

现代工业企业自动化丛书

企业数据通信

吕建平 编著
张大陆 审

企业数据通信

青

919
90

士



清华大学出版社

402575

TN919

L90

现代工业企业自动化丛书

企业数据通信

吕建平 编著
张大陆 审

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 提 要

本书介绍了通信方面的基本知识以及通常使用的调制解调器等通信设备的概况,叙述了一些实践中经常遇到的通信接口及其使用。同时还讨论了常用的通信软件编制方法及两个商品通信软件的使用方法。最后,向读者介绍了一些现实中常见的通信及通信网的应用实例。

本书不使用繁琐的数学形式来描述通信概念而是使用了较通俗的语言,较易理解,同时又介绍了当前的一些新的通信形式以及企业在使用通信工具时必备的知识,范围比较广泛。本书适用于初学者及企业的有关技术人员,是一本较好的通信入门书籍。

TS186/24

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

企业数据通信/吕建平编著. —北京:清华大学出版社,1996

(现代工业企业自动化丛书)

ISBN 7-302-02409-X

I. 企… II. 吕… III. 数据通信-基本知识 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 25147 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者:丰华印刷厂

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:13.25 字数:323 千字

版 次:1997 年 2 月 第 1 版 1997 年 2 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-02409-X/TP·1211

印 数:0001—4000

定 价:15.00 元



《现代工业企业自动化》丛书编委会

名誉主任: 张钟俊

顾问: 吴钦炜

主任: 白英彩

副主任: 邵世煌 王行愚 吴启迪 孙廷才

编委: (按姓氏笔划)

于海川	王行愚	白英彩	孙振飞	孙廷才
江志道	刘元元	邵世煌	吴启迪	张兆琪
杨德礼	周德泽	柴天佑	虞孟起	魏庆福

序

当今世界先进工业国家正处于由“工业经济”模式向“信息经济”模式转变的时期,其中技术进步因素起着极为重要的作用,它在经济增长中占 70%~80%。“以高新技术为核心,以信息电子化手段,提高工业产品附加值”已经成为现代工业企业自动化重要的发展目标。从我国经济发展史来看,其工业经济增长主要是依靠投入大量资金和劳动力来实现的,尚未充分发挥技术进步在工业经济增长中的“二次效益倍增器”的作用。“如何加快发展电子信息技术、调整产业结构,适应世界经济发展需求”是当前我国工业企业自动化界研究的重要课题之一。

工业自动化是一门应用学科,它主要包括单机系统自动化、工业生产过程自动化和工业系统管理自动化等三个方面。企业自动化包括企业生产管理信息电子化、信息处理的自动化以及网络化。现代工业企业自动化涉及到自动化技术、计算机技术、通信技术、先进制造技术和管理学等诸多学科,它需要各学科的专家和工程技术人员通力合作,从而形成“多专业知识与技术集成”的现代工业自动化发展思路。目前工业企业自动化系统主要呈现开放性、集散性、智能性和信息电子化与网络化的特点。在现代工业企业自动化中,计算机控制技术充当了极为重要的角色,它是计算机技术和控制理论有机的结合。自动控制理论的发展是伴随着被控制对象的复杂性、不确定性等因素的研究成果而发展的,它由经典控制理论(频域方法)和现代控制理论(时域方法)发展到第三代控制理论——智能控制理论。计算机控制系统分为数据采集与处理系统、计算机在线操作指导控制系统、直接数字控制系统、监督控制系统、分级控制系统和集散控制系统以及分布式智能控制系统。从当前计算机技术和自动控制技术发展状况来看,高性能工业控制机系统、智能控制系统和基于网络系统的虚拟企业自动化系统将是未来工业企业自动化的重要发展方向。

