

高等院校教材

通信原理

黄载禄 殷蔚华 编著



科学出版社
www.sciencep.com

高等院校教材

通信原理

黄载禄 殷蔚华 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍现代通信的主要理论,包括模拟通信与数字通信。考虑到当前数字通信已取代模拟通信,且移动通信已成为通信的主要手段,因而本书着重介绍了数字通信和移动通信方面的内容。

全书共 15 章,书中的主要内容有信道、信源编码、信道编码、信号的线性调制、非线性调制、信号检测、扩频通信和同步及信号接收等。书中的论述充分注意到了通信理论与实际通信系统的紧密结合和技术的进一步发展。

本书可作为信息与通信相关专业的教材或教学参考书,也可供通信及与通信有关的科学研究人员和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理/黄载禄,殷蔚华编著. —北京:科学出版社,2005

ISBN 7-03-014456-2

I. 通… II. ①黄…②殷… 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(2004)第 111018 号

责任编辑:马长芳 资丽芳 / 文案编辑:李 宇 / 责任校对:刘小梅

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 1 月第 一 版 开本:B5 (720×1000)

2005 年 7 月第二次印刷 印张:42 1/4

印数:3 001—4 500 字数:831 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

20 世纪的后 20 年,通信设备与系统发生了巨大变化,其变化主要表现是:

- 数字通信取代模拟通信;
- 从以固定通信为主发展到以移动通信为主;
- 专用大规模数字信号处理芯片和微处理芯片在通信设备中的大量应用,促进了通信设备与计算机硬件的融合,并大大增加了通信系统中的软件比重。

通信技术的进步带动了通信产业的发展,也增加了对通信人才的需求;很多大学除了增设通信专业以外,还在相近专业也开设“通信原理”课程。通信原理在教学计划中属于专业基础课,自然应随着通信技术的进步而不断更新,这对于信息技术与通信人才的培养有重要作用。

根据通信技术的上述变化,作者试图在已有通信原理国内外相关教材与专著的基础上,编写一本能反映通信领域变化的大学本科高年级教材或教学参考书。在编写过程中,作者除了考虑内容选择以外,还着重考虑了书中的体系结构,力图遵循通信的理论体系来安排章节,并以编码、调制和检测作为通信原理课程的主要内容,此外,还介绍了信道、信道复用和同步等技术。

在信道方面,本书介绍了恒参信道与变参信道。考虑到移动通信信道属变参信道(又称多径信道或衰落信道),同时在移动通信(GSM 和 CDMA)系统中采取的很多技术措施都与变参信道的特性有关,因而书中增加了衰落信道的内容。

本书将编码理论划分为信源编码与信道编码两章,这是因为这两类编码的目的完全不同。信源编码的目的是压缩数据率,去除信号中的冗余度,其评价标准是在一定失真条件下要求数据率越低越好;而信道编码则不同,信道编码是为了提高数据传输的可靠性,或者说是减少差错,因而信道编码的基本方法是加入校验位(即增加冗余),其追求的目标是加入最少的冗余码位而获得最好的纠错能力。本书在信源编码方面介绍了波形编码与参量编码。波形编码技术成熟,在固定通信系统中采用较多,其理论与器件均近乎完美,多数教材都有很好的论述。本书的特点是增加了语音参量编码的内容,因为在移动通信系统中均采用参量编码。参量编码的优点是数码率低,缺点是技术较复杂,专用数字信号处理芯片(DSP)的应用,使这一曾经是问题的缺点也不成为主要问题了。书中对参量编码有比较详细的介绍。同时,考虑到通信对视频传输需求增长,因而在信源编码一章中也介绍了视频编码的主要规范和所采用的技术。

在调制理论方面,本书按正弦信号的线性调制和非线性调制安排两章。这样安排的原因是作者认为这符合对调制理论的分类,同时也方便各种调制制度的性能

分析与理解。在线性调制一章中,介绍了经典的调幅(AM)和单边带(SSB)等,同时介绍了较新的调制方式——正交调幅(QAM)。非线性调制的内容比线性调制多,除了经典的模拟信号调频(FM)之外,还介绍了最小频移键控(MSK)、连续相位频移键控(CPFSK)和四相移键控(QPSK)等。考虑到移动通信系统中广泛采用 MSK 和 QPSK,因而书中对它们的介绍也比较详细。此外还介绍了在第三代移动通信系统中采用的复四相(CQM)调制方法。介绍 QAM 的原因是因为多元 QAM,例如 64QAM、256QAM 等能获得很高的调制效率(高达 10 bit/Hz 以上),且性能也不错。

