

数字通信

● 王钦笙
编



电信新技术培训系列教材

DIANXIN XINJISHU PEIXUN
XILIE JIAOCAI

人民邮电出版社

电信新技术培训系列教材

数 字 通 信

王钦笙 编

人 民 邮 电 出 版 社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书是为在职人员编写的新技术培训教材。

本书首先概述了数字通信的概念、特点、通信网及性能指标等,然后较详细地阐述了数字终端技术,在第三章中讲述了数字传输方面的技术,最后介绍了数字复接技术。

为适应现代通信发展,本书以新技术内容为主,内容反复提炼,力求理论联系实际;突出物理概念,避免繁琐的公式推导,使文章通俗易懂,适宜自学。

本书也可供从事数字通信管理、使用和维护人员参考。

电信新技术培训系列教材

数 字 通 信

王钦笙 编

责任编辑 赵新五

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街 27 号

内蒙古邮电印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 1993年2月 第一版

印张:9 10/16 页数:76 1996年1月 第三次印刷

字数:235千字 印数:46 001—56 000册

ISBN 7-115-04914-9/TN·618

定价:12.00元

前 言

电信技术的迅速发展,需要进一步提高广大干部和职工的素质与业务、技术、管理水平。为此,在各地举办的各类短期培训班讲义的基础上,我们组织统编了一套“电信新技术培训系列教材”,并将陆续出版,供全国电信干部、职工培训和继续教育使用。

“电信新技术培训系列教材”力求以简明通俗的语言和理论联系实际的特点来讲解高深的技术理论,便于广大干部职工在短期培训或自学时使用。由于时间仓促、经验不足,书中难免有缺点与不足之处,希望各地在使用过程中,及时把意见反映给我们,以便今后修订。

邮电部电信总局

邮电部教育司

1992年8月

目 录

第一章 概 论

第一节 数字通信的基本概念.....	(1)
一、模拟信号和数字信号	(1)
二、数字通信系统的模型	(2)
第二节 数字通信的特点及数字通信网概念.....	(3)
一、数字通信的特点	(3)
二、数字通信网的概念	(4)
三、数字通信技术的发展概况	(5)
第三节 数字通信系统的主要性能指标.....	(7)
一、有效性指标	(7)
二、可靠性指标	(8)
自检题.....	(9)

第二章 数字终端技术

第一节 脉冲编码调制 PCM	(10)
一、抽 样.....	(10)
二、量 化.....	(14)
三、编码和解码.....	(26)
第二节 单片集成 PCM 编解码器	(35)
一、单片开关电容话路滤波器.....	(36)
二、2914 单片编解码器	(38)
第三节 自适应差值脉码调制 ADPCM	(40)
一、差值脉码调制 DPCM 的原理	(41)
二、自适应差值脉码调制 ADPCM	(44)
三、数字电路倍增设备 DCME 的应用	(48)
第四节 时分多路复用通信	(50)

一、时分多路复用概念	(50)
二、帧同步	(51)
三、帧结构	(52)
四、帧同步电路的方框图及其工作原理	(54)
五、定时系统	(58)
六、PCM30/32 系统方框图	(60)
七、由单路编解码器复用构成的 PCM30/32 系统	(62)
八、PCM30/32 一次群系统主要技术指标	(64)
第五节 PCM 系统用于局间中继的信令接口	(66)
第六节 数模接续	(71)
一、相互接续方式的考虑	(71)
二、复用转换设备 TMUX 的方框图	(71)
三、TMUX 在数模接续中的应用	(72)
自检题	(73)

第三章 数字传输技术

第一节 数字信号传输的基本理论	(75)
一、数字信号波形与频谱	(75)
二、带限传输对信号波形的影响	(76)
三、数字信号传输的基本准则	(78)
四、数字信号基带传输系统	(79)
第二节 PCM 信号的再生中继传输	(80)
一、PCM 信号基带传输信道	(80)
二、再生中继系统及再生中继器	(82)
三、集成化再生中继器	(95)
第三节 再生中继传输性能的分析	(96)
一、信道噪声及干扰	(96)
二、误码率及误码率的累积	(97)
三、相位抖动	(101)
第四节 PCM 信号基带传输线路码型	(104)

