

国家精品课程“通信原理”主教材



高等院校电子信息科学与工程类

• 通信工程专业教材 •

通信原理教程 (第2版)

达新宇 陈树新 王 瑜 林家薇 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

国家精品课程“通信原理”主教材

高等院校电子信息科学与工程类 * 通信工程专业教材

通信原理教程

(第2版)

达新宇 陈树新 王 瑜 林家薇 编著

北京邮电大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统全面地介绍了通信系统中的基本概念、工作原理、主要技术及分析方法。具体内容包括:通信中信号分析、模拟调制系统、数字基带传输系统、数字频带传输系统、模拟信号数字化传输、同步原理、信道编码原理、数字信号最佳接收、信息论基础。

本书可作为高等院校通信工程、信息工程、计算机等电子信息类专业“通信原理”、“现代通信理论”、“数字通信”等课程的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理教程/达新宇等编著. —2版. —北京:北京邮电大学出版社,2009
ISBN 978-7-5635-2034-3

I. 通… II. 达… III. 通信理论—高等学校—教材 IV. TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 122448 号

书 名: 通信原理教程(第 2 版)

作 者: 达新宇 陈树新 王 瑜 林家薇

责任编辑: 赵健琳

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 23.5

字 数: 592 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2005 年 1 月第 1 版 2009 年 8 月第 2 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2034-3

定 价: 39.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

第 2 版前言

本书自 2005 年出版以来,先后印刷了 5 次,在近 20 多所高校使用,使我们感到欣慰。再版的动因有三方面:一是在此 5 年间,作者就该教材内容方面与多所高校使用此教材的老师进行了广泛的交流,获得了有益的建议;二是通信技术发展日新月异;三是原版中有些内容和印刷错误需要调整与修正。

考虑到课程内容的系统性以及院校使用需求的连贯性,第 2 版在选材上仍然注重了传统通信理论的系统性、实用性与现代通信技术的先进性等方面的有机结合;内容编排上体现了课程教学设计,注重内容提炼,避免抽象的理论表述与复杂的公式推导;编写上力求简明扼要、深入浅出;强调基本概念、基本原理与基本技术的准确易懂。

第 2 版保持了第 1 版的风貌与格式,内容上尽量避免进行大幅度的变动。本书与第 1 版相比,改动的内容如下。

1. 全书由 11 章内容变成了 10 章内容,删掉了第 1 版中第 11 章现代通信系统简介。
2. 对第 2 章通信中信号分析、第 3 章模拟调制系统、第 5 章数字频带传输系统、第 7 章同步原理、第 8 章信道编码原理的部分内容进行了改动,删除了一些内容,也增添了部分新内容。
3. 对原来各章中的个别错误之处进行了更正。

第 2 版中,第 1、3、4、7、9 章由达新宇修编,第 2、5、6、8、10 章由陈树新修编,最后达新宇对全书进行了统稿。

该教材是国家精品课程“通信原理”主教材,也是全军百门优质课程“通信原理”课程的专用教材。该教材配套的资料有:

供教师使用的“通信原理课程电子教案”;

通信原理网络课程;

实践性教材《通信原理实验与课程设计》;

通信原理习题集;

通信原理习题解答。

欢迎各位老师及读者通过以下方式联系:

E-mail: 1 daxinyu@2008. sina. com

2 daxinyu@vip. sina. com

由于编者水平有限,书中错误在所难免,敬请广大读者不吝赐教。

作 者

第 1 版前言

“通信原理”课程是通信工程、信息工程、网络工程、信息对抗、指挥自动化等电子信息类专业的一门重要专业理论课或专业基础课。它是一般专业基础课与专业课(设备装备课)之间的桥梁,承担着从一般基础理论到实践应用、从个体功能到整体系统的重要过渡,对培养学生通信理论分析与综合应用能力有着非常重要的作用。随着信息时代的发展,通信知识不仅是通信专业学生掌握的内容,而且已经成为电子类各专业学生学习了解的内容。本书系统地介绍了现代通信系统的基本概念、工作原理、主要技术及分析方法。

