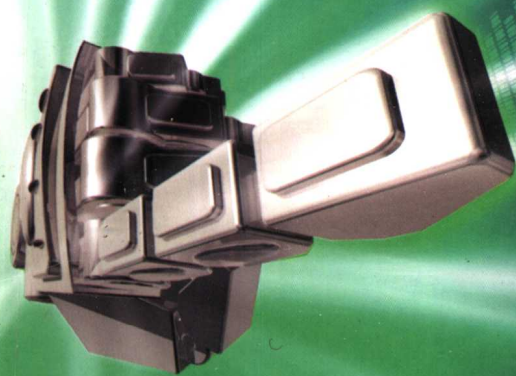




面向

21世纪

高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专系列规划教材

现代通信系统导论

赵明忠 顾斌 韩伟忠 编著
赵连城 主审

西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专系列规划教材

现代通信系统导论

赵明忠 顾斌 韩伟忠 编著
赵连城 主审

西安电子科技大学出版社

2005

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了目前广泛应用的各种典型的现代通信系统及系统中所使用的关键技术,阐述了各种通信系统的组成、功能、工作原理、体制和技术指标,并对相关的通信技术作了重点讲解。所介绍的典型通信系统包括程控交换系统、光纤通信系统、扩频通信系统、微波通信系统、卫星通信系统、移动通信系统等。在相应的系统中所介绍的关键通信技术包括波分复用技术、扩展频谱技术、数字调制技术、多址方式的信道分配技术、移动通信组网技术等。另外,本书对现代通信系统课程的典型实训内容也作了介绍。

本书在介绍现代通信系统及关键技术时,着重基本概念的阐述,避免了数学推导和高深理论,使得内容更加通俗易懂。

本书是为高职高专院校信息技术类专业的学生编写的教材,也可作为通信技术人员和管理人员的培训用书,并可作为一般工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信系统导论/赵明忠等编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2005.2

(高职高专系列规划教材)

ISBN 7-5606-1478-7

I. 现… II. 赵… III. 通信系统—高等学校:技术学校—教材 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 131399 号

策 划 马乐惠 毛红兵

责任编辑 杨宗周 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西兰力印务有限责任公司

版 次 2005年2月第1版 2005年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 17.5

字 数 397千字

印 数 1~4 000册

定 价 18.00元

ISBN 7-5606-1478-7/TN·0291(课)

XDUP 1749001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

1999 年以来,随着高等教育大众化步伐的加快,高等职业教育呈现出快速发展的形势。党和国家高度重视高等职业教育的改革和发展,出台了一系列相关的法律、法规、文件等,规范、推动了高等职业教育健康有序的发展。同时,社会对高等职业技术教育的认识在不断加强,高等技术应用型人才及其培养的重要性也正在被越来越多的人所认同。目前,高等职业技术教育在学校数、招生数和毕业生数等方面均占据了高等教育的半壁江山,成为高等教育的重要组成部分,在我国社会主义现代化建设事业中发挥着极其重要的作用。

在高等职业教育大发展的同时,也有着许多亟待解决的问题。其中最主要的是按照高等职业教育培养目标的要求,培养一批具有“双师素质”的中青年骨干教师;编写出一批有特色的基础课和专业主干课教材;创建一批教学工作优秀学校、特色专业和实训基地。

为解决当前信息及机电类精品高职教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会分两轮联合策划、组织编写了“计算机、通信电子及机电类专业”系列高职高专教材共 100 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材着力把握高职高专“重在技术能力培养”的原则,结合目标定位,注重在新颖性、实用性、可读性三个方面能有所突破,体现高职教材的特点。第一轮教材共 36 种,已于 2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材二等奖。第二轮教材预计在 2004 年全部出齐。

教材建设是高等职业院校基本建设的主要工作之一,是教学内容改革的重要基础。为此,有关高职院校都十分重视教材建设,组织教师积极参加教材编写,为高职教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职教材的建设起步时间不长,还需要做艰苦的工作,我们殷切地希望广大从事高等职业教育的教师,在教书育人的同时,组织起来,共同努力,编写出一批高职教材的精品,为推出一批有特色的、高质量的高职教材作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

李宗尧

IT 类专业系列高职高专教材编审专家委员会名单

主 任: 高 林 (北京联合大学副校长, 教授)

副主任: 温希东 (深圳职业技术学院电子通信工程系主任, 教授)

李卓玲 (沈阳电力高等专科学校信息工程系主任, 教授)

李荣才 (西安电子科技大学出版社总编辑, 教授)

计 算 机 组: 组长: 李卓玲(兼) (成员按姓氏笔画排列)

丁桂芝 (天津职业大学计算机工程系主任, 教授)

王海春 (成都航空职业技术学院电子工程系副教授)

文益民 (湖南工业职业技术学院信息工程系主任, 副教授)

