



新世纪高职高专实用规划教材

• 网络与通信系列

现代通信原理

XIANDAI TONGXIN YUANLI

杜思深 林家薇 庞宝茂 孟繁茂 编著
谢德芳 主审



清华大学出版社

 5 专实用规划教材 网络与通信系列

现代通信原理

杜思深 林家薇 编著
庞宝茂 孟繁茂
谢德芳 主审

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书从现代信息处理、传输和交换的角度,全面、系统地介绍了模拟通信、数字通信和数据通信的基本原理及最新技术;按照信息处理的次序安排章节,注重理论联系实际,体现新知识、新技术和新系统,适应 21 世纪人才培养的需要。

本书主要面向大专院校无线通信类、有线通信类和计算机通信类等专业的学生;可供中等技术水平以上的广大工程技术人员参考;也可用于对从事相关专业的管理人员和工程技术人员进行继续教育以及新知识、新技术的培训。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782909 13901104297 13801310933
本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信原理/杜思深,林家薇,庞宝茂,孟繁茂编著;谢德芳主审. —北京:清华大学出版社,2004.9
(新世纪高职高专实用规划教材 网络与通信系列)
ISBN 7-302-09242-7

I. 现… II. ①杜…②林…③庞…④孟…⑤谢… III. 通信理论—高等学校:技术学校—教材
IV. TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 083394 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦
<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084
社 总 机:010-62770175 客 户 服 务:010-62776969

组稿编辑:林章波

文稿编辑:宋延清

封面设计:陈刘源

印 装 者:北京国马印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:24.25 字数:576 千字

版 次:2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-09242-7/TP·206

印 数:1~5000

定 价:32.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

《新世纪高职高专实用规划教材》序

编写目的

目前,随着教育的不断深入,高等职业教育发展迅速,进入到一个新的历史阶段。学校规模之大,数量之众,专业设置之广,办学条件之好和招生人数之多,都大大超过了历史上任何一个时期。然而,作为高职院校核心建设项目之一的教材建设,却远远滞后于高等职业教育发展的步伐,以至于许多高职院校的学生缺乏适用的教材,这势必影响高职院校的教育质量,也不利于高职教育的进一步发展。

目前,高职教材建设面临着新的契机和挑战:

(1) 高等职业教育发展迅猛,相应教材在编写、出版等环节需要在保证质量的前提下加快速度,跟上节奏。

(2) 新型人才的需求对教材提出了更高要求,使科学性、先进性和实用性充分体现。

(3) 高职高专教育自身的特点是强调学生的实践能力和动手能力,教材的取材和内容设置必须满足不断发展的教学需求,突出理论和实践的紧密结合。

(4) 新教材应充分考虑一线教师的教学需要和教学安排。

有鉴于此,清华大学出版社在相关主管部门的大力支持下,组织近百所高等职业技术学院的优秀教师以及相关行业的工程师,推出了一系列切合当前教育改革需要的高质量的面向就业培训的职业技术实用型教材。

系列教材

本系列教材主要涵盖以下领域:

- 计算机基础及其应用
- 计算机网络
- 计算机图形图像处理与多媒体
- 电子商务
- 计算机编程
- 电子电工
- 机械
- 数控技术及模具设计
- 土木建筑
- 经济与管理
- 金融与保险
- 网络与通信

另外,系列教材还包括大学英语、大学语文、高等数学、大学物理、大学生心理健康等基础教材。所有教材都有相关的配套用书,如实训教材、辅导教材、习题集等。

教材特点

为了完善高等职业技术教育的教材体系，全面提高学生的动手能力、实践能力和职业技术素质，特意聘请有实践经验的高级工程师参与系列教材的编写，采用了一线工程技术人员与在校教师联合编写的模式，使课堂教学与实际操作紧密结合。本系列丛书的特点如下：

- (1) 打破以往教科书的编写套路，在兼顾基础知识的同时，强调实用性和可操作性。
- (2) 突出概念和应用，相关课程配有上机指导及习题，帮助读者对所学内容进行总结和提高。
- (3) 设计了“注意”、“提示”、“技巧”等带有醒目标记的特色段落，让读者更容易得到有益的提示并更加关注应用技巧。
- (4) 增加了全新的、实用的内容和知识点，并采取由浅入深、循序渐进、层次清楚、步骤详尽的写作方式，突出实践技能和动手能力。

