \infty$)范围内,任一时刻的信号幅度只有有限个取值可能。

图1.3所示是典型的两种数字信号。它们在 T 时间段内信号的全部信息可仅由有限个(图中为8个)时间点(如图中 $t_1 + T_c/2$ 、 $t_2 + T_c/2$ 、 $t_3 + T_c/2 \dots t_8 + T_c/2$)上的取值来确定,因此是时间离散信号;另外在任一时间点上的取值是有限多种,其中图1.3(a)所示信号有两种取值(“0”和“1”),称作二进制数字信号,图1.3(b)所示的信号有四种取值(“0”、“1”、“2”和“3”),称作四进制数字信号。

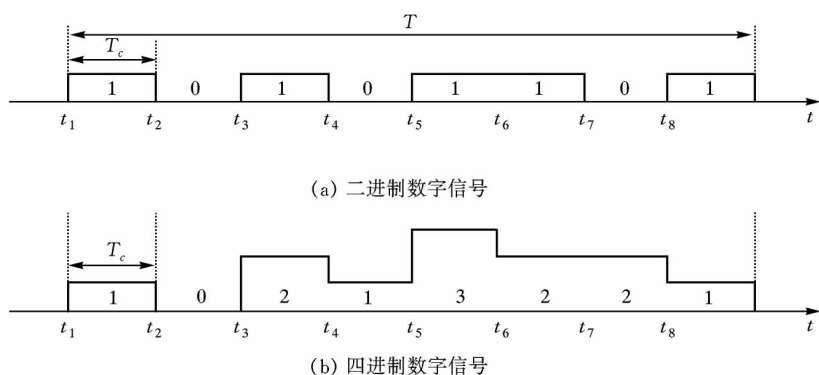


图 1.3 典型的两种数字信号

图1.3中所示出的两种数字信号都是单极性(只有正电平和零电平,没有负电平)的,且

是不归零码(代表“1”或“2”和“3”的正脉冲电平维持整个码元宽度 T_c)。实际中可能采用双极性(不仅有正电平和零电平,还有负电平)的,或者是归零码(代表“1”或“2”和“3”的正脉冲电平维持一定宽度 τ , $\tau \leq T_c$)。

若信息源发出的是模拟信号,在对其进行取样、量化、编码等数字化处理后,以数字形式来传送的通信方式叫做数字通信,在数字通信系统中可以使用数字传输方式,也可使用模拟传输方式(采用数字调制方式之后的模拟传输)。数字通信系统的典型模型如图 1.4 所示。

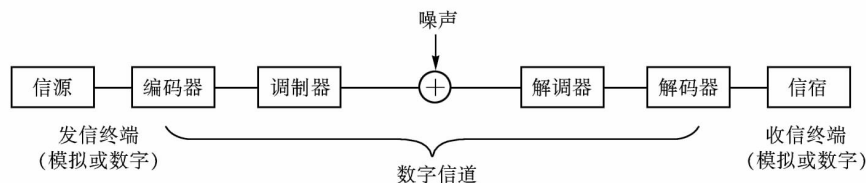


图 1.4 典型的数字通信系统

图 1.4 中发信方编码器包括信源编码和信道编码。信源编码的作用是把信源发出的原始信号(模拟或数字)变换成数字序列,信道编码的作用是将信源编码器输出的数字序列分组按一定规则加入多余监督码元,以便接收端能发现误码或纠正误码以提高通信的可靠性。受信方解码器包括信道解码和信源解码,信道解码的作用是发现或纠正传输过程中引入的差错,去除信道编码所加入的多余码元;信源解码的作用是把信道解码输出的数字序列反变换为信源发出的原始信号(模拟或数字)。调制器和解调器只用在模拟传输方式的数字通信系统中,例如数字微波传输系统中使用。

数字通信系统的实质是将模拟的信源信号变换成数字信号后进行传输,以提高抗干扰性能,获得较好的通信质量。

数字通信和模拟通信相比,有如下优点:

第一,抗干扰能力强。因信号是以数字脉冲的形式传送,被噪声干扰后,只要数码尚未恶化到一定程度,总可以用中继再生的方法恢复数字脉冲的原型,即使由于噪声的干扰,使数字脉冲出现一些差错,也可以用差错控制技术加以消除。

