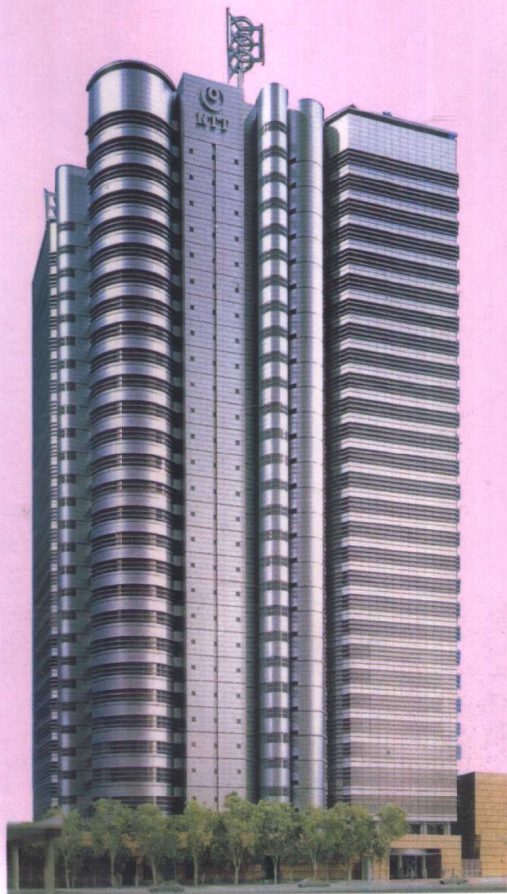


高等学校智能建筑技术

系列教材

智能建筑 通信系统与网络

马海武 张继荣 任庆昌 编著
韩 宁 主审



人民交通出版社

TU855

M068

高等学校智能建筑技术系列教材

智能建筑通信系统与网络

马海武 张继荣 任庆昌 编著
韩 宇 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是智能建筑技术系列教材之一,为适应我国智能建筑专业方向发展的具体情况和行业在培养人才方面的需要而编写的。

本书讲述了现代通信系统和通信网络的基本原理和应用,主要内容包括:通信的基本概念;通信系统的基本原理;信道复用和同步技术;交换方式及工作原理;通信网的基本原理以及公用网的结构与分析。各章均有习题。

本书可作为高等院校工科电子信息类及相关专业的教材,高等职业学校用作通信基础课程教材时可适当节选,同时本书也是广大工程技术人员学习通信基础理论及应用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

智能建筑通信系统与网络/马海武,张继荣,任庆昌
编著. —北京:人民交通出版社,2002.8
ISBN 7-114-04294-9

I. 智... II. ①马...②张...③任... III. ①智能
建筑—通信系统②智能建筑—计算机网络 IV. TU855

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第061450号

高等学校智能建筑技术系列教材

ZHINENG JIANZHU TONGXIN XITONG YU WANGLUO

智能建筑通信系统与网络

马海武 张继荣 任庆昌 编著

韩 宁 主 审

正文设计:姚亚妮 责任校对:宿秀英 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010 64298977)

各地新华书店经销

北京平谷大华山印刷厂印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 15.5 字数: 400千

2002年7月 第1版

2002年7月 第1版 第1次印刷

印数: 0001-3000册 定价: 31.00元

ISBN 7-114-04294-9

TU · 00096

序 言

高等学校智能建筑技术系列教材,是根据 1999 年 12 月在北京召开的,有 15 所高等学校参加的“智能建筑系列课程内容体系改革的研究与实践”课题研讨会的精神,由高等学校智能建筑技术系列教材编审委员会组织编写的。

本系列教材以适应和满足高等学校自动化专业教学和科研的需要、培养智能建筑技术人才为主要目标,同时也面向从事智能建筑建设的科研、设计、施工、运行及管理单位,提供智能建筑技术标准、规范以及必备的基础理论知识。

