



高等学校信息工程类“十二五”规划教材

通信原理

(第二版)

◎ 黄葆华 杨晓静 吕 晶 编著
王兴亮 主审

TONGXINYUANLI



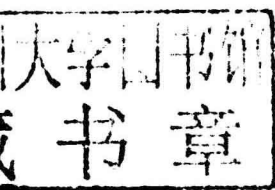
西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校信息工程类专业“十二五”规划教材

通信原理

(第二版)

黄葆华 杨晓静 吕晶 编著
王兴亮 主审



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以各种现代通信系统的基本组成为模型,全面系统地论述了现代通信的基本原理和技术。全书共11章,内容包括:预备知识、各类通信信道的介绍、模拟通信系统、数字通信系统、模拟信号的数字传输、最佳接收技术、信道编码技术和同步系统等。

本书的最大特点是物理概念清楚,公式推导详略得当,内容叙述深入浅出,语言流畅,条理清楚,例题丰富,便于读者自学以及组织实施教学活动。

本书的另一个特色是各章均有完整的知识点小结、自测自评题及答案,便于读者更好地熟悉、提炼所学内容,以及对所学内容的掌握情况进行自我检查,有助于更好地掌握所学知识。

本书适用面宽,既可作为通信工程、电子工程、信息工程及相关专业的本科生教材,也可作为广大科技人员的参考书。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理/黄葆华,杨晓静,吕晶编著. —2版

—西安:西安电子科技大学出版社,2012.5

高等学校信息工程类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2751-9

I. ①通… II. ①黄… ②杨… ③吕… III. ①通信理论—高等学校—教材 IV. ①TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 011366 号

策 划 马乐惠

责任编辑 陈 婷 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

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2012年5月第2版 2012年5月第3次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 21

字 数 493千字

印 数 10 001~14 000册

定 价 36.00元

ISBN 978-7-5606-2751-9/TN·0642

XDUP 3043002-3

*** 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。

前 言

本书自出版以来,受到广大读者的关心和支持,不少高校选用该书作为通信工程、电子工程、信息工程、计算机网络等多个专业、不同层次学生的教材。在此,向选用本教材的广大读者表示诚挚的感谢。

本书在保持第一版书特色的基础上作了进一步的完善,主要修订内容有:

(1) 将第一版书各章后的小结改为知识点小结。知识点小结详细归纳了各章的主要概念、基本原理、常用实现方法、重要公式等,帮助学生更好地熟悉、掌握和提炼所学知识,有助于形成完整的通信原理知识体系。

(2) 在每章的后面增加了自测自评题,并给了完整的解答。其目的是便于读者对所学内容的掌握情况进行自我检查,同时也能加深对重要概念和原理的理解,还能提高解题能力,为进一步的学习打下坚实基础。

(3) 在保持整体结构不变的情况下,对第一版书中部分章节的内容做了适当的修改、更正和更新,使本书内容更完善,力求在介绍基本原理的同时体现现代通信技术的新成果,努力使理论与实践相结合。

本书由南京解放军理工大学通信工程学院黄葆华、吕晶和合肥解放军电子工程学院杨晓静合作编写。杨晓静编写了第1~5章的内容,黄葆华编写了第6~11章的内容。修订工作由黄葆华和吕晶完成。

编 者

2012年1月

第一版前言

“通信原理”是通信、电子与信息专业的一门主干课程，由于涉及到大量的数学知识和抽象概念，因此学生的学习和教师的授课都存在较大的难度。为此，我们结合多年的“通信原理”教学实践所积累的经验编写了此教材，希望给读者奉献一本看得懂、学得会、内容完整、概念清楚、深度适中的“通信原理”教材，能对读者学好此课程有所帮助。

本书在讲解通信系统时，首先建立系统模型，介绍了整个系统的工作原理；然后再依次讨论系统各组成模块的功能、实现方法；最后讨论了噪声、干扰等对系统性能的影响，使读者能很好地建立通信系统的整体概念，掌握系统中各模块的功能与实现手段，掌握通信系统的关键技术和分析通信系统性能的基本方法。

我们在本书的编写中吸收了国外经典教材的优点，力求物理概念清楚，对一些公式的推导进行了适当的取舍。对一些繁琐的推导过程进行了简化，将重点放在推导的思路、结论的物理意义及实际应用上。另外，我们在教学中体会到，例题在理解一些重点或难点内容时非常有效，因此，我们在各章节的相关内容中增加了许多精心选取的具有很强针对性的例题。