从系统工程的角度来看,工业自动化技术研究与应用过程分为三个阶段:自动化技术研究阶段、科研成果向实用转化阶段和产品应用阶段。经过我国科技工作者半个世纪卓有成效的研究,在自动化技术研究与应用方面取得可喜的成绩,并给我国的工业自动化事业带来了深刻影响和变革,产生了巨大的社会效益,其中有的技术已经接近或达到世界先进水平,但从应用以及成果向产品的转化的总体发展角度来看,仍存在着一些问题,仍需花大力气进一步探索和研究。例如,我国在工控机及其配套设备的生产方面尚需进一步构成规模经济;建立并发展企业网络及其协议和数据库集成技术,为全面实现我国“金企工程”提供技术和手段;开发系列的工控机软件包、实时操作系统,以提高工控机系统的总体水平;充分运用以工控机为核心的电子信息技术来改造我国各类传统工业的工装设备及产品;在我国的部分现代企业中大力倡导推行 MIS,MRP- I 和 CIMS/CIPS 以及信息网络系统,以提高企业管理水平和竞争能力等。在 20 世纪 40 年代,计算机刚问世不久,它的应用除在军事、政要部门之外,主要是在各传统工业领域的应用。在 60 年代~70 年代,各国的工业计算机应用极为普遍促进了其工业企业自动化高速发展,而我国的工业企业自动化非但没有大踏步前进,反而停滞不前。到了 90 年代这个问题就显得十分严重了,因此我们必须“补上这一课”。

• II •

我们编写了《现代工业企业自动化丛书》(目前暂定 42 册,并根据实际需要不断增加新的书目),该《丛书》内容既包括工业生产过程自动化,又包括现代企业管理自动化技术,如基于总线工控机系统、工程数据库、CIMS/CIPS 以及企业网络技术。其编写原则为:“理论与实践密切结合,为实现工业企业自动化提供典型示范系统”。编委会特邀请了国内在该领域有扎实理论基础和富有实践经验的专家分别承担各分册的编审任务,以期在向读者展示国内外相关技术的最新成果和发展动态的同时,提供解决现代企业自动化的思路、方法、技术和设备等。

该《丛书》以工程技术人员为主要读者对象。我们相信该《丛书》的出版必将在推动我国工业企业自动化应用的普及和发展进程中起到积极的作用,为进一步提高我国工业企业自动化水平做出贡献。

清华大学出版社颇具魄力和眼光、高瞻远瞩,及时提出组稿这套《丛书》的任务,他们为编好《丛书》做了认真、细致的准备工作,并为该丛书的出版提供了许多有利的条件,在此深表谢意。同时对于参加各分册编审任务的专家、学者所付出的艰辛劳动表示衷心感谢。编审《丛书》的任务十分繁杂而艰巨,加之时间仓促,书中出现疏漏、欠妥之处也是难免的,希望广大读者不吝赐教,以使我们逐步完善这个《丛书》系列。

中国科学院院士、上海交通大学教授

張鍾俊
1995年5月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 通信	1
1.2 计算机通信网	1
1.3 通信及计算机通信网的分类	2
1.3.1 按拓扑分类.....	2
1.3.2 按信息交换方式分类.....	3
1.3.3 按通信制式分类.....	4
1.4 分层体系结构	4
1.5 国际标准制定机构	5
1.6 企业中的通信网	5
第 2 章 数据传输原理	6
2.1 数字通信概述	6
2.2 数据编码	9
2.2.1 博多码.....	9
2.2.2 ASCII 码(七单位码).....	9
2.2.3 汉字区位码	13
2.3 传输方式.....	14
2.4 点一点式信道链路通信.....	15
2.5 链路传输控制及协议.....	17
2.5.1 数据传输中的流量控制	17
2.5.2 利用校检位进行差错检测与差错控制	19
2.5.3 数据传输控制协议	21
2.5.4 检错与纠错协议	29
2.6 公共信道多点通信.....	37
2.6.1 公共信道多点接入技术	37
2.6.2 转接信道交换方式通信	39
第 3 章 通信硬件	46
3.1 通信硬件组成.....	46
3.2 调制解调器.....	53
3.2.1 调制的概念	53
3.2.2 调制解调器的种类和特性	53
3.2.3 调制解调器中的 S 寄存器	59

