

电信网与 电信系统

孙震强 主编
高振明 孙瑞芳 傅冬青 李若虹 编著

人民邮电出版社

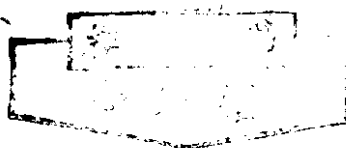
TN314
5844

705342

电信网与电信系统

孙震强 主编
高振明 孙瑞芳 编著
傅冬青 李若虹

Y1006/07



21113000940157

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了现代电信网和电信系统的基本技术、结构、分类、现状与发展趋势,内容包括:电信网路技术、有线传输和无线传输技术、交换技术、终端技术、移动通信、数据通信、图像通信、综合业务数字网等。

本书内容新颖,信息量大,深入浅出,便于自学,可作为高等院校通信专业师生的教学用书,也可作为电信管理干部、工程技术人员的参考用书。

电信网与电信系统

孙震强 主编

高振明 孙瑞芳 编著
傅冬青 李若虹

*

人民邮电出版社出版发行
北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号
朝阳展望印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所经销

*

开本:850×1168 1/32 1996年5月 第一版
印张:17.25 1996年5月 北京第1次印刷
字数:457千字 印数:1—5 000册

ISBN 7-115-06009-6/TN·1033

定价:24.00 元

前 言

电信是当今世界上技术进步最迅速、最活跃的领域之一,电信网与电信系统的发展日新月异。学习电信专业知识的学生和从事电信工作的各级管理人员和专业技术人员迫切需要一本全面介绍各种现代电信网与电信系统的书,以便了解和掌握各种电信系统的结构、分类、现状与发展趋势,建立起电信全程全网的概念。

本着这种宗旨,本书以当前广泛使用的电信系统和代表发展趋势的电信新技术为背景,在介绍现代电信网与电信系统的基础上,刻意于取材的新颖和先进,力求充分反映近年来国内外的的发展。本书是作者近 10 年来从事本、专科生和研究生教学实践的总结,并吸收了作者的一部分科研成果。

本书内容丰富、新颖,信息量大,深入浅出,每章后附有练习题,便于自学。可以作为高等院校理工科通信专业和电子专业本、专科生的教学用书,也可作为工厂、研究所等从事电信设备开发、生产的工程技术人员和从事电信系统的维护、管理、经营的相关人员的参考用书。

本书共十章,其中第一章、第二章、第四章、第八章、第十章和附录由孙震强编写,第三章由孙瑞芳编写,第五章由高振明编写,第六章由李若虹编写,第七章、第九章由傅冬青编写,全书由孙震强主编。

本书得到山东大学出版基金的支持。

作者

1995 年 9 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 电信的基本概念	1
第二节 电信的发展简史与趋势	9
第三节 电信的国际合作	15
第四节 电信业务	17
第二章 电信网	27
第一节 概述	27
第二节 长途电话网	32
第三节 本地电话网	41
第四节 电话号码的编排	53
第五节 信令系统	60
第六节 同步方式	84
第七节 网路管理	95
第三章 传输原理	100
第一节 模拟传输系统	100
第二节 模拟信号数字化原理	118
第三节 数字基带传输系统	139
第四节 数字调制传输	165
第四章 有线传输	188
第一节 传输网路	188
第二节 传输线路	199

第三节 光纤通信·····	204
第五章 无线电通信系统·····	224
第一节 固定通信系统·····	225
第二节 移动通信系统·····	245
第三节 卫星通信系统·····	296
第六章 电话交换系统·····	332
第一节 概述·····	332
第二节 电话交换系统的硬件模块·····	337
第三节 电话交换系统的软件模块·····	364
第七章 电话终端·····	381
第一节 自动电话机的工作原理·····	381
第二节 多功能电话机·····	396
第三节 电话机的使用·····	406
第四节 移动电话机·····	413
第八章 数据通信系统·····	425
第一节 电报通信系统·····	426
第二节 数据通信系统的构成·····	431
第三节 公用分组交换数据网·····	446
第四节 公用数字数据传输系统·····	463
第五节 计算机通信网·····	469
第九章 图像通信系统·····	474
第一节 概述·····	474
第二节 传真通信·····	482
第三节 可视电话·····	494