一、传输码型的选择	(104)
二、常用的传输码型	(105)
三、传输码型变换的误码增值	(110)
第五节 PCM 中继传输系统的测量	(111)
一、误码率的测量	(111)
二、误码率的指标	(112)
三、PCM 中继系统故障位置的测定	(112)
自检题	(114)
第四章 数字复接技术	
第一节 数字信号的复接	(116)
一、PCM 复用与数字复接	(116)
二、数字信号的按位复接与按字复接	(117)
第二节 数字复接中的码速变换	(118)
第三节 同步复接与异步复接	(121)
一、同步复接	(121)
二、异步复接	(123)
三、PCM 三次群和 PCM 四次群	(128)
四、超大规模集成电路复接、分接器	(131)
第四节 PCM 零次群简介	(134)
第五节 新的同步数字系列 SDH	(136)
一、SDH 的基本概念	(136)
二、SDH 的主要特点	(137)
三、新的同步数字系列结构	(137)
自检题	(141)
参考文献	(143)

第一章 概 论

第一节 数字通信的基本概念

通信的目的是传递或交换信息。根据在信道(传输信号的通道)上传输信号的波形,可分为两类通信方式:模拟通信和数字通信。传送模拟信号的通信称模拟通信,传送数字信号的通信则称数字通信。

一、模拟信号和数字信号

信号波形的特征可用二个物理量(时间、幅度)来表示。

1. 模拟信号

图 1—1(a)所示的信号是模拟信号,可见模拟信号波形模拟着信息的变化而变化,其特点是幅度连续,连续的含义是在某一取值范围内可以取无限多个数值。从图 1—1(a)波形中又可看出此信号波形在时间上也是连续的,我们将时间上连续的信号叫连续信号。图 1—1(b)是图 1—1(a)的抽样信号,即对图 1—1(a)的信号波形每隔 T 时间抽样一次,因此其波形在时间上是离散的,但幅度取值仍是模拟信号,因此仍然是连续变化的性质。所以图 1—1(b)仍然是模拟信号,由于此波形在时间上是离散的它又是离散信号。电话、传真、电视信号都是模拟信号。

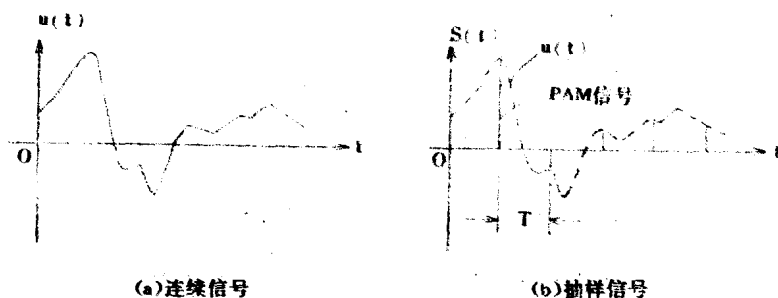


图 1—1 模拟信号

2. 数字信号

图 1—2 是数字信号的波形,其特点是:幅值被限制在有限个数值之内,它不是连续的,而是离散的。图(a)是二进码,每一个码元(由一个脉冲构成)只取两个幅值(0, A);图(b)是四电平码,其每个码元只取四个(3、1、-1、-3)幅值中的一个。这种幅度是离散的信号称为数字信号。电报符号、数字数据等属于数字信号。

