

计 算 机 通 信

吴玲达 李国辉 史永焕 编著

国防科技大学出版社

【湘】新登字 009 号

内 容 简 介

本书论述了计算机通信系统的基本原理和分析方法,重点介绍了通信控制技术。主要包括:计算机通信系统的构成;计算机通信所涉及的基本通信理论;计算机通信中的标准接口;通信控制规程;通信控制器的工作原理以及完成微机通信功能的通信适配器等。全书共十三章,兼有计算机和通信的特点。

本书可作为大学信息系统专业或计算机、通信专业高年级本科生的教材或参考书,也可供有关专业技术人员阅读。

计 算 机 通 信

吴玲达 李国辉 史永焕 编著

责任编辑 何 晋

*

国防科技大学出版社出版发行

新华书店总店科技发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:19.75 字数:456千

1994年8月第1版 1994年12月第2次印刷 印数:2001—4000册

ISBN 7—81024—293—8

TP·55 定价:19.00元

本书如有印刷质量问题,请直接与印刷厂家联系解决

前 言

计算机通信的主要内容是研究如何利用数字通信的基本原理和技术实现计算机之间的数字信息交换。随着计算机应用的日益普及,计算机间的通信也已作为一类重要的数字通信研究内容越来越为人们重视。计算机通信研究的内容不同于计算机网络,本课程作为计算机网络课程的基础,主要介绍数据通信的基本技术、各种流行的计算机通信接口、传输规程、数字编码、差错控制、通信控制等内容。

本书共分十三章。第一章介绍计算机通信的产生、发展、系统的构成及计算机通信中的基本概念。第二章简单介绍信号分析的基础知识。第三章介绍有线信道、无线信道的概念。第四章介绍基带传输系统,基带信号的种类、频谱,奈氏准则及均衡技术。第五章介绍振幅调制、频率调制、相位调制三种基本的数字通信调制方式。第六章介绍数字通信系统中的同步方法。第七章介绍频分多路复用和时分多路复用的概念。第八章介绍误差控制的基本形式和纠错码的基本理论及常用的纠错码。第九章介绍计算机通信中的标准接口。第十章介绍通信规程的概念,学习基本型规程和 HDLC 规程。第十一章介绍通信控制器的功能、构成及同步、异步收发器的工作原理。第十二章介绍通信适配器的构成、基本原理和使用方法。第十三章介绍数据交换基础和公用电信网及电路交换技术。

在编写过程中,我们参考了国内外近几年出版的教材和参考文献,并结合科研实践和近十年讲授该课程的教学经验,本着循序渐进的原则,采用通俗而深入浅出的语言,系统地阐述了计算机通信的基本概念、原理和方法。因此,本书可作为大学本科计算机通信课程的教材或参考书,也可供从事该领域工作的科技人员参考。

本书的出版,得到了许多同志的热情关心,特别得到了胡晓峰教授和陈文伟教授的热情支持,在此一并表示衷心的感谢!

由于编著者水平有限,书中不妥之处,恳请读者提出宝贵意见。

编著者

目 录

第一章 概 述

1.1 计算机通信的产生	(1)
1.2 计算机通信的发展	(2)
1.3 计算机通信的应用	(4)
1.4 模拟通信、数字通信与数据通信	(6)
1.4.1 模拟通信	(6)
1.4.2 数字通信与数据通信	(6)
1.5 计算机通信系统的构成	(8)
1.6 计算机通信中的基本概念和主要指标	(10)
1.6.1 传输速率	(10)
1.6.2 差错率	(11)
1.6.3 功率利用率和频带利用率	(11)
1.6.4 信号强度	(12)
1.6.5 通信方式	(12)
1.6.6 异步传输和同步传输	(13)
1.6.7 串行传输和并行传输	(14)
1.6.8 线路结构	(15)

第二章 通信系统分析基础

2.1 引 言	(17)
2.2 周期性信号的频谱	(17)
2.2.1 傅立叶级数	(17)
2.2.2 离散频谱分析	(19)
2.3 非周期性信号的频谱	(21)
2.3.1 傅立叶变换	(21)
2.3.2 连续频谱分析	(23)
2.4 信号与系统分析的基本方法	(25)
2.4.1 冲激函数	(26)
2.4.2 卷积	(27)
2.4.3 时域分析法	(28)
2.4.4 频域分析法	(29)
2.5 信号无失真传输	(32)

第三章 信 道

3.1 引 言	(33)
---------------	------

3.2 传输损耗	(35)
3.3 有线信道	(37)
3.3.1 双绞线	(37)
3.3.2 同轴电缆	(38)
3.3.3 光纤信道	(39)
3.4 无线信道	(43)
3.4.1 无线电波和频段划分	(43)
3.4.2 无线接力信道	(44)
3.4.3 卫星中继信道	(46)

第四章 基带传输

4.1 引 言	(50)
4.2 基带信号的种类	(50)
4.3 基带信号的频谱	(53)
4.3.1 单极性不归零脉冲的频谱	(53)
4.3.2 单极性归零脉冲的频谱	(54)
4.3.3 数字基带信号的功率谱简介	(54)
4.4 数字基带信号的传输	(57)
4.4.1 基本公式	(57)
4.4.2 单位脉冲通过理想低通滤波器	(57)
4.4.3 升余弦频谱传输特性	(59)
4.5 眼 图	(62)
4.6 均 衡	(63)
4.7 数字基带传输系统	(67)