3.2.4	调制解调器的测试诊断及特殊功能	61
3.2.5	AT 命令集	64
3.2.6	CCITT 的 V.25bis 命令	70
3.3	串行通信接口 RS-232	73
3.3.1	RS-232C	74
3.3.2	数据传输和控制功能描述	76
3.3.3	9 针 RS-232 接口	80
3.3.4	RS-232C 的用法	81
3.4	串行电流回路标准	84
3.5	串行通信接口芯片	85
3.6	IEEE-488 接口总线	90
3.7	RS-449, RS-422, RS-423 接口标准	95
3.8	X.21 接口建议	100
3.9	RS-485 总线接口标准	102
3.10	STD 工业控制机总线的信息交流	103
3.11	CENTRONIC 并行接口	105
3.12	单片机的通信接口	107
第 4 章	通信软件	111
4.1	软件设计的一般概念	111
4.2	使用 BASIC 语言编制通信程序	116
4.2.1	BASIC 语言中的一些通信有关语句	116
4.2.2	8250 芯片及相关语句	120
4.3	利用 C 语言编制通信程序	123
4.3.1	C 语言常用的通信函数	123
4.3.2	对串行口芯片和中断控制器编程	124
4.3.3	通信程序实例	125
4.4	常用通信软件	131
4.4.1	CROSSTALK	131
4.4.2	Procomm 通信软件	149
第 5 章	实际应用中的通信网	155
5.1	分组交换公共数据网	155
5.1.1	X.25 的主要网络设备	155
5.1.2	X.25 的界面	156
5.1.3	X.25 的结构及运用	157
5.2	公共电话网	161
5.3	PCM 调制	167
5.4	程控基本概念	172

5.5	局域网	174
5.6	传真	181
5.7	帧中继	182
5.8	DDN	183
5.9	综合业务数字网 ISDN	185
5.10	光纤通信概念	188
5.11	移动通信网	194
附录		196
参考文献		199

第 1 章 绪 论

当今,科学技术发展迅猛,通信和计算机这两个技术领域的发展更加迅速。人们从不同的需求出发,对这两个领域及其综合——计算机通信有很大兴趣,并正在进行积极的研究和试验,获得了很大成果。计算机通信在实践中,尤其在企业中得到广泛应用,效益显著。可以说,没有通信和计算机,四个现代化是不可能实现的。

那么,到底什么是通信和计算机通信网?企业人员如何能够较快地掌握并且在实践中应用它?这是有关人员关心的问题。我们在本书中,不准备罗列各种观点,也不准备逐一用较深的理论来叙述和评论,而是希望将本书写成一本通信入门,以便企业的技术人员和初学者能尽快了解通信知识,掌握这方面的初步技术,为进一步开发应用打下基础。

1.1 通信

通信,我们在日常生活中接触得比较多,电话、电报等都属于通信的范围。企业中更少不了通信,离开通信,现代信息社会根本无从谈起。打个比方,通信就像人身上的神经网络,少了神经网络,人就要瘫痪。有人说,信息就是效益,时间就是效益,而通信,就是人们获得效益的钥匙和工具。

1.2 计算机通信网

我们先弄清计算机通信网的含意。

关于计算机通信网的含义可概括如下:凡是地理位置不同、各具独立功能的多台计算机、终端及其外围设备用通信设备和线路连接起来,并且配以相应的通信网络软件实现信息交换及资源共享者称为计算机通信网。换句话说,计算机通信网既可以用通信线路将计算机和终端连成简单的网络,实现信息的收集、分类、传输和处理,也可以将数百台计算机和终端,用数千公里的通信线路连成全国或全球通信网,以实现资源共享。下面我们看一下一般计算机通信网的构成。

一个典型的计算机通信网如图 1.1 所示,它由硬件和软件两部分组成。

1. 硬件

硬件包括:

- (1) 多台地理位置不同的计算机和终端设备;
- (2) 通信控制设备,具体来说可以是通信控制器、集线器、前置处理机或通信接口处理机,调制解调器等;
- (3) 通信线路,如光纤、电缆、架空明线、通信卫星、海底电缆等等(无线电波可以看成是一种特殊的通信线路)。

2. 软件

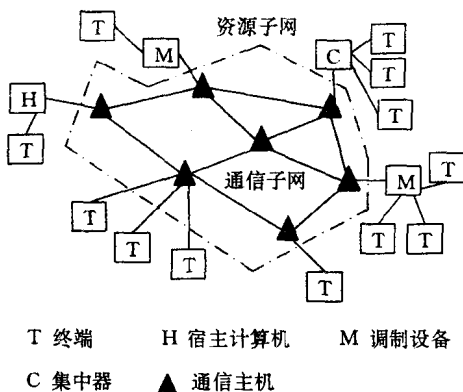


图 1.1 一个典型的计算机通信网

另一些运行于中间结点计算机，负责转发控制、交换控制、管理和纠错等工作。我们把第一类设备和软件程序称为用户子网，而把第二类设备和软件程序称为通信子网。图 1.1 中也已表示了通信网按照这种观点的划分。