全书共 11 章。

第 1 章主要内容有通信系统的组成、数字通信的优点、信息的度量及香农公式、通信系统的性能指标等。

第 2 章、第 3 章是学习“通信原理”的预备知识。第 2 章讨论确知信号的分析，第 3 章讨论随机信号的分析。这两章的主要内容有信号的频谱分析、随机过程、噪声等。

第 4 章对各种类型的信道进行了讨论，指出了各种信道的特点。

第 5 章讨论了模拟调制系统。主要内容有各种模拟调制技术的实现方法及抗噪声性能。

第 6 章讨论了模拟信号的数字传输系统。主要内容有脉冲编码调制(PCM)和增量调制(ΔM)的实现方法及性能分析、时分复用原理等。

第 7 章讨论了数字信号的基带传输系统。主要内容有数字基带系统的工作原理及各部分的功能、数字基带信号的常用码型、数字基带信号的功率谱分析方法、无码间干扰传输系统，以及提高数字基带系统性能的部分响应技术和均衡技术等。

第 8 章讨论了数字调制技术。主要内容有各种二进制调制技术的实现方法及系统性能分析、现代调制技术介绍等。

第 9 章讨论了数字信号的最佳接收。主要内容有匹配滤波器、最佳接收机结构及误码性能分析等。

第10章讨论了数字通信系统中的信道编码技术。主要内容有信道编码的基本概念,线性分组码、循环码、卷积码的编译码方法, m 序列的产生及应用等。

第11章讨论了通信系统中的同步问题。主要内容有载波同步、位同步和群同步的作用、实现方法及性能指标等。

本书由南京解放军理工大学通信工程学院黄葆华、牟华坤和合肥解放军电子工程学院杨晓静合作编写。杨晓静编写了第1~5章的内容;黄葆华编写了第6~10章的内容;第11章及附录由黄葆华和牟华坤共同编写。黄葆华对全书初稿作了修改和定稿,统编全书。长安大学信息工程学院的张卫刚教授担任了本书的主审;本书编写过程中,也得到了解放军理工大学通信工程学院张宝富教授、潘焱副教授的关心和支持,均在此表示感谢!

全书计划学时数为80学时。也可根据需要对内容作适当删减。

由于作者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者
2006年11月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 通信的概念及系统模型	1
1.1.1 通信的概念	1
1.1.2 通信系统的基本模型	2
1.1.3 模拟与数字通信	3
1.2 通信系统的分类及通信方式	4
1.2.1 通信系统的分类	4
1.2.2 通信的方式	5
1.3 信息的度量及平均信息量	5
1.3.1 信息的度量	5
1.3.2 平均信息量	6
1.4 通信系统的主要性能指标	7
1.4.1 模拟通信系统的有效性 with 可靠性	7
1.4.2 数字通信系统的有效性 with 可靠性	8
1.5 通信的发展过程	10
习题	12
本章知识点小结	13
本章自测自评题	15
第 2 章 确知信号分析	18
2.1 引言	18
2.2 周期信号的频谱分析	19
2.3 非周期信号的频谱分析	21
2.3.1 傅氏变换与频谱函数	21
2.3.2 通信中常用信号的频谱函数	21
2.3.3 周期信号的频谱函数	23
2.4 傅氏变换的基本性质及应用	26
2.4.1 频率卷积定理及其应用	26
2.4.2 时域卷积定理及其应用	27
2.5 波形相关	28
2.5.1 相关函数	28
2.5.2 相关系数	29
2.6 谱密度和帕塞瓦尔定理	30
2.6.1 能量信号的帕塞瓦尔定理和能量谱密度	30

