

概论

现代通信技术是信息科学技术的一个重要组成部分,是信息化社会的重要支柱。随着信息社会的到来,人们对信息的需求将日益丰富与多样化。现代通信意义上所指的信息已不再局限于电话、电报、传真等单一媒体信息,而是将声音、文字、图像、数据等合为一体的多媒体信息。作为国家信息基础设施的现代通信网,主要包括话音通信领域(固定电话网、移动通信网)、数据多媒体通信领域(基础数据网、IP 网络、因特网接入、宽带增值服务)、传输网领域(光通信网)等现代通信技术和业务。通信网络的发展趋势是在数字化、综合化的基础上,向智能化、移动化、宽带化和个人化方向发展。

本章学习目标

- 了解通信基本概念,通信系统构成、分类及质量评价。
- 了解通信网的概念、分类、构成与组网结构。
- 了解通信信道分类及特性。
- 了解现代通信技术的应用与发展趋势。
- 了解国家通信职业资格制度。

1.1 通信概述

通信技术是伴随着社会信息化水平的提高而发展起来的。通信技术与计算机技术的相互融合,使得通信技术的发展进入了一个新的阶段。现代通信技术的发展,不仅有助于提高通信网络的质量,扩大通信网络的规模,加快信息传播的速度,提高信息传递的质量,而且使得通信的功能不断扩大,从而进一步丰富了通信的概念。通信在本质上是实现信息传递功能的一门科学技术。

1.1.1 通信基本概念

人类社会需要进行信息交互。人们通过听觉、视觉、嗅觉、触觉等感官,感知现实世界而获取信息,并通过通信来传递信息。通信是指利用电子等技术手段,借助电信号(含光信号)实现从一地向另一地进行信息传递和交换的过程。

通信作为信息科学的一个重要领域,与人类的社会活动、个人生活与科学活动密切相关,并有其独立的技术体系。

1. 通信的基本形式

通信的基本形式是在信源与信宿之间建立一个传输信息的通道(信道)。现代通信不仅可以无失真、高效率地传递信息,并可在传输过程中抑制无用信息,同时还具有存储、处理、采集及显示等功能。

2. 信源、消息、信号、信令与信息

信源: 消息的来源,是消息的产生者或接收者,提供消息的可以是人或机器。

消息: 通信系统要传送的对象,由信源传输,如语音、图像、文字或某些物理参数等,语音及图像的编码常称为信源编码。

信号: 在通信系统中为传送消息而对其变换后传输的某种物理量,如电信号、声信号、光信号等。信号是消息的载体。

信令: 通信系统进行控制操作或为用户服务的一类控制信号。

信息: 消息中的有效内容,消息内容的含量用信息量衡量。

1.1.2 通信系统模型

1. 通信系统的基本模型

通信的任务是完成信息的传递和交换。电话、电视、广播、微波通信、卫星通信等系统有着成熟的技术与应用,可用点对点通信的基本模型描述,如图 1-1 所示。从该模型可以看出,要实现信息从一端向另一端的传递,必须包括 5 个部分: 信息源、发送设备、信道、接收设备、受信者。

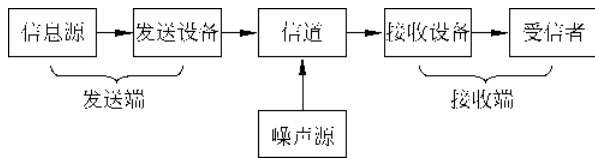


图 1-1 通信系统的基本模型

(1) 信息源

信息源简称信源,其作用是把待传输的消息转换成原始电信号。

例如,在电话系统中,电话机可看成是信源;信源输出的信号称为基带信号(指未经频率搬移的原始信号),其特点是频率较低。不同的信息源构成不同形式的通信系统,如人与人之间通信的电话通信系统、计算机之间通信的数据通信系统。

(2) 发送设备

发送设备(变换器)的作用是将信源发出的信息变换成适合在信道中传输的信号,即对基带信号进行某种变换或处理,使原始信号(基带信号)适应信道传输特性的要求。

发送设备是个总体概念,其包括许多具体电路与系统,对应不同的信源和不同的通信系统,具有不同的组成和变换功能。例如,在数字电话通信系统中,变换器包括送话器和模/数变换器等,后者的作用是将送话器输出的模拟话音信号经过模/数变换、编码及