朱乃立 (洛阳大学电子工程系主任, 教授)

李 虹 (南京工业职业技术学院电气工程系副教授)

陈 晴 (武汉职业技术学院计算机科学系主任, 副教授)

范剑波 (宁波高等专科学校电子技术工程系副主任, 副教授)

陶 霖 (上海第二工业大学计算机学院教授)

徐人凤 (深圳职业技术学院计算机应用工程系副主任, 高工)

章海鸥 (金陵科技学院计算机系副教授)

鲍有文 (北京联合大学信息学院副院长, 副教授)

电子通信组: 组长: 温希东(兼) (成员按姓氏笔画排列)

马晓明 (深圳职业技术学院电子通信工程系副主任, 副教授)

于 冰 (宁波高等专科学校电子技术工程系副教授)

孙建京 (北京联合大学教务长, 教授)

苏家健 (上海第二工业大学电子电气工程学院副院长, 高工)

狄建雄 (南京工业职业技术学院电气工程系主任, 副教授)

陈 方 (湖南工业职业技术学院电气工程系主任, 副教授)

李建月 (洛阳大学电子工程系副主任, 副教授)

李 川 (沈阳电力高等专科学校自动控制系副教授)

林训超 (成都航空职业技术学院电子工程系主任, 副教授)

姚建永 (武汉职业技术学院电子信息系主任, 副教授)

韩伟忠 (金陵科技学院龙蟠学院院长, 高工)

项目总策划: 梁家新

项目策划: 马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

电子教案: 马武装

前 言

本书是根据高职高专信息技术类专业“现代通信系统”课程教学的基本要求而编写的。书中重点讲述了目前广泛使用的各类通信系统和相关技术，在内容上力求实用性与先进性。

全书共八章。第一章介绍了通信系统和通信网的定义、分类、基本结构及发展趋势；第二章介绍了程控交换系统的软硬件组成、信令系统以及智能网的有关知识；第三章介绍了光纤通信系统的传输设备、传输介质、系统组成等内容；第四章介绍了扩频通信的基本概念以及直序扩频、跳频和混合扩频的基本原理、性能及应用；第五章介绍了微波通信系统的基本概念、系统组成、信道特点、相关调制方式等内容；第六章介绍了卫星通信系统的组成、多址连接方式、通信卫星的组成和卫星地面站等相关知识；第七章介绍了移动通信系统的基本概念、组网技术等内容，着重介绍了 GSM 系统、CDMA 系统和第三代移动通信系统；第八章为现代通信系统实训内容。

本书由南京林业大学赵明忠副教授担任主编，并担任了第一、四、五、六章的编写工作，第二、七、八章由南京信息职业技术学院顾斌高级工程师编写，第三章由金陵科技学院韩伟忠高级工程师编写。本书由赵连城教授担任主审。

在本书的编写过程中袁振东教授提出了许多宝贵意见，朱媛媛绘制了大量的插图和表格，作者在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2004 年 12 月

目 录

第一章 通信系统及通信网	1	2.3 程控交换机硬件组成	39
1.1 通信系统概述	1	2.3.1 程控交换机的硬件基本结构	39
1.2 通信系统的定义及其组成	2	2.3.2 用户电路	41
1.2.1 通信系统的定义	2	2.3.3 中继器	45
1.2.2 通信系统的组成	3	2.4 程控交换机的软件系统	48
1.2.3 数字通信基本质量指标	4	2.4.1 软件系统的结构	48
1.3 通信系统的分类	5	2.4.2 对软件系统的要求	49
1.4 通信网概述	6	2.4.3 程序控制基本原理	50
1.5 通信网的结构及组成	7	2.4.4 呼叫处理软件	51
1.5.1 通信网的构成要素	7	2.5 交换机的信令系统	53
1.5.2 通信网的物理拓扑结构	7	2.5.1 信令的概念	54
1.5.3 现代通信网的构成	9	2.5.2 信令的分类	55
1.5.4 通信网的质量要求	10	2.5.3 信令方式	56
1.6 现代通信网分类	11	2.5.4 信令网	60
1.6.1 通信网的分类	11	2.6 智能网	60
1.6.2 电话网	12	2.6.1 智能网体系结构	61
1.6.3 数据网	13	2.6.2 智能网业务	62
1.6.4 有线电视网络	17	习题	63
1.6.5 接入网	18	第三章 光纤通信系统	65
1.6.6 综合业务数字网(ISDN)	21	3.1 概述	65
1.7 现代通信网的发展	22	3.1.1 光纤通信的发展历史	65
习题	24	3.1.2 光纤通信的特点	66
第二章 程控交换系统	25	3.1.3 光纤通信的基本组成	68
2.1 电话交换简介	25	3.2 光纤与光缆	68
2.1.1 交换技术的发展	25	3.2.1 光纤导光的原理	69
2.1.2 电话交换网的组成	28	3.2.2 光纤的种类与结构	69
2.1.3 用户交换机与公用电话网的连接	29	3.2.3 光纤的损耗特性	71
2.1.4 程控交换机的服务功能	30	3.2.4 光纤的色散特性	73
2.1.5 程控数字交换机的优越性	33	3.2.5 光缆的结构和种类	74
2.2 数字交换网络	35	3.2.6 光纤与光缆的制造方法	77
2.2.1 时隙交换的基本概念	35	3.2.7 光纤的连接与光缆的敷设	78
2.2.2 多级组合交换网络	37	3.3 光端机的组成	79
2.2.3 交换网络的控制	38	3.3.1 光发射机	79
		3.3.2 光接收机	81