2.6.2 功率信号的帕塞瓦尔定理和功率谱密度	31
2.7 信号的带宽	32
习题	34
本章知识点小结	36
本章自测自评题	38
第3章 随机信号分析	41
3.1 引言	41
3.2 随机变量	41
3.2.1 什么是随机变量	41
3.2.2 概率及概率密度函数	41
3.2.3 随机变量的数字特征	44
3.3 随机过程	45
3.3.1 随机过程的定义	46
3.3.2 随机过程的统计特性	46
3.3.3 平稳随机过程	48
3.3.4 平稳随机过程的功率谱密度	49
3.4 随机过程通过线性系统	51
3.4.1 输出随机过程 $Y(t)$ 的数学期望	51
3.4.2 输出随机过程 $Y(t)$ 的自相关函数	52
3.4.3 输出随机过程 $Y(t)$ 的功率谱密度	52
3.4.4 输出随机过程的概率分布	53
3.5 通信系统中的噪声	54
3.5.1 噪声的分类	54
3.5.2 白噪声	55
3.5.3 低通型白噪声	55
3.5.4 带通型白噪声及窄带高斯噪声	57
习题	60
本章知识点小结	61
本章自测自评题	63
第4章 信道	66
4.1 引言	66
4.2 广义信道的定义及其数学模型	66
4.3 恒参信道特性及其对信号传输的影响	68
4.4 随参信道特性及其对信号传输的影响	71
4.4.1 随参信道特性	71
4.4.2 多径传播及其影响	71
4.5 随参信道特性的改善技术	74
4.6 信道容量	76
习题	78
本章知识点小结	78
本章自测自评题	80
第5章 模拟调制系统	82

5.1 引言	82
5.2 幅度调制	83
5.2.1 标准调幅(AM)	83
5.2.2 抑制载波双边带调制(DSB)	85
5.2.3 单边带调制(SSB)	86
5.2.4 残留边带调制(VSB)	87
5.2.5 调幅信号的解调	88
5.2.6 幅度调制系统的抗噪声性能	90
5.3 角度调制	93
5.3.1 角度调制的基本概念	93
5.3.2 窄带调频(NBFM)	95
5.3.3 宽带调频(WBFM)	97
5.3.4 角度调制系统与幅度调制系统的抗噪声性能比较	98
5.4 频分复用(FDM)	99
5.5 模拟调制系统应用举例	100
5.5.1 载波电话系统	100
5.5.2 电视	102
习题	103
本章知识点小结	104
本章自测自评题	106
第6章 模拟信号的数字传输	109
6.1 引言	109
6.2 脉冲编码调制(PCM)	109
6.2.1 取样	111
6.2.2 量化	114
6.2.3 编码	120
6.2.4 PCM系统误码噪声	122
6.3 增量调制(ΔM)	123
6.3.1 简单增量调制	123
6.3.2 简单增量调制系统中的量化噪声	125
6.3.3 自适应增量调制	128
6.3.4 PCM与 ΔM 系统性能比较	129
6.4 时分复用(TDM)	130
6.4.1 时分复用原理	130
6.4.2 时分复用应用实例	132
习题	133
本章知识点小结	134
本章自测自评题	136
第7章 数字信号的基带传输	139
7.1 引言	139
7.2 数字基带系统的构成	139
7.3 数字基带信号的码型和波形	141
7.3.1 数字基带信号的码型	141

7.3.2 数字基带信号的波形	146
7.4 数字基带信号的功率谱分析	146
7.4.1 二元数字基带信号的功率谱分析	146
7.4.2 其它数字基带信号的功率谱分析	148
7.5 无码间干扰传输	152
7.5.1 码间干扰产生的原因及其对系统性能的影响	152
7.5.2 无码间干扰传输波形	153
7.5.3 无码间干扰传输特性	155
7.6 无码间干扰时噪声对传输性能的影响	158
7.7 眼图	161
7.8 均衡	162
7.8.1 时域均衡原理	162
7.8.2 均衡器抽头系数的确定	164
7.9 部分响应系统	165
7.9.1 第一类部分响应系统	166
7.9.2 部分响应系统的一般形式	169
习题	172
本章知识点小结	174
本章自测自评题	176
第8章 数字调制技术	180
8.1 引言	180
8.2 二进制振幅调制(2ASK)	181
8.2.1 2ASK 信号的产生	181
8.2.2 2ASK 信号的功率谱和带宽	182
8.2.3 2ASK 信号的解调及抗噪声性能	183
8.3 二进制频率调制(2FSK)	188
8.3.1 2FSK 的产生	188
8.3.2 2FSK 信号的解调及抗噪声性能	190
8.4 二进制数字相位调制(2PSK、2DPSK)	192
8.4.1 二进制绝对相位调制(2PSK)	193
8.4.2 二进制相对相位调制(2DPSK)	198
8.5 二进制数字调制技术的性能比较	203
8.6 几种高效数字调制技术	204
8.6.1 正交相移键控(QPSK)	204
8.6.2 偏移正交相移键控(OQPSK)	208
8.6.3 差分正交相移键控(DQPSK)	209
8.6.4 $\frac{\pi}{4}$ DQPSK	212
8.6.5 最小频移键控(MSK)	215
8.6.6 正交振幅调制(QAM)	218
习题	220
本章知识点小结	222
本章自测自评题	224