关于信号检测理论,书中集中安排了两章,着重介绍了信号的相关检测和匹配滤波原理,同时还介绍了判决准则,并从信号检测的基本原理入手,分析了 FSK、QPSK 和 QAM,尤其是连续相位 FSK(CPFSK)信号的检测性能。衰落信道中的信号检测与恒参信道有所不同,关于衰落信道中的信号检测,独立安排了一章。此外,还介绍了衰落信道通信的相关技术,如分集接收等。

本书是作者在讲授通信与计算机技术专业大学本科高年级学生通信原理课程的基础上成稿的。在备课与编写本书的过程中,作者学习与参考了国内外多本教科书和专著,吸取了其中不少精辟思想,其主要参考书已列在本书后的参考文献中。作者在此对上述书籍的作者表示敬意与感谢!

此外,还有曾经和作者共同开发过通信系统设备的同事,以及作者曾借调兼职的公司的同事和朋友(有研究、市场、工程和生产技术人员),在此期间作者从他们身上学习到了系统设备、网络运营与市场方面的很多知识,作者在编写此书时深感受益,在此,作者对他们表示感谢!

华中科技大学通信原理教学小组的老师们对本书的编写提出了不少好意见。还有作者的学生,包括博士、硕士与使用本书原讲义的本科学学生对如何精选教学内容和原讲义的不足之处,提出了不少具体意见。作者在此一并表示感谢。

本书第三章、第十一章由殷蔚华执笔,其余各章由黄载禄执笔。由于本书涉及通信中广泛的理论与技术,既有多门技术基础课程,又有众多实际通信系统设备,限于作者的水平,难免还有错误,敬请读者批评指正。

附言

本书按 72~86 学时的教学计划编写,但可根据提供学时数裁减章节,执行灵活的教学计划。

如专业教学计划中已安排有“概率论与随机过程”课程,则可略去书中第二章随机变量与随机过程概要。如专业教学计划中已安排“信息论与编码”课程,则可略去第三章基础信息论,同时还可以将第十一章信道编码和第五章信源编码的部分内容并入信息论与编码课程。第十二章多径衰落信道信号的错误概率和分集接收、第十三章扩频通信原理和第十四章同步及信号接收,也可以并入其他课程或部分

讲授;其他章节,如第十章加性高斯白噪声信道中的信号检测等,也可以部分讲授。第十五章通信系统,介绍目前最流行的固定通信系统和移动通信系统的总体结构,目的在于使读者进一步了解通信原理与实际通信系统的联系,同时介绍一点关于交换和信令的知识,以利读者初步形成通信网络的概念;该章内容可安排少量学时,也可以自学。

本书按现有章节安排的原因是考虑到本科阶段的学习是打好系统而坚实理论基础的最重要学习时期,为了使本科学生对通信原理的内容有一个完整而比较系统的了解,以便通过该门课程的学习打下较坚实的专业理论基础(这对于硕士和博士阶段的进一步学习或从事研究工作十分重要),同时也为了便于自学和便于广大科技人员和工程技术人员阅读、参考。

作 者

2004年8月于武汉华中科技大学

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 信源、消息、信号与信息	1
1.3 通信系统模型	2
1.3.1 经典通信系统模型	2
1.3.2 现代通信系统的功能模型	2
1.4 通信技术的发展	4
1.4.1 通信技术发展大事记	4
1.4.2 促进通信技术发展的主要动因	4
1.5 通信原理课程内容及与其他课程的关系	5
1.6 通信原理课程与实际通信系统的关系	7
1.7 通信系统与计算机技术之间的关系	9
习题	10
思考题	11
第二章 随机变量与随机过程概要	12
2.1 随机变量.....	12
2.1.1 随机事件与概率	12
2.1.2 概率分布和概率密度	15
2.1.3 随机变量的统计平均(数学期望)	19
2.1.4 随机变量的函数	22
2.1.5 随机变量的特征函数.....	25
2.1.6 通信中的几种常用概率分布	27
2.1.7 概率的上边界	38
2.1.8 中心极限定理	42
2.2 随机过程.....	46
2.2.1 平稳随机过程	46
2.2.2 功率密度谱	49
2.2.3 窄带平稳随机过程	50
2.2.4 随机信号通过线性时不变系统的响应.....	53
2.2.5 时间离散随机信号与系统响应	55
2.2.6 周期平稳过程	57