第二,设备可采用大规模集成电路,采用计算机技术。

第三,有很好的保密特性。由于信号是数字脉冲形式,便于进行加密、解密处理。

数字通信的缺点是占有比模拟通信宽得多的信道频带,故信道利用率低。但随着微波和卫星信道以及光纤信道的发展,数字通信占用频带较宽的矛盾日趋缓解。

1.1.2 数据与数据通信

通常认为数据是和话音、图像信息不同的一种信息类型。各种应用测量数值信息及其处理结果、含有数字、字符、文字等信息的文本文件与表格都属于数据的范畴。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、计算机与终端以及终端与终端之间的数据消息传递。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。数据通信是信息社会不可缺少的一种高效通信方式,也是未来“信息高速公路”的主要内容。

数据信息的基本特征是其自身的时间离散性和取值离散性,即数字信号的特征。因此,若信源本身发出的就是数字信号,无论用什么传输方式,都称为数据通信。电报通信、计算

机通信都可以认为是数据通信。

目前的数据通信应用主要表现为计算机之间的通信,所以它具有下列特点:

其一,它用来传输和处理离散的数字信号。

其二,它的通信速度从低到高(从几十波特到数千兆波特),变化范围很大。

其三,通信量具有突发性强的特点。

其四,为保证通信的正常进行,必须事先制定通信双方必须遵守的、功能齐备的通信协议。

由数据通信的特点我们可以想到,尽管数据通信和传统通信方式的通信模型大体相同,但通信的内涵有很大的区别,特别是由于信息载体的不同和具有较为复杂的通信协议,将使我们接触到一些全新的概念。

1.1.3 数据通信与话音通信的主要区别

尽管数据通信和话音通信都是以传送信息为目的,但是两者之间有着重大的差别,主要表现在以下 5 个方面:

(1)通信的对象明显不同

数据通信和话音通信最终都是为人服务的,但是一般说来,我们通常认为话音通信是人与人之间的通信,而数据通信更趋向于是设备与设备之间的通信。对于话音通信来说,尽管每个人讲话的声音各有不同,但人耳对声强、音色、语气等的识别能力、动态范围以及人脑对话音的分析能力、判断能力及应变能力,都是任何设备不能比拟的。

对于数据通信来说,数据的编码信息(由若干“0”和“1”组成)都是由设备(如计算机)进行发送与接收的。整个通信过程必须由人事先制定好严格的协议,包括通信联络方式、编码方式、通信速率、信号电平等。

(2)通信传输的可靠性要求不同

在话音通信中,由于通信双方都是人来收发,所以在信息传输中若出现差错,很容易由人来进行纠正。例如在电话通信中如有个别字听不清楚,可根据谈话内容予以推测或要求对方重复一遍。通常认为数字化话音传输时,误码率只要不低于 10^{-3} 即可。

数据通信中,通信双方中至少有一方是机器设备,设备对表示为“0”、“1”组合数据信息代码的识别,通常对可靠性要求很高。数据信息中一位码元的差错,接收端就会理解为不同的含义,这在诸如银行、军事、医疗、工业过程控制等关键应用中,即使毫厘之差都会造成巨大的损失。因此,数据通信中一般需要采用差错控制技术,以保证获得满意的数据传输质量。一般数据通信系统的传输误码率要求在 10^{-8} 以下。

(3)通信持续时间和通信建立时间要求不同

大量的统计结果表明,话音通信的平均持续时间在 5min 左右,通信平均建立时间(从主叫摘机到被叫应答)在 15s 左右。但是,数据通信的平均持续时间远小于打电话的通话时间。统计结果表明,一半以上用户的数据通信持续时间不大于 5s。这就要求数据通信的建立时间要比电话通信短得多,一般不应该超过 1.5s。

(4)话音和数据信息的业务量特性不同

统计结果表明,电话通信时除通话前后具有一定的信道建立和拆除时间外,双方交替讲话,信道利用率是比较高的,一般不会长时间没有信息传输。数据通信则不然,比较常见的是利用键盘输入信息的情况。用户可能利用几分钟输入的一段文字信息,而在按下发送键的瞬时(如若干毫秒,取决于传输速率)就发送完毕。有时我们说数据业务的突发性高,就是和