第9章 数字信号的最佳接收	228
9.1 引言	228
9.2 匹配滤波器	228
9.2.1 匹配滤波器的传输特性 $H(f)$	229
9.2.2 匹配滤波器的冲激响应 $h(t)$	230
9.2.3 匹配滤波器的输出波形 $s_o(t)$	231
9.3 最佳接收机结构及其抗噪声性能	233
9.3.1 最佳接收机结构	233
9.3.2 二元数字信号最佳接收机的误码率	234
9.3.3 最佳接收机与实际接收机误码性能比较	238
习题	238
本章知识点小结	240
本章自测自评题	241
第10章 信道编码	243
10.1 引言	243
10.2 信道编码的基本概念	243
10.2.1 信道编码的检错、纠错原理	243
10.2.2 码长、码重、码距和编码效率	244
10.2.3 最小码距 d_0 与码的纠、检错能力之间的关系	245
10.2.4 信道编码的分类	245
10.2.5 差错控制方式	246
10.3 常用检错码	247
10.3.1 奇偶监督码	247
10.3.2 行列奇偶监督码	247
10.3.3 恒比码	248
10.4 线性分组码	248
10.4.1 线性分组码的特点	248
10.4.2 线性分组码的编码	250
10.4.3 线性分组码的译码	253
10.5 循环码	257
10.5.1 循环码的特点	257
10.5.2 循环码的编码	257
10.5.3 循环码的译码	260
10.6 卷积码	262
10.6.1 卷积码的编码	262
10.6.2 卷积码的图形描述	263
10.6.3 卷积码的维特比译码	264
10.7 交织码与级联码	266
10.7.1 交织码	266
10.7.2 级联码	267
10.8 m序列	267
10.8.1 m序列的产生	267
10.8.2 m序列的应用	270

习题	271
本章知识点小结	272
本章自测自评题	275
第 11 章 同步原理	278
11.1 引言	278
11.2 载波同步	278
11.2.1 直接法(自同步法)	278
11.2.2 插入导频法(外同步法)	280
11.2.3 载波同步系统的性能指标	281
11.3 位同步	282
11.3.1 直接法	282
11.3.2 位同步系统的主要性能指标	283
11.4 群同步	286
11.4.1 巴克码	286
11.4.2 巴克码识别器	287
11.4.3 群同步系统的性能指标	288
习题	290
本章知识点小结	290
本章自测自评题	292
附录	295
附录 A 误差函数 $\text{erf}(x)$	295
附录 B 常用三角公式	296
附录 C 常用的积分公式及级数	297
附录 D 部分习题参考答案	297
附录 E 每章自测自评题参考答案	308
主要参考资料	324

第1章 绪 论

1.1 通信的概念及系统模型

1.1.1 通信的概念

从广义上讲,通信就是将消息从一个地方传递到另一个地方。实现通信的方式很多,古代的烽火台、鸣金击鼓,现在的信函、电报、电话、传真、电视等,均属于通信的范畴。邮政通信和电通信的主要区别在于邮政通信传递的是实物信息,而电通信传递的是电信号。随着现代科学技术的发展,人们对传送消息的要求越来越高,在各种各样的通信方式中,电通信的使用越来越广泛。这是因为,电通信能使消息在几乎任意的通信距离上实现迅速而可靠的传送。通信原理课程研究的就是电通信。

实现消息传递所需的一切设备、传输媒质和通信协议的总和称为通信系统。从现代通信系统的构成来看,一个通信系统的技术设备可能非常多,拥有成千上万的用户终端,而且在系统内部的不同环节,其传输媒质和信号传输方式也可能有所不同。图 1.1.1 所示的是公共电话系统和移动电话系统结构简图,其中,移动用户与基站之间是无线传输方式;基站与移动电话交换局之间、移动电话交换局与移动电话交换局之间的传输媒质可能是光纤或电缆;长途交换网之间的传输信道可以是光纤信道、卫星信道和微波接力信道。