智能建筑技术是一门跨专业的新兴学科,我们真诚地希望,使用本系列教材的广大读者提出宝贵意见,以便不断完善教材的内容,改进我们的工作。

系列教材主编赵义堂,副主编寿大云,主审王谦甫。

高等学校智能建筑技术系列教材编审委员会

2000 年 8 月

ABE 09/12 05

高等学校智能建筑技术系列教材

编审委员会成员

名誉主任:赵义堂 张忠晔

主任:裴立德

副主任:寿大云 任庆昌 宋镇江 苏 曙

委员:(以姓氏笔画为序)

王可崇	王 娜	王晓丽	王 波	马海武	白 莉
齐保良	乔世军	刘 玮	刘国林	刘永芬	仲嘉霖
何仁平	杨国清	张志荣	骆德民	段培永	赵三元
原 野	黄民德	黄琦兰	韩 宁	彭 玲	焦 敏
覃 考	蒋 中	谭克艰	薛立军		

秘书长:寿大云(兼)

前 言

根据当前我国智能建筑发展的状况,适应在新形势下对建设人才的培养需要,特别是充分考虑和重视 21 世纪建筑智能化的趋势,编写高等学校智能建筑技术系列教材是十分必要的。本书根据 1999 年 12 月在北京召开的高等学校智能建筑技术系列教材编审工作会议审定的编写大纲进行编写。

楼宇通信网络系统(CNS)作为智能建筑的一部分,已经越来越受到众多业内人士的重视。行业的发展必须要有人才的储备。为了使许多从事楼宇智能化设计的非通信专业人员对通信基础理论有一个较全面而系统的了解,我们编写了本书。现代通信技术发展迅速,门类诸多,若要对每部分都面面俱到,显然力不从心,效果也不会好。而且对于智能建筑的设计人员和施工技术人员,并不需要对每一类通信系统或每部分通信设备作深入研究,只要了解通信系统的基本原理和使用已经足够。重点应放在弄懂其内在的机理,掌握最基本的通信理论,以便理解应用多种类型的通信系统、通信设备和通信网络。

在智能建筑中,楼宇自动化和办公自动化的基础是信息通信的网络化。前者所有信息传输都依靠信息通信网的建立。因此使从事智能建筑工作的人员获得足够的有关通信网和通信系统的基础知识应是本教材的宗旨。

本书共分为 6 章,参考学时数为 48 学时。重点讲述了通信系统的基本原理和通信网络的基本原理;对信道复用、同步技术和交换方式都作了详细的叙述;对公用网的结构分析也作了大篇幅的描述。使读者对通信系统和通信网络有一个整体的概念。基于在编写方式上的见解和特点,相信本书对非通信专业人员学习通信基础理论课程有一定帮助。本书也渗透着编著者多年的教学心得,希望能为智能建筑专业方向的发展起到一些作用。

为了适用于不同读者,目录中对重点内容标注了符号“*”,本科生、研究生可以根据不同的教学要求灵活选用。

本书由西安建筑科技大学信息与控制工程学院副教授马海武担任主编,西安邮电学院通信工程系副教授张继荣和西安建筑科技大学信息与控制工程学院教授任庆昌任副主编。马海武编写第 1、2、3 章,张继荣编写第 4、5、6 章,马海武统稿全书。

在编写过程中,得到了许多人士的大力协助和支持,在此表示诚挚的谢意。尤其感谢北京林业大学教授寿大云老师和人民交通出版社所给予的各方面的帮助。对本书所列文献的作者表示感谢。