读者定位

本系列教材针对职业教育，主要面向高职高专院校，同时也适用于同等学历的职业教育和继续教育。本丛书以三年高职为主，同时也适用于两年制高职。

本系列教材的编写和出版是高职教育办学体制和运作体制改革下的产物，在后期的推广使用过程中将紧紧跟随职业技术教育发展的步伐，不断吸取新型办学模式、课程改革的思路和方法，为促进和满足职业培训及继续教育的社会需求，奉献一份力量。

我们希望，通过本系列教材的编写和推广应用，不仅有利于提高职业技术教育的整体水平，而且有助于加快改进职业技术教育的办学模式、课程体系和教学培训方法，形成具有特色的职业技术教育的新体系。

教材编委会

前 言

通信技术的发展日新月异,学习通信专业知识的学生和科技人员不但需要掌握扎实的理论基础,而且需要学习和了解更多的现代通信技术和理论,特别是数字通信、数据通信等方面的知识。本书的宗旨是系统深入地阐述现代通信系统的基本原理,其中包括模拟通信、数字通信和数据通信,并以数字通信为主。

本书以当前广泛应用的通信系统和代表发展趋势的通信新技术为背景,在介绍传统技术基本原理的基础上,刻意于取材的新颖性和先进性,力求充分反映近年来国内外通信技术的发展。本书是作者 20 多年来从事高职高专、本科生和研究生教学实践的总结。本书具有如下特点:①综合国内外最新通信技术的发展,重点叙述基本原理和实际应用。②内容涉及范围广,无非常复杂的数学推导,注重物理概念;文字描述简明扼要,通俗易懂,深入浅出,便于自学。③全书注重突出基本概念和基本原理,兼顾系统的完整性和工程的实用性。④书中对数据通信具体技术协议和标准不作详细论述,重在简明。⑤全书共 16 章,可以根据内容的难易程度和学员的知识程度来安排教学,参考学时数为 108 学时。为帮助读者掌握基本分析方法,书中包含许多例题,各章后还附有大量习题。

本书由杜思深主编,谢德芳主审。除第 3、9、10 章由林家薇编写之外,其余各章由杜思深编写。另外庞宝茂参与了第 16 章的编写,孟繁茂编写了各章思考与练习。全书由杜思深修改定稿。

本书在编写过程中,参考和引用了有关文献的内容,并得到达新宇、陈树新和王芸等的大力支持,在此谨表深切谢意。

现代通信涉及面很广,难以在一本书中全部容纳,而且限于时间和水平,难免有错误和疏漏之处,希望读者不吝批评指正。

编著者

2004 年 6 月

目 录

第1章 绪论.....1

- 1.1 通信的基本概念.....1
 - 1.1.1 通信的定义.....1
 - 1.1.2 通信的分类.....1
 - 1.1.3 通信系统的组成.....4
- 1.2 衡量通信系统的质量指标.....9
 - 1.2.1 一般通信系统的性能指标.....9
 - 1.2.2 模拟通信指标的具体表述.....9
 - 1.2.3 数字通信指标的
具体表述.....10
- 1.3 数字通信的主要特点.....12
- 1.4 现代通信技术的发展目标.....13
- 1.5 思考与练习.....14

第2章 信道与噪声.....15

- 2.1 信道的定义与分类.....15
- 2.2 信道的组成与模型.....16
 - 2.2.1 调制信道的组成.....16
 - 2.2.2 编码信道的组成.....17
 - 2.2.3 调制信道的数学模型.....17
 - 2.2.4 编码信道的数学模型.....19
- 2.3 恒参信道及其对所传信号
的影响.....19
 - 2.3.1 幅度—频率特性及畸变.....20
 - 2.3.2 相位—频率特性及畸变.....20
 - 2.3.3 减小畸变的措施.....21
- 2.4 变参信道及其对所传信号
的影响.....22
 - 2.4.1 变参信道传输媒质
的特点.....22
 - 2.4.2 产生多径效应的分析.....22
 - 2.4.3 变参信道特性的改善.....23
- 2.5 信道带宽、系统带宽

与信号带宽.....24

- 2.6 随机过程的基本概念.....27
 - 2.6.1 随机过程的定义.....27
 - 2.6.2 随机过程的统计特性.....28
 - 2.6.3 高斯平稳随机过程.....29
- 2.7 信道常见噪声及特征.....30
 - 2.7.1 信道内的噪声分类.....30
 - 2.7.2 常见噪声的特征.....31
- 2.8 信道容量的概念(香农公式).....33
- 2.9 思考与练习.....34