第五章 调制与解调

5.1 引 言	(68)
5.2 数字振幅调制	(68)
5.2.1 二进制振幅键控调制	(69)
5.2.2 多进制振幅调制简介	(73)
5.2.3 其它振幅调制简介	(74)
5.3 数字频率调制	(78)
5.3.1 二进制频移键控调制	(78)
5.3.2 多进制频移键控调制简介	(85)
5.4 数字相位调制	(86)
5.4.1 二相绝对移相调制	(86)
5.4.2 二相相对移相调制	(89)

5.4.3 多相调制	(94)	9.3.4 机械特性	(168)
第六章 同步		9.4 CCITT X.21 标准	(168)
6.1 引言	(105)	9.4.1 功能特性	(168)
6.2 载波同步	(106)	9.4.2 过程特性	(169)
6.2.1 插入导频法	(106)	9.4.3 电气特性	(169)
6.2.2 直接法	(108)	9.4.4 机械特性	(170)
6.3 位同步	(108)	9.5 直接连接	(170)
6.3.1 外同步法	(109)	9.6 其它标准接口	(172)
6.3.2 自同步法	(110)		
6.4 群同步	(115)	第十章 传输控制规程	
6.4.1 起止式同步法	(115)	10.1 引言	(175)
6.4.2 用特殊字符建立群同步	(116)	10.2 传输控制规程的主要内容和分类	(176)
第七章 多路复用		10.2.1 传输控制规程的主要内容	(176)
7.1 引言	(124)	10.2.2 传输控制规程的分类	(177)
7.2 频分多路复用	(125)	10.3 信息交换代码	(179)
7.3 同步时分多路复用	(128)	10.4 面向字符型的传输控制规程	(182)
7.4 统计时分多路复用	(132)	10.4.1 面向字符型规程的基本特征	(182)
第八章 差错控制		10.4.2 数据通信阶段	(182)
8.1 引言	(135)	10.4.3 数据链路	(184)
8.2 差错控制的基本形式	(136)	10.4.4 传输控制字符	(187)
8.3 常用检错码	(137)	10.4.5 基本型传输控制规程	(189)
8.4 线性分组码	(141)	10.4.6 扩充基本型数据链路控制规程	(195)
8.4.1 线性分组码的基本概念	(141)	10.5 面向比特型的传输控制规程	(197)
8.4.2 线性分组码的编码	(143)	10.5.1 面向比特型规程的基本特征	(197)
8.4.3 线性分组码的译码	(146)	10.5.2 HDLC 简介	(198)
8.5 循环码	(149)	10.5.3 X.25 的 LAPB 协议	(205)
8.5.1 循环码的基本概念	(149)		
8.5.2 循环码的编码	(150)	第十一章 通信控制器	
8.5.3 循环码的译码	(153)	11.1 引言	(207)
8.5.4 循环汉明码	(156)	11.2 通信控制器的功能和分类	(207)
第九章 计算机通信的标准接口		11.2.1 通信控制器的功能	(207)
9.1 引言	(157)	11.2.2 通信控制器的分类	(209)
9.2 接口特性	(158)	11.3 通信控制器的组成和工作原理	(210)
9.3 EIA RS-232C/CCITT V.24 标准	(159)	11.3.1 通信控制器的组成	(210)
9.3.1 功能特性	(159)	11.3.2 通信控制器的基本工作原理	(211)
9.3.2 过程特性	(165)	11.4 UNIVAC1100 通用通信子系统(GCS)	(213)
9.3.3 电气特性	(166)	11.4.1 通道接口	(214)
		11.4.2 多路复用控制	(219)
		11.4.3 接收发送器	(226)
		11.4.4 时钟	(247)
		11.5 通信控制处理机	(248)

第十二章 通信适配器

12.1 引言	(250)
12.2 异步通信适配器	(250)
12.3 通用异步接收/发送器 8250	(254)
12.3.1 8250 可编程异步通信接口	(254)
12.3.2 8250 芯片中寄存器的功能	(257)
12.3.3 8250 芯片的操作流程	(262)
12.3.4 8250 通信接口的编程应用	(265)
12.4 通用同步/异步接收/发送器 8251A	(268)
12.4.1 8251A 的性能和组成	(268)
12.4.2 8251A 的引脚信号说明	(271)
12.4.3 8251A 的编程和应用	(273)
12.5 8273HDL/SDLC 规程控制器	(276)
12.5.1 8273 的组成和接口信号说明	(276)
12.5.2 8273 的命令	(280)
12.5.3 8273 的工作过程	(283)

第十三章 数据通信网络

13.1 引言	(287)
13.2 数据交换基础	(288)
13.2.1 电路交换	(288)
13.2.2 报文交换	(289)
13.2.3 分组交换	(290)
13.3 公用电信网	(292)
13.3.1 电信网的分类	(292)
13.3.2 电话网	(293)
13.3.3 用户电报网	(296)
13.3.4 程控数字交换机基本原理	(296)
13.3.5 电信网常用非话业务简介	(298)
13.3.6 在电话网上进行数据通信	(301)
13.4 公用数据网	(302)
13.4.1 电路交换数据网	(303)
13.4.2 分组交换数据网	(304)