习题	58
思考题	62
第三章 基础信息论	63
3.1 信源与熵.....	63
3.1.1 单符号离散信源	63
3.1.2 多符号离散信源	66
3.1.3 连续信源的熵	71
3.2 信道容量.....	73
3.2.1 单符号离散信道	73
3.2.2 多符号离散信道	77
3.2.3 连续信道与香农公式.....	78
3.3 信息率失真函数.....	80
3.3.1 失真度定义与保真度准则	80
3.3.2 信息率失真函数	82
3.3.3 典型信源的率失真函数	85
3.4 编码定理.....	86
3.4.1 离散无失真信源编码定理	86
3.4.2 保真度准则下的信源编码定理	87
3.4.3 有噪信道编码定理	88
习题	89
思考题	92
第四章 信道	93
4.1 信道的分类	93
4.2 有线信道	94
4.3 无线信道	94
4.4 恒参信道的链路计算	96
4.5 多径衰落信道	98
4.5.1 多径衰落信号的统计特征	98
4.5.2 多径信道的统计描述	101
4.6 信道的加性噪声与噪声计算	105
4.6.1 加性噪声	105
4.6.2 信道干扰	106
4.6.3 噪声计算—噪声系数和噪声温度	107
4.7 信道容量的物理意义	116
习题.....	116
思考题.....	121

第五章 信源编码	122
5.1 字符编码与码元	122
5.2 波形编码的理论基础——抽样定理	123
5.3 波形的量化	127
5.3.1 均匀量化	127
5.3.2 非均匀量化	130
5.4 语音的波形编码	135
5.4.1 脉冲编码调制(PCM).....	135
5.4.2 差分脉冲编码调制(DPCM)	141
5.4.3 增量调制	143
5.4.4 波形编码的极限问题	146
5.5 语音的参量编码	147
5.5.1 参量编码原理	148
5.5.2 语音参量编码的实现	148
5.5.3 低速率语音编码器.....	154
5.6 语音编码小结	161
5.7 图像编码	162
5.7.1 引言	162
5.7.2 图像压缩编码原理.....	163
5.7.3 图像压缩编码标准.....	163
习题.....	168
思考题.....	172
第六章 信道复用	173
6.1 引言	173
6.2 频分复用	174
6.2.1 有线载波群路标准.....	174
6.2.2 正交频分复用(OFDM)	174
6.3 时分复用	176
6.3.1 时分复用原理	176
6.3.2 时分复用的群路标准	176
6.3.3 PCM 基群的帧结构	177
6.3.4 数字复接终端机	179
6.3.5 异步时分复用(ATM)	180
6.4 光复接	180
6.5 移动通信的信道复用	181
6.5.1 移动通信的蜂窝结构	181

6.5.2	移动通信的网络结构	183
6.5.3	时分多址与码分多址	184
习题		187
思考题		189
第七章	数字信号的基带传输	190
7.1	引言	190
7.2	数字基带传输的常用码型	191
7.2.1	常用码的波形结构	191
7.2.2	基带传输系统的组成	195
7.2.3	基带码的功率谱分析	196
7.3	基带传输系统的波形设计	201
7.3.1	奈奎斯特准则:抽样值无失真	201
7.3.2	升余弦滚降信号	204
7.4	部分响应基带传输系统	205
7.5	眼图	210
7.6	均衡	211
7.6.1	均衡概述	211
7.6.2	线路均衡	212
7.6.3	横向均衡器	214
7.6.4	自适应均衡器	214
7.7	基带数据传输差错率计算	216
7.7.1	二元码的误比特率	216
7.7.2	三元码和多元码的差错率	219
7.7.3	误码率的测量	222
习题		222
思考题		227
第八章	信号的线性调制	228
8.1	引言	228
8.2	正弦信号的向量表征	228
8.3	模拟线性调制系统	229
8.3.1	线性调制系统的一般表达	229
8.3.2	模拟振幅调制(AM)	230
8.4	希尔伯特变换及SSB信号的时域表述	234
8.4.1	希尔伯特变换	234
8.4.2	SSB信号的时域表达	237
8.4.3	SSB调制器的实现	238