限于编者的水平,书中不妥和错误之处在所难免,敬请广大读者及同行专家批评指正。

作 者

2001 年 12 月于西安

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 通信系统的组成*	2
1.3 通信系统的分类及通信方式	3
1.3.1 通信系统的分类	3
1.3.2 通信方式*	5
1.3.3 通信发展史简介*	6
1.3.4 通信系统的性能度量*	6
1.4 信道*	8
1.4.1 信道的定义	8
1.4.2 信道模型	8
1.4.3 信道的类型	10
1.4.4 干扰源和抗干扰的方法	11
1.4.5 信道的容量	12
1.5 通信网概述	13
1.5.1 通信网的分类与特点	13
1.5.2 我国通信网概况	14
习题	16
第二章 通信系统的基本原理*	17
2.1 模拟调制系统	17
2.1.1 模拟线性调制	17
2.1.2 模拟非线性调制	24
2.1.3 各种模拟调制系统的比较	28
2.2 数字基带传输系统	29
2.2.1 数字基带信号	29
2.2.2 数字基带信号的功率谱	33
2.2.3 无码间干扰的基带传输	35
2.2.4 部分响应基带系统	38
2.2.5 无码间干扰基带系统的抗噪声性能	41
2.2.6 眼图	42
2.3 数字调制系统	43
2.3.1 数字振幅调制	44
2.3.2 数字频率调制	49
2.3.3 数字相位调制	57

2.3.4 数字调制系统性能比较	69
2.4 模拟信号的数字传输	70
2.4.1 脉冲编码调制(PCM)	71
2.4.2 差分脉码调制(DPCM)	87
2.4.3 增量调制(ΔM)	89
2.5 差错控制编码	92
2.5.1 差错控制方式	92
2.5.2 差错控制编码的基本概念	93
2.5.3 常用检错码	94
2.5.4 线性分组码	96
2.5.5 循环码	100
2.5.6 卷积码	103
习题	107
第三章 信道复用与同步技术	110
3.1 频分复用(FDM)	111
3.1.1 直接法	111
3.1.2 复级法	112
3.2 时分复用(TDM)*	113
3.2.1 时分复用原理	114
3.2.2 数字复接技术	116
3.3 码分复用(CDM)	122
3.3.1 沃尔什(Wlash)函数与码分复用	123
3.3.2 伪随机序列与码分多址	124
3.4 同步技术*	129
3.4.1 同步的分类	129
3.4.2 载波同步技术	130
3.4.3 位同步技术	131
3.4.4 群同步(帧同步)技术	132
习题	135
第四章 交换方式及其原理	136
4.1 概述	136
4.1.1 交换概念与通信网	136
4.1.2 交换机的组成和功能*	137
4.1.3 交换方式*	138
4.2 电路交换	139
4.2.1 电路交换*	139
4.2.2 采用电路交换的数字电话交换技术	140
4.3 分组交换	142
4.3.1 报文交换	142
4.3.2 分组交换*	143

4.3.3 分组交换工作模式	144
4.3.4 分组交换基本技术	145
4.3.5 分组交换通信协议	150
4.4 异步转移模式	152
4.4.1 ATM 传送模式	153
4.4.2 ATM 信元结构	154
4.4.3 ATM 协议参考模型	156
4.4.4 ATM 交换的基本原理	158
4.5 几种交换方式的比较和应用	161
4.6 程控交换原理*	162
4.6.1 呼叫处理过程	162
4.6.2 程控交换控制系统	163
4.6.3 程控交换软件	167
4.6.4 呼叫处理程序	170
4.6.5 程序的执行管理	171
4.6.6 故障处理	173
习题	175
第五章 通信网基本原理*	176
5.1 数据通信系统模型及传输方式	176
5.1.1 数据通信系统的模型	176
5.1.2 数据链路传输控制规程	177
5.1.3 数据传输	179
5.2 网络拓扑结构和性能特点	181
5.3 OSI 模型及各层功能	183
5.4 现代通信网网络结构及分析	186
5.4.1 网络分层与分割	186
5.4.2 通信网质量要求	187
5.4.3 现代通信网的发展	188
5.5 网络规划与建设	189
5.6 专用通信网及入网方式	192
5.6.1 专用通信网	192
5.6.2 专用网接入公用电话网的组网方式	192
习题	195
第六章 公用网结构与分析	197
6.1 光同步数字传输网 SDH*	197
6.1.1 SDH 的产生	197
6.1.2 SDH 帧结构	198
6.1.3 SDH 网同步	199
6.1.4 SDH 传输网结构	201
6.1.5 SDH 的光接口	202

6.2 业务网	203
6.2.1 电话网的网路结构*	203
6.2.2 数据网	208
6.2.3 ISDN 与 B-ISDN	213
6.3 接入网	219
6.3.1 接入网的基本概念	219
6.3.2 有线接入网	222
6.3.3 无线接入网	232
习题.....	236
参考文献.....	237