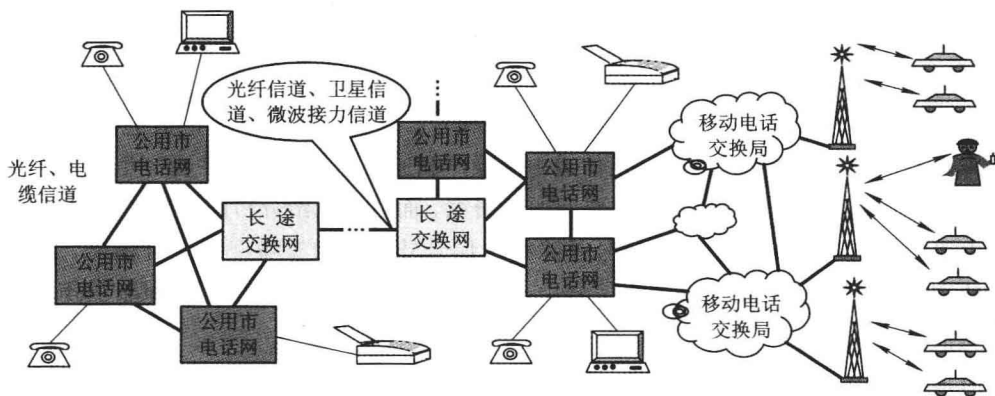


图 1.1.1 公共电话系统和移动电话系统结构简图

不论一个通信系统有多么复杂,从两个用户之间的一次通信过程来看,都可以看成是一个点到点之间的通信系统。因此,点与点之间建立的通信系统是通信的最基本形式,也是研究其它较复杂系统的基础。

作为一门科学、一种技术，现代通信所研究的主要问题就是如何大量、快速、准确、广泛、方便、经济、安全地传递信息，“通信原理”就是介绍支撑各种通信系统的基本概念、基本原理、基本技术以及数学模型的一门学科。

1.1.2 通信系统的基本模型

图 1.1.2 所示的是通信系统的基本模型，包括信源、发送设备、信道、接收设备、信宿和噪声源 6 个部分，是一般通信系统的高度概括。下面简单说明其中各部分的作用。

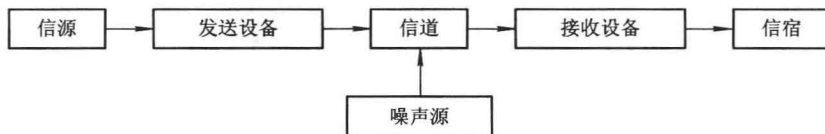


图 1.1.2 通信系统的基本模型

信源即原始电信号的来源，其主要作用是将消息转换成相应的电信号。常见的信源设备有：电话机、摄像机、计算机等。这种直接由消息转换得到的电信号通常称做基带信号，也叫原始信号。它们有一个很重要的特点，就是信号的主要功率或能量大多集中在低频段，也就是说基带信号的频率比较低，如话音基带信号的频率范围一般在 $300 \sim 3400$ Hz 之间，电视图像信号的频率在 $0 \sim 6$ MHz 范围之内。由计算机等设备转换所得的原始数据信号的频率范围与码元传输速率有关，其最低频率也是非常低的。

发送设备对信源所产生的原始电信号进行各种加工处理和变换，使它适合在信道中传输。不同通信系统中，发送设备对信源输出信号的处理方式不同，所以发送设备所包含的部件也不同。如在无线通信系统中，发送设备需要由调制器、振荡器、放大器、滤波器等部件组成，而在数字基带传输系统中，发送设备则由码型变换器和波形变换器组成。但不管进行什么样的处理，目的只有一个：使信源输出的信号适合在信道上传输。

信道就是发送设备和接收设备之间用于传输信号的传输媒质。目前常用的信道有双绞线、电缆、光纤等有线信道，以及短波电离层反射信道、超短波无线电中继信道、卫星中继信道等无线信道。

信号在信道中传输时，不可避免地会混入噪声。此外，通信系统的其它各部件也会产生噪声。图 1.1.2 中的噪声源模块是信道中的噪声和通信系统其它部件所产生噪声的集中表示。这样表示并不影响通信过程中主要问题的研究，而且可以给分析问题带来许多方便。

由于经信道传送到接收端的信号是除有用信号外还叠加有噪声的混合信号，因此接收设备的主要作用是从接收到的混合信号中，最大限度地提取有用信号，抑制噪声，以恢复出原始信号。

信宿即原始信号的最终接收者。它的作用是把接收设备恢复出来的原始电信号转换成相应的消息，如通过扬声器将话音信号转换成声音；通过荧光屏将电视信号转换成电视图像等。信宿可以是人，也可以是包括计算机在内的各种终端设备。