从上述分析可知:数字信号与模拟信号的区别是根据幅度取值上是否离散而定。模拟信号与数字信号有明显区别,但两者之间,在一定条件下是可以互相转换的。

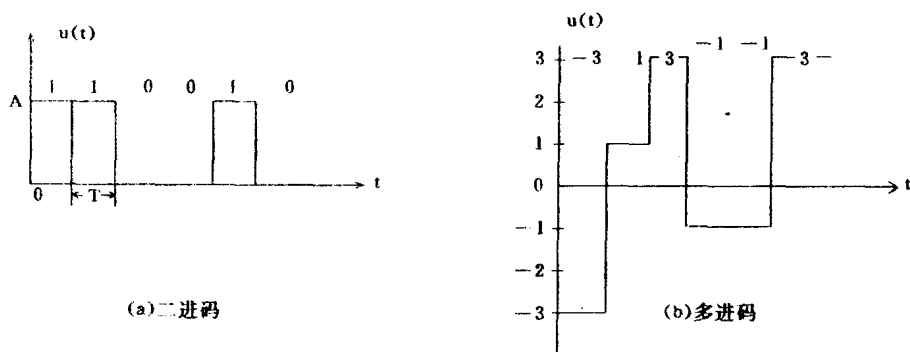


图 1—2 数字信号

二、数字通信系统的模型

数字通信系统模型如图 1—3 所示。图中信源是把原始消息变换成原始电信号。常见的信源有产生模拟信号的电话机、话筒、摄像机和输出数字信号电子计算机,各种数字终端设备等。

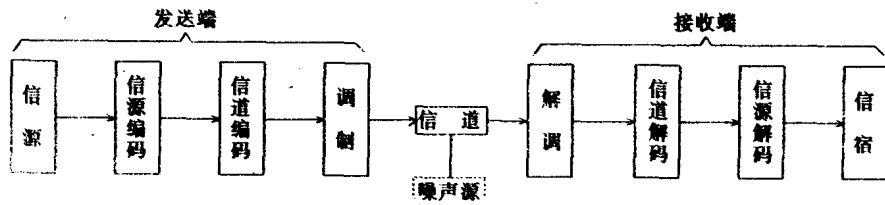


图 1--3 数字通信系统模型

信源编码的功能是把模拟信号变换成数字信号,即完成模数变换的任务。如果信源已经是数字信号,可省去信源编码部分。

传输过程中由于信道中存在噪声干扰,使得传输的数字信号产生差错——误码。为了在接收端能自动进行检错或纠正差错,在信源编码后的信息码元中,按一定的规律,附加一些监督码元,形成新的数字信号。接收端可按数字信号的规律性来检查接收信号是否有差错或纠正错码。这种自动检错或纠错功能是由信道编码来完成的。

信道是指传输信号的通道。根据传输媒介可分为有线信道(明线、电缆、光缆信道)与无线信道(短波电离层传播、微波视距传播,卫星中继信道)。其中除明线或电缆可以直接传输数字基带信号外,其它各种信道媒介都工作在较高的频段上,因此需将数字基带信号经过调制,将基带数字信号的频带搬移到适合于信道传输的频带上。将数字基带信号直接送到信道传输的方式称为基带传输;将数字基带信号经过调制后送到信道的传输方式称为频带传输。本书重点介绍数字基带传输,至于频带传输请参考电信新技术培训系列教材的光纤通信、数

字微波通信部分。

接收端的解调、信道解码、信源解码等几个方框的功能与发送端几个对应的方框正好相反,是一一对应的反变换关系。这里不再赘述。信源解码后的电信号,由受信者接收,通常称之为信宿。信宿可以是人,也可以是各种终端设备。

