

第 1 章

绪 论

众所周知,交通运输系统和通信系统是人类社会的两个重要系统,它们已经并将继续对人类社会的进步起着巨大的推动作用。预计到 21 世纪中期,人类将进入通信的理想境界——个人通信时代。那时,任何人(whoever)能在任何时间(whenever)、任何地点(wherever)、以任何方式(whatever)、与任何人(whoever)进行通信。为实现这个通信的理想境界,需要众多的人为加速通信的发展而贡献自己的聪明才智。

当今“通信”涉及范围甚广,包括通信系统与网络,通信标准与协议,通信工程(含规划与优化),通信业务与运营以及通信设备操作、维护、营销等。如果有志成为一名合格的通信工程师或通信业务人员,首先应该学好通信原理(通信理论与技术)这门课程。这是基础,也是关键,在此基础上再学习一些其他方面的知识,才能胜任自己的工作。

1.1 消息、信号与信息

通信与消息、信号及信息有着密切的关系,本节对它们进行定义并说明如何对信息进行度量。

1.1.1 定义

通信(communication)可定义为信息的传输和交换,或者定义为信息的传送(transfer)。这种广义的定义,并未限制传输和交换的方式、手段等,而电信(telecommunication)则定义为借助电信号来实现信息的传输和交换。尽管现在已广泛地利用光信号实现信息的传输(特别是在长途干线上),但从整体而言还是以电传输和交换为主,所以人们仍称目前的通信为电信。在本书中,我们视“通信”一词为“电信”的同义语,在不必特别加以区分时,常用“通信”表示“电信”。在将来实现了全光网络通信后,也许会有“光信(optcommunication)”或别的什么名词取代“电信”这个名词。

需要指出的是,上面给出的通信定义体现了现代通信的两大功能:传输(这是最基本的)和交换(这是现代通信不可或缺的)。为了讨论和理解的方便,我们在本书中先介绍只包含传输功能的简单的点对点通信系统,然后讨论还具有交换功能的通信系统。传统意义上,通信系统是不具有交换功能的,而通信网不仅具有传输功能,还具有交换功能。但是,在现代通信中,以是否具有交换功能来区分通信系统和通信网已是不合适的了,比如,蜂窝移动通信系统既具有传输功能,也具有交换功能。随着通信技术的发展,其他的通信系统也已具有或将会具有某种交换功能。所以,如无必要,我们将不严格区分通信系统和通信网。

消息(message)是通信系统要传送的内容,如语音、图像、数据、文字等。消息是由信

源产生的。

信号(signal)是消息的载体,如电信号、光信号等。通信系统通过信号将消息由一方传送到另一方。

信息(information)是消息中包含的新的、有意义的且可被理解的、不可压缩的东西。这是信息的严格定义,信息的这些特征是最本质的、缺一不可的。通信系统所传送的消息不一定都具有上述特征,因此消息是信息与某种冗余成分之和,或者说消息是信息的载体。

1.1.2 信息的度量

人类社会,一些事件是否发生常常是不确定的,发生的可能性有大有小。对于发生可能性大的事件,在这类事件出现后人们一点都不感到惊奇;相反地,对于发生可能性极小的某种事件,一旦它真的出现了,人们会感到十分惊奇。为何会有如此之差别呢?因为在后一种情况下,人们得到很多信息,而在前一种情况下,人们未得到多少信息。所以,一个事件不确定性的 size 与其出现的概率有关。事件概率大,出现机会多,不确定程度小,反之,事件概率小,出现机会少,不确定程度就大。因此某一消息发生的概率越小,我们说它所包含的信息量越大。爆炸性新闻往往是发生概率小的事件,带给人们的信息量大,如美国“9·11”事件、东南亚的海啸灾难等。

传输信息的多少是需要度量且是可以度量的。一般来说,在通信中,我们可以定义发送信息和接收信息。发送信息定义为发送前消息中所包含的不确定性。接收信息可定义为收到消息后消除的不确定性。下面介绍发送信息(即信源)输出信息的度量方法。

在数字通信系统中,信源输出的信号包含有限个电平,即有限个符号,已调信号也包含有限个符号,香农信息论根据这些符号出现的概率来定义信息量。

1. 离散消息的信息量

若离散消息 x 发生的概率为 $P(x)$,则它所携带的信息量为

$$I = -\log_a p(x) \quad (1.1.1)$$

当 $a=10$ 时,信息量的单位为哈特莱;当 $a=e$ 时,信息量的单位为奈特(nat);当 $a=2$ 时,信息量的单位为比特(bit)。目前广泛用 b 表示。