第四节	可视图文·····	497
第五节	图文电视·····	503
第十章	综合业务数字网·····	509
第一节	概述·····	509
第二节	宽带综合业务数字网·····	521
第三节	智能网·····	528
附录 1	各种分贝(dB)的意义·····	535
附录 2	国内部分城市直拨电话、用户电报长途区号 和邮政编码编排表·····	541
附录 3	部分国家或地区国际直拨电话、 用户电报代号编排表·····	542

第一章 绪 论

第一节 电信的基本概念

一、概述

人类的社会生活离不开信息的交流——通信。电信作为国民经济和社会发展的基础设施,是国家的神经系统,同衣食住行一样是现代人类生存的必要条件,是国民经济的命脉,同时也是衡量一个国家安全系数大小的重要标志。现在其重要性已得到公认。美国作家奈斯比特在《大趋势》中指出:“推动美国前进的两大发明是火车、电报电话”,而现在地球变成地球村的梦正由交通和通信来实现。

克服距离、时间上的障碍,有效而可靠地传递信息是通信的基本任务。围绕这一点,我们先介绍两个概念。

1. 信息(Information)

在日常用语中,信息通常指消息、情报等,它通过符号(文字、图像等)、信号(语言、手势)表现。目前,有多种定义方法,例如香农于1948年从通信系统角度指出“物质的差异、变化或不定性的减少”即信息,用符号表示就是:

$$I = S(Q|X) - S(Q|X') \quad (1-1)$$

其中 I 代表信息, S 代表不定性, Q 代表对某事的疑问, X 代表收到信息前关于 Q 的知识, X' 代表收到信息后关于 Q 的知识,这样信

息就是二次不定性之差。

从理论上讲,信息是比较抽象的,但现实中它又是很具体的,比如说“信息即金钱”。我们知道现代社会有三大支柱即信息、能源和材料,这三者的关系可形象化为“巧妇”与“柴米”之间的关系,“柴米”分别为能源和材料,而“巧妇”则是被掌握的信息。目前,信息工业,包括电信、计算机、广播电视等,已成为国民经济的重要支柱,并越来越与人们的日常生活密切相关。

2. 电信(Telecommunications)

狭义通信,一般指信息的传送和交换,如谈话、书信、烽火台等方式。而广义通信包括交通、运输等,如交通银行译作 Communication Bank。目前,通信主要指电信,电信是利用有线电、无线电、光学或其它电磁系统对于符号、信号、文字、影像、声音及其任何性质的信息的传输、发射、接收。电信系统是指完成这一任务的软、硬件的总称。本书中,通信系统即电信系统。

邮电则包括邮政和电信。其中,邮政(Post)是指办理信件、包裹的收寄、传递、报刊发行、汇兑、储蓄等,具有实物性的特点;邮政业务一般采用飞机、火车、汽车、摩托车、自行车等交通工具进行传递。电信业务一般采用有线电、无线电、光学或其它电磁系统进行传递。所以电信业务更迅速、更方便。

在我国,邮电部统管整个邮电业务。各省设有邮电管理局,各城市设有邮电局负责具体邮电业务。省城、特大城市一般设有邮政局和电信局分别管理邮政和电信的具体业务。

国标电信联盟(ITU)和联合国经济合作发展组织(OECD)历时几年的研究表明,作为宏观经济指标的人均国民生产总值(GNP)与电话普及率密切相关,二者是相辅相成地协调发展,而且电信的发展超前国民经济发展,也就是说电话普及率的增长率要高于人均国民生产总值的增长率,电信才能有效地促进国民经济的发展。电信可以有效地克服时空限制,把生产、分配、交换和消费四个环节有机地联系成为一个有效运转的经济活动整体,创造出比各个经济要素产值之

