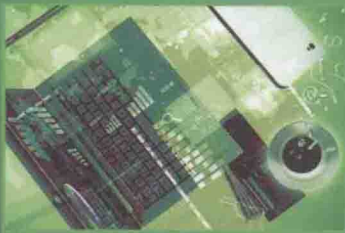


❖ 普通高等教育电子信息类规划教材 ❖

电子信息科学技术导论

INTRODUCTION OF ELECTRONIC
INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY



吴莉莉 主编
林爱英 邢玉清 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书赠送电子教案

普通高等教育电子信息类规划教材

电子信息科学技术导论

吴莉莉 主 编
林爱英 邢玉清 副主编



机械工业出版社

本书主要介绍了现代信息社会中应用最广泛的电子信息科学技术,具体包括现代电子技术、计算机科学基础、传感器与检测技术、信号与信息处理技术、计算机网络技术、现代通信技术、物联网技术与应用、自动控制技术以及信息安全。本书紧跟电子信息科学技术的发展,内容丰富、深入浅出、图文并茂,在阐述基本概念、基础理论、发展历程和核心技术的同时,还特别注重介绍最新的科学技术及其在实际生活中的应用。本书既包含了电子信息科学技术的基本内容和基本体系,又使各章具有相对的独立性,以便于不同专业、不同教学时数选用。

本书可作为高等学校电子信息类相关专业的专业导论教材和非电子信息类专业公共选修课教材,也可作为了解电子信息科学与技术基础知识的普及读物,供高中以上文化程度的人员阅读、参考。

本书提供配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 241151483, 电话: 010-88379753)。

图书在版编目(CIP)数据

电子信息科学技术导论/吴莉莉主编. —北京:机械工业出版社, 2015. 2
普通高等教育电子信息类规划教材
ISBN 978-7-111-48916-0

I. ①电… II. ①吴… III. ①电子信息-高等学校-教材
IV. ①G203

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 021818 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李馨馨 责任编辑:李馨馨 王荣

责任校对:张艳霞 责任印制:刘 岚

涿州市京南印刷厂印刷

2015 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·19.75 印张·490 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-48916-0

定价:39.90 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:(010)88379833

读者购书热线:(010)88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

前 言

电子信息科学技术是信息科学技术中的主要内容,它代表了当今社会最具潜力的新的生产力。电子信息科学技术是指研究信息的获取、传输、处理、存储和应用的科学技术,它是微电子和光电子技术为基础,以计算机技术为手段,以电子信息系统、通信系统和控制系统为主要应用的一门综合化的技术。

随着电子信息科学技术的飞速发展,各学科、各生产企业之间相互渗透、日趋融合,因而全面了解电子信息科学技术的专业内容、基本概念、发展趋势以及关键技术,不仅对于大学相关专业的师生是必要的,而且对于从事电子信息技术领域工作的广大工程技术人员也是必要的。

本书紧跟信息科学技术的发展,比较系统地介绍了电子信息科学技术的基本概念、基本原理、基本技术和主要应用。在内容编排上,选择了涉及应用面最广、与实际联系最为密切的主要学科领域进行介绍。全书共10章,除第1章概述外,其余各章相对独立,具体包括现代电子技术、计算机科学基础、传感器与检测技术、信号与信息处理技术、计算机网络技术、现代通信技术、物联网技术与应用、自动控制技术以及信息安全。这些基本理论和技术是多数电子信息类专业制订教学计划、组织课程教学的基础。

本书作为电子信息类专业学生的入门教材,在不涉及过多理论知识的前提下,使学生对本专业的概貌有一个全面系统的了解,对进一步学习专业知识起到了“导航”的作用。本书深入浅出、图文并茂,各章相对独立,以方便不同专业、不同教学学时选用。作为教材,每章后附有思考题与习题,并配有电子教学课件(PowerPoint版)以方便教学。

本书由吴莉莉、林爱英、邢玉清、郑宝周和贾树恒编写,其中吴莉莉担任主编,林爱英、邢玉清担任副主编。吴莉莉编写了第1、4、8章;林爱英编写了第2、7章;邢玉清编写了第3、6章,郑宝周编写了第5.1~5.3节、第5.4.1~5.4.2节和第10章,贾树恒编写了第5.4.3~5.4.4节、第5.5~5.8节和第9章,全书由吴莉莉统稿。

在本书的编写过程中,我们参阅了国内外出版的大量文献资料,主要参考文献列于每章之后,在此谨对这些文献资料的作者深表感谢。同时也要感谢河南农业大学的领导和同仁给予的大力支持和帮助。