2. 离散信源(或离散消息)的平均信息量

设信源输出 M 个统计独立的符号 $x_1, x_2, \dots, x_M$,它们出现的概率分别为 $P(x_1), P(x_2), \dots, P(x_M)$,则每个符号所含信息量的统计平均值即离散信源的平均信息量为

$$H(X) = \sum_{i=1}^M p(x_i) \log_2 p(x_i) \quad (\text{bpsymb}) \quad (1.1.2)$$

式中 bpsymb 表示每个符号所含比特数,也可表示为 b/symb 。

信源的平均信息量又被称为信源熵。信息论已经证明,最大信源熵发生在信源的每个符号等概率且独立出现时,最大信源熵为

$$H_{\max}(X) = \log_2 M \quad (\text{bpsymb}) \quad (1.1.3)$$

3. 码速率(R_s)、信息速率(R_b)

R_s 表示每秒钟传输的码元数目,单位为波特(Baud),又称 R_s 为符号速率。

R_b 表示每秒钟传输的信息量,单位为比特每秒(b/s 或 bps),又称 R_b 为传信率。码元宽度(或码元周期)为 T_s (s)时,有

$$R_s = \frac{1}{T_s} \quad (\text{Baud})$$

信息速率与码速率之间的关系为

$$R_b = R_s \cdot H(X) \quad (\text{bps}) \quad (1.1.4)$$

当信源各个符号独立等概率时,

$$R_b = R_s \log_2 M \quad (\text{bps}) \quad (1.1.5)$$

在有关文献中给出了模拟信息量的计算公式,由于较少应用,本书不涉及此问题。

例 1.1.1 某数字通信系统用正弦载波的四个初相 $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$ 来传输信息,设这四个相位是互相独立的:

(1) 若每秒钟内 $0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}$ 出现的次数分别为 500、125、125、250,求此通信系统的码速率和信息速率;

(2) 若每秒钟内这四个相位出现的次数都为 250,求此通信系统的码速率和信息速率。

解 (1) 每秒钟传输 1000 个相位,即每秒钟传输 1000 个符号,故

$$R_s = 1000 \text{ Baud}$$

每个符号出现的概率分别为 $P(0) = \frac{1}{2}, P\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{8}, P(\pi) = \frac{1}{8}, P\left(\frac{3\pi}{2}\right) = \frac{1}{4}$, 每个符号所含的平均信息量为

$$H(X) = \left(\frac{1}{2} \times 1 + \frac{2}{8} \times 3 + \frac{1}{4} \times 2\right) \text{bpsymb} = 1 \frac{3}{4} \text{bpsymb}$$

信息速率 $R_b = \left(1000 \times 1 \frac{3}{4}\right) \text{bps} = 1750 \text{ bps}$

(2) 每秒钟传输的相位个数仍为 1000,故

$$R_s = 1000 \text{ Baud}$$

此时四个符号出现的概率相等,故

$$H(X) = 2 \text{bpsymb}$$

$$R_b = (1000 \times 2) \text{bps} = 2000 \text{ bps}$$

例 1.1.2 某信源的符号集由 A、B、C、D 和 E 组成,设每一符号独立出现,信源以 1000 Baud 速率传送信息:

(1) 设 A、B、C、D 和 E 出现的概率分别为 $1/4, 1/8, 3/16$ 和 $5/16$,求 1 小时传送的信息量;

(2) 设 A、B、C、D 和 E 出现的概率相等,求 1 小时可能传送的信息量。

解 (1) 信源熵为

$$H(X) = \left(\frac{1}{4} \log_2 4 + \frac{2}{8} \log_2 8 + \frac{3}{16} \log_2 \frac{16}{3} + \frac{5}{16} \log_2 \frac{16}{5} \right) \text{bpsymb} = 2.23 \text{bpsymb}$$

平均信息速率为

$$R_b = R_s \cdot H(X) = (1000 \times 2.23) \text{bps} = 2.23 \times 10^3 \text{bps}$$