图 1.1.2 概括地描述了通信系统的组成，反映了通信系统的共性，通常把它称为通信系统的基本模型。在今后的学习中，根据所要研究的对象和所关心的问题不同，还会得出比较具体的其它形式的通信系统模型。对通信系统原理的研究，通常就是以通信系统的

模型为基础而展开的。

1.1.3 模拟与数字通信

在通信系统中待传输消息的种类是多种多样的,它可以是符号、文字、语声、图像等。然而,所有不同的消息,都可以被归结成两类:数字消息(离散消息)和模拟消息(连续消息)。消息的状态是可数的或离散型的,比如符号、文字或数据等,称为数字消息。消息的状态是连续变化的,例如,强弱连续变化的语声,亮度连续变化的图像等,称为模拟消息。

信息与消息严格地说是两个既紧密联系又有所区别的概念,信息可以理解为消息中所包含的对受信者有意义的内容。传输和交换消息,有时也称为传输和交换信息,按照信息论的观点,在进行有意义的通信时,传输了消息就是传输了信息,基于此,本书对消息和信息不作严格区分,两者可以混用。

电信号(简称为信号)是与消息一一对应的电参量。它是消息的物质载体,为了实现消息的传输与交换,消息通常被寄托在电信号的某一参量上(如电信号的幅度、频率和相位等)。如果电信号的参量携带离散消息,则该参量必将取有限个数值,这样的信号称为数字信号。如果电信号的参量携带着连续消息,则该参量必将连续取值的,这样的信号称为模拟信号或连续信号。

根据通信系统中所传送信号的类型,把通信系统分成模拟通信系统与数字通信系统。信道中传输模拟信号的系统称为模拟通信系统,信道中传输数字信号的系统称为数字通信系统。

需要说明的是,模拟通信与数字通信是按照信道中所传送信号的差异来区分的,而不是根据信源输出的信号划分的。因为,数字通信系统也可以用来传送模拟信号,只不过在发送端需要先把模拟信号变换成数字信号(这种变换称为模/数转换,即 A/D 转换),然后用数字通信方式进行传输。当然,在这种系统中,接收端需要把数字信号再变换成模拟信号(这种变换称为数/模转换,即 D/A 转换),最后就可以还原成原始的模拟信号。这种通信方式通常称为模拟信号的数字传输。

目前,不论是模拟通信还是数字通信,在实际的通信业务中都得到了广泛的应用。不过,近年来随着数字通信的迅速发展,数字通信在整个通信领域中所占的比重日益增长。与模拟通信相比,数字通信有许多优点,归纳起来主要有以下几点:

(1) 抗噪声性能好。数字通信传送的信号是数字信号,它的取值有限,因此,在有噪声的情况下,接收端易于识别。尤其在远距离传输过程中,各中继站可以对数字信号波形进行整形再生而消除噪声的积累。此外,还可以采用各种差错控制编码方法,使抗噪声性能进一步得到提高。

(2) 便于使用现代计算机技术对所传输的信息进行处理,接口问题也容易解决。

(3) 数字信号易于进行加密,有利于实现通信保密。

(4) 数字通信可以传递各种消息,使通信系统变得通用、灵活。

(5) 数字通信系统中绝大部分部件采用数字电路,而近年来,由于生产技术的迅速发展,大规模集成电路已被广泛应用,因而数字通信设备容易做到体积小,功耗低,制造简单,可靠性高。

数字通信的主要缺点是它所占用的系统带宽要比模拟通信的宽。以电话为例,一路模拟电话通常占据 4 kHz 的带宽,而一路数字电话可能要占据 20~60 kHz 的带宽。

由上面的介绍可知,虽然数字通信与模拟通信相比具有一系列的优点,然而这是以占据较宽的信道频带为代价的。考虑到数字通信和模拟通信各自的优缺点,可以预计,在最近若干年内,模拟通信和数字通信这两种通信方式还会同时存在。当频带十分紧张而对通信质量没有特殊要求时,仍将沿用模拟通信;而当有待传输的数据量较多,传输可靠性和保密性要求较高时,往往宁可牺牲一些系统带宽而采用数字通信。当然,在诸如毫米波通信、光通信等频带资源丰富的通信系统中,无疑应选择数字通信方式。