第3章 模拟通信系统.....35

- 3.1 引言.....35
- 3.2 模拟基带传输系统.....35
 - 3.2.1 系统框图.....35
 - 3.2.2 失真与改善.....36
 - 3.2.3 噪声及信噪比.....37
- 3.3 模拟频带传输系统.....37
 - 3.3.1 调制的功用.....37
 - 3.3.2 调制的分类.....37
 - 3.3.3 调制系统中讨论的主要
问题与参数.....38
- 3.4 幅度调制系统.....39
 - 3.4.1 标准幅度调制(AM).....39
 - 3.4.2 双边带调制(DSB).....43
 - 3.4.3 单边带调制(SSB).....45
 - 3.4.4 残留边带调制(VSB).....49
 - 3.4.5 各种幅度调制系统
的比较.....52
- 3.5 角度调制系统.....52
 - 3.5.1 角度调制的一般概念.....52
 - 3.5.2 窄带调频(NBFM).....55
 - 3.5.3 宽带调频(WBFM).....56
- 3.6 调频系统性能改进.....61

3.6.1 调频系统的加重技术	61	5.2 常用检错码.....	112
3.6.2 调频门限效应改善	63	5.2.1 奇偶监督码	112
3.7 思考与练习	63	5.2.2 行列监督码	113
第4章 信源及压缩编码	66	5.2.3 恒比码	113
4.1 概述	66	5.3 线性分组码.....	114
4.2 语音信号的特征.....	66	5.3.1 汉明码	115
4.3 语音编码	69	5.3.2 循环码	118
4.3.1 概述	69	5.4 卷积码	122
4.3.2 抽样定理和脉冲调制 (PAM、PDM、PAM).....	69	5.4.1 基本概念	122
4.3.3 脉冲编码调制 PCM.....	74	5.4.2 卷积码的译码	125
4.3.4 简单增量调制 ΔM	83	5.5 网格编码(TCM)	127
4.3.5 自适应差分脉冲 编码调制 ADPCM	86	5.5.1 网格编码调制原理	127
4.3.6 子带编码(SBC).....	89	5.5.2 网格编码调制的特点.....	127
4.3.7 声码器	89	5.6 思考与练习.....	128
4.4 图像信号的特征.....	92	第6章 通信加密	130
4.4.1 图像信号的特点	92	6.1 概述	130
4.4.2 图像信号的冗余	93	6.2 密码技术的一般概念.....	130
4.4.3 图像质量评价	94	6.2.1 密码体系的模型	130
4.5 图像压缩编码	94	6.2.2 安全保密	131
4.5.1 图像信号的抽样	94	6.2.3 实际保密	132
4.5.2 图像信号的量化	95	6.2.4 序列密码	132
4.5.3 图像信号的压缩编码	96	6.2.5 分组密码	133
4.6 数据信号编码	102	6.2.6 公开密钥密码	133
4.6.1 数据信号的特征	102	6.3 模拟信号加密.....	134
4.6.2 国际5号码(IA5)	103	6.3.1 频域置乱	134
4.6.3 国际电报2号码	103	6.3.2 幅度域置乱	135
4.6.4 EBCDIC 码.....	104	6.3.3 时间域置乱	136
4.6.5 信息交换用汉字代码	104	6.3.4 组合置乱	136
4.6.6 数据信号的压缩编码	105	6.3.5 变换域置乱	136
4.7 思考与练习	107	6.4 数字信号加密.....	137
第5章 信道编码(差错控制编码)	109	6.4.1 数字语音信号加密	137
5.1 概述	109	6.4.2 数字图像信号加密	137
5.1.1 差错控制的方式	109	6.4.3 数据信号加密	137
5.1.2 差错控制编码的分类	110	6.5 通信网的加密.....	138
5.1.3 差错控制编码基本原理.....	111	6.6 思考与练习.....	139
5.1.4 香农有扰信道编码定理.....	112	第7章 数字基带传输系统	140
		7.1 数字基带信号的编码.....	140
		7.1.1 数字基带信号的	

