

 应 用 型 本 科 规 划 教 材

Applied Information and Coding Theory

应用信息与 编码理论

主 编 包建荣

副主编 姜 斌 孙闽红 唐向宏



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

应用信息与编码理论 / 包建荣主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2017. 12

ISBN 978-7-308-17766-5

I. ①应… II. ①包… III. ①信息论
IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 182981 号

内容简介

本教材系统地介绍了经典香农信息论的基本概念、信源信道编码和网络信息论等内容。具体包括信息度量; 离散/连续信源的信息熵; 离散/连续信道的信道容量; 失真度与信息率失真; 信源编码; 信道编码等; 同时, 还简介了信息论的最新发展——网络信息论。

本教材深入浅出, 概念清晰, 突出应用, 内容较丰富, 系统性较强, 参考了较多国内外著名专家的信息论研究成果, 具有较好实用价值与一定新颖性。适合作为普通高等院校及应用型本科院校电子信息类专业高年级本科生、研究生、教师及电子通信相关领域科技工作者的教材或教学参考书。

应用信息与编码理论

主 编 包建荣

副主编 姜 斌 孙闽红 唐向宏

责任编辑 樊晓燕

责任校对 陈静毅 刘 郡

封面设计 周 灵

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州中大图文设计有限公司

印 刷 杭州杭新印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 11.75

字 数 286 千

版 印 次 2017 年 12 月第 1 版 2017 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-17766-5

定 价 32.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>



序 言

信息论是整个信息科学的基石,它利用概率论、随机过程和数理统计等数学方法来研究信息存储、度量、编码、传输、处理中的一般规律。自香农(C. E. Shannon)1948年发表奠定信息论理论基础的“通信的数学理论”一文以来,信息理论有了较大发展,并已延伸到众多领域。由此,人们也逐渐认识到,在科技高度发展的现代信息社会中,学习和掌握信息理论日益成为相关专业人员的重要需求。

本教材系统地介绍了香农信息论的基本内容及其编码应用,即信息度量、容量以及信源信道编码理论等问题。全书共分七章。第一章介绍信息基本概念,信息论研究对象、目的和内容,及其起源和发展。第二章介绍信源度量,给出了信源的概念及其性质。第三章介绍信道模型和分类、信道平均互信息、信道容量概念及其计算。第四章介绍信息率失真理论,侧重讨论了离散无记忆信源,包括信源失真测度、信息率失真函数及其计算、限失真信源编码定理等。第五章介绍了信源输出信息的有效表示,即离散信源无失真编码。具体包括离散无记忆信源等长、变长编码定理、离散平稳信源编码定理及典型变长编码方法。第六章介绍有噪信道编码,包括译码规则、编码方法等对信息在信道传输的影响,及在有噪信道下实现可靠传输的有噪信道编码定理。第七章简介现代信息论的最新发展,如网络信息论的基本结论及信道分类、相关信源编码和多源接入信道等内容。通过上述七章内容,希望能为读者提供较全面和系统的信息论与编码基础知识。

全书注重应用信息及编码理论的基本概念、理论和分析方法进行阐述,力求物理意义清晰,数学结构简洁、完整,并结合具体实例给出较详尽的数学推导和证明。在内容编排上,力求由浅入深、循序渐进,以易接受的方式系统地介绍信息论及编码的基本内容及其应用系统。为了提高读者分析和解决信息论与编码问题的能力,除第一章和第七章外,其余各章均附有适量习题,可根据实际需要选用。

本教材主要由包建荣、姜斌、唐向宏、孙闽红等四位教师合作编写。姜斌撰写第三章信道模型及概念等,且负责整理大部分习题;孙闽红撰写第二章信源编码;唐向宏撰写第一章

绪论。其余部分由包建荣编撰完成。此外,聂建园、孙启超等多名研究生参与了文字校对、习题核对等工作,在此一并表示诚挚的感谢。

本书得到了杭州电子科技大学省重点学科“电路与系统”及杭州电子科技大学信息工程学院一流学科 B 建设“杭电信工学院电子科学与技术专业”的资助,特此感谢。此外,本书最后章节的通信信号处理模型方法应用等部分内容的编撰,还得到了浙江省自然科学基金(编号:LZ14F010003)、国家自然科学基金(编号:614711152)、东南大学移动通信国家重点实验室开放研究基金(编号:2014D02)、浙江省公益性技术应用研究计划项目(编号:2015C31103)、浙江省 2016 年度高等教育教学改革项目(编号:jg20160237)等课题的资助。

感谢国内外信息论与编码理论界的知名学者香农、格拉各、傅祖芸、朱雪龙、周荫清、仇佩亮等专家和教授们。编者之所以能编写此书,得益于对他们著作的学习和理解。

感谢浙江大学大学出版社樊晓燕编审,正是她的辛勤劳动,使得本书得以顺利出版发行。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,希望广大读者批评指正。