对于具体的数字通信系统,其方框图并非都与图 1—3 方框图完全一样,例如

(a)若信源是数字信息时,则信源编码或信源解码可去掉,这样就构成数据通信系统。

(b)若通信距离不太远,且通信容量不太大时,信道一般采用市话电缆,即采用基带传输方式,这样就不需要调制和解调部分。

(c)由于在话音信号中,含有多余的信息,这种多余信息的丢失,不会影响通话,所以在这种情况下不需要信道编码与信道解码。

(d)对保密性能要求比较高的通信系统中,可在信源编码与信道编码之间加入加密器;同时在接收端加入解密器。

第二节 数字通信的特点及数字通信网概念

一、数字通信的特点

1. 抗干扰能力强,无噪声积累

在模拟通信中,为了提高信噪比,需要及时对传输信号进行放大(增音),但与此同时,串扰进来的噪声也被放大,如图 1—4(a)所示,由于模拟信号的幅值是连续的,难以把传输信号与干扰噪声分开,随着传输距离的增加,噪声累积越来越大,将使传输质量严重恶化。

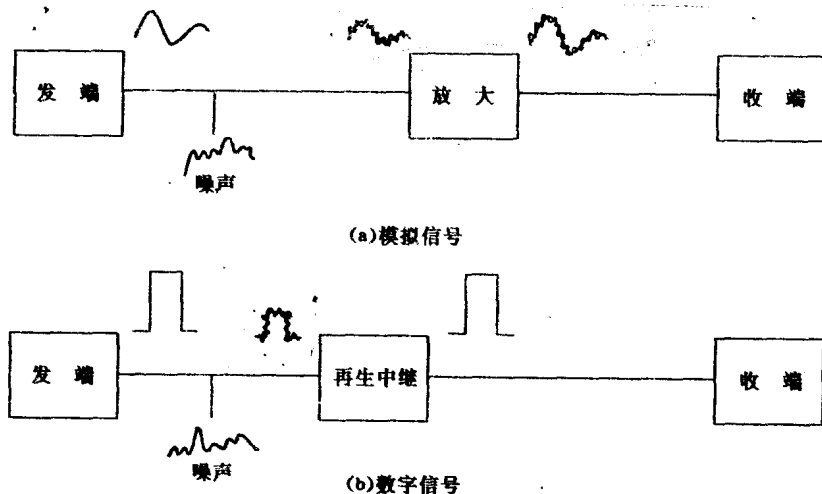


图 1—4 两类通信方式抗干扰性能比较

对于数字通信,由于数字信号的幅值为有限的离散值(通常取二个幅值),在传输过程中受到噪声干扰,当信噪比还没有恶化到一定程度时,即在适当的距离,采用再生的方法,再生

或已消除噪声干扰的原发送信号,如图 1-4(b)所示。由于无噪声积累,可实现长距离、高质量的传输。

2. 便于加密处理

信息传输的安全性和保密性越来越显得重要,数字通信的加密处理比模拟通信容易得多。以语音信号为例,经过数字变换后的信号可用简单的数字逻辑运算进行加密、解密处理。如图 1-5 所示。

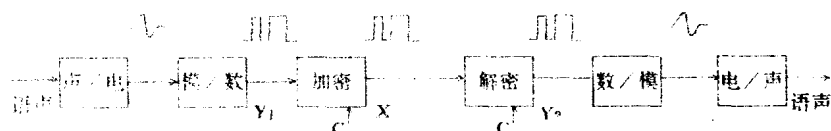


图 1-5 加密数字电话方框图

3. 设备便于集成化、微型化

数字通信采用时分复用,不需要昂贵的、体积较大的滤波器,由于设备中大部分电路都是数字电路,可以用大规模和超大规模集成电路实现。这样功耗也较低。

4. 便于构成综合数字网和综合业务数字网

采用数字传输方式,可以通过程控数字交换设备进行数字交换以实现传输和交换的综合,另外电话业务和各种非话业务都可以实现数字化构成综合业务数字网。

5. 占用信道频带宽

一路数字电话数码率 $f_b = 8000 \times 8 = 64\text{kb/s}$,其频带为 64kHz ,而一路模拟电话所占频带仅为 4kHz 。前者是后者的 16 倍。然而随着微波、卫星、光缆信道的大量利用(其信道频带宽度非常宽),数字通信占用频带较宽的矛盾逐步缩小。