和更高的价值。

在美、英、日等国家的许多大企业中,电信费用已成为企业第二项开支。它们还将选用何种技术、如何规划好本单位电信系统等问题列入了企业的发展规划,主管电信者直接参与企业最高决策,与此同时对电信部门也提出了更高的要求。例如服务行业希望利用电信手段向顾客提供 24 小时的自动服务;银行界需要电信服务安全、保密;零售商则对遥购业务感兴趣;制造商和批发商需要通过数据通信与客户和供应商建立紧密联系;运输公司需利用电信紧紧跟踪运输队,提高服务可靠性;学校则希望配合其教学特点来提供电信服务。

以往,制约电信发展和服务质量提高的不利因素是经营无强烈竞争,现在电信改革风潮波及世界各国,如 1984 年 1 月美国最大的通信企业电话电报公司(AT&T)改组;1984 年 8 月英国电信公司改为民营的英国电信股份有限公司。但就全球而言政府垄断模式仍是主流,自由竞争仅限于局部领域。在我国,由政府通过邮电部统筹管理公用网,电信基本业务由电信总局和中国联合通信公司分别经营,并通过与专用网相连、开放部分非基本业务等方式开放电信市场。

二、电信系统的基本模型

目前,有各种各样的电信系统,其具体设备的构造和功能各不相同,经过抽象和概述可以用图 1-1 表示。

其中,消息被认为是信息的物质表示(载体),信号被认为是信息的物理客体(传输中)。如在电话通信中,电话线中传输电信号,话筒中接收、发送语音消息,而话音表达某种信息。

信源为产生信息的人或机器,如声音源(电话机)、符号源(计算机)、图像源(电视机)等;

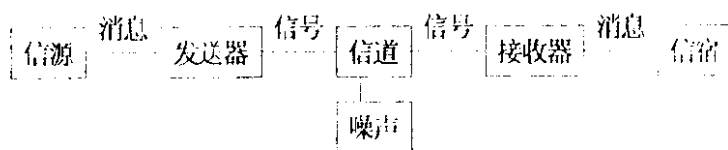


图 1-1 电信系统基本模型

发送器为完成变换,使信源的输出成为便于传输的信号(电信号、光信号)的设备,如编码器、调制器、放大器、加密器等。

信道为传递信号的媒介,如空间、电缆、光缆等。

接收器为完成变换以便能识别消息的设备,如译码器、解调器、放大器、均衡器、解密器等。

信宿为接收消息的人或机器。

噪声是除去消息以外所有能量的总称,可以存在于发送器、信道、接收器中,现归结于只在信道中存在,因此是除去信号以外所有能量的总称,这是通信理论的研究重点。另外,影响信号传输质量的还有信号畸变等(尤其是非线性畸变),这也归结为噪声。

应当指出,以上模型是点对点通信,若想完成多个用户之间的通信,就要形成网路即电信系统的系统。在电信系统中交换机完成不同地址信息的交换,因此交换机是电信网路中的节点。

这样,一个完整的电信系统应由终端设备、传输设备(包括线路)、交换设备三大部分组成。

1. 终端设备

终端设备是电信网中的源点和终点,它除对应于模型中的信源和信宿之外还包括了一部分变换和反变换装置。终端设备主要功能是把待传送的信息和在信道上传送的信号相互转换。这就需要发送传感器来感受信息和接收传感器将信号恢复成能被利用的信息,还须有能处理信号的设备以便能与信道匹配。另外,还需有的第三种功能是能产生和识别网内所需的信令信号或规约,以便相互联系和应答。对应不同的电信业务有不同的信源和信宿,也就有着不同的变换和反变换装置,因此,对应不同的电信业务也就有不同的终端设备。如电话业务的终端设备就是电话机;对传真业务,就是传真机;对数据业务,就是数据终端等等。