主要参考文献

第一章 概 述

1.1 计算机通信的产生

在人类社会里,人们总是离不开消息的传递。早在 19 世纪就相继出现了以电信号来传送文字和语言的电报、电话通信,这两类通信方式为人类的生产和社会活动带来了极大的方便。20 世纪 40 年代,电子计算机出现了。计算机是加工和处理信息的工具,在开始有计算机时,人们用它来代替计算尺或电动计算器解题或做一些科学计算,人们把它看成是一个单独的计算工具。要使用计算机,必须将待处理的数据资料送到计算机站,这在路途上就浪费了大量的时间。对于紧急的数据资料,如气象资料等,由于不能及时处理,自然也就失去了时效。另一方面,计算机经常需要等待人来输入数据资料,也不能充分发挥快速计算的能力。于是人们提出了这样的问题:能否做到使用户可以把待处理的数据通过通信线路送给计算机,经计算机进行计算处理后,再将计算结果通过通信线路送回给用户,从而达到远距离使用计算机的目的呢?这一愿望使计算机技术和通信技术日益结合起来,导致产生了新的通信方式——计算机通信。这种通信方式对人类的生产和生活的影响将远远超过电报通信和电话通信。

原始的消息有模拟信号和数字信号之分,计算机通信传输的消息是数字数据信号。但这种“数据”一般是指在传输时可用离散的(即不连续的)数字信号逐一准确代表的文字、数码、符号等,包含了一切最终能以离散的数字信号表示,可被送到计算机中进行处理的各种信息,例如一份资料、一张图纸,甚至人的话音、活动图像等等都可包括在内,因为话音、活动图像这些模拟信号经过“数字化”处理,也可以用数码序列来表示。因此计算机通信中的“数据”并不涉及到它的原始信息,只看它现在是不是离散形式的信息。如果是,就称为“数据”,可以进行计算机通信,而不管这些“数据”是怎样得来的。这就不会限制计算机通信实际适用的领域或范围。

计算机通信是通信与计算机相结合的人-机或机-机通信。它传送数据的目的不仅是为了交换数据,更主要是为了利用计算机来处理数据。自从有了计算机通信,不仅解决了大量信息和数据的传输、转接和高速处理问题,提高了计算机的利用率,而且显著扩大了计算机的应用范围,使计算机系统的能力得以充分发挥,可靠性、可用性和资源的利用率各方面也得到了提高。同时,由于有计算机介入通信系统,大大发挥了通信的作用,并促进了通信技术的变革和迅猛发展。

1.2 计算机通信的发展

计算机通信产生后,经历了一个从简单到复杂、从低级到高级的发展过程。这一发展过程可分为四个阶段,即:具有通信功能的单机系统、具有通信功能的多机系统、计算机通信网和计算机网络。

一 具有通信功能的单机系统

早期的计算机很昂贵,只有计算中心才有,而且计算机系统还没有提供管理程序和操作系统,用户只能亲自携带程序和数据,采用手工方式上机。这种方式对远离计算机的用户来说是极不方便的,他们或者不辞辛劳长途跋涉到计算中心上机;或者要对程序和数据写出详细说明,并通过邮寄办法,委托计算中心的工作人员代劳。无论哪一种办法,对远地用户来说,都要在时间上、精力上和经济上付出较大的代价。为了解决这个问题,人们在计算中心的机房内设置一些脱机输入输出装置,并利用通信线路把它们与远程站点的输入输出装置相连,当远程站通过通信线路送来程序和数据时,先把它们通过机房的输入装置记录到纸带或磁带等存储介质上,然后再由操作员将它们输入到计算机内进行处理,处理的结果亦要由操作员用输出装置发送到远程站,如图 1-1(a)所示。在通信线路误码率较高以及计算机和通信设备的接口没有妥善解决的情况下,采用这种脱机系统是较为经济的。但十分明显,这种脱机方式需要操作员直接插手干预远程输入输出,工作效率很低。

鉴于脱机通信系统的缺点,人们自然会想到,如果在计算机上设法增加通信控制功能,使远程站的输入输出设备通过通信线路直接和计算机相连,那么就可以摆脱操作员对远程输入输出的干预,使计算机系统直接经过通信线路从远程站点一边输入信息,一边处理信息,最后的处理结果也通过通信线路直接送回远程站点。这种系统就是简单的联机系统,即具有通信功能的单机系统,见图 1-1(b)。这种联机工作方式,不仅提高了计算机系统的工作效率和服务能力,而且大大促进了计算机系统和通信技术的发展。

为了适应不同领域实现自动监测和自动控制的需要,计算机除了能用通信线路和普通的输入输出设备相连外,还能和大量的监视设备和控制设备相连,这些能用通信线路和计算机相连的设备统称为终端设备。最初的终端设备都是利用专用线路,按照点到点方式和计算机固定相连的,

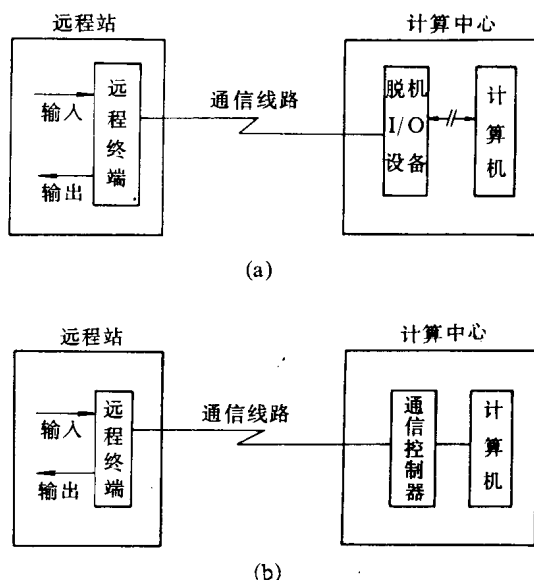


图 1-1 具有通信功能的单机系统

(a) 脱机通信系统 (b) 联机通信系统

这种连接方式的最大缺点是每个终端独占一条线路,在终端数目多、距离远的情况下,线路投资费用较大,利用率也很低。为了节省投资,出现了多点连接方式,多个用户终端设备共用一条线路和计算机相连。60年代末期,在实时控制和分时系统大力发展的基础上,一台计算机可以连接大量的终端设备,因此出现了利用现有的电报、电话通信网络实现终端和计算机之间的信息传输。随着通信技术的发展,计算机系统也从简单的联机系统,相继发展成为远程批式处理系统、远程分时处理系统和远程实时处理系统等更为复杂的联机系统。