1.3 通信及计算机通信网的分类

在这一节中我们介绍一下通信及计算机通信网的分类。通过这些介绍，读者可以粗略地了解各种类型通信及通信网的特点及原理。

通信可以分成两种，一是模拟信道通信，二是数字信道通信。日常的电话线路，即为模拟信道，而计算机通信属数字通信范围，邮政系统现已提供了部分数字信道。模拟信道主要用来进行话音音频通信，若用来进行数字通信，则受到线路的限制，必须采用一定的措施才能提高数据通信的速率。所以，如果条件允许，计算机通信最好使用数字数据信道。

就数字通信而言，可分为并行通信及串行通信两类。所谓并行，指发送的数据字符各个比特位同时发出。它的优点是速度较快，但是，由于它需要对应各数据位的通信线和一条信号地线，因而在长距离通信中是不能使用的，只适合于若干米的小范围。我们谈及远程通信，一般均指串行通信。所谓串行通信，指发送的数据字符各比特位逐位顺序发出，它通常只需要一对数据线就可完成通信任务。当然，它的传送速率比不上并行通信，但是，在长距离通信中只能使用串行通信方式。

计算机通信网的分类方法有很多种，可以按功能分类，也可以按计算机通信网连接结构分类等等。这里我们仅介绍一些常用的网络类型。

1.3.1 按拓扑分类

按拓扑结构分类，常见的有五种基本形式，如图 1.2 所示。图 1.2(a)为星形网，它有一个中央控制结点，其它结点都和中央控制结点相连，但其它结点互相之间并不连通；图 1.2(b)为树形网，它有一个根结点，其它结点可以和根结点直接相连，也可以和连至根结点的其它结点相连，但该结点往根结点方向的连通途径只可以有一条；图 1.2(c)为网形网，某结

点往其它结点的连通途径可以有多个;图 1.2(d)为环形网,结点两两为邻,形成一个环;图 1.2(e)为总线形网,各结点均挂接在一条总线上。我们从控制的角度出发,一般将图 1.2(a)、图 1.2(b)称为集中型网,而把其它类型称为分布型网。

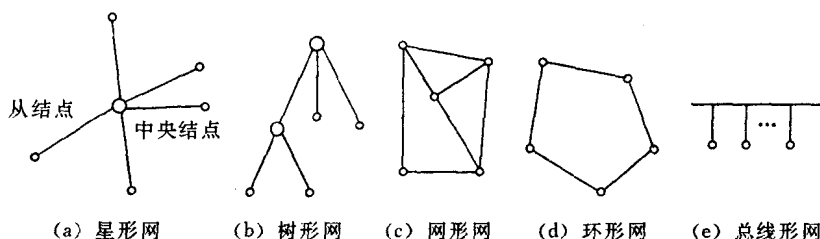


图 1.2 按拓扑分类的网络类型

1.3.2 按信息交换方式分类

这也是一种比较常用的分类方法。目前,建立一个计算机通信网,其所花费的通信设备费和通信费往往要占总投资的一半以上,尤其是通信费,每年的开销相当大。因此,人们总是在信息交换方式上想办法,来提高原有通信设备和线路的利用率,以达到降低成本的目的。按此方式,可分为线路交换型和存储—转发交换型两大类。

1. 线路交换型

当计算机或终端与其它计算机之间需要通信时,可像电话网那样,由交换机负责为它们建立一条物理的信道,在通信过程中,双方始终保持信道连接,直至通信结束。这种方式不改变传输数据的代码和格式,即双方通信的内容不受交换机的干预。线路交换型网的建网投资和通信费相对较低,通信费用与线路占用时间成正比,而线路交换的报文传送延迟时间短,实时性强。

线路交换型网适用于一次连结后传输大量的数据及实时通信的场合。

根据线路交换型网的原理,可以分为空分交换型和时分交换型两种。

空分交换型见图 1.3(a)。如果两个用户之间进行通信,交换机负责连接他们各自对应的线路,通信期间,别人不能插入。邮电系统或部分单位使用的步进式交换机、纵横式交换机等构造而成的电话通信网,即属于此种类型。