作 者

于杭州临安青山湖·杭电信息工程学院

2017 年 9 月



目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 信息的基本概念	1
1.1.1 信息、消息及信号	1
1.1.2 信息的定义与度量	3
1.2 信息的基本概念	5
1.2.1 信息论的基本模型	5
1.2.2 信息论的研究目标	6
1.2.3 信息论的研究内容	7
1.3 信息论的发展历程	7
1.4 习 题	10
第 2 章 信源与信息熵	11
2.1 信源的模型与分类	11
2.1.1 一维离散信源	11
2.1.2 多维离散信源	12
2.1.3 一维连续信源	13
2.1.4 多维连续信源	13
2.2 离散信源的度量	14
2.2.1 不确定性	14
2.2.2 信息量的概念	15
2.2.3 信息量的计算	18
2.3 熵的基本性质	26
2.4 离散消息序列的熵	30
2.4.1 序列信息量的表示	30
2.4.2 离散无记忆扩展信源	31
2.4.3 离散平稳信源	32
2.4.4 马尔可夫信源	35
2.5 连续信源的熵和互信息	40

2.5.1	连续/波形信源的统计特性	40
2.5.2	连续信源的差熵	42
2.5.3	波形信源的差熵	45
2.5.4	最大差熵定理	46
2.6	信源相关性与冗余度	49
2.7	习 题	51
第3章	信道及信道容量	55
3.1	信道模型及分类	55
3.1.1	信道的概念	55
3.1.2	信道分类	55
3.1.3	离散信道模型	56
3.1.4	一维离散信道模型	57
3.2	信道传输的平均互信息	60
3.2.1	损失熵和噪声熵	60
3.2.2	平均互信息	61
3.2.3	平均条件互信息	63
3.2.4	平均互信息特性	64
3.3	信道容量概念及计算	69
3.3.1	信道容量基本概念	69
3.3.2	简单离散信道的信道容量	70
3.3.3	对称离散信道的信道容量	72
3.4	串/并联信道的信道容量	76
3.4.1	串联信道及信道容量	76
3.4.2	并联信道及信道容量	77
3.5	连续信道及容量	79
3.5.1	单维加性信道	80
3.5.2	多维高斯加性连续信道	82
3.6	信源与信道的匹配	85
3.7	习 题	86
第4章	信息率失真函数	90
4.1	失真测度	90
4.1.1	失真度	91
4.1.2	平均失真度	93
4.2	信息率失真函数的概念和性质	94
4.2.1	D 允许信道(试验信道)	94
4.2.2	信息率失真函数定义	95

4.2.3 信息率失真函数的性质	96
4.3 信息率失真函数的计算	100
4.4 连续信源的信息率失真函数	107
4.4.1 连续信源的信息率失真函数定义	107
4.4.2 平方误差失真度下高斯信源的信息率失真函数	108
4.5 习 题	111
第 5 章 信源编码	114
5.1 信源编码基本概念	114
5.2 定长编码	118
5.3 变长编码	121
5.3.1 变长码的分类和编码方法	121
5.3.2 克拉夫特不等式	122
5.3.3 变长无失真信源编码定理	124
5.3.4 码的平均长度衡量	124
5.3.5 变长无失真信源编码定理	127
5.4 限失真信源编码定理	130
5.5 变长码编码方法	131
5.5.1 香农编码方法	131
5.5.2 费诺编码	132
5.5.3 霍夫曼编码	134
5.6 习 题	139
第 6 章 信道编码	142
6.1 差错概率及译码分析	142
6.1.1 差错概率分析	143
6.1.2 典型译码规则	144
6.2 错误概率及编码原理	147
6.2.1 重复编码	147
6.2.2 线性分组码	149
6.2.3 汉明距	153
6.3 有噪信道编码定理	154
6.4 习 题	159
第 7 章 网络信息论简介	161
7.1 网络信道分类	161
7.1.1 多源接入信道	161
7.1.2 广播信道	162

7.1.3	中继信道	163
7.1.4	串扰信道	164
7.1.5	反馈信道	164
7.2	相关信源编码	165
7.2.1	两个相关信源模型	165
7.2.2	相关信源编码定理	166
7.3	多源接入信道	168
7.3.1	多源接入信道的容量	169
7.3.2	相关多源接入信道	171
7.3.3	高斯多源接入信道	173
参考文献		178

应用型本科院校信电专业
专业基础平台课规划教材系列

电路原理

软件技术基础

数字电子技术

模拟电子技术基础

通信原理

数字信号处理

信号与系统

电磁场与微波

单片机原理与应用

高频电子线路

数据通信与计算机网络

传感器技术与应用

数字信号处理实验教程——基于MATLAB仿真

应用信息与编码理论

Applied Information and Coding Theory

ISBN 978-7-308-17766-5



9 787308 177665 >

定价：32.00元