全书共分 11 章。第 1 章绪论,主要介绍通信的基本概念、通信系统的组成、工作方式、发展历史、衡量通信系统的性能指标及通信信道等内容;第 2 章通信中信号分析,主要表述通信理论以及分析计算通信系统时必需的数学基础知识和相关专业基础知识;第 3 章模拟调制系统,主要介绍模拟通信中调制解调方法、系统性能分析、频分复用(FDM)、加重技术等相关内容;第 4 章数字基带传输系统,主要介绍数字基带信号波形、传输码型、码间串扰,理想基带传输系统与性能、眼图、时域均衡等;第 5 章数字频带传输系统,主要介绍二进制、多进制数字幅移键控(ASK)、频移键控(FSK)、相移键控(PSK)的调制解调、系统抗噪声性能分析、正交振幅调制(QAM)、最小频移键控(MSK)、正交频分复用(OFDM)、可变速率调制等原理与新技术;第 6 章模拟信号数字化传输,主要介绍 PCM、 Δ M、DPCM 等模拟信号数字化方法;第 7 章同步原理,主要介绍同步基本概念、载波同步、位同步、帧同步的实现方法与系统性能指标;第 8 章差错控制编码,主要介绍差错控制编码的基本概念、线性分组码、循环码、卷积码以及 RS 码、Turbo 码、TCM 码等;第 9 章数字信号最佳接收原理,主要介绍数字信号最佳接收准则,二元确知信号的最佳接收等内容;第 10 章信息论基础;第 11 章现代通信系统简介,简单介绍移动通信系统、卫星通信系统等概况。为便于学习,各章后都有本章小结、思考与练习。全书后附加了常用三角公式、希尔伯特变换、贝塞尔函数、Q 函数和误差函数,以及通信中常见缩略语英汉对照表。

全书在选材上注重了传统通信理论的系统性、实用性与现代通信技术先进性的有机结合;内容编排上体现了课程教学设计,注重内容提炼,避免抽象的理论表述与复杂的公式推导;编写上力求简明扼要、深入浅出;强调基本概念、基本原理与基本技术的准确易懂。

本书第 1、3、7 章由达新宇编写,第 2、6、10、11 章由陈树新编写,第 5、9 章由林家薇编写,第 4、8 章由王瑜编写。达新宇规划并统稿全书。

本书是 21 世纪高等院校电子信息类规划教材,也是全军重点建设的百门优质课程(通信原理)的规划教材,课程教学配有教师电子教案、“通信原理网络课程”、《通信原理实验与课程设计》等教学辅助软件和书籍,需要者请与作者联系。

由于编者水平有限,书中错误在所难免,敬请广大读者不吝赐教。

E-mail:daxinyu@vip.sina.com

作 者

本书使用的符号与说明

量或单位符号	名 称	量或单位符号	名 称
a	平均值	J	焦耳
a_i	预测系数	k	整数
A, A_0	振幅	K	整数, 信息码位数
bit	比特	L	平均码字长度
bit/s	比特每秒	m	调幅度
B	带宽	M	量化电平数
B	字节, 波特	$m(t)$	模拟调制信号
c	常数	m_i	调制指数
C	信道容量	n	整数, 正整数, 总码元数
$C(f)$	信道的传输函数	n_0	白噪声单边功率谱密度
$C(jn\omega)$	周期性功率信号的频率	N	正整数, 噪声功率
$d(t)$	数字基带信号	N_0	输出噪声功率
d_0	最小码距	N_q	量化噪声功率
E	信号能量	P	功率, 信号平均功率, 概率
e_k	误差、预测误差	$P(f)$	信号功率谱密度
$\text{erf}(x)$	误差函数	P_e	误码率
$\text{erfc}(x)$	补误差函数	$P(X, Y)$	联合概率
F	标志字段, 帧	$P(X/Y)$	条件概率
$f(t)$	调制信号	$P(y_i/x_i)$	转移概率
$f(x)$	概率密度函数	pix	像素
f_m	调制信号频率	q_k	量化电平
f_c	载波频率	Q	品质因数
f_s	抽样频率	r	信号噪声功率比, 监督码元数
$F(\omega)$	频谱函数	R	电阻
$F_X(x)$	X 的概率分布函数	R_b	信息速率
$g(x)$	生成多项式	R_B	码元速率
G	调制制度增益, 生成矩阵	$R(j)$	数字信号的自相关函数
$G(f)$	信号能量谱密度	$R(\tau)$	自相关函数
$G_T(f)$	发送滤波器的传输函数	$R_{12}(\tau)$	互相关函数
$G_R(f)$	接收滤波器的传输函数	s	秒
H	监督矩阵	S	信号功率
$H(\omega)$	传输函数	s_k	信号抽样值
Hz	赫兹	S_q	量化信号功率
I	信息帧	$S(f)$	能量信号谱密度
I	信息量	$S(\omega)$	$s(t)$ 的傅里叶变换