时分交换型见图 1.3(b)。这种通信方式中,信息传输的过程是按时间划分的。我们将传输时间划分为一个一个的区段,称为时间片,把这些时间片轮流分给每一对通信用户,大家轮流分享信道,这就是时分交换型网,它适用于数字通信。

2. 存储—转发交换型

此类交换过程是先将待发的信息存放于交换装置的数据缓冲区中,待相应的输出端线路空闲,再将信息发出去,到达的设备可能是目的机,也可能是另一个交换装置。如果是另一个交换装置,则该交换装置将完成同样的工作,直至信息送达目的机。这种交换装置称为结点处理机。

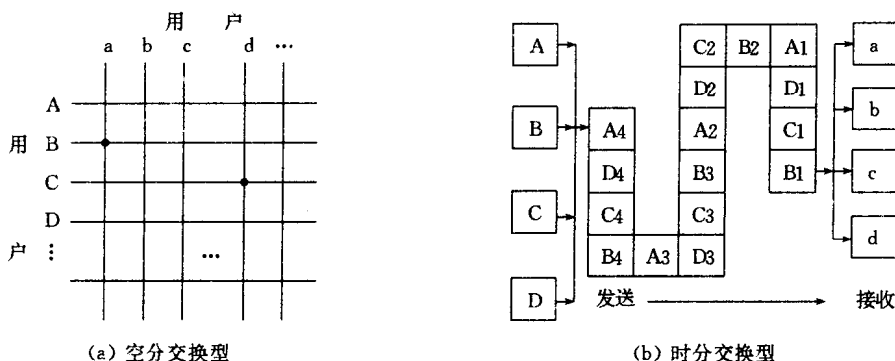


图 1.3 线路交换型网的类型

1.3.3 按通信制式分类

可以分为单工、半双工、全双工通信。

单工通信:指报文信息只能往一个方向传输,不能相反方向传输。

半双工通信:指报文信息可以往两个方向传输,但在同一时刻,报文信息只能往一个方向传输。

全双工通信:报文信息可以往两个方向传输,不受任何限制。比如,我们采用四线制方式,一对线发送信息,另一对线接收信息,就能做到两个方向同时进行信息传输。

除了以上几种分类方法外,串行通信还有同步方式、异步方式之分,在后面将详细讨论。

1.4 分层体系结构

要完成一项通信工作,首先接收和发送双方之间要有传输通路,但这还不够,收发双方还要遵守一定的规定。比如说,发一封国际信件,首先必须按一定的格式将信写好,装入信封,按国际标准写好信件到达地址和收信人姓名,随后交邮局发出。邮局一般不会为一封信派专人送出国,而是待集中了一批信件后,打成一个邮包,通过海关,然后发往国外。到达对方国家后,再经历一个相反的过程,收信人才能收到信件。对个人来说,收发的是信件,对邮局来说,收发的是邮包。邮局和个人,分处在两个层次上。要使邮路畅通,大家必须遵守有关规定。通信也是一样,若无相应的规定,则通信网络将处于一种混乱状态,互相不能沟通,软硬件也不能兼容。

为此,国际标准化组织 ISO 制定了一个“开放系统互连参考模型”,简称 OSI;国际电报电话咨询委员会 CCITT 也建立了相应的文本,称 X.200 建议。二者类似,规定了网络通信的有关层次体系和界面。

该层次体系分为七层,简叙如下:

物理层:涉及比特信号传输,物理联接;

链路层:涉及相邻通信结点的链路帧传输控制;

网络层:涉及通信子网的传输、流量、差错控制;

传送层:涉及端—端数据传送控制;
会话层:涉及对话控制、同步等;
表示层:涉及数据格式、码制转换、加解密等;
应用层:涉及面向应用的功能、管理的功能。

本书讨论的有关通信方面的内容,主要集中在物理层和链路层,对其它层次有兴趣的读者,请参阅本丛书其它书目或其他资料,这里不多叙述。

1.5 国际标准制定机构

由于通信及其它方面标准的重要性,国际上有几个制定数据通信标准的主要机构:国际标准化组织(ISO):一个自发的不缔约世界性标准组织,由全世界许多国家的标准化组织代表组成。ISO 拟定国际通信标准,制定了“开放系统互连参考模型”OSI,规定了不同类型计算机系统互连的通用体系结构。