由于电子信息科学技术涉及的知识面广,编者对相关领域的知识了解有限,书中难免存在不足或错误,敬请读者不吝赐教。

吴莉莉

于河南农业大学理学院电科系

目 录

前言	1
第1章 概述	1
1.1 信息的基本概念	1
1.1.1 信息的定义	1
1.1.2 信息的特性	2
1.1.3 信息论	3
1.1.4 信息量	4
1.2 信息科学与信息技术	5
1.2.1 信息科学	5
1.2.2 信息技术	6
1.2.3 电子信息科学技术的研究领域	6
1.2.4 电子信息技术的发展趋势	8
1.3 信息化社会	9
1.3.1 什么是信息化	10
1.3.2 信息化对社会的影响	10
1.4 我国电子信息科学技术涉及的本科专业简介	12
1.4.1 电子信息工程	13
1.4.2 电子科学与技术	13
1.4.3 通信工程	14
1.4.4 微电子科学与工程	14
1.4.5 光电信息科学与工程	14
1.4.6 自动化	15
1.4.7 计算机科学与技术	15
1.4.8 信息安全	16
1.4.9 物联网工程	16
1.5 本章小结	16
1.6 思考题与习题	17
参考文献	17
第2章 现代电子技术	18
2.1 电子技术的发展历程	18
2.1.1 电子管器件	18
2.1.2 半导体器件	19
2.1.3 集成电路	20

2.1.4	21 世纪电子新器件	20
2.2	微电子技术	22
2.2.1	微电子技术与集成电路	22
2.2.2	微处理器的发展历程	23
2.2.3	微电子技术面临的挑战和关键技术	27
2.2.4	微电子技术发展的新方向	30
2.3	EDA 技术	32
2.3.1	EDA 技术及其发展阶段	32
2.3.2	EDA 技术的内容	33
2.3.3	EDA 设计方法	37
2.3.4	EDA 的应用及发展趋势	38
2.4	纳米电子技术	39
2.4.1	传统电子器件面临的问题	39
2.4.2	奇妙的纳米尺寸效应	39
2.4.3	纳米电子器件	40
2.4.4	纳米电子系统及应用	43
2.5	光电子技术	45
2.5.1	光电子技术的概念和内容	45
2.5.2	光电子技术的发展	46
2.5.3	光电子技术的应用	47
2.6	本章小结	48
2.7	推荐网站及期刊	49
2.8	思考题与习题	50
	参考文献	50
第 3 章	计算机科学基础	52
3.1	计算机科学概述	52
3.1.1	计算机科学发展简史	52
3.1.2	计算机的分类与计算机科学的研究领域	54
3.1.3	计算机的特点和应用	56
3.2	计算机中信息的表示	58
3.2.1	计算机中的数据表示	58
3.2.2	计算机中的数值表示	60
3.2.3	计算机中非数值信息的编码	62
3.3	计算机的硬件系统	64
3.3.1	冯·诺依曼体系结构	65
3.3.2	计算机硬件系统与微机硬件结构	65
3.3.3	计算机的主要性能指标	67
3.3.4	计算机的工作原理	67
3.4	计算机的软件系统	67

3.4.1	计算机软件的基础知识	67
3.4.2	程序设计基础	68
3.4.3	数据结构与算法	72
3.4.4	操作系统简介	75
3.5	计算机技术的发展趋势	78
3.5.1	未来计算机——量子计算机	78
3.5.2	云计算	79
3.6	本章小结	84
3.7	推荐网站及期刊	84
3.8	思考题与习题	85
	参考文献	85
第4章	传感器与检测技术	87
4.1	检测技术概述	87
4.1.1	检测技术	87
4.1.2	获取信息的传感器	88
4.1.3	传感器的发展与现状	89
4.2	传感器的组成与分类	89
4.2.1	传感器的组成	89
4.2.2	传感器的分类	90
4.3	传感器的基本特性	91
4.3.1	传感器的静态特性	92
4.3.2	传感器的动态特性	93
4.4	几种现代传感器技术	93
4.4.1	智能传感器	93
4.4.2	无线传感器网络	98
4.4.3	多传感器信息融合技术	106
4.4.4	模糊传感器	111
4.4.5	生物传感器	114
4.5	传感器与检测技术的发展趋势	119
4.6	本章小结	120
4.7	推荐网站及期刊	121
4.8	思考题与习题	122
	参考文献	122
第5章	信号与信息处理技术	123
5.1	信息处理技术	123
5.1.1	信息处理技术发展史	123
5.1.2	现代信息技术	124
5.2	数字信号及其处理	126
5.2.1	模拟信号和数字信号	126