3.4 光纤通信系统的组成	83	5.2.2 数字微波中继通信的波道及其射频 频率的配置	144
3.4.1 光中继器	83	5.3 微波传输信道	147
3.4.2 监控系统	84	5.3.1 传播特性	147
3.4.3 波分复用技术(WDM)	85	5.3.2 大气效应	148
3.5 光纤的测量	86	5.3.3 地面效应	149
3.5.1 光纤测量的概述	86	5.3.4 衰落及分集接收	150
3.5.2 单模光纤模场直径的测量	87	5.4 数字微波通信系统	152
3.5.3 光纤损耗特性的测量	88	5.5 微波传输常用的数字调制技术	154
3.5.4 光纤色散与带宽测量	89	5.5.1 二进制幅度键控(2ASK)	154
习题	91	5.5.2 二进制频移键控(2FSK)	156
第四章 扩频通信系统	92	5.5.3 二进制相移键控(BPSK 或 2PSK)及 二进制差分相移键控(2DPSK)	158
4.1 扩频通信的基本概念	92	5.5.4 四相相移系统(QPSK)	161
4.1.1 扩频通信的定义	92	5.5.5 正交幅度调制(QAM)	162
4.1.2 扩频通信的理论基础	93	5.5.6 调制方式的选择	164
4.1.3 扩频通信的主要性能指标	94	5.6 我国微波通信的发展趋势	164
4.1.4 扩频通信的工作原理	96	习题	165
4.1.5 扩频通信的工作方式	97	第六章 卫星通信系统	166
4.2 直接序列扩频系统	99	6.1 概述	166
4.2.1 直扩系统的组成与原理	99	6.1.1 卫星通信的基本概念	166
4.2.2 几种常用的伪随机码	102	6.1.2 卫星通信的电波传播特点	167
4.2.3 直扩信号的发送与接收	108	6.1.3 卫星通信系统的特点	168
4.2.4 直扩系统的同步	112	6.1.4 卫星通信传输线路性能参数	168
4.2.5 直扩系统的性能	118	6.2 卫星通信系统的组成	169
4.3 跳频系统	121	6.3 卫星通信的多址连接方式	171
4.3.1 跳频系统概述	121	6.3.1 多址方式的信道分配技术	171
4.3.2 跳频信号的发送与接收	127	6.3.2 多址连接方式	172
4.3.3 跳频系统的同步	129	6.3.3 四种多址连接方式的比较	174
4.3.4 跳频图案的产生与选择	132	6.4 通信卫星的组成	175
4.4 混合式扩频系统	133	6.4.1 控制系统	176
4.4.1 采用混合式扩频系统的原因	133	6.4.2 入轨和推进系统	176
4.4.2 几种常用的混合式扩频系统	136	6.4.3 天线系统	177
4.4.3 混合式扩频系统的适用环境	138	6.4.4 遥测指令系统	177
习题	140	6.4.5 卫星转发器(通信系统)	177
第五章 微波通信系统	141	6.4.6 电源系统	178
5.1 微波通信概述	141	6.4.7 温控分系统	178
5.1.1 微波通信的发展	141	6.5 卫星地面站	179
5.1.2 微波通信的基本概念	142	6.5.1 天线馈电系统	179
5.1.3 地面微波中继通信	142	6.5.2 地面站发射系统	181
5.1.4 微波中继通信系统在整个通信 网中的位置	143	6.5.3 地面站接收系统	184
5.2 微波通信系统	143	6.5.4 信道终端系统	185
5.2.1 数字微波中继通信系统的 基本组成	143	6.5.5 通信控制系统	186