话音通信的均匀性相比较的。

(5) 话音和数据信息的实时性要求不同

话音信息要求具有高度的实时特性，一句话的整体延时过大(如超过 1s)或音节的断续都会严重影响收听效果。然而，数据信息往往允许具有较低的实时性。一个电子邮件的全部文字信息，可以是连续送出，也可以是断续送出的，整体延迟的时间也不像话音要求得那么苛刻。

1.2 数据通信系统的组成

一个简单数据通信系统模型如图 1.5 所示。



图 1.5 简单数据通信系统模型

由图 1.5 可见，数据通信系统的数据终端设备 DTE(如计算机、传真机等)、数据电路设备 DCE(如波形变换电路、调制解调器等)和传输系统(包括线路、中继设备、交换设备等)几部分组成。

源端数据终端设备(DTE)：产生并发送数据的设备。

源端数据电路设备(DCE)：对信号进行转换和编码，以产生能在特定传输系统中传输的信号。

传输系统：连接源端和目的端数据电路设备的传输线路或复杂网络。

目的端数据电路设备(DCE)：从传输系统接收信号并将其转换成目的端设备能处理的信号。

目的端数据终端设备(DTE)：从数据电路设备输入数据，并还原成原始数据信息的设备。

图 1.5 所示的数据通信系统，任何一个工作站的数据终端设备 DTE(如计算机)可以通过公网或专用网和网络中的服务器通信，也可在两个或多个工作站间进行数据交换。

传输系统可以简单到仅是一条点到点线路，也可能是复杂到包括复用解复设备、微波或卫星中继设备、交换设备等在内的复合网络系统。下面对利用电话网和数据网进行数据通信的情况简单介绍。

1.2.1 利用电话网进行数据通信

利用电话网进行数据通信的情况很常见，图 1.6 是一种目前最普遍的连接方式。许多家庭采用拨号登录 Internet 就是这种接入方式。

由于目前电话网的用户环线都是模拟线路，用户数据终端(计算机)发出的数字信号必须经过一个特殊的 DCE 设备——调制解调器(Modem)，将基带数字序列转换为适合在电话线上传输的音频频带(300Hz~3400Hz)模拟信号。

常用的调制解调方式有频移键控(FSK)、相移键控(PSK)和正交振幅调制(QAM)等，

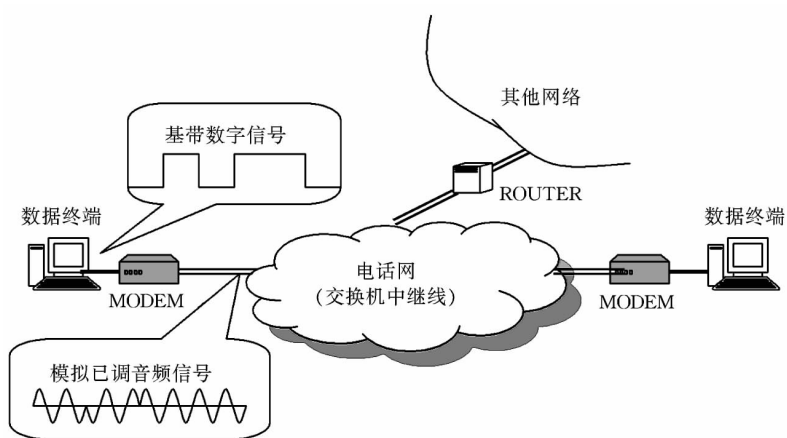


图 1.6 利用电话网进行数据通信

其原理与技术详见第 2 章。

利用电话网进行数据通信的优点是它的方便性。现在采用电话拨号方式通过电话网接入 Internet 的广泛应用，也主要是因为其方便性。由于电话网已经遍及各个办公场所和家庭，只要购买一个廉价的调制解调器，就可以很容易地将自己的计算机接入到网络中并进行数据通信。