编码原则	140	9.2 二进制幅移键控(2ASK)	187
7.1.2 二元码	141	9.2.1 2ASK 信号及其功率谱	187
7.1.3 三元码	145	9.2.2 2ASK 调制系统	189
7.1.4 多元码	147	9.3 二进制频移键控(2FSK)	191
7.2 数字基带信号的频谱分析	147	9.3.1 2FSK 信号及其功率谱	191
7.3 数字基带传输系统	149	9.3.2 2FSK 调制和解调	192
7.3.1 数字基带传输系统		9.4 二进制相移键控	
的基本组成	149	(2PSK 和 2DPSK)	196
7.3.2 数字基带传输系统		9.4.1 二进制绝对相移调制	
的数学分析	150	(2PSK)	196
7.4 无码间串扰的基带传输系统	151	9.4.2 二进制相对相移键控	
7.4.1 无码间串扰的系统		(2DPSK)	199
等效特性	151	9.4.3 2PSK 与 2DPSK	
7.4.2 几种常用的无码间		系统比较	202
串扰的传输特性	155	9.5 多进制数字调制系统	202
7.4.3 无码间串扰条件下噪声		9.5.1 M 进制幅移键控	203
对系统传输特性的影响	157	9.5.2 M 进制频移键控	
7.5 基带传输系统的性能改进技术	158	(MFSK)	203
7.5.1 部分响应技术	158	9.5.3 M 进制相移键控	
7.5.2 均衡技术	162	(MPSK 或 MDPSK)	204
7.6 眼图	163	9.6 数字频带传输系统比较	207
7.7 思考与练习	165	9.6.1 传输带宽和频带利用率	207
第 8 章 多路复用和数字复接技术	168	9.6.2 信号功率	207
8.1 概述	168	9.6.3 信道特性对调制	
8.2 频分复用(FDM)	168	系统影响	208
8.2.1 频分复用原理	168	9.6.4 设备复杂性与成本	208
8.2.2 模拟话音多路复用系统	169	9.7 思考与练习	209
8.3 时分复用(TDM)	170	第 10 章 现代数字调制	210
8.3.1 时分复用原理	170	10.1 四进制相移键控(4PSK 或	
8.3.2 PCM 基群帧结构	174	QPSK)的改进型	210
8.3.3 数字复接概念	175	10.1.1 参差 QPSK 调制原理	211
8.3.4 准同步数字复接(PDH)	178	10.1.2 $\pi/4$ -QPSK 调制原理	212
8.3.5 同步数字复接(SDH)	180	10.2 高斯最小频移键控	213
8.4 码分复用(CDMA)	185	10.2.1 最小频移键控	
8.5 波分复用(WDM)	185	(MSK)原理	213
8.6 思考与练习	186	10.2.2 高斯最小频移键控	214
第 9 章 数字频带传输系统	187	10.3 正交振幅调制(QAM)	216
9.1 概述	187	10.4 多载波调制	218

10.5 扩频调制原理.....219	12.2.3 插入导频法位同步 (外同步法).....246
10.5.1 伪随机码序列的 产生及性质.....220	12.2.4 位同步系统的性能和相 位误差对性能的影响.....248
10.5.2 直接序列(DS) 扩频调制.....221	12.3 群同步(帧同步).....249
10.5.3 跳频扩频调制.....222	12.3.1 起止式同步法.....249
10.6 思考与练习.....223	12.3.2 巴克码及巴克码 识别器.....249
第 11 章 用户接入网224	12.3.3 集中插入法.....252
11.1 概述.....224	12.3.4 分散插入法.....253
11.1.1 接入网的分类.....224	12.3.5 群同步的保护.....254
11.1.2 接入网的主要功能.....225	12.3.6 群同步系统的性能.....254
11.2 铜缆接入网(xDSL).....227	12.4 网同步.....255
11.2.1 概述.....227	12.4.1 网同步的基本概念.....255
11.2.2 HDSL.....227	12.4.2 全网同步系统.....256
11.2.3 ADSL.....228	12.4.3 准同步系统.....257
11.3 混合光纤/同轴电缆网(HFC).....230	12.5 思考与练习.....257
11.3.1 HFC 的结构及 频谱安排.....230	第 13 章 信息交换259
11.3.2 HFC 的技术特点.....232	13.1 概述.....259
11.4 光纤接入网(OAN).....232	13.1.1 信息交换的概念.....259
11.4.1 光纤接入网结构 及特点.....232	13.1.2 交换的种类.....259
11.4.2 FTTX.....233	13.2 电路交换方式.....260
11.5 无线接入网(WLL).....234	13.2.1 电路交换的原理.....260
11.6 思考与练习.....239	13.2.2 电路交换的优缺点.....263
第 12 章 同步原理240	13.3 报文交换方式.....263
12.1 载波同步.....240	13.3.1 报文交换的原理.....263
12.1.1 直接法(自同步法).....240	13.3.2 报文交换的优缺点.....265
12.1.2 插入导频法 (外同步法).....241	13.4 分组交换方式.....265
12.1.3 两种载波同步方法 的比较.....243	13.4.1 分组交换的原理.....265
12.1.4 载波同步系统的 性能指标.....243	13.4.2 分组交换的优缺点.....268
12.2 位同步.....243	13.5 帧中继.....269
12.2.1 引言.....243	13.5.1 帧中继的原理.....269
12.2.2 直接提取位同步信号 (自同步法).....244	13.5.2 帧中继的优缺点.....271
	13.6 ATM.....271
	13.6.1 ATM 交换的原理.....271
	13.6.2 ATM 的优缺点.....276
	13.7 几种交换方式的比较.....276
	13.8 思考与练习.....277