6.5.6 电源系统	186	7.4.3 CDMA 系统的功能结构	220
6.6 卫星通信的新技术	186	7.5 第三代移动通信系统	224
6.6.1 VSAT 卫星通信系统	187	7.5.1 3G 主要技术标准	224
6.6.2 移动卫星通信系统	192	7.5.2 三个技术标准的比较	225
习题	194	7.5.3 第三代移动通信系统关键技术	227
第七章 移动通信系统	195	7.6 集群移动通信系统	229
7.1 移动通信的定义与特点	195	7.6.1 集群移动通信系统的定义	229
7.1.1 移动通信的特点	195	7.6.2 集群移动通信系统的特点	229
7.1.2 移动通信的分类	195	7.6.3 集群移动通信系统的网络结构	230
7.1.3 移动通信的工作方式	196	7.6.4 集群移动通信系统的信令	232
7.1.4 移动通信系统的组成	198	7.7 数字集群移动通信	233
7.2 移动通信系统的组网技术	198	7.7.1 数字集群移动通信系统的特点	233
7.2.1 频率管理与有效利用技术	199	7.7.2 数字集群移动通信的关键技术	234
7.2.2 区域覆盖与网络结构	201	习题	237
7.2.3 信令	202	第八章 现代通信系统实训	238
7.3 GSM 移动通信系统	204	8.1 概述	238
7.3.1 GSM 系统概述	204	8.2 现代通信系统实训	238
7.3.2 路由及接续	208	8.2.1 实训内容简介	238
7.4 CDMA 移动通信系统	214	8.2.2 实训内容举例	245
7.4.1 CDMA 系统概述	215	附录 英汉词汇对照	254
7.4.2 CDMA 系统结构	217	参考文献	261

第一章 通信系统及通信网

1.1 通信系统概述

自从有了人类活动,就产生了通信。在人类的活动过程中需要相互传递信息,也就是将带有信息的信号通过某种方式由发送者传送给接收者,这种信息的传送过程就是通信。因此,所谓通信,就是由一个地方向另一个地方传递和交换信息。

自古以来,人们已经创造出了很多的通信方式,例如,古代的烽火台、旌旗;近代的灯光信号、旗语;现代的电报、电话、传真、电视等。所有通信都是将消息变成与之对应的信号来传递的,信号实际上就是消息的载体。显然,现代通信以电信号来传递消息是最好的,它既传得快又准确可靠,而且几乎不受时间、地点、距离等方面的限制,因而获得了飞速的发展和广泛的应用。如今在自然科学中,“通信”一词几乎是“电通信”的同义词,我们课程所讲的通信就是指电通信。

当今世界已进入“信息时代”。信息已经成为现代社会,特别是 21 世纪最重要的战略资源。信息技术是当今社会乃至未来社会生产力的基本要素,是发展最活跃、应用最广泛的领域。信息产业已成为国民经济的支柱产业,在国民经济生产总值中占有越来越大的比例。为此,世界各国均将通信和信息技术及产业放在优先发展的地位,给予了很大的投资,而且在规模、增长率、普及程度和产值等方面都达到了空前的水平。

进入 20 世纪 90 年代,许多发达国家为保持其在 21 世纪科技、经济上的领先地位,在当时基础上大力发展信息技术和信息产业。1993 年美国克林顿政府提出了一项实施“永久改变美国人生活、工作、学习和相互交往方式”的国家信息基础设施(NII, National Information Infrastructure),即所谓的“信息高速公路”建设计划。它实际是一种能够为广大用户随时提供大量信息的,由通信网与计算机、数据库及日用电子产品构成的“完备”网络。美国提出该项计划是基于先进的技术基础,并借鉴了 20 世纪 60 年代汽车与州际高速公路发展所带来的巨大效益和“汽车文化”的经验。美国为此投资数千亿美元,推行 HPCC(高性能计算与通信)计划。各国也广为响应,制定各自的发展战略与策略,增加投资,并紧锣密鼓地付诸实施。如日本在 1993 年发表了“高度信息化计划”,提出面向 21 世纪的 VI&P 服务模式,计划建立日本的“全国超高速信息网”,实现“从物质、能源时代,向信息、知识时代转变”。

我国改革开放以来,对此也极为重视,在国家规划中将信息、材料与能源列为国民经济的三大基础产业,并已进入了规模投入、规模发展阶段。通信与信息技术和系统无论在研制、开发,还是生产、建设与应用方面,均取得了惊人的成就和飞速的发展。近些年,为