二、数字通信网的概念

通信网的三个基本要素是:终端、传输系统和交换系统。其终端、传输和交换系统都是以模拟方式实现的通信网称模拟通信网。如果终端发送的是数字信号,传输和交换的也都是数字信号,由这样的通信系统所构成的通信网叫做数字通信网。

1. 综合数字网 IDN

储存程序控制与数字技术结合而出现的数字交换,为通信网的数字化提供了重要的技术基础,特别是微处理机的广泛应用,使数字交换从集中控制进入分散控制,从而增加数字网的灵活性。数字交换和数字传输的结合形成了综合数字网。综合数字网的定义是:数字传输与数字交换的综合,在两个或多个规定点之间提供数字连接,以实现彼此间通信的一组数字节点与数字链路。其中数字节点是指数字交换发生的点;数字链路是指在两个数字分配架

之间,对具有特定速率的数字信号进行数字传输的全部手段。IDN 是指网路的构成方式,与可传送的业务无关。IDN 实现了从本地交换节点至本地交换节点间的数字连接,但并不涉及用户接续到网路的方式。

由于一个 IDN 尚不能提供多种业务,用户需将各种业务终端分别接至电话网、用户电报网、用户传真网、数据网等。这种做法既不经济又不方便,不能适应新业务发展的需要。考虑到各种业务信号都可以用数字信号表示,只要统一进网标准,充实网路能力,就可以将各种业务综合到一个网内传送。这就是综合业务数字网。

2. 综合业务数字网 ISDN

综合业务数字网 ISDN 通常是从电话 IDN 发展而成的一种网路形式,它提供端对端的数字连接,承担包括话音和非话业务在内的多种业务。

综合业务数字网 ISDN,将对通信网的建设带来如下好处:

- (a) 由于通信网内的技术设备可为多种业务共用,因此通信网变得更为经济有效;
- (b) 在规划和介入新业务时,具有很大的灵活性;
- (c) 传输和交换过程中不需要经过信号形式的变化,有利于传输质量的提高;
- (d) 同一的操作程序,使用者便于操作;同一的技术,简化了运营与维护,节省了运营和维护费用;
- (e) 对光纤等传输介质的宽带特性,可以充分利用。

一个通信网,只要它能够提供数字连接,不论网路如何组成,从用户的观点看,它就是 ISDN。只要遵循业务标准、网路能力标准,接口标准。每个国家可以按照各自的国情以不同方式来实现 ISDN。

三、数字通信技术的发展概况

在数字通信终端设备、数字传输技术方面的发展情况有以下几个趋势。

1. 向着小型化、智能化方向发展

随着微电子技术的发展,数字通信设备不断在更新换代,每换一代,性能更先进、更全面。经济效益更好,更能适应现代通信的需要。

例如某公司生产的 PCM 30/32 复用系统,每个 30 路系统占一个 $300 \times 120 \times 225\text{mm}$ 机框,功耗仅 2.5 瓦,共五块印刷电路板,其中话路占 4 块(每块装 8 路),群路为一块,具备开放 4 个 64kb/s 数据口。一个窄条架可装 8 个系统,共 240 路,相当于一个标准宽架可装 120 路。

另外是它的智能化。微处理器技术已应用到设备中,例如利用微处理器完成信令变换,使得设备能灵活适应长途、市话中各种型式的交换机。在再生中继故障定位中使用微处理器实现不停业务的自动监测告警。

随着小型化、低功耗和故障自动诊断,系统可靠性大大提高,成本也大大下降。

2. 向着高速大容量发展

为了提高长距离干线传输的经济性,近年来,国内外都在开发高速大容量的数字通信系统,国内外的 PCM 二、三、四次群数字复接设备都经历了换代,进一步小型化的过程。

某公司的 PCM 二次群复接设备仅用一块印刷电路板,7 个 IC(芯片),功耗 2.5 瓦,一个条架可装 24 个二次群复接设备,三次群复接设备用一块印刷电路板、8 个 IC,功耗 4.5 瓦,一个条架可装 20 个三次群复接设备。四次群复接设备,功耗仅 12 瓦,一个条架可装 6 个系统。如果混合装配,一个条架可装四个二次群,四个三次群,两个四次群及公用的电源框,告警框等。