1 小时传输的信息量为

$$I = (2.23 \times 10^3 \times 3600) \text{b} = 8.028 \text{Mb}$$

(2) 信源熵为最大值,即

$$H_{\max}(X) = (\log_2 5) \text{bpsymb} = 2.322 \text{bpsymb}$$

1 小时传输的信息量为

$$I_{\max} = (2.322 \times 1000 \times 3600) \text{b} = 8.359 \text{Mb}$$

1.2 通信系统一般模型

传统的点到点通信系统可用图 1.2.1 所示的方框图表示。

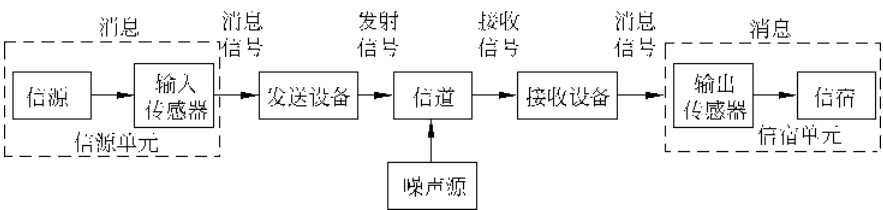


图 1.2.1 通信系统方框图

图中,信源是指消息的生成者或来源,它可以是人的声带、文字、图片、静止或活动实景、温度、压力、水位高度、光的强度、气象参量等。

输入传感器可以是麦克风、X 光机、传真机、摄像机、数码相机、计算机读写磁头、温度传感器、压力传感器、水位传感器、光强计以及各种气象参量测量仪器等设备。在电信系统中,消息的主要表现形式是语音、数据和图像,常用的传感器是麦克风、计算机和摄像机。输入传感器将待传输的消息转换为电信号,这种信号的频率比较低,可称为消息信号。

输出传感器将其输入的电信号转换成系统用户(信宿)所希望的形式。目前,最常用的输出传感器是扬声器、显示器和打印机,它们被用于电话机、电视机和计算机中。其他的输出传感器还有磁带记录器、电传打字机、示波器、电表等等。

信源和输入传感器组成信源单元,输出传感器和信宿组成信宿单元。在没有特别说明的情况下,本书中分别将信源单元及信宿单元称为信源和信宿。在通信系统中,常将信宿称为收信者或接收者。

发送设备将信源输出的信号变为发射信号,这个发射信号的频谱、功率等与信道相匹配,即适合于在信道中传输。发送设备一般由载波发生器、调制器、滤波器、放大器等单元构成,无线通信系统中发送设备还包含发射天线。

信道是指传输信号的通道,可以有线的,也可以是无线的,它们均有多种传输媒质。例如,双绞线、同轴电缆、波导和光纤是有线信道;长波、中波、短波、超短波、微波(包括地面微波和空间微波)、激光都是无线信道。信道既给信号以通路,也在信号上叠加随机噪声和干扰,还会使信号产生失真。我们将随机噪声、干扰及失真统称为噪声,并认为是由独立于信道的噪声源产生的。传输媒质的固有特性和噪声直接关系到通信的质量。

接收设备的功能是从接收信号中提取所希望的信号,并将其转换成适合于输出传感器的形式。尽管放大信号是接收设备最先执行的任务,特别是在无线通信系统中,接收信号很微弱,信号进一步被处理之前要先行放大,但接收设备的主要功能是解调接收信号。人们总是希望接收设备输出的信号是调制器输入信号的克隆。然而,由于随机噪声、干扰和失真的存在,接收设备的输出信号不可能是那样理想的。

下面以广播电视为例,对图 1.2.1 作进一步说明。

在电视台,摄像机、麦克风将图像、语音变为电信号。这些原始的图像信号和语音信号的瞬间值在某一范围内连续变化,称为模拟信号。电视台的发送设备用模拟图像信号和模拟语音信号通过调制器对高频正弦信号进行调制,再将已调信号转换为电磁波。电磁波在大气中传输,传输过程中受到噪声的污染。在接收端,接收设备(电视机)中的天线将受噪声污染的电磁波转换为含有噪声的已调电信号,解调器对已调信号进行解调还原为模拟图像电信号和语音电信号(当然它们也受到了噪声的污染),电视机的显像管将图像电信号变为可供人们观看的图像,扬声器将语音电信号变为可供人们收听的语音声波。