国际电报电话咨询委员会(CCITT):是国际电讯联盟的一个委员会,主要由联合国成员国的邮电部门代表所组成,它也研究和制定模拟和数字通信标准,其工作和 ISO 紧密相关。

美国电机和电子工程师学会(IEEE):是美国制定电气标准的专业组织。

美国电子工业协会(EIA):是美国制造业的一个机构。

1.6 企业中的通信网

现在,企业中大量使用通信手段为生产、开发、生活、经营、管理等方面服务。在生产和开发方面,大量新的现代化设备已逐渐取代了老设备,这些新的设备本身就可能和通信及计算机紧密相关,新的自动化生产线可能就是用计算机来控制,并且使用通信设备来联接成系统,科技人员对此必须掌握,以便维护和开发。有些企业,比如交通、电力、金融等,由于其企业的特殊性,对通信的需求就更大。

科技人员还可以利用通信的手段来检索本专业的有关内容及其进展,这些,对产品开发有关键的作用。

在生活、经营、管理方面,通信也大有作为。一名厂长,总是希望对自己所在单位的情况了如指掌,若本厂建有通信网并且能够提供信息,此目标很容易达到。届时,厂长就可以坐在办公室内,就对每日产量、消耗、库存等情况一目了然。若与上级部门,下级单位,兄弟企事业单位之间已存在通信联络,那么,接受指示,汇报工作,发布消息等均很便利。经营部门更是需要通信工具,可以利用通信手段充分了解市场,拓展业务。

因此,作为企业一般人员,有必要了解此项技术,要学会使用通信工具为自己服务;而科技人员,不论是否属于通信专业,更有必要熟练掌握此项技术,以用于各项工作中。这些,都是现代化的需要,也是改革开放的需要。

第2章 数据传输原理

2.1 数字通信概述

通信的概念是一个很广泛的概念,它包括日常利用电话、灯光或旗帜、无线电进行信息交流等。在计算机中,数据在各功能部件之间的流动,或者信息在计算机与计算机之间的流动,也可以看成是一种通信。本书中讨论的内容主要是指利用相应的信息通道,比如,电话线、无线电、光纤、电缆等,在若干台计算机、通信终端、仪器仪表、电话、传真机等独立实体之间进行信息的交换。

目前的通信系统中,用来进行传输的电信号可以分为两类,一类称模拟信号,它适用于模拟量的传输,我们平常接触到的,如声音、流量、加速度等都属于模拟量。模拟量是一种在变化时呈现连续性质的量,一般不产生跳跃或间隔。而另一类称数字信号,它适用于数字量的传输,数字量与模拟量不同,数字量是一系列有固定间隔,呈离散状态的量。通常有些状态,比如灯光的亮灭、电路的通断、信号的有无等都可以用数字量来表示。

模拟信号的传输,比较直观。而利用数字信号进行传输时,一般表现为一串脉冲。与使用模拟信号传输相比使用数字信号进行传输的好处是花费少,抗干扰能力强,但是容易衰减,不能传输很远距离,对通信线路要求较高。原因如下述。

使用数字信号进行传送时,抗干扰能力好的原因是由数字信号本身的特点决定的。数字信号是一串离散的量,即一串等间距的脉冲,这些脉冲的幅值有相应的规定,不能随意定义和使用。一般情况下的安排是:规定某一个较高的电压值,使其代表一个数字“1”,规定另一个较低的电压值,使其代表另一个数字“0”。除此之外,还规定了门槛电压,一个脉冲的幅值超过此门槛电压,则将该脉冲看成是数字“1”,低于该门槛电压,则将该脉冲看成是数字“0”。举例来说,常用的 RS-232C 接口传输电压,脉冲的幅值在 -3V 至 -12V 之间时,被看成为信号“1”;脉冲的幅值在 $+3\text{V}$ 至 $+12\text{V}$ 之间时,被看成为信号“0”。因此,如果在发送端发出一个“0”信号,脉冲的电压值设为 $+8\text{V}$,在传输途中若受到 -4V 杂音信号的干扰,到达接收端时,脉冲的电压值为 $+4\text{V}$,这个值仍在“0”信号允许的范围,接收端将其接收下来,不会出错;当然,如果干扰信号太大,以致超出了信号正常值允许的范围,也会发生错误,产生误码。此时,接收发送双方只能采用其它的手段来检查改正。