从低次群到高次群,从原理上讲基本一样,但每升高一次群,速率倍乘 4 倍,实现上增加许多难度,需要选择适应工作速度高的器件。例如二、三次群可选用 HCT(可与 TTL 兼容的高速 CMOS 电路)、LSTTL 等器件,四次群可选用 STTL、FTTL、HCT、ECL 高速器件。当速率升高到五次群时,比特率为 565Mb/s,每比特宽度仅 1.7ns,此速率已达 ECL 器件的极限,若整机都采用 ECL 器件,不仅成本高,功耗大而且可靠性差。为此需采取一些措施:一是通常将五次群复接设备与线路终端设备合做在一起,如五次群复接器与同轴电缆传输系统线路终端设备合在一起组成五次群同轴电缆终端机或五次群复接器与光端机合在一起组成光电端机,这样可以直接将支路(140Mb/s)信号复接后变换为线路码,可省去 565Mb/s 接口。二是改进电路方案,尽量利用低速器件实现高速电路,以便节约高速电路,经过计算机模拟表明,若干个 M 序列按一定规律合成后仍然是一个 M 序列,因而可在支路速率上实现扰码,代替原来要在 565Mb/s 速率上实现的扰码。三是利用 CAD、CAM 技术开发的新器件。

3. 向着数字处理技术的开发应用发展

① 压缩频带和比特率

数字通信每路带宽为 64kHz,这是一个缺点,但这是基于对每个样值量化后进行 8 比特 PCM 编码得到的。实际上话音信号样值之间有相关性,根据前几个样值可以预测后一样值的幅度,每次只需对实际样值幅度与预测之差进行修正就可以了,就是说无需传输每个样值本身的幅度,只需要对样值与其预测值之差进行量化编码后传输即可,这就是自适应差分脉冲编码即 ADPCM。由于差值幅度动态范围远小于样值本身,每个差值只需用 4 比特编码,每路速率可压缩为 32kb/s,其质量仍然满足 CCITT 的要求,这样在 2Mb/s 传输系统上只需要再配置一对 30 路 PCM 端机及 60 路 ADPCM 编码转换设备就可以传 60 个话路。

② 数字话音插空 DSI

在通话过程中,一方在讲话时,另一方必然在听,也就是说电路总有一个方向是空闲的,况且讲话的一方还有停顿,因此电路中每一方向的平均利用率不到 50%,可以利用已经占用的电路在通话过程中的空闲时间来传送其它话路的信号,这叫话音插空技术。利用 DSI 技术在 120 条电路中可以当作 240 条电路使用。

③ 数字电路倍增 DCM

ADPCM 技术是利用话音信号的相关性,压缩信号的冗余度,而 DSI 技术是利用通话的

双向性,提高电路利用率。两种技术并不矛盾,可以同时采用,这就是数字电路倍增(DCM),它可使电路容量翻两番,即一条 2Mb/s 电路,可传 120 路电话,最新资料表明,DSI 技术可做到 2.5 倍增益,这样一条电路可当做 5 条电路使用。

4. 向着用户数字化和 ISDN 发展

数字程控交换与数字传输的结合构成综合数字网,对电话用户而言,网络的入口仍然是模拟的。由于每个话路带宽为 300~3400Hz,传输速率不高于 9600 波特,这样的入口限制了 IDN 的能力的发挥。解决的方法是打开网路入口,使数字化从交换节点至交换节点扩展到用户/网路接口至用户/网路接口,不同业务的信号都以数字信号形式进网,同一个网可承担多种业务,实现端至端的数字连接,这个网就是 ISDN。