称调制器中的高频正弦信号为载波信号(载波信号也可以为脉冲信号),图像信号和语音信号为基带信号。用基带信号控制载波信号的振幅、频率或相位,此为调制。当基带信号是模拟信号时,已调信号也是模拟信号,这种通信系统为模拟通信系统。我国的广播电视主要为模拟通信系统。

我国将逐步开通高清晰广播电视(HDTV)业务。在 HDTV 系统中,发送设备先将信源输出的模拟信号转换为数字信号,再对载波进行调制,得到数字已调信号。这种通信系统为数字通信系统。我们现在用的普通电视机无法直接接收这种数字已调信号,必须附加一个机顶盒。机顶盒将数字已调信号解调,再将解调器输出的全电视信号和伴音信号送给普通电视机。当然,人们也可以购买 HDTV 电视机直接接收 HDTV 信号。

与模拟电视比较,HDTV 的最大优点是图像质量好,即清晰度高。HDTV 系统是一个数字通信系统。数字通信系统的抗噪声能力强,接收设备送给收信者的信号受噪声的污染程度小,这是 HDTV 电视机的图像清晰度高的主要原因。读者学完本课程后,可阅读有关 HDTV 方面的资料,详细了解 HDTV 系统的工作原理。

1.3 模拟通信系统与数字通信系统

1.3.1 定义

前面已经介绍了模拟通信系统及数字通信系统的基本特点。在通信系统的分类方法中,一般按照信道中传输信号的特征,来区分模拟通信系统和数字通信系统,即称信道中

传输模拟信号的通信系统为模拟通信系统,信道中传输数字信号的通信系统为数字通信系统。

模拟信号包括模拟基带信号和模拟已调信号。模拟基带信号(一般指未调制过的信号)的瞬时值的状态数是无限制的,如低频正弦信号、语音信号、图像信号等。模拟已调信号(载波一般为正弦信号)的三个参数(振幅 A、频率 F、相位 P)中至少有一个参数的状态数是无限制的,如 AM、FM、PM 信号等。

数字信号包括数字基带信号和数字已调信号。数字基带信号的瞬时值的状态数是有限的,如计算机和电报机的输出信号等。数字已调信号的参数 A、F、P 中至少有一个参数的状态数是有限的。

图 1.3.1 为模拟信号波形,图 1.3.2 为二进制数字信号波形。由图可见,AM 信号的振幅变化规律、FM 信号的频率变化规律以及 PM 信号的初始相位变化规律与基带信号相同,它们的状态数都是无限的。二进制数字基带信号有两个瞬时值,二进制振幅键控信号(2ASK)有两个振幅,二进制移频键控信号(2FSK)有两个频率,二进制移相键控信号(2PSK)有两个初始相位。

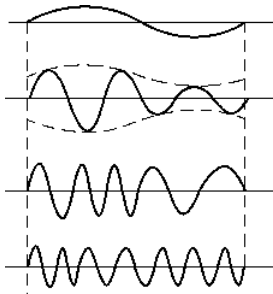


图 1.3.1 模拟信号波形

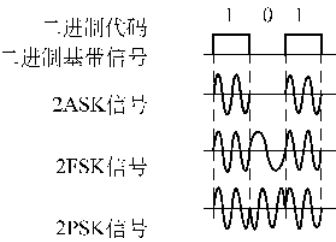


图 1.3.2 数字信号波形

1.3.2 数字通信系统

图 1.3.3 是一个功能较完善的无线数字通信系统,它将本书要阐述的关于数字通信的主要内容(不包括交换原理)都囊括在内。只要读者掌握了该系统组成原理,并理解了各部分的功能,就能较好地了解数字通信系统。

下面首先介绍如何阅读此方框图。

该方框图按纵向分为上下两部分:上部分是发射端设备;下部分是接收端设备。它们与其中的信道一起构成一个单向的扩频多址多路数字通信系统。“扩频多址多路”已经在方框图中表示出来了。“数字”体现在格式化、信源编码、信道编码、扰码和数字调制上。实际上,在阅读一个通信系统方框图时,只要出现上述单元之一,通常你就可以判断该系统是数字通信系统了。

该方框图按横向分为编译码器(CODEC)、复用/去复用(MUX/DEMUX)调制解调器(MODEM)、多址复接(MA)和收发信机(TRANSCIVER)和定时/同步等六部分。

图 1.3.3 中各单元的功能如下:

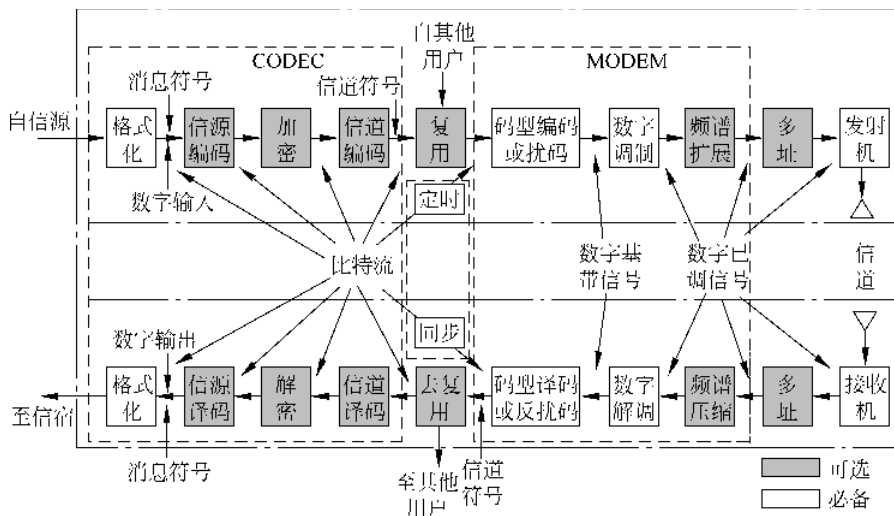


图 1.3.3 数字通信系统

“格式化”包括两种处理：对于模拟信源的输出信号，它要执行 A/D 变换功能；对于数字信源的输出信号，它要执行成帧功能。因此，格式化输出的消息符号是数字的。第 7 章将详细讨论语音信号的 A/D 变换方法——脉冲调制编码(PCM)。

“信源编码”的作用是完成消息符号压缩(通常称为数据压缩)，以降低信源数据速率(即信息速率)。由于语音数据和计算机数据自身固有特性的不同，信源编码的方法也各异。对于语音信号通常采用波形编码、参量编码或其混合法来压缩数据率，这些内容将在第 7 章作介绍。

“加密”的作用在于提高数据传输的安全性，防止第三者有意无意加以截获和/或破译。这部分内容本书不予讨论。

“信道编码”的目的是在被传输的数据中按某种规律加入一定的冗余度，使接收端能从被信道噪声污染的接收信号中发现和纠正可能出现的差错。第 10 章主要讨论了分组码、循环码、卷积码、TCM 和 Turbo 码。

在接收端与发送端，上述单元相对应的处理单元分别是格式化(或称去格式化)、信源译码、解密、信道译码。本书将在与发送端相应的章节中一道予以介绍。

“复用”的目的在于将多路低速数据复接到一起，形成一条高速数据流，在同一信道中传输。接收端的去复用则作与之相反的变换，即将高速数据流分解成多路低速的数据流。常用的复用方法有频分复用(FDM)(采用 FDM 时，复用单元应位于数字调制单元后面，去复用单元应位于数字解调单元前面)、时分复用(TDM)、空分复用(SDM)等。第 8 章将讨论这些复用技术。

“码型编码”用来形成适合于信道中传输的码型，“扰码”是用伪噪声序列使比特序列“随机化”，它们都可以消除比特流中的长“0”或“1”串对接收机同步系统带来的影响。另外，扰码也可消除大多数周期性的比特图样。这些比特图样可在频谱中产生不希望的离散频谱分量(包括直流)。接收端的码型译码和反扰码是码型编码和扰码的反变换，以使

总的比特序列保持透明性。这部分内容将在第 5 章讨论。

“数字调制”的主要作用有三点：一是将数字基带信号的频谱搬移到信道的频带之内，以便在信道中传输；二是便于对信道进行频分复用，从而有效地利用信道的频率资源；三是降低信道噪声对信号传输质量的影响。“数字解调”的作用是从已调数字信号中解调出数字基带信号，并与数字调制相配合，提高通信系统的抗噪能力。这一部分内容将在第 6 章中作详细介绍。