由于电话网本身(包括线路、设备、交换方式等)是为语音的传输设计的，用于数据通信虽然很方便，但存在很多缺点，主要表现在：

(1)信号通过调制与解调的变换，对传输信号的质量和可靠性造成影响。

(2)受话音频带限制，通信速率不能太高。一般不超过 64kbit/s。

(3)接续时间(通信信道建立和拆除时间)长，平均十几秒。图 1.7 给出了利用电话网进行数据通信的接续过程。

(4)通信双方独占物理信道，线路利用率低。

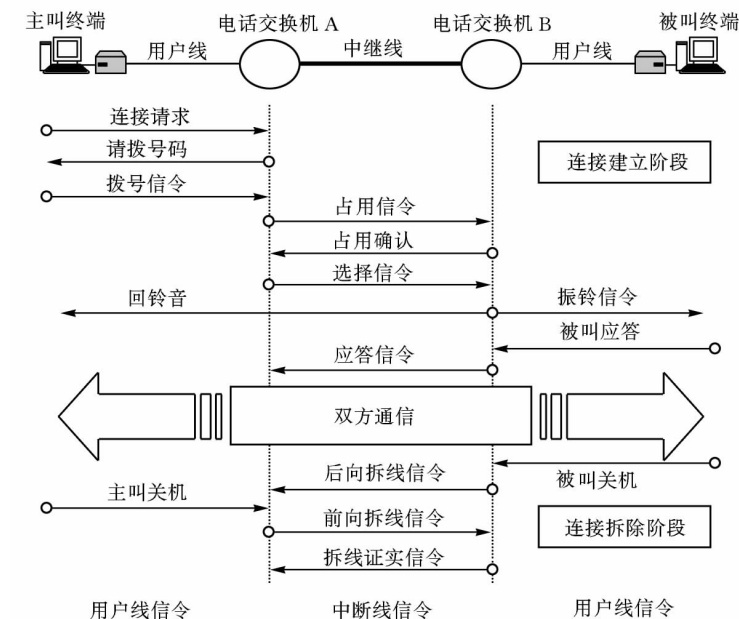


图 1.7 利用电话网进行一次数据通信过程

1.2.2 利用数据网进行数据通信

为了克服电话网数据通信的上述缺点，需利用专门为数据通信而设计的网络——数据通信网。图 1.8 是利用数据网进行数据通信的情况。

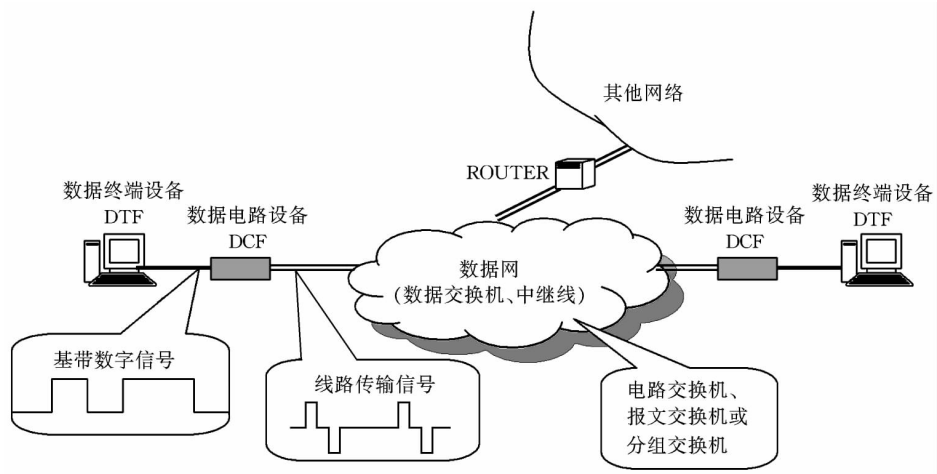


图 1.8 利用数据网进行数据通信

数据通信网(简称数据网)可以划分成不同类型，且取决于按照拓扑结构、传输技术等分类方式。

1.2.2.1 按照网络拓扑结构分类

所谓拓扑是指计算机及其外部设备在网中的物理配置，数据通信网拓扑可分成网格形网、星形网、树形网、环形网和总线形网等几种，如图 1.9 所示。

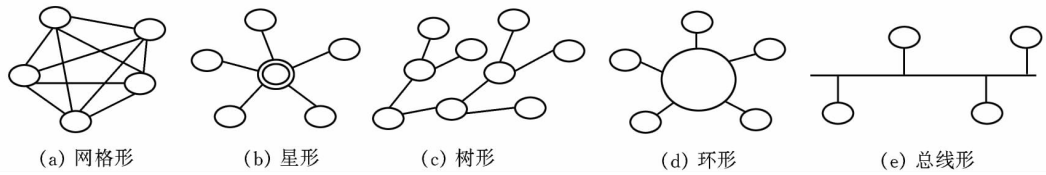


图 1.9 数据通信网的几种典型拓扑结构

我们常把前面三种(网格形网、星形网和树形网)拓扑结构称为点-点链路。一般应用在传输距离较远的远程通信网中，它有选择路径的问题，故采用交换技术实现。后两种(环形网和总线形网)拓扑结构称为共享链路，一般应用在传输距离较近的局域网中，采用广播技术来实现信息的传送。

1.2.2.2 按照传输技术分类

按照传输技术，一般把数据通信网分成交换网络和广播网络两大类。

(1) 交换网络

在交换网络中，数据从信源点经过一系列中间节点传送到终点，它存在路径的选择问题，交换网路又可分为线路交换和存储-转发交换方式两种类型，其原理和技术将在第 4 章介绍。

(2)广播网络

在广播网络中,每个数据站的收发信机共享同一传输媒质,从任一数据站发出的信号可被所有的其他数据站接收。在广播网络中没有中间交换节点,一般应用覆盖范围较小。在单幢建筑物内或一小群建筑物间通信的环形和总线形局域网络属于广播网络,利用无线信道或卫星中继的网络也属于广播网络。广播网络不是本教材研究的主要内容。

1.3 数据的编码

1.3.1 数据编码概念