要将数字化从交换节点延伸到用户所在地的用户/网路接口,必须解决用户线的数字传输问题。用户线多数是 0.5mm 的铜线,分布范围广,投资大,是一种重要资源,在 ISDN 中必须加以利用,但数字传输一般都是四线制,来、去方向分别用一对线,而用户线是二线制,这里就有一个用二线实现双向数字传输的问题。目前的方法采用乒乓法和回波抵消法两种。

第三节 数字通信系统的主要性能指标

各种通信系统有各自的技术性能指标,各有不同,但对于任何通信系统衡量其优劣的基本指标都是以有效性和可靠性为基础的,数字通信系统也有表示有效性和可靠性的指标。但这两者是矛盾的,只能求得相对的统一。

一、有效性指标

1. 信息传输速率

信道的传输效率通常是以每秒所传输的信息量多少来衡量。信息量是消息的多少的一种度量。消息的不确定性程度愈大,则其信息量愈大,信息传输速率是指每秒钟传送的信息量。信息论中已定义信源发出信息量的度量单位是“比特”,一个二进制码元(一个“1”或一个“0”)所含的信息量是一个“比特”,所以信息传输速率的单位是比特/秒(bit/s)。例如有一个数字通信系统,它每秒中传输 600 个二进制码元,它的信息传输速率是 600 比特/秒(600b/s)。

2. 符号传输速率

符号传输速率也叫信号速率或码元速率,它是指单位时间内所传输的码元数目,其单位为“波特”。这里的码元可以是多进制的,也可以是二进制的。符号传输速率和信息传输速率可以换算。符号速率不管所传输的信号为多少进制,都代表每秒钟所传输的符号数。对于信息传输速率,则必须折合为相应的二进制码元来计算。如图 1—2(b)所示的四进制符号是以 4 种不同的电平来区分符号状态的,每一个符号可以代表两个二进制码元,如表 1—1 所示。

它们的转换公式为:

$$R = N \log_2 M$$

其中 M 为符号的进制数(如 $M=2$, 二进制; $M=4$, 四进制)

R 为信息传输速率

N 为符号传输速率

如果符号速率为 600 波特, 在二进制

表 1-1 四进制符号与二进制码元的对应关系

四进制	二进制
0(即-3)	0 0
1(即-1)	0 1
2(即1)	1 1
3(即3)	1 0

时的信息传输速率为 600 比特/秒, 在四进制时为 1200 比特/秒, 在八进制时为 1800 比特/秒。

3. 频带利用率

在比较不同的数字通信系统的效率时, 单看它们的信息传输速率是不够的, 或者说即使两个系统的信息传输速率相同, 它们的效率也可能不同, 还要看传输这种信息所占的信道频带的宽度。通信系统所占用的频带愈宽, 传输信息的能力应该愈大。所以真正用来衡量数字通信系统传输效率的指标(有效性)应当是单位频带内的传输速率, 即

$$\eta = \frac{\text{符号传输速率}}{\text{频带宽度}} \text{ (波特 / 赫)}$$

对于二进制传输时可以表示为

$$\eta = \frac{\text{信息传输速率}}{\text{频带宽度}} \text{ (比特 / 秒 / 赫)}$$

二、可靠性指标

衡量数字通信系统可靠性的主要指标是误码率。在传输过程中发生误码的码元个数与传输的总码元数之比, 称作误码率, 用 P_e 表示。

即

$$P_e = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\text{发生误码个数 } n}{\text{传输总码元数 } N}$$

这个指标是多次统计结果的平均量, 所以这里指的是平均误码率。

误码率的大小由通路的系统特性和信道质量决定, 如果通路的系统特性和信道特性都是高质量的, 则系统的误码率较低。CCITT 建议国际综合业务数字网(ISDN)连接的误码性能指标要求是: 按秒计算误码率大于 10^{-3} 所占时间比例少于 0.2%; 按分计算误码率大于 10^{-3} 所占时间比例少于 10%; 按秒计算误码所占时间比例少于 8% (即无误码时间为 92%)。