8.5	模拟线性调制系统的抗噪声性能	239
8.5.1	解调器通用模型	239
8.5.2	DSB 信号的抗噪声性能	241
8.5.3	SSB 信号的抗噪声性能	242
8.5.4	模拟 AM 信号的抗噪声性能	244
8.6	模拟线性调制技术的应用	246
8.7	数字信号的幅度调制(PAM)	248
8.7.1	多电平数字幅度调制	249
8.7.2	数字信号的正交调幅(QAM)	249
	习题	254
	思考题	259
第九章	信号的非线性调制	261
9.1	模拟信号非线性调制的数学表述	261
9.2	模拟信号的角调制分析	262
9.2.1	窄带角调制	262
9.2.2	宽带角调制	264
9.2.3	模拟调频信号的产生与解调	268
9.2.4	模拟调频信号的抗噪声性能	271
9.3	数字信号的角调制	276
9.3.1	引言	276
9.3.2	PSK 信号的空间模型	276
9.3.3	FSK 信号的空间模型	277
9.4	连续相位频移键控(CPFSK)信号分析	279
9.4.1	连续相位 FSK(CPFSK)	279
9.4.2	CPFSK 常用基带信号波形	281
9.4.3	最小移频键控(MSK)信号分析与实现	283
9.5	相移键控(PSK)信号分析及应用	292
9.5.1	PSK 信号解调中的相位模糊问题	292
9.5.2	四相差分相移键控(QDPSK)	297
9.5.3	CDMA 移动通信采用的 QPSK 调制解调方案	298
	习题	301
	思考题	308
第十章	加性高斯白噪声信道中的信号检测	310
10.1	信号的相关检测	310
10.1.1	接收机模型	310
10.1.2	信号相关检测模型	311

10.1.3	信号的基函数表述	314
10.1.4	脉冲调幅信号(PAM)的相关检测	319
10.2	信号的匹配滤波	320
10.2.1	匹配滤波器的输出信噪比	321
10.2.2	匹配滤波器的频域表述	322
10.3	信号的判决准则	324
10.3.1	最佳判决准则	324
10.3.2	最佳相关接收机的结构模型	327
10.4	最佳检测条件下的误码率	328
10.4.1	二进制双极性信号的错误概率	328
10.4.2	M 元正交信号的错误概率	331
10.4.3	M 元双正交信号的错误概率	333
10.4.4	M 元二进制编码信号的错误概率	334
10.4.5	M 元 PAM 信号的错误概率	334
10.4.6	M 元 PSK 信号的错误概率	336
10.4.7	DPSK 的误码率	340
10.4.8	QAM 错误概率	342
10.4.9	数字调制信号性能的比较	345
10.5	有记忆信号的检测	347
10.5.1	有记忆二进差分码的状态图与网格图	347
10.5.2	最大似然序列检测	349
10.5.3	逐个符号最大后验概率(MAP)检测	352
10.6	连续相位(CPFSK)信号检测	354
10.6.1	CPFSK 信号最佳检测器结构	355
10.6.2	CPFSK 最大似然检测性能	358
10.6.3	CPFSK 信号的逐个符号检测	363
10.7	加性高斯白噪声信道中随机相位信号检测	366
10.7.1	二进制随机相位信号检测	367
10.7.2	M 元正交信号的最佳检测	371
	习题	376
	思考题	386
第十一章	信道编码	388
11.1	概述	388
11.2	线性分组码	390
11.2.1	线性分组码的构造	391
11.2.2	几种常用线性分组码	395

11.3	循环码	398
11.3.1	循环码的构造	398
11.3.2	系统循环码	403
11.3.3	循环码的编码器	405
11.3.4	实用循环码简介	411
11.4	线性分组码的译码	419
11.4.1	线性分组码的最佳软判决译码	419
11.4.2	线性分组码的硬判决译码	424
11.4.3	硬判决译码和软判决译码的性能比较	431
11.4.4	线性分组码的最小距离边界	433
11.5	卷积码	435
11.5.1	卷积码的编码原理	435
11.5.2	卷积码的编码描述	436
11.5.3	卷积码的自由距离与转移函数	445
11.5.4	卷积码的译码	450
11.5.5	卷积码的性能分析	461
11.6	其他	470
11.6.1	交织编码	471
11.6.2	级联码	476
11.6.3	Turbo 码	478
11.6.4	网格编码调制	482
11.7	移动通信中的信道编码	488
11.7.1	GSM 中的信道编码	488
11.7.2	CDMA 系统中的信道编码	492
	习题	495
	思考题	501
第十二章	多径衰落信道信号的错误概率和分集接收	502
12.1	衰落信道的信号模型	502
12.2	衰落信道条件下的差错率	503
12.2.1	瑞利衰落条件下二进制 PSK 和 FSK 的差错率	504
12.2.2	Nakagami 衰落条件下二进制 PSK 的差错率	505
12.3	多径衰落信道信号的分集接收	506
12.3.1	分集接收方法	506
12.3.2	二进制信号分集接收系统模型	507
12.3.3	二进制 PSK、FSK 分集接收信号性能	507
12.3.4	多相信号分集接收性能介绍	513