第一章 绪 论

1.1 引 言

智能建筑是现代建筑技术与高科技信息技术结合的产物,是建立在现代建筑技术、现代通信系统与网络技术、现代控制技术和现代计算机技术的基础之上的。其中现代通信系统与网络技术的发展,在智能建筑的发展中占有非常重要的地位。

通信始终伴随着人类社会的文明进程,是推动人类社会文明、进步与发展的动力。人们在生产实践和社会活动中总是需要进行消息的传递,这种消息传递的整个过程称为通信。反过来说,通信的任务就是克服人们在距离上的障碍,迅速准确地传递消息。消息是物质或精神状态的一种反映,在不同的时期,它通过动作、语言、文字、图像等不同的方式表述。

通信可以按照人类交流方式的不同将历史分为三个阶段。第一阶段中人们通过语言、手势、金鼓、旌旗、烽火台等方法传递消息。第二阶段是随着文字、印刷术、邮政的出现而开始的。第三阶段是在人们认识和开始使用电能的同时,利用电信号进行消息的传递。到今天电信号把人们带进了信息时代。

电信就是借助“电”来传递消息的通信方式。这种通信方式具有迅速、准确、可靠的特点,几乎不受时间、地点、距离的限制。因此,近百年来获得了飞速的发展和广泛的应用。今天人们将“通信”和“电信”几乎认为是同义词。而我们所要研究的通信就是指电信。

在电信系统中,消息的传递是通过电信号来实现的。

现代通信系统是信息时代的生命线。现代通信网已经是一个全球性的综合性的为多种信息服务的网络。通信学科的发展,一方面表现在新的电子器件和新的技术不断出现,另一方面反映在通信理论的深入研究和不断完善。比如说,20 世纪 30 年代开始形成的调制理论为有线载波通信和无线电通信的基本理论奠定了基础,给实现频分制和时分制多路复用系统指明了方向。在电信的初期发展阶段,人们就发现了噪声的存在和它对通信的影响,但直到 20 世纪 40 年代,通过概率统计方法的分析提出了统计信号检测和估计理论,以及在此基础上发展起来的最佳接收理论,为噪声中提取信号找到了有效的途径。另外,后来形成的信息论,明确了通信中的一对主要矛盾,即通信的有效性和可靠性的问题,并为最好的解决这对矛盾提出了原则性的定理。在此基础上逐步发展起来的信源编码、纠错编码、扩频技术等理论,为提高通信质量,选择新的信号形式和创立新的通信体制奠定了基础。

由此可见,通信这门学科是逐步由低级到高级、由简单到复杂发展起来的。现代通信技术是研究传递各类信息的科学。从广义来说,通信应包括电报、电话、广播、电视、传真、数据和计算机通信等。将雷达、导航、遥测、射频天文学、生物工程学等与通信综合在一起构成了一门完整的信息科学。通信则是其中的一个主要组成部分。在智能建筑中都不可避免地涉及到信息科学中的每一部分。因此,可以说智能建筑是个具有或可能具有信息科学中的各部分的小世界,也是信息科学应用的主要内容之一。

1.2 通信系统的组成*

消息的传递必然有发送者和接收者,发送者和接收者可以是人也可以是各种机器。换句话说,通信可以在人与人之间,也可以在人与机器或机器与机器之间进行。如今大量的通信最终都是通过各种机器,在机器间进行的。广播、电视、计算机等之间的通信都属于机器间的通信。

电信系统在传递消息时,首先要将消息变成电信号,对方接收到后再按相同的逆规则将电信号再生为消息。在发送端利用发送设备中的各种元器件,将非电信息转换成初级电信号,或称为原始电信号,然后送到信道中去传输。信道是传输电信号的通道。信道可以是有线的也可以是无线的,可以是模拟的也可以是数字的。在接收端利用接收设备中的各种部件,将从信道中得到的电信号转换成非电信息。这是一个通信的整个过程。从这个过程中我们可以将通信系统概括为如图 1-1 所示的模型。