续表

量或单位符号	名 称	量或单位符号	名 称
$s(t)$	信号时间波形	$\delta(t)$	单位冲激函数
$\text{Sa}(t)$	抽样函数	$\delta_T(t)$	周期性单位冲激函数
T	线性运算,码元持续时间	Δ	量化台阶
T_b	每比特持续时间	Δf	频带宽度,频率偏移
$u(t)$	单位阶跃函数	Δv	量化间隔
V	伏特	$\Delta\varphi_0$	稳态相差
V	电压	σ_n	标准偏离
W	瓦特	σ_n^2	噪声方差
x	随机变量的取值	σ_φ	相位抖动
X	随机变量,信源	$\phi(x)$	概率积分函数
$X(t)$	随机过程	φ_0	初始相位
$X_i(t)$	随机过程的一个实现	Ω	欧姆
$y(t)$	输出信号	η	效率,频带利用率

目 录

第 1 章 绪论

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 通信方式	3
1.2 通信系统的组成	4
1.2.1 一般组成	4
1.2.2 模拟通信系统组成	5
1.2.3 数字通信系统组成	5
1.2.4 数字通信的优缺点	7
1.3 通信发展概况	8
1.4 通信系统的主要性能指标	9
1.4.1 一般通信系统的性能指标	9
1.4.2 信息及其量度	10
1.4.3 数字通信系统有效性指标的具体表述	11
1.4.4 数字通信系统可靠性指标的具体表述	12
1.5 信道	12
1.5.1 信道的定义	12
1.5.2 信道的分类	13
1.5.3 信道的模型	13
1.5.4 恒参信道及其对所传信号的影响	15
1.5.5 变参信道及其对所传信号的影响	17
本章小结	21
思考与练习	21

第 2 章 通信中的信号分析

2.1 引言	23
2.2 信号与系统的频域分析	24
2.2.1 周期信号的频谱分析	24
2.2.2 非周期信号的频谱分析	25

2.2.3 傅里叶变换的性质及应用	26
2.3 随机过程的概念与描述	29
2.3.1 随机过程的基本概念	30
2.3.2 随机过程的统计描述	30
2.3.3 随机过程的数值特征	31
2.4 平稳随机过程及其特性分析	32
2.4.1 平稳随机过程	32
2.4.2 平稳随机过程的特性分析	33
2.5 通信系统中常见的噪声	35
2.5.1 白噪声	35
2.5.2 高斯噪声	36
2.5.3 窄带高斯噪声	37
2.6 噪声对信号和系统的影响	39
2.6.1 正弦波加窄带高斯噪声	39
2.6.2 随机过程通过线性系统	40
本章小结	42
思考与练习	43

第3章 模拟调制系统

3.1 概述	45
3.1.1 调制的作用	45
3.1.2 调制的分类	46
3.1.3 本章研究的问题	47
3.2 线性调制	48
3.2.1 振幅调制	48
3.2.2 双边带调制	52
3.2.3 单边带调制	54
3.2.4 残留边带调制	61
3.3 线性调制系统性能分析	65
3.3.1 相干解调系统性能分析	66
3.3.2 非相干解调系统性能分析	71
3.4 非线性调制	74
3.4.1 角度调制的基本概念	74
3.4.2 调频信号的产生	82
3.4.3 调频信号的解调	84
3.5 调频系统的性能分析	88
3.5.1 分析模型	88
3.5.2 非相干解调系统性能分析	88
3.6 调频信号解调的门限效应	92

3.7 加重技术	94
3.8 频分复用技术	96
本章小结	97
思考与练习	99

第4章 数字基带传输系统

4.1 数字基带信号的常用码型	103
4.2 数字基带信号的功率谱密度	110
4.2.1 随机序列的功率谱密度	110
4.2.2 功率谱密度计算举例	113
4.3 数字基带传输系统	114
4.3.1 数字基带传输系统的基本组成	114
4.3.2 数字基带传输系统的数学分析	115
4.3.3 码间串扰的消除	116
4.4 数字基带传输中的码间串扰	117
4.4.1 无码间串扰的基带传输系统	117
4.4.2 理想基带传输系统	117
4.4.3 无码间串扰的等效特性	118
4.4.4 升余弦滚降传输特性	119
4.5 数字基带传输系统的性能分析	121
4.5.1 信号与噪声分析	121
4.5.2 误码率 P_e 的计算公式	122
4.6 眼图	124
4.7 时域均衡	125
4.8 部分响应系统	127
4.8.1 部分响应波形	127
4.8.2 差错传播	128
4.8.3 相关编码和预编码	129
4.8.4 部分响应波形的一般表示式	130
本章小结	131
思考与练习	131