“频谱扩展”是一种全面提高通信系统抗噪能力和安全保密性能的宽带传输技术。通过扩展频谱调制，传输信号占有远大于这种调制前的信号带宽，带宽扩展大小取决于所用的扩频码，而与传输的信号带宽无关。常用的扩谱技术有直接序列扩谱调制(DS-SS)、跳频扩谱调制(FH-SS)及其混合。接收端的频谱压缩是其反变换。第 9 章将详细讨论这些技术。

“多址”类似于复用，都属于信道复用技术。二者的主要区别是复用的多路信号通常是自/至同一小地区(站点)，而多址系统的多路信号通常是自/至不同地区(站点)。另外，尽管从原理上讲，现有的多址技术既可用于无线通信系统，也可用于有线通信系统，但实际上都是用于无线通信系统中，而复用技术则已用于所有各类通信系统中。常用的多址技术有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)、空分多址(SDMA)。本书将在第 8,9,12 章中讨论它们。

发射机(transmitter)和接收机(receiver)中的三角形符号表示发射天线和接收天线。通常，发射机要输出一定的射频功率，为此要有上变频器和射频功率放大器。接收机则要求具有高的接收灵敏度和足够高的增益，为此要有低噪声前置放大器、增益足够高的中放等。不同的通信系统所采用的天线是不同的，对天线的性能要求也是不同的，一个共同要求就是要有尽可能高的增益。这部分不是本书的内容，将不予讨论。

“定时/同步”是任何一个数字通信系统的必要部分。它是数字通信系统的核心。只有在定时/同步系统工作正常后，通信系统的信息处理部分才能正常工作。在一个数字通信系统中，称发送端的有关部分为“定时系统”，尽管各部分之间也有同步的问题，还要考虑给接收端传送同步信息，但是这部分容易实现，故在本书中不受关注。而接收端则要在载波频率和相位、位(比特)、帧、网等各方面与发送端的相应参数保持一致(即同步)。另外，由于通信系统存在随机噪声、干扰和失真，因此上述参量的提取、保持、跟踪都是十分重要和困难的问题。本书将接收端的载波同步、位同步、帧同步和网同步分散在与它们紧密相关的章节里予以讨论。

最后一个重要问题是“信道”。这里所讲的信道就是传输媒质。对于有线通信系统，它就是双绞线、同轴电缆或光纤。对于一个大的通信网来说，这类传输媒质及其铺设是需要很大投资的，因此如何利用和发掘它们的潜力是通信工作者长期研究的问题。对于无线通信系统，“信道”就是自由空间。应该指出的是，我们要认识到“自由空间”并不“自由”。这个自由空间是一种人类共享的资源，只能有序利用，不能滥用。因为无线电波是向空间辐射的，相同频率和相邻频率的电磁波可能彼此干扰，以至双方或多方无法正常通信。因此构建通信系统时，要求选用严格符合规范要求的通信设备，在使用无线通信设

备前,向有关管理部门申请频点并得到批准,否则不仅触犯法律,而且会造成空间电磁干扰,酿成事故,这是相当危险的。信道的有关问题,将在第3章中讨论。

请注意,上述数字通信系统方框图中未将电源包括进去。这绝不是说它不重要,恰恰相反,电源是任何一个电的系统赖以生存的基础,不仅要有它,而且甚至还必须要有备用的。所以,凡是重要的通信设备,不仅重要的部件要有备份,电源更是如此。例如,每个通信站点的供电,既有交流市电备份线路,又有直流备用电源。

还应该指出,尽管前面只介绍单向的通信系统,但只要在每个站点配备齐收发两部分,再加上必要的用户环路部分,就可实现双向通信了。另外,上述数字通信系统是一个无线通信系统,如去掉调制和解调、多址、发射机和接收机等部件,它就变成一个数字基带通信系统了。如果去掉方框图中那些有阴影单元,就得到一个最简单的数字无线通信系统方框图。与数字基带系统对应,称含有数字调制器和解调器的系统为数字调制系统。数字基带系统与数字调制系统有许多共同的问题需要研究,而且可以将数字基带系统的许多概念和结论应用到数字调制系统。本书在第5章中讨论数字基带系统,在第6章中讨论数字调制系统。

相对于模拟通信系统来说,数字通信系统有如下优越性:

(1) 数字信号本身具有较强的抗噪能力,采用再生中继、纠错编码等差错控制措施后,可使传输距离不受限制,甚至可在噪声远大于有用信号的情况下,保证获得可接受的保真度和误码率。