二、具有通信功能的多机系统

连接大量终端的联机系统,有两个显著的缺点,其一是主机系统负荷较重,它既要承担数据处理工作,又要承担通信控制等工作;其二是通信线路的利用率很低,尤其是终端距离较远时更是如此。为了减轻主机的负担,可以用一台计算机(称前置处理机)代替通信控制器,专门负责与终端的通信工作,使得主机系统能够集中较多的时间进行数据处理工作。为了提高线路利用率,通常在终端较为集中的地区设置线路集中器,用低速线路把附近的终端先汇集到线路集中器上,然后再用高速线路把集中器和主机相连,这样就可把终端送来的信息通过集中汇总,再用高速线路把汇总的信息送入主机去处理。

前置处理机和集中器常采用内存容量较小、运算速度较低、指令类型较简单,但通信功能较强的计算机。增加了前置处理机或集中器的系统,即具有通信功能的多机系统,如图1-2所示。计算机通信主要讨论这种类型的系统。

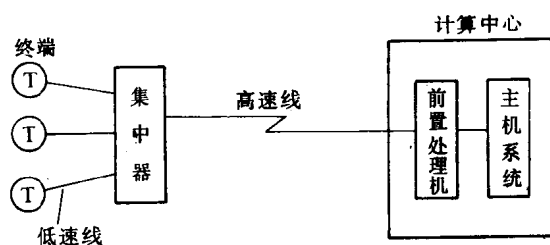


图 1-2 具有通信功能的多机系统

三、计算机通信网络

联机系统的发展,为计算机的应用开拓了新的领域。反之,新的应用领域又为计算机科学和计算机技术提出了更新的要求。最先提出的是对计算机系统间的通信要求。因为大型企业、事业单位或军事部门通常有多个计算中心分布在广泛的地区中,这些计算中心除了处理自己的日常业务外,还要与其它计算中心彼此传递情报,进行各种各样的业务联系,但一般不把本中心的业务委托给其它中心去处理。人们把这种以传输信息为主要目的,并用通信线路将各计算中心的中心计算机连接起来的计算机群称为计算机通信网络,如图1-3所示。它是计算机网络的低级形式。

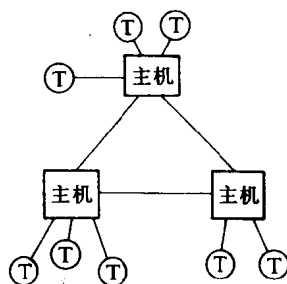


图 1-3 计算机通信网络

四、计算机网络

随着计算机通信网络的发展和广泛应用,人们又提出了更高的要求。某计算机系统的用户希望使用其它计算机系统资源为他服务,或者希望与其它计算机联合起来共同完成某项业务,这就形成了以共享资源为主要目的的计算机网络。这种由数据处理子网(资源子网)和数据通信子网(通信子网)组成的计算机网络的结构如图 1-4 所示。用户资源子网,专门负责全网的数据处理任务,以实现最大限度地共享全网资源为目标,它包括主计算机系统的硬件、软件、数据库和终端设备等。通信子网是计算机网的内层,专门承担数据的传输、转接和通信处理三方面的功能,它包括传输装置(线路)、数据转接和通信处理机及相应软件。计算机网络使用户用网中的资源就象使用本地资源一样方便。有关计算机网络的知识请读者参阅有关的著作。