时分复用等处理后,变成适合于在数字信道中传输的信号。

(3) 信道

信道主要是传递信息的通道,又是传递信号的设施。

按传输介质(又称传输媒质)的不同,可分为有线(如明线、双绞线、同轴电缆、光纤)和无线(如微波通信、卫星通信、无线接入)两大类。

(4) 接收设备

在接收端,接收设备(反变换器)的功能与发送设备(变换器)相反,其从收到的信号中恢复出相应的原始信号,即把从信道上接收的信号变换成信息接收者可以接收的信息,起着还原的作用。

(5) 受信者

受信者(收终端)又称为信宿,是信息的接收者,其将复原的原始信号转换成相应的消息。信宿可以与信源相对应,构成“人-人通信”或“机-机通信”,如电话机将对方传来的电信号还原成了声音;也可与信源不一致,构成“人-机通信”或“机-人通信”。

(6) 噪声源

噪声源是指系统内各种干扰影响的等效结果。系统的噪声来自各个部分,从发出和接收信息的周围环境、各种设备的电子器件,到信道所受到的外部电磁场干扰,都会对信号形成噪声影响。为便于分析,一般将系统内所存在的干扰折合于信道中,用噪声源表示。

上述通信系统仅表示了两用户间的单向通信,对于双向通信还需要另一个通信系统完成相反方向的信息传送工作。

2. 现代通信系统的功能模型

通信技术与计算机技术相结合,已经由独立系统向网络化方向发展。随着网络技术的发展,通信技术领域也不断扩展。对于通信的了解,不再局限于单从发送者和接收者的角度,而是从网络角度来分析。