若接收端收到的信号为 $+4\text{V}$,接收设备只要能够辨认出来,还是能将它恢复为正常信号幅值 $+8\text{V}$,因此,如果利用数字信号的这种特点进行通信的中间增强或转发,干扰误差不会被累计。

而模拟信号则不然,模拟信号本身是一种模拟量,接收端接收到模拟信号之后,没有任何依据来检查该信号是否传送正确,由于干扰的产生及强度是随机的,即使知道发生了干扰,对叠加于正常模拟信号上的干扰信号也没有办法加以清除。所以说,用模拟信号进行传送容易失真,如果还希望进行信号的中间增强或转发,累计的误差不能被消除。

在我国,通常使用的电话均是采用模拟信号进行传送,由于上面叙述的原因,现在正转

向数字式通话,并且已经取得了相当大的成果。至于日常的数字数据通信更是需要数字线路的支持。在当前的形势下,通信数字化是必然趋势。

但是,数字通信存在一个很大问题,即受到线路的限制,衰减很大,不能直接用来进行长距离传输,速度很难提高。通信科技人员在这个问题上作了深入的研究,采取了种种手段,来解决这个问题。

进行通信的必要条件是接收和发送两端至少要有相应的通信设备及一条用来传输两端信号的通路,此信号通路被称为通信信道。通信信道在这里泛指实用的电、磁、光或其它类型信号的传输媒质,比如,架空明线、电缆、无线电波、光纤等等。

数据通信的目的是为了在发送和接收之间传输数据信息。一般数据基本上都属于数字信息。要进行数据通信,首先要将数字信息转为可以传送的数字式电信号。根据有关数学理论,任意波形可以由各种不同频率的正弦波合成。这些电信号也不例外,它所具有的频率成分可以构成一个频率带,称为基带。基带的频率成分可以很窄,也可能很宽,甚至无穷大。我们若将这些电信号按照原样发出,这种传输方式称为基带传输方式。

若进行语音模拟通信,由于它包含的频率成分不高,所以受线路阻挡较少,可以直接使用基带传送。当然,进行长距离语音模拟通信时,需要做很多工作。但是,对于数字信号,情况就不一样了。

当发送端向通信信道上送出一系列数字脉冲时,在速度上有什么限制?一般,我们总希望传输的速度能够尽量地快,但这是很难做到的。将一般的数字信号脉冲用数学的方法分解成一系列不同频率的正弦波后,我们可以发现这种波形的频率成分所占据的频带很宽。如果波形越陡,脉冲越密集,则分解出的高频成分越多,频率范围一般都要延伸至无穷。而我们常用的通信线路,受到传输距离、线间电容电感、线路电阻、对大地的电容电感、所使用的交换机等种种因素的限制,使通过的信号有很大衰减,特别对高频成分衰减更厉害。因此,从发送端将含各种频率成分的数字信号送出,通过信道到达另一端,接收方开始接收时,将会发现若干高频成分都被线路所阻挡。频率成分不一样了,我们就不能得到发送方原来送出的波形,变形严重的时候,码元与码元之间都不能分清,这样,通信的任务是不能完成的。具体定量的分析,请读者参阅有关通信原理方面的书籍。

信号频带的宽度,我们称带宽。一般常见的信号,特别是数字信号,其占据的带宽是无限的,但若某信号的大部分能量可以包含在一个相对窄的频带里,此带宽我们称为该信号的有效带宽或带宽。此概念我们可以应用到信号上也可以应用到通信信道上。通信信道的带宽即表明了在该通信信道上允许通过的频率成分的宽度范围。

发送脉冲的速率和通信信道带宽有什么关系呢?经过科学家的研究,得到一个奈奎斯特第一准则:若传输信道具有低通矩形振幅频率特性,线性相位特性,截止频率为 f_1 ,则发送端发送脉冲的最高重复频率为两倍的 f_1 ,此时在接收端收到的波形不会发生前后串扰(码元间串扰)。所谓低通矩形振幅频率特性,指的是如果对于从零到某个截止频率的信号通过该通信信道时,对应这些频率的振幅值不会衰减或衰减很小,而超过该截止频率的成分,振幅值衰减很大。