(2) 数字信号容易复用,也容易压缩。

(3) 容易加密且加密强度高,安全性好。

(4) 便于与计算机相连,实现系统和网络智能化。

(5) 业务种类多,可实现话音、数据和图像等综合传输。

(6) 设备和系统的可靠性高、功耗低、体积小、重量轻、寿命长、成本低。

(7) 数字硬件实现灵活,便于采用大规模集成电路、数字信号处理、计算机软件技术和微处理器技术,不断推进通信系统和网络的变革,如软件无线电将会使无线通信系统出现大变革。

(8) 系统和网络便于规划和优化,便于实现集中监控、维护、管理。

(9) 系统升级扩容方便,便于保护运营商的投资。

数字通信系统的缺点有以下两点:

(1) 一般,在相同的容量下,数字传输所需要的带宽比模拟传输时宽。

(2) 数字通信系统需要复杂的同步系统。

随着现代通信技术的四大支柱技术——计算机微处理技术、计算机软件技术、数字信号处理技术和超大规模集成电路技术的发展,以及通信本身技术的发展,上述两个缺点正在和必将被彻底克服,数字通信取代模拟通信的趋势是确定无疑的。

1.3.3 模拟通信系统

图1.3.4是一个较完善的模拟通信系统。与图1.3.3比较,可见模拟通信系统比数字通信系统简单得多。

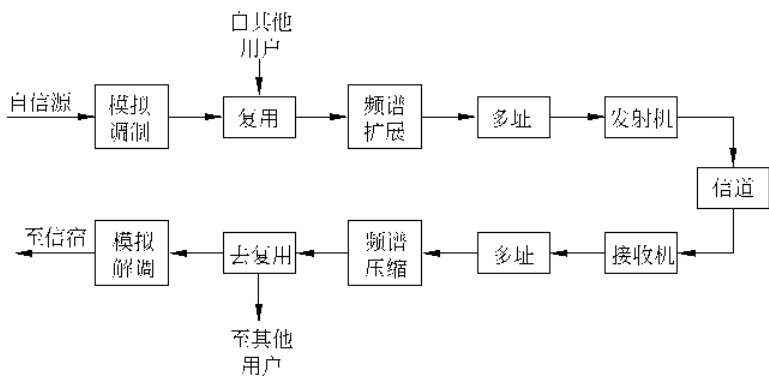


图 1.3.4 模拟通信系统

模拟通信系统各个单元的功能与数字通信系统相同,但在模拟通信系统中只能采用 FDM 技术和 FDMA 技术进行信道复用,只能采用跳频技术进行扩频调制。另外,模拟信号也可以加密,但由于较难实现,故一般不用。图 1.3.4 中未列入这一功能单元。

模拟通信系统的调制解调技术将在第 4 章中介绍,其他技术将和数字通信系统一起在有关章节中介绍。

1.4 通信网基本概念

通信网是在通信系统的基础上发展起来的。传统的通信系统是传输系统与终端设备的总和,而通信网则是传统的通信系统和交换系统及相关的规程(信令、协议)的总和。随着技术的发展,现在的公众通信系统不可能是点到点的简单的通信系统了,通信系统与通信网络的概念难以明确的区分开来,因而人们常常不加区别地混用二者。比如,GSM 全球移动通信系统和 CDMA 移动通信系统本身都是一种通信网,但人们却称呼它们为通信系统,即使传统意义上的 SDH 光纤传输系统也可以自身组成传送网,而常被人们称为 SDH 光纤传送网。所以,如无必要,通常不必严格区分通信系统与通信网。

在通信网中,除了包含本书重点介绍的传输技术与交换技术外,还有其自身的一些技术问题,如网络拓扑、路由选择与控制、信令、编号、计费、业务提供、网同步、网络管理等。通过本节的学习,读者可以了解通信网的基本概念,并明确本书与现代通信网的关系。

1.4.1 通信网的种类和拓扑结构

- 通信网种类繁多,下面列举常用的几种。
- 按业务可分为:电话网、电报网、传真网、数据网、CATV 网、ISDN 网和 IP 网等;
 - 按信号形式可分为:模拟网、数据网和混合网;
 - 按网络用途可分为:传输网、交换网和支撑网;
 - 按终端的移动性分为:固定网和移动网;
 - 按服务范围可分为:本地网、长途网和国际网;
 - 按网络层次可分为:骨干网、接入网和用户网;