2. 传输链路

传输链路是网路节点的连接媒介,是信息和信号的传输通路。它除主要对应于电信系统模型中信道部分之外还包括一部分变换和反

变换装置。传输链路的实现方式很多,最简单的传输链路就是简单的线路,如明线、电缆等,它们用于一般市内电话网的用户端链路和局间中继链路;其次,载波传输系统、PCM 传输系统、数字微波传输系统、光纤传输系统及卫星传输系统等都可作为电信网传输链路的实现方式。

3. 转接交换设备

转接交换设备是现代电信网中的核心,它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配。对不同电信业务网路的转接交换设备的性能要求也是不同的,例如,对电话业务网的转接交换节点的要求是不允许对通话电流的传输产生时延,因此目前主要采用直接接续通话电路的电路交换方式;对于主要用于计算机通信的数据业务网,由于数据终端或计算机终端可有各种不同速率,同时为了提高传输链路利用率,可将流入信息流进行存储然后再转发到所需要的链路上去,这种方式叫做存储转发交换方式,例如,分组数据交换机就是利用存储转发方式进行交换的,这种方式可以做到较高效率地利用链路网路。

以图 1-2 所示的电话系统为例,其终端设备为电话机,传输设备为用户线、中继线,交换设备为电话交换机。

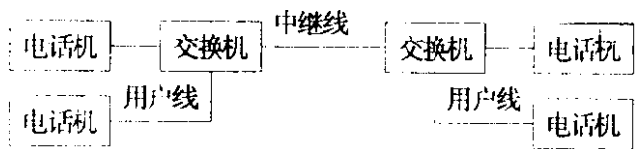


图 1-2 电话系统

上述三个部分构成一个电信系统的“硬件”,还有一套“软件”,如信令、协议等。

三、电信系统的分类

电信系统的分类方法很多,我们主要介绍以下几种:

1. 按信道分类

(1) 有线通信

借助于导线进行通信,如架空明线、电缆、光缆等。

(2) 无线通信

借助于无线电波在自由空间的传输进行通信,如长波、中波、短波、微波等方式。

2. 按信源分类

(1) 电报通信

电报通信是指在发送端把文字、表格、图像等书面信息由电报机转变成电信号,通过电路传送到接收端,再由电报机复制成书面信息的通信方式。从某种意义上来说,这是一类低速数据业务。电报一词来自希腊文 Tele(远)和 graphein(写)的组合。

(2) 电话通信

电话通信是借助于电的手段在两地之间传递语音。英文为 Telephone, Tele 是远距离的意思, phone 是话音的意思。

(3) 计算机通信

计算机通信是计算机技术和通信技术相结合而形成的一种新的通信方式。它将不同地理位置、具有独立功能的多台计算机、终端及附属设备,用电信链路连接起来,并配备相应的网络软件,以实现通信过程中资源共享而形成的电信系统。它不仅可以满足局部地区的一个企业、公司、学校和办公机构的数据、文件传输需要,而且可以在一个国家甚至全世界范围进行信息交换、储存和处理,同时可以提供话音、数据和图像的综合性服务,它具有诱人的发展前景。

(4) 图像通信

图像通信是传送和接收图像信号或图像信息的通信。它与目前广泛使用的声音通信方式不同,传送的不仅是声音而且还有看得见的图像、文字、图表等信息,这些可视信息通过图像通信设备变换为电信号进行传送,在接收端再把它们真实地再现出来。可以说图像通信是利用视觉信息的通信,或称之为可视信息的通信。如闭路电视、传真通信等。