适应 NII 的世界发展潮流,我国也根据自己的国情和现状制定规划,积极稳妥地进行各种通信干线与公用网、专用网及信息化工程的基础设施建设。

1.2 通信系统的定义及其组成

1.2.1 通信系统的定义

所谓通信系统,就是用电信号(或光信号)传递信息的系统,也叫电信系统。

1. 模拟通信系统和数字通信系统

人类的社会活动离不开信息的传递和交换。随着生产力的飞速发展,人们对获取信息的要求越来越高。现代电信中所有传递的信息有各种不同的形式,例如,符号、文字、语言、音乐、数据、图片、活动画面等等。然而,所有不同的消息都可以把它们归结成两类:一类称作离散消息,另一类称作连续消息。所谓“离散”或“连续”是指状态而言,离散消息是指消息的状态是离散可数的,例如,符号、数据等;连续消息是指消息的状态是连续的,例如,强弱连续变化的话音,亮度连续变化的图像等。连续消息又称作模拟消息。消息的传递是借助于电信号来实现的,消息和信号有着一一对应的关系。通常消息是寄托在电信号的某一参量上,如果电信号的参量携带着离散消息,则该参量必将是离散取值的,这样的信号就叫离散信号。我们把时间和状态都是离散的信号称作数字信号,例如,电报、数字、数据、监控指令等,它们不是时间的连续函数,而且其取值也仅为有限可数的离散值,故为数字信号。如果电信号的参量携带着连续消息,则该参量必为连续取值。随时间变化而连续取值的信号叫连续信号或模拟信号,例如,普通电话机输出的信号就是模拟信号。通常,根据系统中传递的信号不同,通信可分为两种,传输模拟信号的通信系统称为模拟通信系统,传递数字信号的通信系统称为数字通信系统。

目前,无论是模拟通信,还是数字通信,都是已经获得广泛应用的通信方式,尽管从通信的发展进程看低级的电报通信(可视为数字通信的一种方式)出现得最早,但在一个很长时期中,它却比模拟通信的发展要缓慢得多。在 20 世纪中叶以后,数字通信日益兴旺,尤其是微电子技术的飞速发展,大规模集成电路的出现,使得数字通信技术得到了迅速发展。数字通信能冲破传统的模拟通信,具有强大的生命力,出现了数字通信替代模拟通信的趋势,这是什么原因呢?显然是数字通信有着它突出的优点。

2. 数字通信的优点

与模拟通信相比,数字通信系统更能适应人类对通信的更高要求。

(1) 数字信号便于存储、处理。正是这一优点才使得计算机技术迅速发展,特别是微型计算机。通信与计算机结合,发展了现代通信技术和现代信息技术,如 VCD、DVD 视盘等。

(2) 数字通信的抗干扰能力强。因为数字通信系统传递的是数字信号,数字信号的取值是有限可数的,通常把这些取值用二进制数码表示,所以在有干扰的时候容易检测到,而且还可以进行码再生,从而避免了传输过程中的噪声积累。

(3) 数字信号便于交换和传输。计算机与电话交换技术相结合,出现了数字程控交换。由于光电器件的采用,数字信号很容易转变为光脉冲信号,便于传输。

(4) 可靠性高,传输过程中的差错可以设法控制。

(5) 数字信号易于加密且保密性强。

(6) 通用性和灵活性好。在数字通信中各种消息(电报、电话、图像和数据等)都可以变成统一的二进制数字信号,既便于计算机对其进行处理,也便于接口和复接。因而可将数字传输技术和数字交换技术结合起来,方便地实现各种业务的处理和交换,从而形成综合业务数字网(ISDN, Integrated Services Digital Network)。

3. 数字通信的缺点

事物总是一分为二的,数字通信的许多优点都是用比模拟通信占据更宽的系统频带换来的。以电话为例,一路模拟电话通常只占 4 kHz 带宽,但一路数字电话却要占用 64 kHz 带宽。因此,数字通信的频带利用率不高,在系统频带紧张场合,数字通信占用带宽的缺点显得十分突出。然而,随着社会生产力的不断发展,有待传输的信息量急剧增加,对通信的可靠性和保密性要求越来越高,尤其是计算机的发展和通信技术的结合对社会的发展产生着深刻的影响,因而,实际中往往宁可牺牲系统带宽也要采用数字通信。当然,近年来已采用了一些压缩编码及有效的调制方法使数字电话及数字图像的带宽降低了很多,其次,在新建的微波及光纤通信系统中,由于系统的带宽富裕,因此占用带宽已不再是突出的问题了,所以在这些系统中,数字通信已几乎是惟一的选择。

1.2.2 通信系统的组成

构成通信系统的最基本的模型如图 1-1 所示,其基本组成包括:信源、变换器、信道、噪声源、反变换器及信宿几个部分。

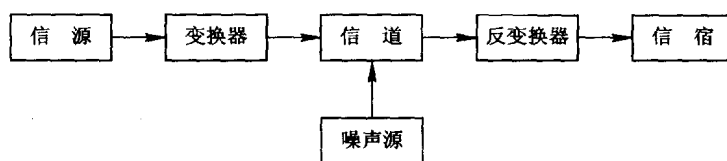


图 1-1 通信系统构成模型

信源是指发出信息的信息源。在人与人之间通信的情况下,信源是指发出信息的人;在机器与机器之间通信的情况下,信源是发出信息的机器,如计算机或其他机器。不同的信源会构成不同形式的通信系统,如对应语声形式信源的是电话通信系统,对应文字形式信源的是电报通信系统和传真通信系统等。