从通信网络的系统组成角度,可将其分为4个功能模块:接入功能模块、传输功能模块、控制功能模块与应用功能模块,如图1-2所示。

(1) 接入功能模块

接入功能模块(有线接入或无线接入)将消息数字化并变换为适于网络传输的信号,即进行信源编码。其发信者和接收者可为人或机器,所接入的消息形式可为语音、图像或数据。

(2) 传输功能模块

传输功能模块(有线传输或无线传输)将接入的信号进行信道编码和调制,变为适于传输的信号形式,并满足信号传输要求的可靠性指标。

(3) 控制功能模块

控制功能模块由信令网、交换设备和路由器等组成,完成用户的鉴权、计费与保密,并满足用户对通信的质量指标要求。

(4) 应用功能模块

应用功能模块为网络运营商提供业务经营,包括智能网业务、语音、音视频的各种服务以及娱乐、游戏、短信、移动计算、定位信息和资源共享等。

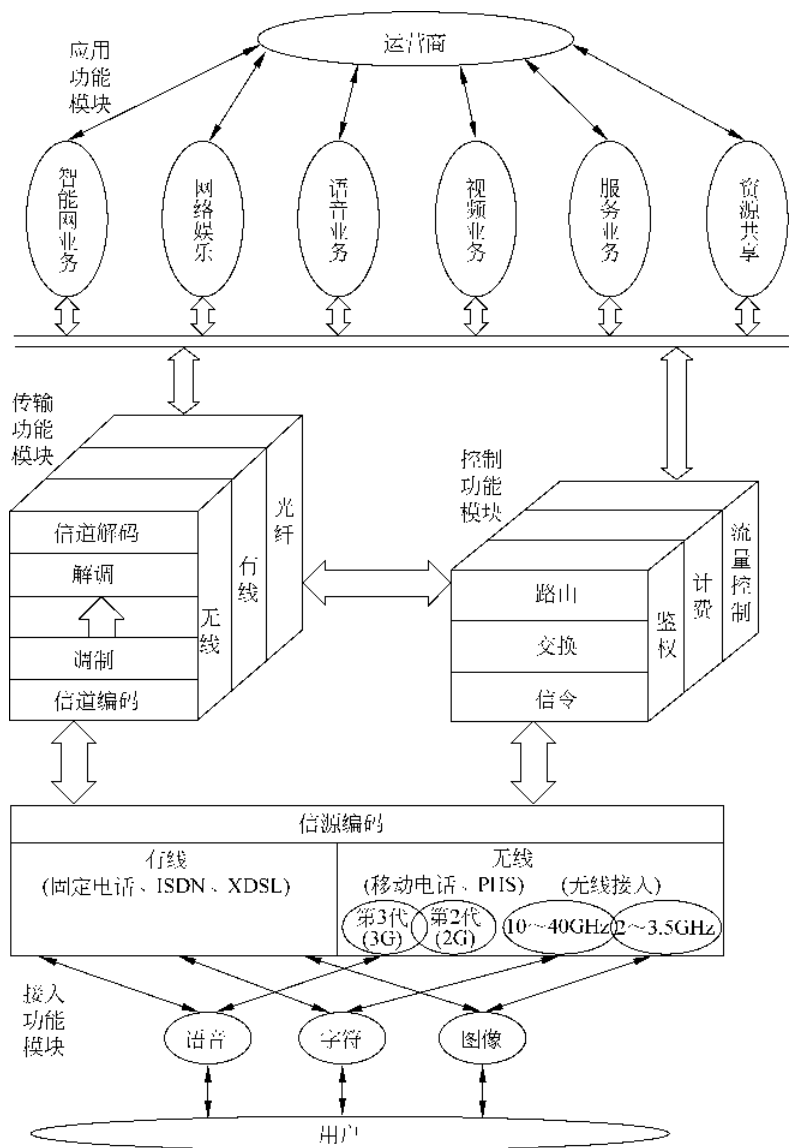


图 1-2 现代通信系统的功能模型

1.1.3 通信系统的分类

通信可以从不同的角度来分类。

1. 按通信业务分类

按传输内容：可分为单媒体通信(电话、传真等)与多媒体通信(电视、可视电话、远程教学等)。

按传输方向：可分为单向传输(广播、电视等)与交互传输(电话、视频点播等)。

按传输带宽：可分为窄带通信(电话、电报、低速数据等)与宽带通信(会议电视、高速数据等)。

按传输时间：可分为实时通信(电话、电视等)与非实时通信(数据通信等)。

2. 按传输介质分类

有线通信：传输介质为电缆和光缆。

无线通信：借助于电磁波在自由空间的传播来传输信号，根据电磁波的波长不同又可分为中/长波通信、短波通信和微波通信等类型。

3. 按调制方式分类

基带传输：将未经调制的信号直接在线路上传输，如音频市内电话和数字信号的基带传输等。

频带传输(调制传输)：先对信号进行调制后再进行传输。

4. 按信道中传输的信号分类

可分为模拟通信和数字通信。

5. 按收发者是否运动分类

可分为固定通信和移动通信。

6. 按多址接入方式分类

可分为频分多址通信、时分多址通信、码分多址通信等。

7. 按用户类型分类

可分为公用通信和专用通信。

1.1.4 通信系统的质量评价

评价通信系统的信息传输性能的主要质量指标是有效性和可靠性，两者通常为一对矛盾。实际应用中，常根据通信系统要求，在满足一定的可靠性指标下，尽量提高信息的传输速率，即有效性；或者在维持一定的有效性条件下，尽可能提高系统的可靠性。

1. 有效性指标

有效性是指信道资源的利用效率，即系统中单位频带传输信息的速率问题。

模拟通信系统的有效性指标一般用系统有效带宽来衡量。

数字通信系统的有效性指标主要内容是传输容量，其常用信道的传输速率(单位时间内通过信道的平均信息量)来表示。信息量的单位是比特(bit)。

传输容量一般有以下两种表示方法：

① 信息传输速率。指系统每秒钟传送的比特数，单位为比特/秒(bit/s)，又称为比特速率。例如，某数字通信系统每秒钟传送 19 200 个二进制码元(一个二进制码元是一个“1”或一个“0”)，则该系统的信息传输速率(或比特速率)为 19 200 bit/s。

② 符号传输速率。又称为信号速率或码元速率，指单位时间内所传送的码元数，单

位为波特(baud,简记为 Bd),每秒钟传送一个符号的传输速率为 1 波特。码元可以是多进制或二进制,在给出码元速率时需说明是何进制的码元。符号传输速率和信息传输速率可换算,若是二进制码,符号传输速率则与信息传输速率相等。