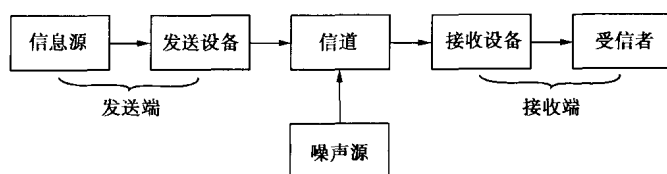


图 1-1 通信系统的一般模型

通信系统由信息源、受信者、发送设备、接收设备和传输媒介几部分组成。

1. 信息源

信息源简称信源。不同的信息源输出信号的性质是不一样的,一般将其分为模拟信源和离散信源。

模拟信源输出的信号在时间和幅度上都是连续的,如语音、图像以及模拟传感器输出的信号等。离散信源的输出是离散的或可数的,像符号、文字以及脉冲序列等。离散信源又称为数字信源。

原始的消息经变换后成为电信号或本身就是电信号。模拟信号可以通过抽样和量化编码变为离散信号。换句话说一切消息理论上都可以变换成离散的信号。这也是数字通信技术得到迅猛发展的一个主要原因。

信息源的另一个重要特点是不同的信源有不同的信息速率。比如,电报信道的信息速率一般为 150bit/s;阅读的信息速率一般为 400bit/s 左右;彩色电视为 90Mbit/s 等等。不同速率的信息源对整个传输系统的要求也各不相同。

2. 受信者

受信者则是在接收的一方将经过各种变换和传输的信息还原成所需要的消息形式。一般情况下受信者需要的消息应和发信者发出的消息类型一样。对于受信者和发信者来说,不管中间经过什么样的变换和传输,都不应该将二者所传递的消息改变。收到和发出的消息的相同程度越高越好。

3. 发送设备

发送设备是发送端的重要部分,它的功能是将信息源和传输媒介连接起来,将信源输出的信号变为适合于传输的信号形式。变换的方式很多,采用什么样的变换则要根据信号类型、传

输媒介和质量要求等决定。有时则可以将电信号直接送于媒介传送,有时则要进行频谱的搬移。在需要搬移时,调制则是最常用的一种变换方式。

如果通信系统是数字的,对于模拟信号则需要进行抽样、量化和编码。此时发送设备又可以分为信道编码和信源编码两部分。信源编码是把连续的模拟信号变为数字信号;信道编码则是把数字信号与传输媒介匹配起来,以提高传输的有效性或可靠性。

对于其他的一些特殊要求,发送设备应有为满足这些要求所需要的各种处理,最常见的如差错控制编码、多路复用等。

4. 接收设备

对接收设备的基本要求就是能够将收到的信号变换成与发送端信源发出的消息完全一样的或基本一样的原始消息。从这一点出发,接收设备显然应该是发送设备的反变换。不仅如此,它还要克服在传输过程中干扰所带来的影响。

5. 传输媒介

传输媒介则是用来传递发送设备和接收设备之间信号的。传输媒介有很多种,概括起来可分为无线和有线两大类。每一类都有优点和缺点,一般根据通信的具体情况和要求以及信号的类型来决定采用哪一类。在传输的过程当中,各种干扰(比如热噪声、衰减等)必然会随之进入系统。因此干扰也是选用媒介的重要因素之一。

对于大多数通信系统来说,每一方不仅是收信者也是信源,也就是说,每一方都应具备发送和接收的功能。因此每一方也必须有发送设备和接收设备。

以上所述是一种典型的点对点的通信系统,在现代社会生活中,人们不可能只进行一点到一点的固定式通信。更多的则要求能够与所有在线的任何一方进行通信。这样就必须有一种设备去完成这种任何一方与任何另一方的选择通信功能,这个设备就是通信网络中的交换系统。显然,交换系统是通信网络中非常重要的部分。