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。对应不同的信源和不同的通信系统,变换器有不同的组成和变换功能。例如,在模拟电话通信系统中,变换器包括送话器和载波机(主要由放大器、滤波器、调制器等组成),其中送话器将人发出的语声信号变换为电信号;载波机的作用是将送话器输出的话音信号(频率范围为 0.3~3.4 kHz)经过频率搬移、频分复用处理后,变换成适合于在模拟信道上传输的信号。而对于数字电话通信系统,变换器则包括送话器和模/数变换器等。模/数变换器的作用是将送话器输出的模拟话音信号经过模/数变换并时分复用等处理后,变换成适合于在数字

信道中传输的信号。

信道是信号的传输媒介。信道按传输介质的种类可以分为有线信道和无线信道。在有线信道中电磁信号(或光信号)被约束在某种传输线(架空明线、电缆、光缆等)上传输;在无线信道中电磁信号沿空间(大气层、对流层、电离层等)传输。无线媒介可以利用的频段从中、长波到激光,有较宽的频段。在不同的频段,利用不同性能的设备和配置方法,可以组成不同的通信系统。信道如果按传输信号的形式又可以分为模拟信道和数字信道。

反变换器的功能是变换器的逆变换。变换器把不同形式的信息处理成适合在信道上传输的信号,通常这种信号不能被信息接收者直接接收,需要用反变换器把从信道上接收的信号变换为接收者可以接收的信息。反变换器的作用与变换器正好相反,起着还原的作用。

信宿是信息传送的终点,也就是信息接收者。它可以与信源相对应构成人—人通信或机—机通信;也可以与信源不一致,构成人—机通信或机—人通信。

噪声源是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。为了便于分析问题,将系统内所存在的干扰均折合到信道中,用噪声源来表示。在通信系统中,信号通过媒介一般要经过长距离传输。传输损耗将使进入接收设备的信号十分微弱,极易受到噪声(对于通常考虑的热噪声,它总是存在的,除非环境温度达到绝对温度的零度,即 -273°C)的干扰。

图 1-1 所示的系统是单向的传输系统。广播、无线寻呼系统等都是单向的通信系统。但一般来说,作为信息交流的通信系统通常是双向的,比如电话,此时通信的两端都设置有收/发信设备。当然,传输媒介也应当是能双向传输的。

作为通信系统,信息的传输是必不可少的,但是作为完整的通信网来说,信息在多用户之间的交换也必不可少。

对于信息源和收信者均为计算机的通信系统,通常是由通信系统的收/发设备(接口)和传输媒介将众多的计算机、终端设备连接起来,并配以相应的网络软件,使计算机与终端之间按一定的规程交换信息,共享网络资源,这就是计算机通信网,我们将在 1.6 节进行讨论。

1.2.3 数字通信基本质量指标

设计或评价一个通信系统时将涉及到通信系统的质量指标。通信系统最重要的质量指标是有效性和可靠性。

1. 传输速率

传输速率是衡量通信系统传输能力的质量指标,它反映了系统的有效性,常用的有以下三种指标:

(1) 信号速率 r_s 。携带消息的信号单元称为码元,单位时间(1 s)内传输的码元数称为信号速率,又称码元传输速率,单位为波特(Baud)。注意,此处传输的码元通常是多元数码,也可以是二元数码。

(2) 信息速率 r_b 。在单位时间(1 s)内传输的平均信息量称为信息速率,单位是比特/秒,或 bit/s,或 b/s,简称为比特率。

注意, 信号速率 r_s 和信息速率 r_b 具有不同的定义, 不要混淆。两者在数量上存在着下列关系: 对于等概的 M 元数码而言, 有 $r_b = r_s \cdot \lg M (\text{bit/s})$, 当 $M=2$ 时, 两者在数量上相等。

(3) 消息速率 r_m 。消息速率表示单位时间 (1 s) 内传输的消息数。按照消息的单位不同, 有各种不同的含义, 例如当消息的单位是字时, 则 r_m 表示每秒传输的字数。

以上三种定义中, 通常以比特率为衡量标准。消息速率使用的比较少。

对于通频带受限制的信道简称为频带受限信道, 常用“频带利用率”来衡量传输系统的有效性。它是指单位频带 (1 Hz) 内所能实现的信息速率, 单位是比特/(秒·赫兹) 或 $\text{bit}/(\text{s} \cdot \text{Hz})$ 。当信道的通频带宽度确定以后, 能实现的信息速率越高, 说明频带利用率越高, 常以此作为比较各种调制方式的一项指标。

2. 传输差错率

传输差错率是指衡量通信系统传输质量的一种主要指标, 通常有两种定义:

(1) 码元差错率 P_{eb} 定义为发生差错的码元数与传输码元总数之比, 有时简称误码率。

(2) 比特差错率 P_{eb} 定义为传错的比特数与总比特数之比, 简称误比特率。用二元码传输时 $P_{eb} = P_{eb}$; 而用 M 元码传输时, 两者不等。

1.3 通信系统的分类

通信系统的分类方法很多, 通常采用按传输信号特征分类, 或按传输媒介及系统的构造特点来分类。

1. 按传输信号的特征来分类

以信道上传送的是数字信号还是模拟信号, 可将通信分为数字通信系统和模拟通信系统。数字通信系统和模拟通信系统的定义我们在前面已经讨论过。

2. 按照传输媒介和系统组成特点分类

实用通信系统都是针对特定的传输媒介, 并遵循有关的国际标准组成的。实用的通信系统有以下 5 类:

(1) 短波通信系统。该系统工作在 $2 \sim 30 \text{ MHz}$ 的短波波段, 传输带宽窄, 系统容量小。因为电离层对电波的反射, 信号可以传送的距离很远, 但由于传播特性会随着时间变化, 因此短波系统主要用于特殊的业务和军事通信中。

(2) 微波中继通信系统。采用微波波段 ($2 \sim 12 \text{ GHz}$) 进行通信, 传输带宽宽, 系统容量大。由于微波的视距传播特性, 需要相隔几十千米设置一个中继站, 以达到长距离通信的目的。

(3) 卫星通信系统。卫星通信是一种宇宙无线电通信形式, 它是在地面微波中继通信和空间技术的基础上发展起来的, 是地面微波中继通信的继承和发展, 也可以说是微波中继通信的一种特殊形式。卫星通信利用人造卫星作为中继站转发无线电波, 在两个或多个地面站之间进行通信。

卫星通信覆盖区域大、通信距离远,利用三颗同步卫星即可实现全球通信。卫星通信具有多址连接能力,只要在卫星覆盖区域内,所有地面站都能利用此卫星进行相互间的通信。因此,卫星通信对国际通信或远程通信具有重要的意义。在国际通信中,卫星通信承担了三分之一以上的通信业务,并提供了几乎世界上所有的远洋电视。如今,卫星通信成了人类信息社会活动中不可缺少的基本手段。

(4) 光纤通信。光纤通信是以光波为载频,以光纤为传输媒介的通信方式,其应用规模之大、范围之广、涉及学科之多,是以往任何一种通信方式所未有的。光纤极宽的频带和极小的损耗,使通信系统的容量提高了几个数量级。光纤通信已成为通信领域中最为活跃的技术,它的发展超出人们的预料。

现在,光纤通信的新技术仍在不断涌现,诸如频分复用系统、光放大器、相干光通信和光孤子通信的发展,预示着光纤通信技术的强大生命力和广阔的应用前景,它将对未来的信息社会发挥巨大的作用。

(5) 移动通信系统。随着社会和经济的发展,仅限于办公室、住宅等固定地点之间的通信已经不能满足需要,所以逐渐产生了移动通信的要求。移动通信是以移动体为对象的通信,包括汽车、火车、飞机、轮船等移动体对固定地点之间的通信或移动体之间的通信。移动通信的使用虽然比较早,但是公用移动通信系统却是近20年才开始发展起来的,这是由于进入20世纪90年代后,大规模集成电路、微处理器和程控交换机的广泛应用,解决了许多以前难以解决的问题,使公用移动通信得到了十分迅速的发展。目前的蜂窝公用系统和专用调度系统已经发展成无线、有线融为一体,移动、固定用户互联的通信网。

1.4 通信网概述

1. 通信网的概念

物理结构上的网可以看成是线的集合,在自然界经常看到的蜘蛛网、鱼网、网兜都是用线编织而成的。在日常生活中,亲身经历过的运输网、交通网和铁路网、航空网、公路网以及邮政运输网等,它们都可以分解为线的集合。

通信网的定义可以描述为是由一定数量的节点(包括终端设备和交换设备)相互有机地组合在一起,以实现两个或多个规定节点间信息传输的通信体系。

也就是说,通信网是由相互依存、相互制约的许多要素组成的有机整体,用以完成规定的功能。通信网的功能就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。

2. 通信系统和通信网

从以上通信系统和通信网的描述中,已经明显地突出了两种概念及它们之间的密切关系。用通信系统来构架,通信网即为通信系统的集,或者说是各种通信系统的综合,通信网是各种通信系统综合应用的产物。通信网来源于通信系统又高于通信系统,但是不论网的种类、功能、技术如何复杂,从物理上的硬件设施分析,通信系统是各种网不可缺少的

物质基础，这是一种自然发展规律，没有线就不能成网，因此，通信网是通信系统发展的必然结果。

通信系统可以独立地存在，然而一个通信网是通信系统的扩充，是多节点各通信系统的综合，通信网不能离开系统而单独存在。前面已经讲述的经常使用的通信系统就可构成各种各样的通信网。