信息传输速率与符号传输速率的关系为

$$R_b = N_B \log_2 M$$

其中, R_b 为信息传输速率; N_B 为符号传输速率(码元/秒或波特); M 为码元(或符号)的进制数。

若两个系统的传输速率相同,其信道效率有可能不同。信道效率用单位频带的信息传输速率或符号传输速率来表示,其单位分别为比特/秒/赫(bit/s/Hz)及波特/赫(Bd/Hz)。

2. 可靠性指标

可靠性是指通信系统传输消息的质量,即传输的准确程度问题。

模拟通信的可靠性用输出信噪比来衡量。

数字通信系统的可靠性用传输差错率来衡量。传输差错率常用误码率和误比特率来表示。

误码率:又称码元差错率,是指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;也指平均误码率,即一个统计结果的平均值。

误比特率:又称比特差错率,是指在传输过程中产生差错的比特数与传输的总比特数之比,也指平均误比特率。当采用二进制码时,误码率与误比特率相等。

误码率的大小与传输通路的系统特性和信道质量有关,提高信道信噪比(信号功率/噪声功率)和缩短中继距离,均可使误码率减小。

从通信的有效性和可靠性出发,单位频带的传输速率越高越好,而误码率则越低越好。

1.1.5 通信法规与通信标准

通信行业与其他行业的发展一样,都必须遵循一定的标准、规章、制度等。通信的业务运营、技术研发、企业运作都将受到政策法规与技术标准的指导及制约。

1. 通信行业政策法规

涉及通信的政策法规主要由各国政府部门制定,其对于通信运营最主要的影响是“准入”。在任何国家,电信业务基本上都受到制约,需经过政府部门的批准。

以我国为例,骨干网和接入网的运营资格都被严格控制。未来的发展趋势是业务的运营将逐步放松管制,特别是增值电信业务的运营将放宽;而以话音业务为代表、包括网络基础设施在内的基础电信业务运营仍将受到严格的控制。

2. 通信行业技术标准

通信涉及双方或多方,且超越国界,其中包括点与点、点与端、端与端以及网络间的信息交互。因此,不仅在国内通信中需要规定统一的各种标准,以免造成通信过程中的相互干扰或因接口不同而无法建立通信,而且需要制定各国应共同遵循的国际标准。

通信行业中的技术标准主要由各种技术标准化团体及相关的行业协会负责制定。典型的标准化组织包括国际电信联盟(ITU)、电气和电子工程师协会(IEEE)等。

国际电信联盟简称国际电联,是联合国的下设机构,是政府间的组织,也是国际通信标准制定的官方机构。作为其前身,国际电报电话咨询委员会(CCITT)和国际无线电咨询委员会(CCIR)早期已制定了全球通信业所公认的众多建议。

随着现代通信的发展,国际电信联盟于1993年将其下属的CCITT、CCIR以及IFRB(国际频率注册委员会)等组织重新组合,建立了国际电联-电信标准部(ITU-T)、国际电联-无线电通信部(ITU-R)和国际电联-发展部(ITU-D)等,为新开发领域和新技术不断制定出新的标准。ITU-T制定的标准称为“建议书”,其保证了各国电信网的互连和运营,已被全世界各国广泛采用。

1.2 通信网的组成

1.2.1 通信网的概念

通信网是指由一定数量的节点(包括终端设备和交换设备)以及连接节点的传输链路的组合,以实现两个或多个规定点间信息传输的通信体系。

1. 现代通信网的特点

现代通信网主要建立以城市为中心的固定的等级结构网络,结合区域蜂窝结构的移动通信网络,为用户提供快捷方便的信息服务。通信网的功能是要适应用户呼叫的需要,以用户满意的程度,传输网内任意两个或多个用户之间的信息。

高新技术在通信领域的推广和应用,为通信网的发展提供了强大的物质基础。现代通信网的快速发展,为更多的用户提供了方便、快捷、安全可靠和灵活多样的通信服务功能。

现代通信网具有以下主要特点:

① 使用方便。功能强大的通信终端可为用户提供方便的使用条件。电话机、传真机、计算机等通信终端使用非常便捷,操作者通过按键或者点击鼠标的简单操作,即可向远方传递信息,达到信息交流的目的。

② 安全可靠。现代通信网是信息化社会的神经系统,已成为社会活动的主要机能之一。现代通信网的服务功能充分考虑了用户传递信息的安全和可靠因素,采用了大量的有效措施。例如对传输信息的传输链路加密、网络进入的认证等方式,有效地防止了信息的误传;网络结构所具有的自愈性,有效地解决了因部分设备故障而带来的信息传递延误等。