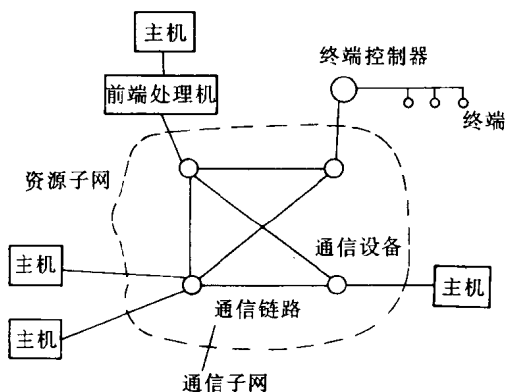


图 1-4 计算机网络

1.3 计算机通信的应用

计算机通信的应用越来越广泛,它已经深入到社会生活的各个领域。下面简单介绍几个应用的实例。

一、军事自动化指挥控制系统

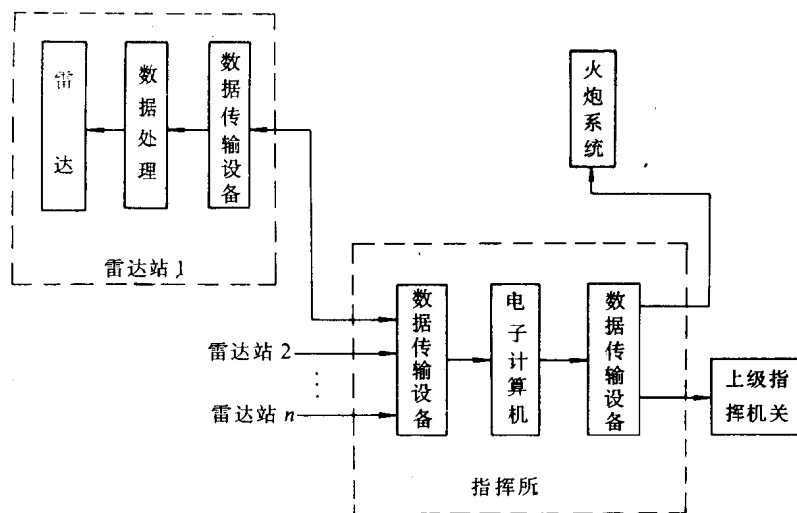


图 1-5 自动化防空指挥系统

当代科学技术日新月异的发展,对军事领域产生了巨大的影响,使现代战争的作战环境与指挥发生了质的变化。由于指挥、控制所涉及到的信息之间存在的相互依赖性,已使通信、指挥、控制三者密切地融为一体,构成了现代化的军事自动化指挥控制系统。自动化指挥控制系统是一个复杂的系统,具体的系统多种多样,图 1-5 是一个早期的自动化防空指挥系统的示意图。在此系统中,各雷达站有数据处理装置,可以自动地发现目标并进行识别和跟踪。防空指挥所的电子计算机通过数据传输系统,接受各雷达站传来的探测数据,可以迅速计算出目标的参数。根据这些参数数据,加上另外输入的代表当时当地的风向、风速等环境参数的数据,以及预先存储在计算机内的敌机性能的数据和我方火炮网的数据,计算机就可以按预先编制的程序进行分析与计算,算出敌机的航线、制定我方火炮网的射击方案,随即以数据信号的形式将指令传输到相应的火炮,控制火炮的射击。这里,对大量可变数据及时进行处理是电子计算机的任务;而对雷达站到计算机、计算机到火炮之间的数据和控制指令的传输是通信的任务,计算机和通信相结合,构成了一个有效的自动化防空指挥系统。

自动化指挥控制系统不仅在军事方面有着重要的意义,随着经济的发展和科学的进步,它也逐渐地应用于国民经济各部门,如铁路运输指挥系统、电力网控制系统等等。

二、城市交通管制系统

用通信线路把计算机和交通信号灯连接起来的交通管理控制系统,利用计算机快速运算、处理的功能来协助维持交通秩序。该系统在交通信号灯附近增设了一种电子设备,称车辆检测器,它的作用是检测有无车辆存在、车辆速度和车辆密度,利用通信线路把检测器的输出数据送给计算机。计算机根据各条交叉路口所送来的大量数据进行计算、综合和分析,根据分析的结果控制交通信号灯的颜色,并且在流量显示板上显示出各条道路的流量密度,引导车辆向低流量方向迂回前进,以达到平衡交通流量、提高车辆运行速度的目的。

三、气象预报系统

各地气象站将探测到的气象情报数据传送到计算中心,电子计算机分析综合各地传来的现时气象情报数据和计算机内存储的过去气象情报数据,得出未来若干时间内气象情报预测,再将结果传输到各地气象站,于是可作出及时、有效的气象预报。如果没有这种由通信与电子计算机相结合组成的自动数据处理系统,像这样大量而复杂的情报,即使动员大批人力也是不可能及时进行综合分析、得出结果的,无法建立一个及时有效的气象预报网。

四、其他系统

随着工业和科学技术的发展,电子计算机的应用日益深入到各个部门、各个领域。遥控、自动控制的设施从国防发展到工农业生产,发展到交通运输、动力、地质勘探、人口普查、灾情控制及预报、远距离病人诊断、图书资料的检索、科学研究、计算机教学等各个方面,因而发展了各种符合特定要求的自动数据处理系统。在这种数据处理系统中,一般由分散在各地的数据检测装置采集各种原始数据,将它们变换成便于传输处理的数码并存储下来,然后通过通信线路及时、可靠地传输到数据处理中心,由电子计算机进行高速的加工、运算、处理或存储,并将各种处理结果的数据传输到各个有关的终端装置,控制执行

机构或存储起来备用。这样的计算机通信系统用途十分广泛。

1.4 模拟通信、数字通信与数据通信

通信是利用电信号把消息从一地传送到另一地的过程,信号按其随消息变化的参数的取值是否连续,可分为模拟信号和数字信号。模拟信号是指其代表消息的参数(幅度、频率或相位)完全随消息的变化而变化,例如,声音和图像的强度都是连续变化的,传感器采集的大多数数据也都是连续取值的。数字信号是指不仅在时间上离散,而且在幅度上也是离散(即幅度只取有限个离散值)的信号,例如,电文、数据、计算机输入输出信号。相对应地,通信也分为模拟通信和数字通信两大类,现分述如下。

1.4.1 模拟通信

模拟通信利用模拟信号来传递信息,如普通的电话、广播、电视都属于模拟通信。按传送模拟信号而设计的通信系统称模拟通信系统,如图 1-6 所示。在模拟通信系统中,原始的模拟信号一般都要经过调制(一些近距离的有线通信也可不经过调制)再通过信道传输。图 1-6 中的调制器和解调器实质上是一种信号变换器,它对信号进行各种变换,使之能在传输介质中传输。经过调制器调制后的信号称已调信号,它仍然是一种连续信号。解调器对已调信号进行反变换,使其恢复成调制前的信号。在模拟通信中,通过信道的信号频谱通常比较窄,因此信道的利用率较高。它的缺点是:

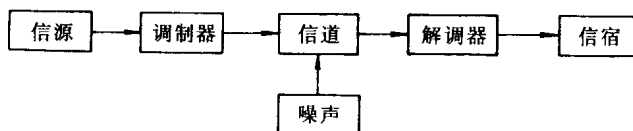


图 1-6 模拟通信系统模型

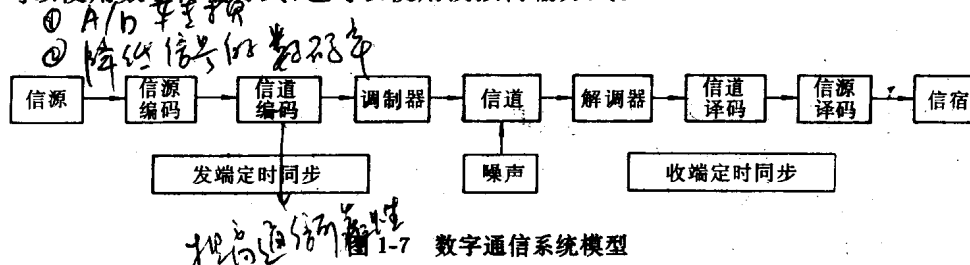
- (1)传输的信号是连续的,混入噪声后不易清除,抗干扰能力差;
- (2)不易进行保密通信;
- (3)设备不易大规模集成;
- (4)不能适应计算机通信的要求。

模拟通信系统按其调制方式的不同又可分为连续调制系统和脉冲调制系统。连续调制系统包括振幅调制系统、频率调制系统、相位调制系统等;脉冲调制系统包括脉冲幅度调制系统、脉冲相位调制系统、脉冲宽度调制系统等。这些模拟通信系统在实际中得到了较广泛的应用。为了扩大通信容量,使得在一个信道中可以同时传输多路信号,目前广泛采用了多路复用的方法,最常用的复用方式是频分复用(FDM)和时分复用(TDM)。

1.4.2 数字通信与数据通信

若信息源发出的是模拟信号,经过取样、量化和编码等数字化处理后,以数字信号的

形式传送,这种通信方式叫数字通信,数字通信系统的模型如图 1-7 所示。在数字通信系统中可以使用数字传输方式,也可以使用模拟传输方式。



图中信源编码器主要起两个作用:一是实现模/数转换,把信息源发出的连续信号变换为数字序列;二是降低信号的数码率。如脉码调制、声码器、信号的数据率压缩都属于信源编码。信源译码器是信源编码器的逆过程。

信道编码器的作用是提高通信的可靠性。通常信道会遭受到各种噪声干扰,这些噪声均可能导致接收信号的错误。采用纠错编码(又叫信道编码)在发送端按一定的规则加入多余码元,使接收端能发现错码或纠正错码。信道译码的作用和信道编码的相反。

调制器和解调器只是对用模拟传输方式的数字通信系统才是必须的。调制器将待传输信号变换成适合在信道上传输的信号,解调器进行相反的变换。

定时与同步也是数字通信系统不可缺少的部分。由于数字通信系统传递的是数字信号,发送端和接收端都必须有各自的定时系统。为了能正确地接收信号,收端定时与发端定时应实现同步。

信道是信号传输的中间媒介,它可以是双绞线、同轴电缆、光纤、无线电波等。有时线路两端的某些设备也包括在信道中。

噪声包括信道的噪声及设备各部件的内部噪声,它集中代表所有产生干扰、引起信号失真的来源。

数字通信和模拟通信相比较,有如下的优点:

(1)抗干扰能力强。信号是以数码的形式进行传送的,被噪声干扰后,只要数码尚未恶化到一定程度,接收端就不会形成错判。即使出现了一些差错,也可以用差错控制技术加以消除。

(2)可采用再生中继。模拟通信的噪声叠加在信号上,增音机无法将信号和噪声分开,只能进行同等放大。因此,随着通信距离的增加,传输质量逐渐下降。数字通信传送的是数字信号,可用再生中继的方法将在传输过程中信号所受到的噪声干扰加以消除,实现高质量的远距离传输。

(3)能适应各种通信业务。各种消息(电报、电话、图像和数据等)都可以交换成统一的二进制数字信号传输,所以数字通信能灵活地适应各种通信业务。

(4)保密性强。在数字通信中易于采用复杂的加密技术对信号进行加密处理,使通信具有高度的保密性。

(5)设备可集成化、微型化。由于设备多属数字电路,可以大规模地集成、微型化。

数字通信的缺点在于它比模拟通信所用的信道频带要宽得多,即信道的利用率较低,

且系统和设备也比较复杂。

在数字通信系统中,有一类通信系统是以脉冲序列作为载波信号的,这里仅简介脉冲编码调制(PCM)。

脉冲编码调制把模拟信号变换成数字信号,它是实现模拟信号数字传输的重要方法。实际上,PCM就是将模拟信号的抽样量化值变换成代码的过程。

要把模拟信号变换成数字信号,首先必须对模拟信号进行采样,使连续时间、连续幅度信号变成离散时间、连续幅度的离散信号。对模拟信号抽样的理论基础是抽样定理,即:对于模拟信号 $f(t)$,在均匀时间间隔,以高于或等于模拟信号的最高频率($f_{\max}$)或其带宽(B)的两倍的速率抽样,那么抽样值包含了原信号的所有信息,用一个低通滤波器可从抽样值中重现函数 $f(t)$ 。如:声音数据一般限于 4 000 Hz 以下的频率,一种满足清晰度要求的保守的抽样速率是每秒钟 8 000 次,这就足以描述声音信号的特征。抽样出来的样本是幅度与原信号值成正比的窄脉冲,这一过程称脉冲幅度调制(PAM)。