在各种计算机和终端设备构成的数据通信系统中,设备内部进行传输、存储与分析处理的信息称为内部信息,它们都是用二进制数表示的;而设备提供给人们阅读和理解的信息可称为外部信息,它们都是以各种图形字符(汉字、字母、标点或数字)或具有一定特殊含义的控制与命令字符来表示。外部信息和内部信息有着一一对应的关系,并把由二进制数表示的内部信息称作外部信息的传输代码。

数据通信的输入设备负责把字符转换成二进制数,而输出设备则负责把二进制数转换成字符。字符和对应二进制数的相互转换过程分别称作数据信息的编码与解码。

数据信息的任意一个符号均被编码成一个特定的二进制数。这些二进制数由若干位组成,每一位称为一个比特(bit)。每个比特只能存储0或1这两个截然不同的微小信息单位,当它们单独存在时并没有多大作用。但如果把它们放到一起,就会产生很多0和1的不同组合。比如说,2比特就可以有 $2^2=4$ 种不同的组合(00、01、10和11);3比特有 $2^3=8$ 种组合(000、001、010、011、100、101、110和111),也就是在前面的4种组合后面分别加上一个0或1……。概括地讲, n 比特就有 2^n 种组合。

数据传输编码属于一种信源编码,就是将一种多比特组合(代码)与某个确定的数据信息符号联系起来。作为信源编码,原则上应该使每一数据信息符号的平均代码长度 k 最小。平均代码的长度 k 取决于编码方式(指等长编码、不等长编码和压缩编码等)和全部数据信息符号集合的大小。对于等长编码来说,若全部数据信息符号集合的大小为 N ,则代码长度 k 须满足 $2^k \geq N$ 。

数据传输编码必须遵循一定的标准,以便和其他人或通信系统交互信息。任何人随便定义的某种编码,如果有足够多人使用的话,就可以向IEEE或ITU申请成为标准。从理论上讲,任意的二进制码的组合方式都可以形成数据信息传输代码,但随着数据通信技术的发展,编码的标准化日益重要。下面介绍目前国际上常用的数据信息传输代码。

1.3.2 常用的数据传输代码

1.3.2.1 国际5号码(ASCII)

国际5号码最早是在1960年由美国标准化协会提出的,称为美国信息交换标准码,简称ASCII码,后又被国际标准化组织ISO和国际电报电话咨询委员会CCITT采纳和发展成为一种国际通用的信息交换用标准码,并由CCITT T.50建议推荐。称为国际5号码(IA5)。

IA5是7单位(比特)代码,由7位二进制数表示一个字母、数字或符号,可以表示128个不同的字符,如表1.1所示。