第 14 章 数据通信协议278	15.3 数字数据网(DDN)315
14.1 通信协议及开放系统互连 参考模型.....278	15.3.1 数字数据网概述.....315
14.1.1 通信协议的一般概念.....278	15.3.2 数字数据网的 组成和原理.....316
14.1.2 开放系统互连(OSI) 参考模型.....279	15.4 帧中继网(FRN)321
14.2 数据链路传输控制规程.....283	15.4.1 帧中继网概述.....321
14.2.1 基本概念.....283	15.4.2 帧中继网的组成 和原理.....324
14.2.2 面向字符型的传输 控制规程.....286	15.4.3 帧中继业务的应用.....328
14.2.3 面向比特型的传输 控制规程.....289	15.5 分组交换网、帧中继网 及 DDN 之间的关系329
14.2.4 数据链路传输控制 规程比较.....296	15.5.1 分组交换网、帧中继网 及 DDN 的性能比较.....329
14.3 CCITT 的 X.25 建议.....297	15.5.2 分组交换网、帧中继网 及 DDN 的适用场合.....329
14.3.1 X.25 建议概述.....297	15.5.3 分组交换网、帧中继网 及 DDN 之间的关系.....330
14.3.2 X.25 数据链路层 及其建议.....298	15.6 IP 网简介330
14.3.3 X.25 的分组层.....298	15.6.1 Internet.....330
14.4 分组装/拆(PAD)相关协议.....302	15.6.2 IP 电话.....334
14.5 TCP/IP 协议.....302	15.7 思考与练习336
14.5.1 TCP/IP 协议的 结构与组成.....302	第 16 章 现代通信系统 及技术介绍338
14.5.2 网际协议 IP.....304	16.1 数字移动通信338
14.5.3 传输控制协议 TCP.....306	16.1.1 移动通信特点与分类.....338
14.6 思考与练习.....307	16.1.2 移动通信的 组网和组成.....341
第 15 章 数据通信网309	16.1.3 GSM 数字蜂窝移动 通信系统介绍.....343
15.1 数据通信网概述.....309	16.1.4 CDMA 数字蜂窝移动 通信系统介绍.....346
15.1.1 数据通信网的 组成和分类.....309	16.2 卫星通信349
15.1.2 数据通信网的 性能指标.....309	16.2.1 概述.....349
15.2 分组交换网.....310	16.2.2 卫星通信及转发器.....352
15.2.1 分组交换网的构成.....310	16.2.3 卫星通信地球站.....353
15.2.2 分组交换网的主要技术 原理简介.....312	16.2.4 卫星通信多址 连接方式.....354
15.2.3 中国公用分组交换网 (CHINAPAC).....314	16.2.5 铱(IRIDIUM)卫星

通信系统介绍	354	16.4.3 光纤通信信号的	
16.3 数字微波通信	355	调制与解调	364
16.3.1 微波接力通信	355	16.5 软件无线电通信原理	365
16.3.2 微波多路通信	360	16.5.1 软件无线电系统	
16.4 光纤通信	362	的概念	365
16.4.1 光纤通信系统的		16.5.2 实现软件无线电	
组成及特点	362	关键技术	366
16.4.2 光纤光缆的结构		16.6 思考与练习	368
与分类	363	参考文献	369

第 1 章 绪 论

1.1 通信的基本概念

1.1.1 通信的定义

人类社会一直从自然界获取、处理、分析、交换、传递和利用信息。现代社会中,“信息”在人类社会的“物质、能源、信息”三大基础要素中的地位已上升到一个崭新的高度。人类社会是建立在信息交流的基础上,通信是推动人类社会文明不断进步与发展的巨大动力。那么什么叫通信?通信的一般定义是:从一个地方向另一个地方进行消息的有效、可靠的传送与交换。传送或交换信息所需的一切技术设备的总和,称为通信系统。

按照人类通信交流方式与技术的不同,可以把通信的历史划分为 6 个阶段:第一阶段采用原始的通信方式,即借助于人力、马力以及烽火台等通信手段传递信息;第二阶段从发明文字以及邮政通信开始;第三阶段以发明印刷术为标志;第四阶段从 1838 年发明莫尔斯电报开始,人类进入了电气通信的初级阶段;第五阶段是以 1948 年香农(Shannon)提出的信息论开始的近代通信阶段;第六阶段是以 20 世纪 80 年代出现的光纤通信系统为代表的和以综合业务数字网迅速崛起为标志的现代通信阶段。