第5章 数字频带传输系统

5.1 二进制幅移键控(2ASK)	134
5.1.1 基本原理	134
5.1.2 功率谱及带宽	136
5.1.3 抗噪声性能分析	137
5.2 二进制频移键控(2FSK)	140
5.2.1 调制原理与实现方法	141

5.2.2	2FSK 信号的解调	142
5.2.3	功率谱及带宽	144
5.2.4	系统的抗噪声性能分析	145
5.3	二进制相移键控(2PSK)	149
5.3.1	二进制绝对相移键控(2PSK)	150
5.3.2	二进制差分相移键控(2DPSK)	154
5.4	二进制数字调制系统的性能比较	160
5.5	多进制数字调制	162
5.5.1	多进制幅移键控(MASK)	162
5.5.2	多进制频移键控(MFSK)	165
5.5.3	多进制绝对相移键控(MPSK)	167
5.5.4	多进制差分相移键控(MDPSK)	170
5.6	现代数字调制技术介绍	172
5.6.1	正交振幅调制(QAM)	172
5.6.2	最小频移键控(MSK)	174
5.6.3	正交频分复用(OFDM)	179
	本章小结	183
	思考与习题	184

第6章 模拟信号的数字传输

6.1	引言	187
6.2	抽样定理	188
6.3	脉冲振幅调制	189
6.3.1	自然抽样	190
6.3.2	平顶抽样	191
6.4	模拟信号的量化	193
6.4.1	量化的基本概念	193
6.4.2	均匀量化和量化信噪功率比	194
6.4.3	非均匀量化	195
6.5	脉冲编码调制原理	199
6.5.1	常用的二进制编码码型	199
6.5.2	13 折线的码位安排	201
6.5.3	逐次比较型编码原理	202
6.5.4	译码原理	205
6.5.5	PCM 信号的码元速率和带宽	206
6.5.6	PCM 系统的抗噪性能	206
6.6	增量调制	207
6.6.1	简单增量调制	208
6.6.2	增量调制的过载特性与编码的动态范围	210

6.6.3 增量调制的抗噪性能	212
6.7 改进型增量调制	214
6.7.1 总和增量调制	214
6.7.2 数字音节压扩自适应增量调制	216
6.7.3 数字音节压扩总和增量调制	218
6.7.4 脉码增量调制	218
6.8 时分复用和多路数字电话系统	219
6.8.1 PAM 时分复用原理	220
6.8.2 时分复用的 PCM 系统	221
6.8.3 32 路 PCM 的帧结构	222
6.8.4 PCM 的高次群	223
6.9 压缩编码技术	224
6.9.1 压缩编码中的主要概念	224
6.9.2 压缩编码的基本原理和方法	225
6.9.3 音频信号的压缩方法与标准	226
本章小结	228
思考与练习	229

第 7 章 同步原理

7.1 同步的分类	231
7.1.1 按同步的功能分类	231
7.1.2 按同步的实现方式分类	233
7.2 载波同步	233
7.2.1 直接法	233
7.2.2 插入导频法	237
7.2.3 载波同步的性能指标	241
7.2.4 载波频率误差和相位误差对解调性能的影响	243
7.3 位同步	244
7.3.1 位同步作用与分类	244
7.3.2 插入导频法	245
7.3.3 直接法	246
7.3.4 位同步系统性能指标	249
7.4 帧同步	252
7.4.1 帧同步的方法	252
7.4.2 帧同步的性能	258
7.4.3 帧同步的保护	260
本章小结	262
思考与练习	263

第8章 差错控制编码

8.1 差错控制编码基础	265
8.1.1 差错控制编码的分类	265
8.1.2 差错控制方式	266
8.1.3 码重、码距及检错、纠错能力	267
8.2 常用简单分组码	270
8.2.1 奇偶监督码	270
8.2.2 行列监督码	271
8.2.3 恒比码	272
8.3 线性分组码	272
8.3.1 基本概念	273
8.3.2 监督矩阵 H 和生成矩阵 G	275
8.3.3 校验子 S	276
8.3.4 汉明码	276
8.4 循环码	277
8.4.1 基本概念	277
8.4.2 生成矩阵 G 和监督矩阵 H	279
8.4.3 循环码的编、译码方法	281
8.4.4 BCH 码	283
8.5 卷积码	285
8.5.1 基本概念	286
8.5.2 卷积码的图解表示	286
8.5.3 维特比译码	288
8.6 新型信道编码技术简介	289
8.6.1 网格编码调制(TCM)	289
8.6.2 Turbo 码	291
本章小结	293
思考与习题	294