这就意味着,每赫带宽最快传送的速率为 2baud (baud,即波特的含意后面解释),这是一个极限速率。由此可见,希望提高传输速率,一条途径就是增加通信信道的通频带宽,另一条途径是减少传输信号本身的带宽。通信信道的通频带宽一般不易加宽,因为影响它的因素

太多,比如,环境的限制,设备所有权的限制,通信材料设备及技术的限制等等。因此,当前科技人员进行研究的主要重点放在如何使传输信号本身的带宽减少。对于长途线路来讲,由于对信号进行处理时,需要使用一些设备,如互感器等,直流信号或一些频率较低的信号分量不能通过这些设备。一些基带信号,若存在这些直流信号分量或频率较低的分量,就不能直接在长途线路上进行传输,必须用基带信号对载波波形进行调制,使其变为适合于线路传输的信号。

所谓调制,就是用基带信号对载波波形的某些参量进行控制,使这些参量随基带信号的变化而变化。将调制过的载波波形信号送给接收端,在接收端进行相反的过程,检测这些参量,我们就能得到发来的信号原型,这个过程称为解调。

调制的另一目的是用于线路复用。目前,不可能为每一对通信体建立专用物理通信信道。通常,在城市与城市之间,存在一些干线线路供通信用户使用,数量总是有限的。为满足越来越高的通信需求,必须使用线路复用手段,使多个用户能同时通过这些干线线路进行数据通信或对话。但是在同一条线路上,不加处理,一般不能同时通行多路信号,其原因是因为各信号的频谱是重叠的,好比一群人同时在讲话,结果谁的也听不清。为了使线路能同时传送多路信号,我们可以将这几路信号的频带进行搬移,使之互不重叠,然后同时发出。到达接收端后,采用滤波器的手段,将各段频谱分开,再设法使它们搬移到原来频率位置上,即可复原出原始的信号,这是一种线路复用类型,称为频分复用(FDM)。

我们前面提及的时间片交换方式,实际也是一种复用,称为时分复用(TDM)。在这种线路复用类型中,某一时刻依然只有一对用户在进行通信,但是,由于时间片循环很快,用户察觉不到有任何影响。

在数字传输中,利用电平的高低来表示数据的“0”或“1”。代表“0”或“1”的脉冲波形,称为码元。在通信信道上传送的信号,可以为基带信号,也可以为调制后的信号。调制后的信号称为载波,即这些信号载有数据信息。

我们对数字信号的调制,是用码元来控制发送载波信号的某些参数,这些载波信号又被称为调制信号(实则为被调制信号),也可称为键控信号。在常规的模拟信道上传送数字信号时,常用的调制办法有幅移键控(ASK),频移键控(FSK),相移键控(PSK)等几种,对应于幅度调制,频率调制和相位调制。另外还派生出其它几种调制办法,本书中将较详细地加以讨论。

幅度调制方式中,用两个不同的载波信号幅值来表示“0”和“1”,也可以用幅度的有或无来表示。它的缺点是容易受到突变干扰的影响。

频率调制方式中,用两个不同频率的载波代表“0”和“1”,其抗干扰能力强于幅度调制,但频带利用率不高。用它可以在一条线路中进行全双工传输,比如,贝尔公司 103 系列调制解调器所用频率调制方式中,其频带为 300Hz 至 3 000Hz,在一个通信方向上使用频率范围为 300Hz 至 1 700Hz,表示“0”和“1”的频率分别为 1 070Hz 和 1 270Hz;另一通信方向上使用频率范围为 1 700Hz 至 3 000Hz,表示“0”和“1”的频率分别为 2 025Hz 和 2 225Hz。

相位调制方式中,用载波信号的相位变化来代表“0”和“1”。当两个信号相位相差了 180°时,表示码元有“0”至“1”或“1”至“0”的变化,否则保持为“00”或“11”。该调制方式占用的频带窄,抗干扰性能好,数据传输速率能够达到比较高。

以上方法可组合使用,比如将相位调制和幅度调制结合起来,能增加传输的比特率(波