12.3.5	M 元正交信号的分集接收性能	514
12.4	扩频码在衰落信道中的传输与接收	519
12.4.1	信道的抽头延时线模型	519
12.4.2	频率选择性衰落信道信号的 RAKE 分集接收	520
12.4.3	RAKE 分集接收性能	522
12.4.4	IS-95 中 RAKE 分集接收的工程实现	527
12.4.5	衰落信道的最佳信号形式与判决	529
习题		529
思考题		537
第十三章	扩频通信原理	538
13.1	概述	538
13.2	扩频通信系统模型	539
13.3	直接序列扩频	539
13.3.1	扩频序列信号表述与接收	539
13.3.2	扩频信号的译码性能	542
13.3.3	DS 扩频技术的应用	548
13.3.4	脉冲干扰对 DS 扩频信号的影响	550
13.4	PN 序列(扩频码)的生成	552
13.5	跳频扩频通信	555
13.5.1	FH 扩频通信方案	555
13.5.2	加性高斯白噪声信道中 FH 扩频信号的性能	557
13.5.3	局部频带干扰下 FH 扩频信号的性能	559
13.5.4	基于 FH 扩频信号的 CDMA 系统	563
13.6	扩频信号的同步	564
13.6.1	扩频信号的捕获	565
13.6.2	扩频信号的同步跟踪	567
习题		570
思考题		576
第十四章	同步及信号接收	577
14.1	同步需求	577
14.2	载波信号恢复方法	578
14.2.1	非线性变换法	578
14.2.2	锁相环生成法	579
14.2.3	导频插入法	580
14.3	噪声对载波同步的影响	581
14.4	载波相位估计与信号接收	585
14.4.1	估值理论	585

14.4.2	相位估计似然函数	586
14.4.3	信号相干解调接收机模型	587
14.4.4	相位误差对解调的影响	588
14.4.5	最大似然载波相位估计	589
14.4.6	实现相位估值的锁相环	591
14.4.7	最大似然估计的性能	600
14.5	码元同步	604
14.5.1	引言	604
14.5.2	随机数码码元同步	605
14.5.3	码元同步误差对误码的影响	607
14.6	连续相位调制的码元同步	608
14.6.1	概述	608
14.6.2	数据信息辅助同步	611
14.6.3	非数据信息辅助同步	612
14.7	帧同步	614
14.8	网同步	618
14.8.1	固定通信网的网同步	618
14.8.2	移动通信网的网同步(基站同步)	618
	习题	623
	思考题	625
第十五章	通信系统	626
15.1	固定通信系统	626
15.2	移动通信系统	628
15.3	交换机	630
15.3.1	时分交换网络	630
15.3.2	时分空分组合交换网络	631
15.4	信令系统	634
	习题	636
	思考题	636
	参考文献	637
附录 A	线性预测系数的求解算法(列文森-杜宾算法)	639
附录 B	基带信号的功率谱密度	645
附录 C	Q 函数与补误差函数	647
附录 D	码元进制(M)增加误码减小与香农极限	649
附录 E	12 位 A/D 与 8 位 PCM 编码对应表	651
附录 F	常用三角公式	652
	英文缩写名词对照表	659

第一章 绪 论

1.1 引 言

人类社会需要进行信息交互,社会越进步,交互信息会越多。通信系统是人类社会进行信息交互的工具。在通信系统的发展过程中产生了很多理论,如信息论、调制理论、编码理论等,也发展了多种多样的通信手段,如有线通信、无线通信、卫星通信、移动通信等。尤其是近 20 年来,通信技术得到了飞速发展,使通信技术与计算机技术结合,在微电子技术的支持下形成了新的学科——信息学科。