第9章 数字信号最佳接收

9.1 二元假设检验的判决准则	297
9.1.1 二元假设检验的模型	297
9.1.2 最大后验概率准则	298
9.1.3 最小平均风险准则	299
9.1.4 错误概率最小准则	300
9.2 二元确知信号的最佳接收	301
9.2.1 最佳接收机结构	301
9.2.2 最佳接收机的性能分析	305

9.2.3 实际接收机与最佳接收机的比较	307
9.3 二元随相信号的最佳接收	308
9.3.1 最佳接收机模型	309
9.3.2 最佳接收机检测性能	311
9.4 匹配滤波器及其应用	313
9.4.1 匹配滤波器的原理	313
9.4.2 匹配滤波器的性质	315
9.4.3 匹配滤波器组成的最佳接收机	317
本章小结	319
思考与练习	320

第 10 章 信息论基础

10.1 引言	323
10.2 信源及信源的熵	324
10.2.1 信源的描述及分类	324
10.2.2 自信息量	325
10.2.3 离散信源的熵	326
10.3 无失真信源编码	327
10.3.1 编码的定义	327
10.3.2 定长编码定理	329
10.3.3 变长编码定理	330
10.3.4 哈夫曼编码方法	331
10.4 信道模型及信道容量	333
10.4.1 信道模型	333
10.4.2 互信息量	334
10.4.3 DMC 信道的容量	336
10.5 香农公式及其应用	337
10.5.1 香农公式	337
10.5.2 香农公式的应用	337
本章小结	338
思考与练习	339

附录 A 常用三角公式	340
-------------------	-----

附录 B 希尔伯特变换	341
-------------------	-----

附录 C Q 函数和误差函数	344
------------------------	-----

附录 D 信号空间方法	346
-------------------	-----

附录 E 缩略语英汉对照表	350
---------------------	-----

参考文献	357
------------	-----

第 1 章

绪 论

通信是推动人类社会文明、进步与发展的动力。在现代社会中,通信与每个人息息相关。本章主要介绍通信的基本概念,如通信的定义、分类和工作方式,通信系统的组成、衡量通信系统的主要质量指标及通信信道等。

1.1 通信的基本概念

从远古时代到现代文明社会,人类社会的各种活动都与通信密切相关,特别是当今世界已进入信息时代,通信已渗透到社会各个领域和阶层,通信产品随处可见。通信对人们日常生活和社会活动将起到越来越重要的作用。通信已成为人类社会现代文明的标志之一。

1.1.1 通信的定义

一般地说,通信(Communication)是指由一地向另一地进行消息的有效传递。满足此定义的例子很多,如打电话,它是利用电话(系统)来传递消息;两个人之间的对话,亦是利用声音来传递消息,不过只是通信距离非常短而已;古代“消息树”、“烽火台”和现代仍使用的“信号灯”等也是利用不同方式传递消息的,理应归属通信之列。

随着社会生产力的发展,人们对传递消息的要求越来越高。在各种各样的通信方式中,利用“电”来传递消息的通信方式称之为电信(Telecommunication)。这种通信具有迅速、准确、可靠、远距离等特点,而且几乎不受时间、地点、空间和距离的限制,因而得到了飞速发展和广泛应用。如今,在自然科学中,“通信”与“电信”几乎是同义词了。本书中所说的通信,均指电信。这里不妨对通信重新定义:即利用现代技术手段,借助电信号(含光信号)实现从一地向另一地(多地)进行消息的有效传递和交换的过程称为通信。

从本质上讲,通信是实现信息传递功能的一门科学技术,它要将大量有用的信息无失真、高效率地进行传输,同时还要在传输过程中将无用信息和有害信息抑制掉。当今的通信不仅要有效地传递信息,而且还有存储、处理、采集及显示等功能,通信已成为信息科学技术的一个重要组成部分。

1.1.2 通信的分类

通信的目的是传递消息。通信按照不同的分法,可分成许多类,因此将会引出诸多名词、术语,下面介绍几种较常用的分类方法。

1. 按传输媒介分

按消息由一地向另一地传递时传输媒介的不同,通信可分为两大类:一类称为有线通信,另一类称为无线通信。所谓有线通信,是指传输媒介为导线、电缆、光缆、波导等形式的通信,其特点是媒介能看得见、摸得着。所谓无线通信,是指传输消息的媒介为看不见、摸不着的媒介(如电磁波)的一种通信形式。