显然提高信道信噪比(信号功率/噪声功率), 可使误码率减少, 另外缩短中继段距离, 信噪比可提高, 从而使误码率减小。

自 检 题

1. 模拟信号与数字信号之间的区别是什么?
2. 试画出话音信号、数字数据信号的基带传输和频带传输时的通信系统方框图。
3. 试述数字通信的特点有哪些? 为什么?
4. 在数字通信系统中,其可靠性和有效性指的是什么?
5. 今设在 $125\mu\text{s}$ 内传输 256 个二进制码元,计算信息传输速率是多少? 若该信码在 2 秒内有 3 个码元产生误码,试问其误码率等于多少?
6. 某一数字信号的符号传输速率为 1200 波特,试问它采用四进制或采用二进制传输时,其信息传输速率各为多少?
7. 假设频带宽度为 1024kHz 的信道,可传输 2048kb/s 的比特率,试问其传输效率各为多少?

第二章 数字终端技术

第一节 脉冲编码调制 PCM

脉冲编码调制通信是数字通信系统中主要形式之一。采用基带传输的 PCM 通信系统如图 2—1 所示,它由三个部分完成,即①相当于信源编码部分的模数变换(A/D),它包括抽样、量化、编码;②相当于信道部分的信道和再生中继;③相当于信源解码部分的数模变换(D/A),它包括再生、解码和低通平滑。

一、抽样

话音信号不仅在幅度取值上是连续的,而且在时间上也是连续的,要使话音信号数字化,首先要在时间上对话音信号进行离散化处理,这一处理过程是由抽样来完成的。所谓抽样就是每隔一定的时间间隔 T ,抽取模拟信号的一个瞬时幅度值(样值)。抽样后所得出的一串在时间上离散的样值称为样值序列或样值信号。如图 2—2 所示,显然抽样后的样值序列是脉幅调制(PAM)信号,其幅度取值仍然是连续的,因此它仍是模拟信号。

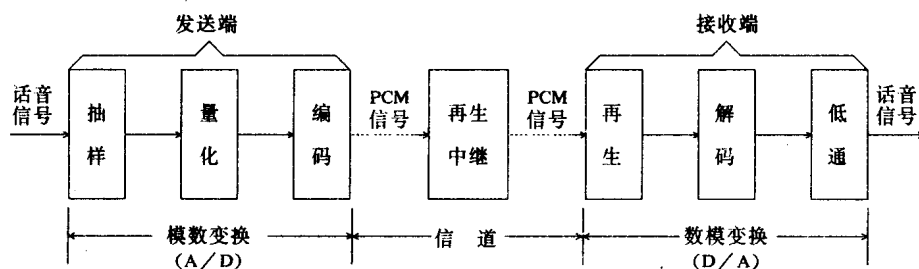


图 2—1 PCM 基带传输通信系统

1. 理想抽样的频谱

为了了解在什么条件下,接收端能从解码后的样值序列中恢复出原始话音信号,有必要先分析一下样值序列的频谱。

采用理想的单位冲激脉冲序列作为抽样脉冲时,称为理想抽样。如图 2—3 所示。

由图中可知,经理想抽样后,样值序列的频谱被扩大了,但样值序列中含有原始话音信号的信息。因此对话音信号进行抽样处理是可行的。抽样处理后不仅便于量化、编码,同时对话音信号进行了时域压缩,为时分多路复用创造了条件。

今设原始话音信号的频带限制在 $0 \sim f_m$ 之间。如图 2—4(a)所示,在收端为了能恢复出原始话音信号,必须要求位于 f_s 处的下边带频谱与原始话音信号的频谱之间有一防卫带,如图 2—4(b)所示。