1.1.2 通信的分类

按照不同的划分方法,通信可分成许多类。下面我们介绍几种比较常用的分类方法。

1. 按通信业务种类划分

按通信业务的种类,可分为电报、电话、传真、数据传输、可视电话、无线寻呼等。另外从广义的角度来看,广播、电视、雷达、导航、遥控、遥测也可以列入通信范畴。由于广播、电视、雷达和导航的不断发展,目前它们已从通信中分离出来,形成了独立的学科。

2. 按用户类型划分

按用户类型可分为公用通信和专用通信。公用通信如公用电话网、GSM 等;专用通信如机场通信、军事通信等。

3. 按传输媒介划分

按传输媒介可分为两类。①有线通信——即信号在电缆、光缆、波导上传输的通信,分别称为明线通信、光缆通信、波导通信;其特点是媒介能看得见,摸得着。②无线通信——即电波在空间传输的通信。无线通信按传输方式可分为微波中继通信、散射通信和卫

星通信等,按所用波段可分为超长波通信、长波通信、短波通信、超短波通信、微波通信、毫米波通信和光通信等。这种通信形式的特点是,其传输媒介(如电磁波)看不见、摸不着。

4. 按所传的信号形式划分

按所传的信号形式可分为模拟通信、数字通信和数据通信。模拟通信包括普通电话、普通传真和普通电视等。数字通信包括数字电话和数字电视等。数据和数字的定义并没有严格的区分,一般可以这样认为:数据是预先约定的具有某种含义的数字、字母或符号的组合。可用数据表示的信息是十分广泛的,例如电子邮件、各种文本文件、电子表格、数据库文件、图形和二进制可执行程序等,所以数据信号属于数字信号。

5. 按通信一方是否运动划分

按通信一方是否运动分为移动通信和固定通信。移动通信是指通信双方至少有一方在运动中进行消息的传送与交换。由于移动通信具有建网快、投资少、机动灵活的特点,它使用户能随时随地快速可靠地进行信息传递,因此,移动通信具有广阔的前景。

6. 按设备的工作频段划分

根据通信设备工作频段的不同,通常可分为长波通信、中波通信、短波通信和微波通信等。为了使您对通信中所使用的频段有一个比较全面的了解,我们把通信使用的频段及说明列入表 1.1 中,仅作为参考。

表 1.1 通信频段及传输媒介

频率范围	波 长	符 号	传输媒介	用 途
3Hz~30kHz	$10^8\text{m} \sim 10^4\text{m}$	甚低频 VLF	有线线对 长波无线电	音频、电话、数据终端、 长距离导航时标
30 kHz~300kHz	$10^4\text{m} \sim 10^3\text{m}$	低频 LF	有线线对 长波无线电	导航、信标、电力线通信
300kHz~3MHz	$10^3\text{m} \sim 10^2\text{m}$	中频 MF	有线线对、同轴电缆、 中波无线电	调幅广播、移动陆地通信、业 余无线电
3MHz~30MHz	$10^2\text{m} \sim 10\text{m}$	高频 HF	有线线对、同轴电缆、 短波无线电	移动无线电话、短波广播、定 点军用通信、业余无线电
30MHz~300MHz	$10\text{m} \sim 1\text{m}$	甚高频 VHF	有线线对、同轴电缆、 波导、米波无线电	电视、调频广播、空中管制、 车辆通信、导航、集群通信、 无线寻呼
300MHz~3GHz	$100\text{cm} \sim 10\text{cm}$	特高频 UHF	波导 分米波无线电	电视、空间遥测、雷达导航、 点对点通信、移动通信
3GHz~30GHz	$10\text{cm} \sim 1\text{cm}$	超高频 SHF	波导 厘米波无线电	微波接力、卫星和空间通信、 雷达
30GHz~300GHz	$1\text{cm} \sim 1\text{mm}$	极高频 EHF	波导 毫米波无线电	雷达、微波接力、射电天文学
$10^5\text{GHz} \sim 10^7\text{GHz}$	$3 \times 10^{-4}\text{cm} \sim 3 \times 10^{-6}\text{cm}$	紫外、 可见光 红外	光纤 激光空间传播	光通信