通信作为信息科学的一个重要领域,不但与人类的社会活动、个人生活与科学活动密切相关,而且也有其独立的技术理论体系。本课程“通信原理”或者更确切地称之为“信号传输原理”是信息与通信专业的基础课程,它涉及本专业的众多基本概念与技术,是今后学习通信专业课的基础,也是从事通信设备设计、制造与进行研究工作的基础。

1.2 信源、消息、信号与信息

在通信专业领域,首先要涉及的是信源、消息、信号与信息概念。

信源(source) 是消息的来源,是消息的产生者或接收者,提供消息的可以是人或机器。

消息(message) 是通信系统要传送的对象,它由信源产生,如语音、图像、文字或某些物理参数等,所以通常也叫语音和图像的编码为信源编码。

信号(signal) 是为了传送消息,而对消息进行变换后在通信系统中传输的某种物理量,如电信号、声信号或光信号等。另外与其相近的名词是信令(signalling),它是通信系统进行控制操作或为用户服务的一类控制信号。

信息(information) 是消息所含内容的量度,香农信息论给出了它的定义,单位为比特。计算公式为 $I = \log_2 M$ 。式中, M 是消息集合的符号单元数,并假定各符号的出现概率是相等的。对于二进制数码,有两个符号:1 和 0。在 1 和 0 等概率情况下,通信系统每传送一个符号的信息量是 1 比特。如果不相等,香农信息论定义用各自出现的概率分别计算。

传送“1”的信息量 $I_1 = \log_2 \frac{1}{P_1}$ (P_1 为“1”出现的概率)

传送“0”的信息量 $I_0 = \log_2 \frac{1}{P_0}$ (P_0 为“0”出现的概率)

目前“信息”这一名词已在人们的社会生活中被广泛引用,但在信息科学领域,它的含义是清楚的、明确的,而不能将其与消息、信号等混淆。

通信系统用传送信息量的多少来衡量一个通信系统的效率,这在很多情况下是合理的,用信息量来度量消息内容的含量,这在很多情况下也是合理的。例如语言对信息的描述总不如图像一目了然,因为一幅图像的信息量大约相当于几分钟语言的信息量,用几分钟描述的一个事物,还不如用几秒钟看一幅图像明了。

1.3 通信系统模型

1.3.1 经典通信系统模型

电话、电视、广播、微波通信、卫星通信等系统有着成熟的技术与应用,可以认为它们是一类经典的通信系统,可以用下面的系统模型来表述(图 1.3.1)。

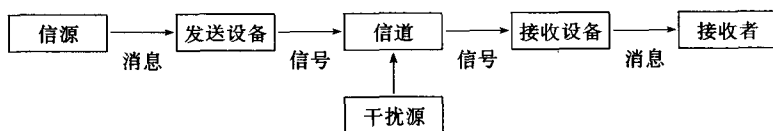


图 1.3.1 经典通信系统模型

图 1.3.1 中描述了通信系统对消息的传输过程。从发送到接收需要经过信道,并受到干扰。有关信道和干扰的概念将在第四章中介绍。

然而近 20 年来,通信已由独立系统过渡到了网络化,随着网络技术的发展,通信学科领域也有了扩展。单从发送者和接收者的角度来了解通信已表现了某种局限性,从网络的功能模型来看待通信,可以促进对通信含义的理解。

1.3.2 现代通信系统的功能模型

从通信网络的系统组成看,可以将其划分为 4 个功能模块(图 1.3.2):接入功能模块、传输功能模块、控制功能模块与应用功能模块。

接入功能模块 进行信源编码,将消息数字化并变换为适合网络传输的信号,它可以是有线接入或无线接入;其发信者和接收者可以是人,也可以是机器;所接入的消息可以是语言、图像或者数据。

传输功能模块 将接入的信号进行信道编码和调制,变为适合传输的信号形式,和满足信号传输要求的可靠性指标,其传输的通道可以是有线或无线。

控制功能模块 由信令网、交换设备和路由器等组成,要完成用户的鉴权、计费与保密,满足用户对通信的质量指标要求等。

应用功能模块 为网络运营商提供业务经营,包括智能网业务、话音、音乐、视频的各种服务,以及娱乐、游戏、短信、移动计算、位置信息和资源共享等。