1.5 通信网的结构及组成

1.5.1 通信网的构成要素

从通信网的定义可以看出，通信网在硬件设备方面的构成要素是终端设备（传输链路和交换设备）。为了使全网协调合理地工作，还要有各种规定，诸如信令方案、各种协议、网络结构、路由方案、编号方案、资费制度与质量标准等，这些均属于软件，即一个完整的通信网除了包括硬件以外，还要有相应的软件。下面重点介绍构成通信网的硬件设备。

1. 终端设备

终端设备是用户与通信网之间的接口设备，它包括图 1-1 所示的信源、信宿与变换器、反变换器的一部分。终端设备的功能有三个：

(1) 将待传送的信息和在传输链路上传送的信号进行相互转换。在发送端，将信源产生的信息转换成适合于在传输链路上传送的信号，而在接收端则完成相反的变换。

(2) 将信号与传输链路相匹配，这将由信号处理设备完成。

(3) 信令的产生和识别，即用来产生和识别网内所需的信令，以完成一系列控制作用。

2. 传输链路

传输链路是信息的传输通道，是连接网络节点的媒介。它一般包括图 1-1 中的信道与变换器、反变换器的一部分。

信道有狭义信道和广义信道之分，狭义信道是单纯的传输媒介（比如一条电缆）；广义信道除了传输媒介以外，还包括相应的变换设备。由此可见，我们这里所说的传输链路指的是广义信道。传输链路可以分为不同的类型，其各有不同的实现方式和适用范围，这些将在以后的学习中给予详细介绍。

3. 交换设备

交换设备是构成通信网的核心要素。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，实现一个呼叫终端（用户）和它所要求的另一个或多个用户终端之间的路由选择的连接。

交换设备的交换方式可以分为两大类：电路交换方式和存储转发交换方式。

1.5.2 通信网的物理拓扑结构

图 1-2 是一个由两级交换中心组成的通信网硬件示意图，端局至汇接局的传输设备

一般称为中继电路。端局至终端用户的传输设备称为用户线路。端局用户既可通过端局交换设备与本局范围内的用户相互接续，也可通过端局和汇接局交换设备与本地区任一端局的用户完成接续。一般将这种类型的网称为汇接式的星形网。目前，通信网的基本结构有6种形式，它们各有特点，各有应用场合。

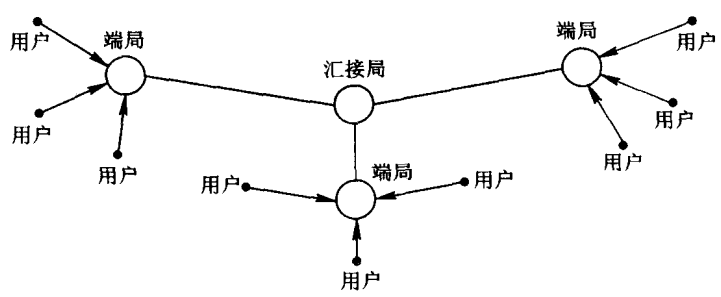


图 1 - 2 通信网的基本形式

1. 网形网

节点数较多时需要的传输链路数将很大。网形网是一种经济性较差的网络结构，但这种网络的冗余度较大，如图 1 - 3 所示，因此，从网络的接续质量和网络的稳定性来看，这种网络又是有利的。

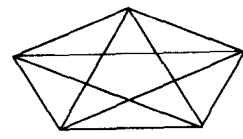


图 1 - 3 网形网

2. 星形网

节点数较多时星形网较网形网节省大量的传输链路，但这种网络需要设置转接中心，因而要增加一定量的费用。一般是当传输链路费用高于转接交换设备费用时才采用这种网络结构。这种星形网结构，当转接交换设备的转接能力不足或设备发生故障时，将会对网络的接续质量和稳定性产生影响。星形网如图 1 - 4 所示。

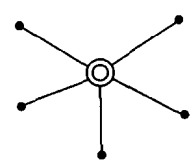


图 1 - 4 星形网

3. 环形网

它的特点是结构简单，实现容易，而且由于可以采用自愈环对网络进行自动保护，因此其稳定性比较高，其形状如图 1 - 5 所示。

另外，还有一种叫线形网的网络结构，如图 1 - 6 所示，它与环形网不同的是首尾不相连。线形网常用于同步数字系列(SDH, Synchronous Digital Hierarchy)传输网中。

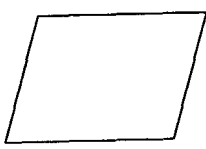


图 1 - 5 环形网

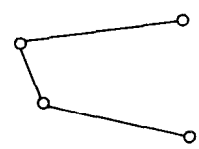


图 1 - 6 线形网