7. 按调制方式划分

根据消息在达到信道之前是否采取调制,通信可分为基带传输和频带传输。所谓基带传输是指信号没有经过调制而直接进入信道中传输的通信方式;而频带传输是指信号经过调制后再送到信道中传输,在接收端有相应的解调措施的通信方式。频带传输又可分为模拟频带传输和数字频带传输等。模拟频带传输还可分为 AM、FM、PM 等。数字频带传输还可分为 ASK、FSK、PSK 等。

8. 按多址复用方式划分

通信网有模拟通信网和数字(数据)通信网,按其多址方式可分为空分多址通信、频分多址通信、时分多址通信、码分多址通信和波分多址通信等多址通信复用方式。

9. 按消息传送的方向分

按消息传送的方向,通信的工作方式可分为单工通信、半双工通信及全双工通信。

所谓单工通信,是指消息只能单方向进行传输的一种通信工作方式,如图 1.1(a)所示,如广播、遥控、无线寻呼等。所谓半双工通信方式,是指通信双方都能收发消息,但不能同时进行收和发的工作方式,如图 1.1(b)所示,如对讲机、收发报机等。所谓全双工通信,是指通信双方可同时进行双向传输消息的工作方式,如图 1.1(c)所示。对于这种方式,通信双方都可同时进行消息收发,很明显,全双工通信的信道必须是双向信道,如电话、CDMA 手机等。

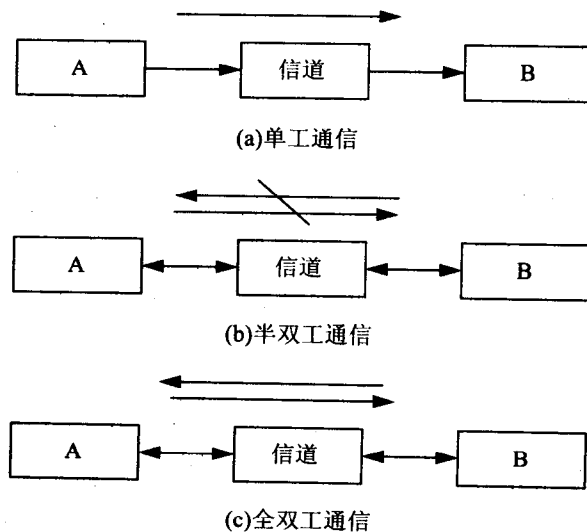


图 1.1 按消息传输方向划分的通信方式

10. 按数字信号排序划分

在数字通信中,按照数字信号排列的顺序不同,可将通信方式分为串序(串行)传输和并序(并行)传输。

所谓串序传输,是将代表消息的数字信号序列按时间顺序一个接一个地在信道中传输的方式,如图 1.2(a)所示;如果将代表消息的数字信号序列分割成两路或两路以上的数字信号序列同时在信道上传输,则称为并序传输通信方式,如图 1.2(b)所示。一般的数字通信方式大都采用串序传输,这种方式只需占用一条通路,缺点是占用时间相对较长。并序传输方式在通信中也用到,它需要占用多条通路,优点是传输时间较短。