通常,有线通信亦可进一步再分类,如明线通信、电缆通信、光缆通信等。无线通信常见的形式有微波通信、短波通信、移动通信、卫星通信、散射通信等,其形式较多。

2. 按信道中所传信号的不同分

根据通信信道中传送的信号类型,通信可分为数字通信和模拟通信。数字通信就是指信道中传输的信号属于数字信号的通信。如果信道中传输的信号是模拟信号则称为模拟通信。

3. 按工作频段分

根据通信设备的工作频率不同,通信通常可分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信、光通信等。为了比较全面地对通信中所使用的频段有所了解,下面把通信使用的频段及说明列入表 1.1.1 中,仅作为参考。

表 1.1.1 通信使用的频段及说明

频率范围	波长	符号	传输媒介	用途
3 Hz~30 kHz	$10^8 \sim 10^4$ 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
30~300 kHz	$10^4 \sim 10^3$ m	低频 LF	有线线对、长波无线电	导航、信标、电力线通信
300 kHz~3 MHz	$10^3 \sim 10^2$ m	中频 MF	同轴电缆、短波无线电	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电
3~30 MHz	$10^2 \sim 10$ m	高频 HF	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
30~300 MHz	10~1 m	甚高频 VHF	超短波、米波无线电	电视、调频广播、空中管制、车辆、通信、导航
300 MHz~3 GHz	100~10 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
3~30 GHz	10~1 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
30~300 GHz	10~1 mm	极高频 EHF	波导、毫米波无线电	卫星、雷达、微波接力、射电天文学
$10^5 \sim 10^7$ GHz	$3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-6}$ cm	紫外光、红外光、可见光	光纤、激光空间传播	光通信

通信中,系统的工作频率和工作波长可互换,公式为

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.1.1)$$

式(1.1.1)中, λ 为信号的工作波长; f 为工作频率; c 为电波在自由空间中的传播速度,通常认为 $c \approx 3 \times 10^8$ m/s。

4. 按调制方式分

根据消息在送到信道之前是否采用调制,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(即频率搬移),直接送到信道中去传输的一种方式;而频带传输是指信号在发送端经过调制后再送到信道中传输,接收端有相应解调措施的通信系统。基带传输和频带传输的详细内容,将分别在第4章和第5章中论述。

5. 按业务的不同分

根据通信的具体业务,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、遥测等也应列入通信的范畴,因为它们都满足通信的定义。由于广播、电视、雷达、导航等的不断发展,目前它们已从通信中派生出来,形成了独立的学科。

6. 按受信者是否运动分

通信还可按通信者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信息交换。由于移动通信具有建网快、投资少、机动灵活等特点,使用户能随时随地快速、可靠地进行信息传递,因此,移动通信已成为现代通信中的三大新兴通信方式之一。

另外,通信还有其他一些分类方法,如按多址方式可分为频分多址通信、时分多址通信、码分多址通信等;按用户类型可分为公用通信和专用通信等。

1.1.3 通信方式

通信方式是指从系统的角度出发而得到的通信系统的工作方式。

1. 按消息传送的方向与时间分

通常,如果通信仅在点对点或一点对多点之间进行,那么,按消息传送的方向与时间不同,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1.1.1(a)所示。单工通信的例子很多,如广播、传统电视、遥控、无线寻呼等。这里,信号(消息)只从广播发射台、电视发射中心、遥控器和无线寻呼中心分别传到收音机、电视机、遥控对象和寻呼机上。

所谓半双工通信,是指通信双方都能收发消息,但不能同时进行收和发的一种形式,如图1.1.1(b)所示。例如对讲机、收/发报机等都是这种通信方式。

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。这种方式如图1.1.1(c)所示,双方可同时进行收发消息。很明显,全双工通信的信道必须是双向信道。生活中全双工通信的例子非常多,如普通电话、各种手机等。

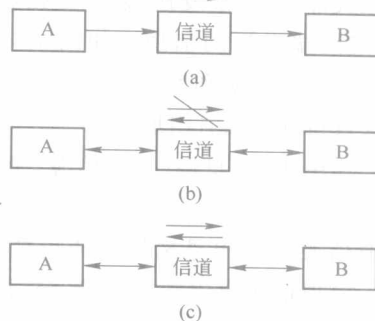


图 1.1.1 按消息传送的方向和时间划分的通信方式