模拟信号进行抽样后,其抽样值还是随信号幅度连续变化的,利用预先规定的有限个电平来表示每一模拟抽样值的过程称为量化。量化分为均匀量化和非均匀量化。把输入信号的取值域按等距离分割的量化,称为均匀量化。在均匀量化中,每个量化区间的量化电平平均取在各区间的中点,其量化间隔取决于输入信号的变化范围和量化电平数,当信号的变化范围和量化电平数确定后,量化间隔也就确定了。非均匀量化是根据信号的不同区间来确定量化间隔的,对信号取值小的区间,其量化间隔也小;反之,量化间隔就大。它对低幅度信号使用较多数目的量化等级,对大幅度信号使用较小数目的量化等级,使总的信号畸变减少。

量化后的信号变换成代码的过程叫编码,编码就是用一定位数的二进制数码来表示量化后脉冲的幅度,常用的二进制码型有自然二进制码和折叠二进制码。实现编码和译码的编、译码器可以由各种电路(可用集成电路)构成,请读者查阅数字通信的参考书。

数据通信是数字通信的一类。若信息源本身发出的就是数字形式的信号(电报、数据、指令等),那么不管用数字传输还是用模拟传输方式来传输这个信号,这种通信方式均称数据通信。数据通信系统的模型和图 1-7 数字通信系统的模型基本相同,只是因信源发出的本身就是数据信号,因而不需要信源编码器。

计算机通信属于数据通信,本书将详细地介绍计算机通信研究的内容,计算机通信的原理和实现技术。

1.5 计算机通信系统的构成

随着电子计算机分时、批处理能力的增强以及数据传输技术和信息处理技术的发展,计算机通信系统逐步形成,并已大量地应用于实际之中。

计算机通信的特点是它的信源设备和信宿设备都可以是用户终端设备或电子计算机。当计算机与计算机通信时,信源和信宿都是计算机;当用户终端和计算机通信时,由用户终端向计算机发数据,则用户终端为信源,计算机为信宿;反之则用户终端为信宿,计算机为信源。计算机通信系统由终端设备、数据传输系统和数据处理系统三部分构成,如图

1-8 所示。

图 1-8 虽是数据终端与计算机进行通信的系统模型,但把计算机作为一种数据终端来看待时,此图也可代表计算机与计算机之间进行通信的模型,它的主要部分与一般通信系统模型是一样的。为了突出数据终端和计算机既可作为信源又可作为信宿的特点,将它们都画成了两个部分。数据终端分为数据输入输出装置和传输控制装置,计算机分为中央处理机和通信控制装置。

数据终端设备处在人与数据通信系统的连接点上,其输入输出装置的功能是把外部的信息变换成等待传输和处理的数据信号,通过控制装置和传输系统进入计算机,或者相反地把由传输线路和控制装置来的数据信号变换为供人接收的输出信息。传输控制装置的主要作用是接通或断开通信线路,确认对方在当时的的工作状况等,它是数据终端连接通信网所必需的控制装置。若没有这种装置,来往的数据就不可能在通信线路上传输。由于数据处理业务的范围广泛,终端装置的种类也就十分繁多,有会话式数据终端设备,如字符显示器;有成批式数据终端设备,如软磁盘机;也有智能式终端设备,即在一般终端内装入微处理器,增加若干处理功能等等。有关终端设备的内容请见计算机原理方面的书籍。