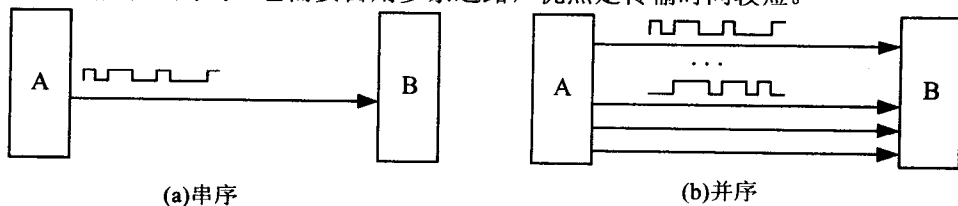


图 1.2 按信号排序划分的通信方式

11. 按通信的网络形式(拓扑结构)划分

通信的网络形式通常可分为 6 种:点对点、总线型、星型、树型、环型和网状等形式,如图 1.3 所示。

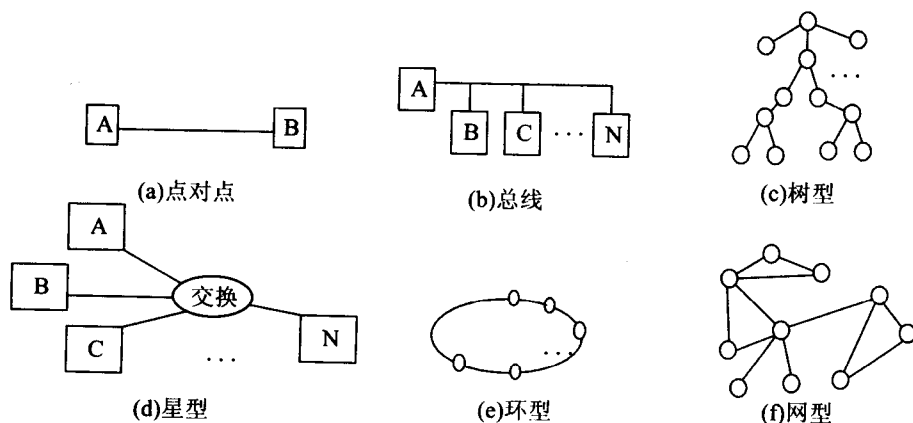


图 1.3 按网络形式划分的通信方式

另外,通信还有其他一些分类方法,如宽带通信和窄带通信;图像通信和多媒体通信等。

1.1.3 通信系统的组成

通信的任务是完成信息的传递和交换。以点对点通信为例,可以看出要实现信息从一地到另一地的传递,不论通信是何种形式都必须有 3 个组成部分:一是发送端,二是接收端,三是收发端之间的信道。图 1.4 所示为抽象概括的一般通信系统模型。

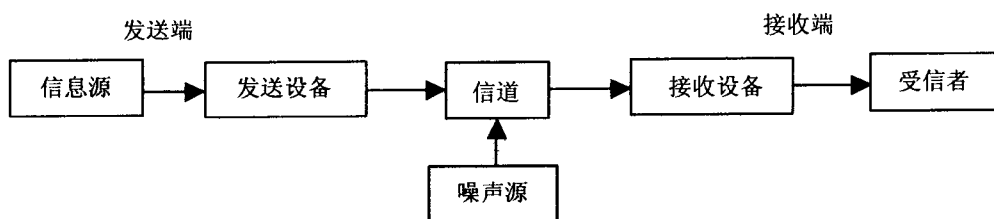


图 1.4 抽象概括的一般通信系统模型

信息源(简称信源)的作用是把待传输的消息,如语音、文字、图像、数据等,转换成原始电信号,如电话系统中电话机可看成是信息源。信息源输出的信号称为基带信号。所谓基带信号是指没有经过调制(频率搬移)的原始信号,其特点是频率较低。基带信号可分为数字基带信号和模拟基带信号。为了使原始信号(基带信号)适合在信道中传输,由发送设备对基带信号进行某种变换或处理,使之适应信道的传输特性要求。发送设备是一个总体概念,它可能包括许多具体电路和系统,通过以后的学习,将会加深这方面的了解。

信道是指传输信号的通道,即从发送设备到接收设备之间信号传送所经过的媒介。信道可以是无线的,也可以是有线的,二者均可有多种传输媒介。信道既给信号以通路,也会对信号产生各种干扰和噪声,传输媒介的固有特性和外界干扰直接关系到通信的质量。图 1.4 中所示的噪声源,是信道中的所有噪声以及分散在通信系统中其他各处噪声的集合。

在接收端,接收设备的功能正好与发送设备相反,它从收到的信号中恢复出相应的原始信号。受信者(也称信宿或接收端)会将复原的原始信号转换成相应的消息,如电话机将对方传来的电信号还原成了声音。

多数情况下,信源兼为信宿,通信的双方需要随时交流信息,因而要求双向通信。通信双方都要有发送设备和接收设备,如果有各自的传输媒介,则双方都可独立进行发送和接收。但若共用一个传输媒介,则用频率分割或时间分割的办法来共享媒介。此外通信系统除了完成信息传送之外,还进行信息的交换。传输系统和交换系统共同组成一个完整的通信系统,乃至通信网络。

前面已经提到,按照信道中所传信号的形式不同,通信可以分为模拟通信、数字通信和数据通信。为了进一步了解它们,下面分别加以论述。

1. 模拟通信系统

我们把信道中传输模拟信号的系统称为模拟通信系统。模拟通信系统可分为模拟信号的基带通信传输系统和模拟信号的频带通信系统。模拟通信系统经过规模组合之后,又可构成模拟通信网。

1) 模拟信号的基带通信系统

模拟信号的基带通信系统的组成(通常也称为模型)可由一般通信系统模型略加修改而成,如图 1.5 所示。模拟信号的基带通信系统有 3 个重要组成部分。①发送端模拟信息源,它把连续消息(模拟信号)变换成电信号(基带信号)。②对基带信号进行滤波、放大、变换和反变换处理的设备。它使信号能够可靠地在给定的信道中传输。③把电信号恢复成最初的连续消息的接收端受信设备。信源输出的电信号由于具有频率较低的频谱分量,一般不能