③ 灵活多样。现代通信网提供了丰富多彩、灵活多样的信息服务。通信双方可以交换和共享数据信息、进行话音交流、文字交流和多媒体信息交流。

④ 覆盖范围广。现代通信网的信息交流服务缩短了人与人之间以及地理空间的距离。

2. 通信网的基本要素

现代通信网一般是由交换设备、用户终端设备、传输系统按某一结构组成。用户终端之间通过一个或多个节点链接,在节点处提供交换、处理网络管理等功能,如图 1-3 所示。传输系统包括用户终端之间、用户终端与节点以及节点之间的各种传输介质和设备。信号可以通过双绞线、同轴电缆、光纤等有线介质或通过无线介质传输。

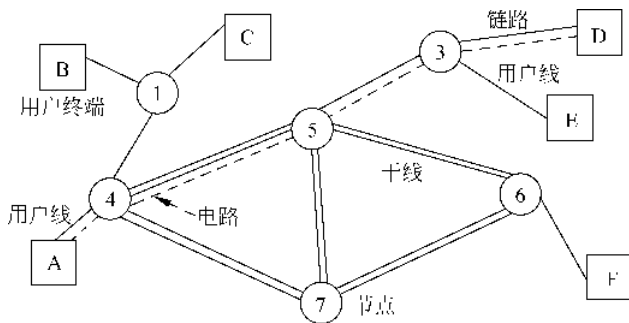


图 1-3 通信网一般组成

通信网络的基本要素为传输、交换和终端,其中传输与交换部分组成核心网。

(1) 传输

传输系统是指完成信号传输的介质和设备的总称。其在终端设备与交换设备之间以及交换系统相互之间链接起来形成网络。按传输介质不同,传输系统分为有线传输系统和无线传输系统。通过提供并行的不同带宽的频分多路复用(FDM)或时分多路复用(TDM),可以获得各种不同数目的复用信道。

现代通信网中常用的传输系统包括光纤传输系统、卫星通信系统、无线传输系统、数字微波传输系统等。

传输是交换设备之间的通信路径(网络的链路),承载着用户信息和网络控制信息。通信网的传输设备主要由用户线(用户终端与交换机之间的连接线路)、中继线(交换机与交换机之间的连接线路)以及相关传输系统设备构成。传输线路中除采用不同的线缆以外,在传输路径上还安装各种设备实现信号放大、波形变换、调制解调、多路复用、发信与收信等功能,以延长用户信息的传输距离。

通信网传输系统基本结构如图 1-4 所示。图中的 T 表示用户终端设备。

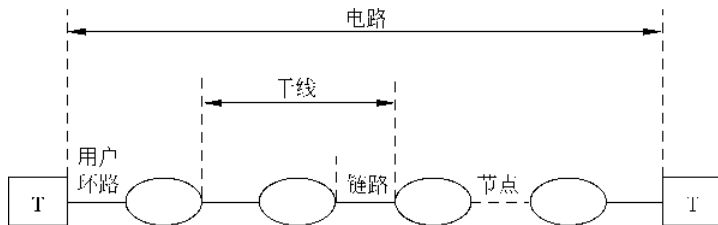


图 1-4 通信网传输系统基本结构

传输系统涉及传输信道、电路、用户环路、链路、干线和节点等概念。

传输信道：简称信道，是通信者两点间单向或双向传输信号的通道，包括传输介质和中间装置，可用传输信号的性质（如带宽、速率等）来限定。

电路：是实现信号双向传输的两条传输信道的组合，以提供一个完整的通信过程。一条电路通常包括两个延伸到用户设备的双向传输信道。按设备传送信号的形式不同，电路可分为模拟电路和数字电路。

用户环路：又称为用户线，是一个节点和用户设备（或用户分系统）之间简单的固定连接。环路可以是双绞线、同轴电缆或其他任意合适的介质连接（例如光纤和无线等）。

链路：是传输全链路的简称，指两个相邻节点间或终端设备和节点之间的信道段。通路则是指从出发点到接收点的一串节点和链路，即跨越网络一部分而建立路由的“点-点”连接。链路的主要特征是在两点之间具有规定特性的传输手段，例如无线链路、同轴链路或 2 Mbit/s 链路等。数据链路是由数据通信协议和设备组成的，能够传输数据信号的链路。