模拟通信系统和数字通信系统的基本原理框图,将在后面的相关章节中介绍。

1.2 通信系统的分类及通信方式

1.2.1 通信系统的分类

通信系统从不同的角度有不同的分类方法。

1. 以信道传输的信号特征分类

根据信道传输的信号种类的不同,通信系统可以分为两大类:模拟通信系统和数字通信系统。信道中传输模拟信号的系统称为模拟通信系统,如目前的民用广播系统。信道中传输数字信号的系统称为数字通信系统,如数字电话系统。

2. 以传输媒质分类

消息从一地传至另一地要通过一定的传输媒质。按传输媒质的不同,通信可以分为两大类:有线通信和无线通信。

有线通信使用导线作为传输媒质。这里的导线可以是架空明线、各种电缆、波导以及光导纤维等。市话系统、闭路电视、普通的计算机局域网等都是有线通信系统。

无线通信则不需要架设导线,而是利用无线电波在空间的传播来传送消息。广播、移动电话、卫星通信等都是无线通信系统。

3. 以传输的信号是否经过调制分类

根据传输的信号是否经过调制,通信系统可分为基带通信系统和频带通信系统。信道中传输基带信号的通信系统称为基带通信系统(简称基带系统)。信道中传输已调制信号的通信系统称为频带通信系统(简称频带系统)。在基带系统的发送设备中,不需对基带信号进行调制,而是将经过放大、滤波等处理后的基带信号直接送入信道传输。在频带系统的发送设备中,需要对基带信号进行调制,变换成已调制的频带信号,再送入信道传输。

4. 以通信业务分类

按通信业务的不同,通信系统可分为电话通信系统、电报通信系统、电视通信系统、数据通信系统等。

5. 以工作波段分类

按使用的波长不同,通信系统可分为长波通信系统、中波通信系统、短波通信系统和微波通信系统等。

6. 以调制方式分类

常规的通信系统根据载波是正弦波还是周期脉冲信号分为连续波调制和脉冲调制。根据基带信号是模拟信号还是数字信号,可分为模拟调制系统、数字调制系统等。根据调制后信号的频谱结构是否发生变化,又可分为线性调制系统和非线性调制系统。

1.2.2 通信的方式

通信方式是指通信双方(或多方)之间的工作形式和信号传输方式,它是通信各方在通信实施之前首先要确定的问题。根据不同的标准,通信方式有多种分类方法。

(1) 按通信对象的不同,通信方式可分为点到点通信(即通信是在两个对象之间进行),点到多点通信(一个对象和多个对象之间的通信)和多点到多点通信三种(多个对象和多个对象之间的通信)。

(2) 按信号的传输方向和传输时间的不同,两点之间的通信方式可分为单工通信、半双工通信和双工通信。

单工通信(simplex):在任何时刻,信号只能从甲方向乙方单向传输,甲方只能发信,乙方只能收信,比如广播电台与收音机、电视台与电视机之间的通信(点到多点)。另外,诸如遥控玩具、航模(点到点)、寻呼等也均属此类通信。

半双工通信(half-duplex):在任何时刻,信号只能单向传输,或从甲方到乙方,或从乙方到甲方,每一方不能同时收发信息,比如对讲机、收发报机,以及问询、检索等之间的通信。

双工通信(full-duplex):在任何时刻,信号能够双向传输,每一方都能同时进行收信和发信工作,比如普通电话、手机等。

(3) 按通信终端之间的联系方式的不同,通信方式可分为两点间直通方式和交换方式。直通方式是通信双方直接用专线连接,而交换方式则必须经过一个称为交换机的设备才能联系起来,如电话系统。

(4) 按数字信号传输的顺序,在数据通信中(主要指计算机通信),通信方式又有串行通信和并行通信之分。

(5) 按同步方式的不同,通信方式又分为同步通信和异步通信。

事实上,一种通信方式往往具有多类性,比如广播电视既是一种单工通信方式也是一种点到多点的通信形式。

1.3 信息的度量及平均信息量

1.3.1 信息的度量

通信的目的在于传递信息。为了以后对通信系统的主要性能作定量分析,需要先对信息这个术语的定义及其度量做扼要的讨论。

信息一词在概念上与消息相似,但它的含义更普遍化、抽象化。可以这样理解二者的联系与区别:不同形式的消息可以包含相同的信息。例如,用声音和文字发送天气预报,虽然消息的形式不同,但信息相同。所以我们可以认为,信息是消息中包含的有意义的内容,它与承载信息的消息种类无关。