3. 按信号分类

(1) 模拟通信系统

传输和处理模拟信号的通信系统,如传统的载波通信系统。模拟信号是指在时间上或幅度取值上连续的信号,如语音信号、图像信号和频分复用信号(FDM)等。

(2) 数字通信系统

传输和处理数字信号的通信系统,如 PCM 通信系统。数字信号是指在时间取值上和幅度取值上离散的信号,如电报信号、计算机信号和时分复用信号(TDM)等。

注意:数字信号可以经 D/A 转换后在模拟通信系统中传输,模拟信号也可以经 A/D 转换后在数字通信系统中传输。

数字通信早于模拟通信,但长期发展缓慢,设备落后。60 年代后,由于 VLSI 的发展,计算机通信的要求,使数字通信迅猛发展,数字通信有很多优点,以后再介绍。

4. 按通信工作方式分类

(1) 单工通信(Simplex)

即单向通信,“ $A \rightarrow B$ ”,如无线寻呼系统、老式电报系统等。

(2) 半双工通信(Half-duplex)

就是在同一时刻单向通信,可以交替单向工作,“ $A \rightarrow B$ 或 $B \rightarrow A$ ”,如某些集群调度系统。

(3) 全双工通信(Full-duplex)

就是在同一时刻可以双向通信,“ $A \rightarrow B$ ”和“ $B \rightarrow A$ ”,如电话系统。

(4) 多工通信(Multiplex)

一般指多点通信,如双向电视系统。

四、电信系统的性能度量

电信的任务是传递信息,因此传输信息的有效性和可靠性是电信系统最主要的质量指标。有效性是指在给定信道内能传输的信息内容的多少,而可靠性是指接收信息的准确程度。这两者是相互矛盾而又相互联系的,通常也是可以互换的。

模拟通信系统的有效性可用有效传输频带来度量,同样的消息

用不同的调制方式,则需要不同的频带宽度。可靠性用接收端最终输出信噪比来度量,如通常电话要求信噪比为 20~40dB,电视则要求 40dB 以上。不同调制方式在同样信道信噪比下所得到的最终解调后的信噪比是不同的。如调频信号抗干扰性能比调幅好,但调频信号所需传输频带却宽于调幅。

对于数字通信系统,有效性可用信息传输速率来衡量。二进制数字消息的信息速率用 bit/s(比特/秒)作单位。比特(bit)是信息量单位,当二进制数字 0、1 取值等概率时,传送一个二进制数字其信息量就等于 1bit。信息速率常称比特率,如比特率为 1200bit/s,意味着每秒传送 1200 个二进制脉冲。显然,当信道一定时,信息速率愈高,有效性也就愈好。为了提高有效性,可以采用多进制传输,此时每个码元携带的信息量超过 1bit。若码元速率为 R_s ,信息速率为 R_b ,每个码元有 N 种可能采用的符号,则它们之间的关系为

$$R_b = R_s \log_2 N \quad (\text{bit/s}) \quad (1-2)$$

或
$$R_s = R_b / \log_2 N \quad (\text{baud})$$

码元速率的单位为波特(baud),故常称为波特率。如每秒传送 1200 个码元,则码元率为 1200baud;若采用四进制,每个码元携带 2bit 信息,则信息速率为 2400bit/s。

数字通信系统的可靠性可用错误码率来衡量。

误比特率
$$P_b = \frac{\text{错误比特数}}{\text{传输总比特数}} \quad (1-3)$$

误码元率
$$P_s = \frac{\text{错误码元数}}{\text{传输总码元数}} \quad (1-4)$$

有时将误比特率称为误信率,误码元率称为误符号率。

显然,在二进制中有 $P_s = P_b$ 。

不同信号对错误率的要求不同,如传输数字电话时,误比特率通常要求为 $10^{-3} \sim 10^{-8}$,而传输计算机信息时常常要求更高,即 P_b 更小。当信道不能满足要求时,必须加纠错措施(信道编码)。

可靠性与有效性是可以互换的,而其极限性能则遵从信息论中有名的香农公式。即

$$C=W\log_2(1+S/N) \quad (1-5)$$

其中 C 代表信道容量, W 代表信道带宽, S 代表信号功率, N 代表噪声功率。

由香农公式可得如下结论:

(1) 提高信号功率与噪声功率之比能增加信道容量。

(2) 当噪声功率趋于 0 时, 信道容量趋于 ∞ , 这意味着无干扰信道容量为无穷大。

(3) 增加信道带宽(也就是信号频带)并不能无限制地使信道容量增大。也就是说即使信道带宽无限增大, 信道容量仍然是有限的。

(4) 信道容量一定时, 带宽与信噪比 S/N 之间可以彼此互换。脉冲编码调制(PCM)在带宽与信噪比互换性能上最好, 优于目前已提出的其它调制方式, 这正是脉冲编码调制得到迅速发展的原因之一。

第二节 电信的发展简史与趋势

一、世界电信发展简史

通信的原始形式有烽火台、书信和声音, 而真正有实用意义的电通信则起源于实现电信号的传递, 其主要标志为电报的诞生。

1. 电报的发明

1837 年, 莫尔斯电码出现, 莫尔斯电磁式有线电报机问世; 1896 年, 马可尼发明无线电报机。

2. 电话的发明

1876 年, 贝尔发明电话机, 1878 年, 人工电话交换局出现; 1892 年, 史端乔自动电话交换局设立。

3. 电信技术的进步

20 世纪 30 年代始, 调制理论、信息论、噪声理论、预测理论、统计理论的形成, 更使通信技术取得一系列突破。50 年代后, 形成了以

载波传输、纵横交换的电话通信为主电报通信为辅的电信系统。

随后晶体管、集成电路的出现和收音机、电视机、计算机的发明，广播电视、数据通信也出现了，并且传输手段日趋容量大、质量高。

进入 80 年代，电信系统迅速发展，其中电报向用户电报和智能用户电报过渡；电话向自动电话、程控数字电话、传真电话、可视图文通信过渡；另外数据通信、图像通信也异军突起。目前已形成了以数字传输、程控数字交换的电话通信为主其它非话通信为辅的综合电信系统，并日益与计算机、电视等其它技术相融和。

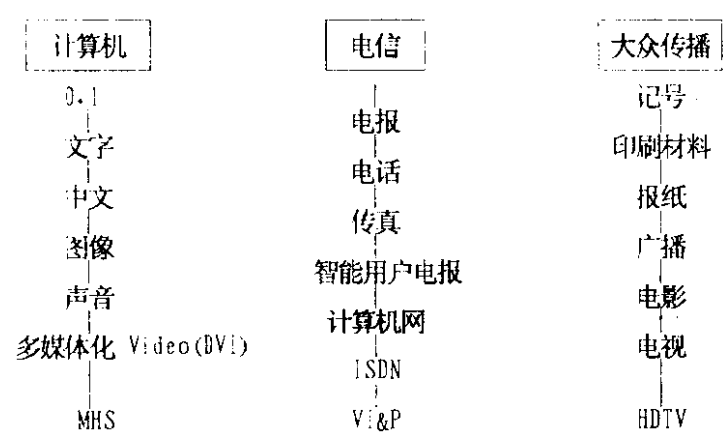


图 1-3 信息系统有关技术发展示意图

目前，以电话为主的各种电信业务正在稳步增长，在传统业务（电话、电报）方面发展中国家的增长率明显高于发达国家，但在数据、图像业务方面，发达国家增长很快，发展中国家则刚刚起步。

根据宏观统计，近十年来，全世界电话机总数每年平均增长约 5%，非话业务终端每年平均增长约 20% 以上，显然，非话业务远超过电话的增长速度。表 1-1 充分表明这一点。主要是由于 80 年代以来，人们对信息的需要逐步从听觉信息（话音）向视觉信息（文字、图像）和计算机信息（数据）转移，在发达国家这种情况更为明显。例如，1989 年全世界 1000 多万台可视图文终端中，法国占 500 多万台；全世界 1000 万台传真机中日本占 300 万台；全世界 4 万多台智能用户电报终端中，前联邦德国占 2 万多台。