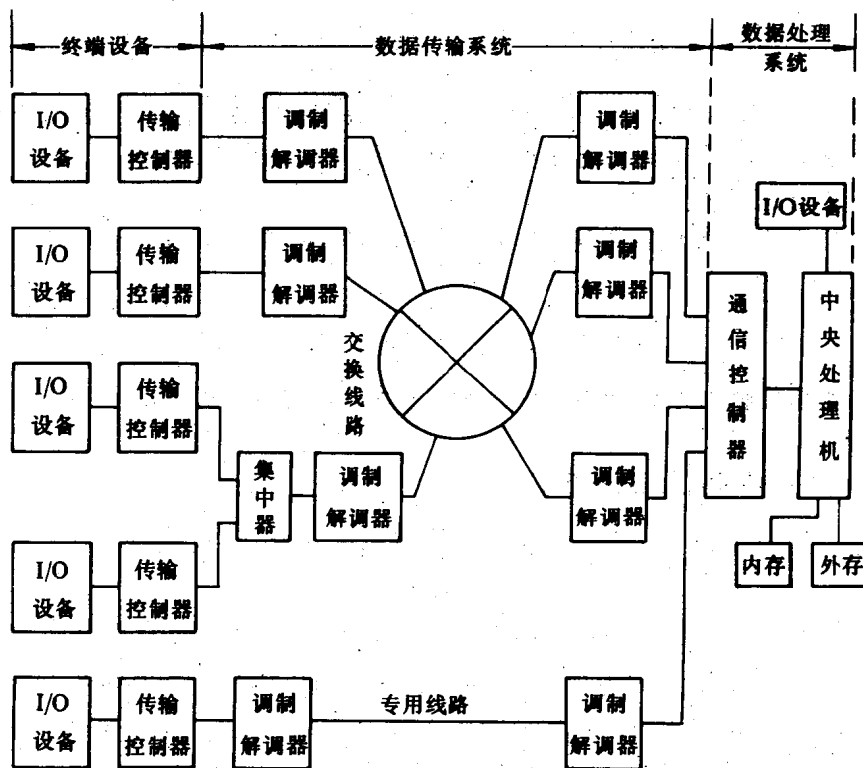


图 1-8 计算机通信系统的构成

数据传输系统和数据处理系统(中央处理机除外)是本书讨论的内容。数据传输系统起着传输和转接的作用,它把终端和计算机连接起来,高效率无差错地传送数据。它主要

由调制解调器(MODEM)和通信线路组成。MODEM 负责将待传输的信息变换成适合信道传送的信号,或进行相反的变换。通信线路可以有专用线路和交换线路,有时为了提高线路利用率,在若干个终端密集的地区插入集中器。数据处理系统的作用,是以最佳的程序迅速而正确地处理数据,以中央计算机为主体构成。通信控制器是不可缺少的重要组成部分,位于通信线路和中央计算机之间,实现计算机处理数据的速率与通信线路传输数据的速率之间的匹配,同时进行数据的串、并行传输变换等,负责中央计算机和各终端间的通信控制,以减轻中央处理机的负担。在联机系统中,由于连接的终端很多,中心处理机必须同时进行多路控制,中断处理比较复杂,而且系统处理工作还包括执行各种操作,进行各个线路信息缓冲、信息变换、对传输中发生的错误和设备故障等问题进行处理等,这比批处理方式要复杂得多。这些功能只靠硬件是完不成的,只有软件和硬件分工配合才能完成通信任务。因此,执行通信控制功能的通信软件也是数据处理系统不可缺少的一部分。

1.6 计算机通信中的基本概念和主要指标

本节介绍计算机通信中的一些基本概念和主要指标。

1.6.1 传输速率

对传输速率可以从几种不同的角度定义。最常用的是信息速度,也称比特速率,单位是比特/秒(bps)。还有码元速率,也称调制速率,单位是波特(Baud)。

一、信息速率

信息速率指单位时间内所传送的信息量,单位为比特/秒(bit/s 或 bps)。对于串行传输定义为

$$R_s = \frac{1}{T} \log_2 n \quad (\text{bps}) \quad (1-1)$$

式中, T 为单位脉冲宽度,单位是秒; n 是信号所表示的有效状态数,一般 n 取 2^k (k 为正整数)。

对于并行传输,信息速率定义为

$$R_s = \sum_{i=1}^m \frac{1}{T_i} \log_2 n_i \quad (\text{bps}) \quad (1-2)$$

式中, m 为并行信道数。

式(1-2)首先计算各个信息传输信道每秒分别能传输若干比特,然后从其总和就知道了传输信道的总容量。因为 T_i 是第 i 条信道中的单位脉冲宽度,其倒数 $1/T_i$ 为每秒单位脉冲数, $\log_2 n_i$ 是单位脉冲所能运载的比特数,所以 $(1/T_i) \log_2 n_i$ 表示第 i 条信道每秒所运载的比特数。计算各信道之值的总和,即为总传输信道每秒载运的比特数。

对于应用最广泛的二进制串行传输,脉冲只有 0 和 1 两种状态,故有

$$R_s = \frac{1}{T} \log_2 2 = \frac{1}{T} \quad (\text{bps}) \quad (1-3)$$

二、码元速率

码元速率是指单位时间内所传递的码元数目,单位为波特(Baud),也叫调制速率。它

不管所传输的码元为多少进制,即不管单位脉冲(码元)所承运的比特数,总是把每秒传送的码元数(单位脉冲数)计为波特数。所以,对于串行传输,码元速率为

$$R_b = \frac{1}{T} \quad (\text{Baud}) \quad (1-4)$$

对于并行传输,码元速率为

$$R_b = \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \quad (\text{Baud}) \quad (1-5)$$

不难看出,信息速率和码元速率之间的关系为(对于串行传输)

$$R_b = R_s \log_2 n \quad (1-6)$$

若是二进制串行传输,则

$$R_s = R_b \log_2 2 = R_b \quad (1-7)$$

即信息速率和码元速率相同。

三、数据传送速度

对于数据传送系统,用数据传送速度可表示相应装置间传送的单位时间内的比特数、字符数或码组数。对单位不做特殊规定,可用秒、分、时作时间单位。例如,通信控制器往主机传送数据的速度为 250 000 字符/秒。

1.6.2 差错率

差错率是衡量数据传输系统正常工作情况下可靠性的指标,主要以误码率表征。

误码率是指码元在传输系统中传送时被传错的概率。在数据序列很长时,它近似地等于被传错的码元在所传输的总码元数中所占的比例,即

$$P_e = \frac{\text{错误接收的码元数}}{\text{所传输的总码元数}}$$

1.6.3 功率利用率和频带利用率

功率利用率以比特差错率小于某一规定值时所要求的最低归一化信噪比(每比特的信号能量和噪声单边功率谱密度的比值)来衡量。所要求的信噪比越低,则功率利用率越高。

频带利用率是描述数据传输速率和带宽之间关系的一个指标,也是衡量数据通信系统有效性的指标。它是单位频带内所能传输的信息速率,其表示式为

$$\eta_b = \frac{R_b}{B} = \frac{1}{BT} \log_2 n \quad (\text{bit/s} \cdot \text{Hz}) \quad (1-8)$$

式中, B 是所需要的带宽。在频带宽度相同的条件下,比特传输速度越高,频带利用率也越高,反之则越低。

功率利用率和频带利用率这两项性能指标主要都决定于调制解调方式,在选择调制解调方式时应兼顾二者。如果在某些系统中,主要是功率受限,则可适当牺牲频带利用率来提高功率利用率;若主要是频带所限,则应着重提高频带利用率,而功率利用率可适当降低。