干线：可以由一条或多条串联的链路组成。两个交换中心或节点之间可通过干线进行连接。节点是用户环路和链路之间以及链路之间的分配点。

（2）交换

在通信网中，交换功能是由交换节点（即交换设备）完成的。不同的通信网络由于所支持的业务特性不同，其交换设备所采用的交换方式也各不相同。

交换设备一般由信息传送子系统（包括交换网络和接口）与控制子系统组成。交换设备需要控制的基本接续类型包括本局接续、出局接续、入局接续和转接（汇接）接续。

交换设备以节点的形式与邻接的传输链路一起构成各种拓扑结构的通信网，是现代通信网的核心。交换设备根据寻址信息和网络控制指令，进行链路连接或信号导向，使通信网中的多对用户建立信号通路。

（3）终端

终端设备是通信网中的源点和终点。除对应于信源和信宿之外，终端设备还包括一部分变换和反变换装置。

终端设备的主要功能是将输入信息变换为易于在信道中传送的信号；用于发送和接收用户信息，与网络交换控制信息，通过网络实现呼叫和接入服务。发送端将发送的信息转变成适合信道上传送的信号，接收端则从信道上接收信号，并将该信号恢复成能被利用的信息。终端还能产生和识别网内所需的信令信号或规则，以便相互联系和应答。

不同的通信业务有不同的终端，如电话终端、数字终端、数据通信终端、图像通信终端和多媒体终端等，典型设备如电话机、传真机、计算机、智能多媒体终端设备等。

3. 通信网的质量要求

当采用各种通信技术来构建通信网时，应按一定的质量要求，使所构建的网络能够快速、有效、经济、可靠地向用户提供各种业务，满足人们通信的需求。

通信网的质量要求主要包含以下内容：

（1）网内任意用户间相互通信

对通信网最基本的要求，是保证网内任意用户之间能够快速实现相互通信。网络应

能实现任意转接和快速接通,以满足通信的任意性和快捷性。

(2) 满意的通信质量

通信网内信息传输时应保证传输质量的一致性和传输的透明性。

信息传输质量的一致性:是指通信网内任意用户之间通信时,应具有相同或相仿的传输质量,而与用户之间的距离、环境以及所处的地区无关。

传输的透明性:是指在规定业务范围内的信息都可在网内传输,无任何限制。

传输质量主要包括接续质量和信息质量。

接续质量:表示通信接通的难易和使用的优劣程度,具体指标主要有呼损、时延、设备故障率等。

信息质量:是信号经过网络传输后到达接续终端的优劣程度,主要受终端、信道失真和噪声的限制。不同的通信业务具有不同的信息质量标准,如数据通信的比特误码率、话音通信的响度当量等。

(3) 较高的可靠性

通信网应具有较高的可靠性,不因网络出现故障而导致通信发生中断。为此,对交换设备、传输设备以及组网结构,都采取了多种措施来保证其可靠性。对于网络及其网内的关键设备,还制定了相关的可靠性指标。

(4) 投资和维护费用合理

在组建通信网时,除应考虑网络所支持的业务特性、网络应用环境、通信质量要求和网络可靠性等因素之外,还应特别注意网络的建设费用以及日后的维护费用是否具备经济性。

(5) 能适应通信新业务和通信新技术的发展

通信网的组网结构、信令方式、编码计划、计费方式、网管模式等应能灵活适应新业务和新技术的发展。

传统的通信网是为支持单一业务而设计的,不能适应新业务和新技术的发展;面向未来的下一代网络应能适应不断发展的通信技术和新业务应用。

1.2.2 通信网的分类

通信网技术的飞速发展以及支持业务的多样性和复杂性,使得通信网的网络体系结构日趋复杂化。网络传输从模拟窄带发展为数字宽带,所支持的业务也从单一的话音业务发展为语音、数据、图像、视频和多媒体业务。

1. 现代通信网的分类

从不同的角度出发,现代通信网有如下几种分类方法。

按通信的业务类型分类:电话通信网、广播电视网、数据通信网、计算机通信网、多媒体通信网和综合业务数字网等。

按通信网采用传输介质分类:有线传输网、无线传输网。