在智能建筑当中,不论是建筑内各点间的通信或是建筑内各点对建筑外各点的通信,都必须通过这种通信网络。这个通信网络的两大部分就是传输系统和交换系统。

我们将在以后的各章中具体地研究各部分的基本原理和实现方法。

1.3 通信系统的分类及通信方式

1.3.1 通信系统的分类

通信系统从不同的角度可以有不同的分类方法,分类的方法是多种多样的。下面我们讨论几种常见的分类。

1. 根据消息的物理特征分类

按照消息的物理特征,通信系统可以分为电话、电报、数据、图像等。它们相互之间可以是兼容的,也可以是并存的。电话通信应用最为广泛,因此发展得也最为迅速,目前的通信网大部分都是建立在电话通信系统基础之上的。尤其是电话通信有着最多的用户,其他的通信系统常常需要通过电话通信系统发展用户。在我国计算机网络的用户中有很大部分是通过拨号入网的。在全国一些大城市开通的 ISDN 综合业务数字网,也是在寻找通过电话网络进行传输的途径。未来的综合数字通信网中,不同的消息能够在—个通信网中传输和交换。

2. 根据传输信号的特征分类

当消息转换成电信号以后,二者之间应该存在着——对应的关系,这是接收端能恢复出原始消息的最基本的条件。电信号可以是模拟信号也可以是数字信号,根据信道传输的电信号是模拟的或数字的,可以把对应的通信系统分为模拟通信系统和数字通信系统。

模拟通信系统和数字通信系统,在通信业务中都得到了广泛应用。近 20 年来,数字通信发展十分迅速,在整个通信领域中所占比重不断增长,在许多通信系统中已替代了模拟通信,成为目前通信系统的主要类型。数字通信的发展之所以如此迅猛,是因为与模拟通信相比有以下优点:

1)抗干扰能力强。在远距离传输当中,各中继站可以对数字信号波形进行整形再生而消去噪声的积累。还可以采用各种差错控制编码的方法进一步改善传输质量。

2)容易实现保密通信。

3)可以进行多种数字信号处理。

4)随着微电子技术的不断发展,很容易实现集成化,缩小了通信设备的体积,减小了功耗。

5)传输和交换可以有机地结合起来,将各种不同的消息源都变换成同一类的数字信号,为实现综合业务通信网奠定了基础。

6)容易实现多路复用。

3. 根据调制方式分类

首先根据是否采用调制可将通信系统分为基带传输和调制传输。

基带传输是直接传输由消息变换而来的电信号,如电话音频信号、数字基带信号等。它不需要调制。

调制传输则是将由消息变换而来的电信号,再经过调制变换后进行传输。调制传输有以下优点:

1)将消息变换为有利传输的形式。例如将低频信号设法携带在高频信号上,以便在自由空间中传输。将话音的连续信号变换为脉冲编码调制信号,使其能够在数字信道中传输。

2)能够提高抗干扰能力。

3)可以方便地在指定的频带内传输。

调制传输的方式很多,常见的调制方式又分为连续波调制和脉冲调制。

连续波调制就是载波为连续的模拟信号,最常用的连续信号一般为正弦波。脉冲调制的载波为脉冲序列。

连续波调制又分为线性调制、非线性调制和数字调制。

线性调制有常规双边带调幅(AM),主要用于广播;抑制载波双边带调幅(DSB),主要用于立体声广播;单边带调幅(SSB),主要用于载波通信、无线电台等;残留边带调幅(VSB),主要用于电视广播和传真等。

非线性调制有频率调制(FM),主要用于微波中继、卫星通信、广播;相位调制(PM),主要用于中间调制方式。

数字调制有幅度键控(ASK),用于数据传输;频率键控(FSK),主要用于数据传输;相位键控(PSK、DPSK、QPSK 等),主要用于数据传输、数字微波通信、空间通信;其他高效数字调制(QAM、MSK),主要用于数字微波通信、空间通信。

脉冲调制可分为脉冲模拟调制和脉冲数字调制。

脉冲模拟调制有脉冲幅度调制(PAM),主要用于中间调制方式和遥测系统中;脉宽调制(PDM 或 PWM),用于中间调制方式;脉位调制(PPM),用于遥测、光纤传输等。

脉冲数字调制有脉冲编码调制(PCM),主要用于市话通信、卫星通信、空间通信等;增量调制(DM、CVSD、DVSD),用于军用和民用电话;差分脉码调制(DPCM),主要用于电视电话、图像编码;其他语音编码方式 ADPCM、APC、LPC 等,主要用于低速、中速数字电话。

在实际的使用当中并非只是某种单一的方式,往往采用复合调制方式,用不同的调制方式进行多级调制。

4. 根据复用方式分类

在同一信道上传送多路信号时要采用复用的方式。复用的方式一般有四种,即频分复用(FDM)、时分复用(TDM)、码分复用(CDM)和空分复用(SDM)。前三种应用比较广泛,我们将在后面的章节中作详细的介绍。

模拟通信中都采用频分复用的方式,数字通信大多采用时分复用通信系统,码分复用主要用在扩频通信系统中。

5. 根据传输媒介分类

通信系统按照传输媒介的不同可分为有线和无线两类,其中有线包括光纤传输。在各个频段上都可以使用有线传输和无线传输。

有线传输一般有线对、同轴电缆、波导和光纤等媒介。无线传输有长波、中波、短波、米波、分米波、厘米波、毫米波和激光空间传播等。

每一种媒介都有相应的通信系统。随着数字通信的快速发展,光纤传输的应用越来越广泛。

1.3.2 通信方式*

在点对点之间的通信当中,根据消息传送的方向与时间关系,可以将通信方式分成单工通信、半双工通信及全双工通信三种方式。

单工通信就是指消息只能从一点沿一个方向传输给另一点,而不能沿反方向传输的工作方式。这种工作方式一般多用于遥测、遥控等。其传输的工作过程如图 1-2(a)所示。

半双工通信就是指通信的两点间虽然能够在两个方向上传输消息,但在某一时刻信道中只能有一个方向的信号在传输,即不能同时进行双向传输。对通信者来说就是不能同时进行收发。这种工作方式的工作过程如图 1-2(b)所示。一般使用同一载频工作的无线电对讲机的工作方式就是半双工通信方式。

全双工通信是指通信的两点间可以同时双向的传输消息的工作方式。对于通信的双方来说就像是在面对面进行消息的传递。普通电话就是一个典型的全双工通信方式。全双工通信方式的工作过程如图 1-2(c)所示。

对于数字通信来说,数字信号码元的排列可以是串序的,也可以是并序的。串序传输中将数字信号的码元序列按时间的顺序一个接一个地在信道中传输。而并序传输则将数字信号码元序列分割成两路以上的码元序列同时在信道中传输。并序传输经常应用于近距离数字通信

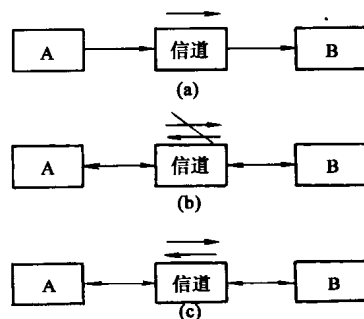


图 1-2 通信方式示意图

(a)单工通信方式;(b)半双工通信方式;
(c)全双工通信方式

中或设备机内的码元传输。但由于其占用的通路的数量随着并序路数的增加而增加,对于远距离传输来说很不经济。因此,远距离传输多采用串序的传输方式。

1.3.3 通信发展史简介*

自从人类开始利用电信号进行通信以来,电信发展非常迅速,特别是近几十年来随着科学技术各门类的不断发展,通信技术也是一日千里,得到了飞速发展。1838 年摩尔斯发明的有线电报标志着电通信的开始。以下列出了从此以后通信技术的历程。

1838 年,摩尔斯发明有线电报。

1864 年,马克斯韦尔提出电磁辐射方程。

1876 年,贝尔发明电话。

1896 年,马可尼发明无线电报。

1906 年,发明真空管。

1918 年,调幅无线电广播、超外差接收机问世。

1925 年,开始采用三路明线载波电话、多路通信。

1936 年,调频无线电广播开播。

1937 年,发明脉冲编码调制原理。

1938 年,电视广播开播。

1940~1945 年,二次大战刺激了雷达和微波通信系统的发展。

1948 年,发明晶体管;香农提出了信息论,通信统计理论开始建立。

1950 年,时分多路通信应用于电话。

1956 年,敷设了越洋电缆。

1957 年,发射第一颗人造卫星。

1958 年,发射第一颗通信卫星。

1960 年,发明激光。

1961 年,发明集成电路。

1962 年,发射第一颗同步通信卫星;脉冲编码调制进入实用阶段。

1960~1970 年,彩色电视问世;阿波罗宇宙飞船登月;数字传输的理论和技術得到了迅速发展;出现高速数字电子计算机。

1970~1980 年,大规模集成电路、商用卫星通信、程控数字交换机、光纤通信系统、微处理机等迅速发展。

1980 年以后,超大规模集成电路、长波长光纤通信系统广泛应用;互联网崛起。

进入 21 世纪以后,随着微电子技术和计算机技术的发展,以及人类对生命科学和大自然的认识进一步的深化,通信技术将会进入一个新的发展阶段。

1.3.4 通信系统的性能度量*

通信系统的优劣必须有一套度量的方法。使用这套度量的方法对整个系统进行综合评估,反映出通信系统在通信的有效性、可靠性、适应性、标准性和经济性等方面的质量水平。显然度量通信系统的性能是一个非常复杂的问题。但是,从研究信息的传输来说,通信的有效性和可靠性最为重要。

所谓有效性是指传输一定的信息量所消耗的信道资源的多少,信道的资源包括信道的带

宽和时间。而可靠性则是指传输信息的准确程度。此二者是度量通信系统性能最基本的指标。

有效性和可靠性始终是矛盾着的。在一定可靠性指标下,尽量提高消息的传输速率;或在一定有效性条件下,使消息的传输质量尽可能提高。根据香农公式我们可以知道在信道容量一定时,可靠性和有效性之间可以彼此互换。

由于模拟通信系统和数字通信系统之间的区别,二者对可靠性和有效性的要求也有很大的差别,其度量的方法也不一样。

1. 模拟通信系统的性能度量

1) 有效性

模拟通信系统的有效性用有效带宽来度量。同样的消息采用不同的调制方式,则需要不同的频带宽度。频带宽度占用的越窄,效率越高,有效性越好。

2) 可靠性

模拟通信系统的可靠性一般用接收端接收设备输出的信噪比来度量。信噪比越大,通信质量越高,可靠性越好。信噪比是信号功率与传输中引入的噪声功率之比。不同的系统在同样的信道条件下所得到的信噪比是不同的。

2. 数字通信系统的性能度量

在数字通信中,用传输信息的速率来衡量有效性,用差错率来衡量可靠性。

1) 传输速率

携带有一定信息量的码元组成数字信号。

定义单位时间传输的码元个数为码元速率 R_s ,单位为码元/秒,称为波特(baud),简记为 Bd,有时也称为波特率。

定义单位时间传输的信息量为信息速率 R_b ,单位 bit/s(比特/秒),又称为比特率。

对于二进制数字信号来说一个码元的信息量为 1bit,而 M 进制数字信号一个码元的信息量则为 $\log_2 M$ bit,因此码元速率 R_s 和信息速率 R_b 之间的关系为

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

$$R_s = \frac{R_b}{\log_2 M} \quad (\text{baud}) \quad (1-2)$$

二进制的码元速率和信息速率在数量上相等,有时称它们为数码率。

数字信号的传输带宽 B 取决于码元速率 R_s ,而码元速率与信息速率 R_b 有着确定的关系。定义频率利用率为

$$\eta_b = \frac{R_b}{B} \quad (1-3)$$

其物理意义为单位频带所能够传输的信息速率,单位为 bit/(s·Hz)。

2) 差错率

定义误比特率为

$$P_b = \frac{\text{错误比特数}}{\text{传输总比特数}} \quad (1-4)$$

有时也称为误信率。

定义误码元率为

$$P_s = \frac{\text{错误码元数}}{\text{传输总码元数}} \quad (1-5)$$