5.2.2	数字信号的特点	127
5.2.3	模拟信号的数字化	127
5.2.4	数字信号处理系统	128
5.3	文本信息处理	128
5.3.1	文本分类的研究现状	129
5.3.2	文本分类的整体框架	130
5.3.3	文本信息处理的应用领域	132
5.3.4	中文信息处理的研究	133
5.4	语音信号处理	134
5.4.1	语音信号处理的基础知识	135
5.4.2	语音信号处理的关键技术	136
5.4.3	语音识别技术的发展情况	138
5.4.4	语音信号处理技术的发展趋势	140
5.5	数字图像处理	141
5.5.1	数字图像处理概述	141
5.5.2	数字图像处理的内容	143
5.5.3	数字图像处理的应用领域	144
5.6	本章小结	151
5.7	推荐网站及期刊	151
5.8	思考题与习题	152
	参考文献	152
第6章	计算机网络技术	154
6.1	计算机网络概述	154
6.1.1	互联网的起源与发展	154
6.1.2	计算机网络的分类	157
6.1.3	网络硬件和软件	158
6.1.4	网络体系结构与协议	159
6.2	Internet	162
6.2.1	Internet 的协议	162
6.2.2	Internet 的地址与域名	165
6.2.3	网络传输介质	168
6.2.4	网络设备	169
6.2.5	网络服务	170
6.3	无线互联网和 IEEE 802.11	174
6.3.1	无线局域网	174
6.3.2	IEEE 802.11 标准	175
6.3.3	无线互联网络类型	177
6.4	计算机网络的应用	177
6.5	互联网的关键技术及研究热点	180

6.5.1	计算机网络的支撑技术	180
6.5.2	计算机网络的关键技术	180
6.5.3	计算机网络的研究热点	182
6.6	本章小结	183
6.7	推荐网站及期刊	184
6.8	思考题与习题	185
	参考文献	185
第7章	现代通信技术	187
7.1	蓝牙技术	188
7.1.1	蓝牙技术的形成背景	188
7.1.2	蓝牙的优势	188
7.1.3	蓝牙的组网方式	189
7.1.4	蓝牙的工作原理	190
7.1.5	蓝牙的关键技术	192
7.1.6	蓝牙的应用	193
7.2	WiFi 技术	194
7.2.1	WiFi 技术的发展	195
7.2.2	WiFi 技术的网络结构	196
7.2.3	WiFi 技术的应用和前景	197
7.3	移动通信及其关键技术	199
7.3.1	移动通信发展史	199
7.3.2	GSM 移动通信系统	204
7.3.3	CDMA 移动通信系统	207
7.3.4	4G 及其关键技术	210
7.3.5	卫星移动通信系统	212
7.4	光纤通信技术	216
7.4.1	光纤通信概念	217
7.4.2	光纤接入网	217
7.4.3	光纤通信的发展趋势	218
7.5	本章小结	219
7.6	推荐网站及期刊	220
7.7	思考题与习题	220
	参考文献	221
第8章	物联网技术与应用	222
8.1	物联网概述	222
8.1.1	物联网的定义	222
8.1.2	物联网的支撑技术	224
8.1.3	物联网技术的发展	224
8.2	物联网、互联网与泛在网	228

8.2.1	物联网与互联网的区别与联系	228
8.2.2	泛在网是物联网的发展方向	229
8.3	物联网系统的基本构成及关键技术	229
8.3.1	物联网的体系结构	229
8.3.2	感知层的关键技术	230
8.3.3	网络层的关键技术	235
8.3.4	应用层的关键技术	238
8.4	物联网技术的应用	240
8.4.1	智能物流	241
8.4.2	智能电网	242
8.4.3	智能农业	242
8.4.4	智能家居	244
8.4.5	智能医疗	245
8.4.6	智能环保	246
8.4.7	智能安防	247
8.4.8	智能交通	248
8.5	物联网技术的发展趋势和面临的问题	249
8.5.1	物联网的发展趋势	249
8.5.2	物联网发展中面临的问题	250
8.6	本章小结	251
8.7	推荐网站及期刊	252
8.8	思考题与习题	253
	参考文献	253
第9章	自动控制技术	254
9.1	自动控制技术概述	254
9.1.1	自动控制技术的早期发展	254
9.1.2	自动控制理论的形成	256
9.1.3	自动控制系统的控制方式	257
9.1.4	自动控制系统的组成	257
9.2	智能控制技术	258
9.2.1	智能控制的基本概念	259
9.2.2	智能控制系统	259
9.2.3	模糊控制	260
9.2.4	人工神经网络控制	263
9.2.5	专家控制	267
9.3	机器人控制技术	271
9.3.1	机器人的基本概念	271
9.3.2	机器人的发展历史	274
9.3.3	机器人控制系统	276

9.3.4 机器人与人	277
9.4 本章小结	278
9.5 推荐网站及期刊	278
9.6 思考题与习题	279
参考文献	279
第10章 信息安全	280
10.1 信息安全概述	280
10.1.1 信息安全发展简史	281
10.1.2 信息安全常用技术	282
10.2 密码学概述	284
10.2.1 古典密码学	285
10.2.2 现代密码学	286
10.2.3 密码学与信息安全的关系	288
10.3 信息隐藏与数字水印	288
10.3.1 信息隐藏	288
10.3.2 数字水印	291
10.4 计算机病毒	294
10.4.1 计算机病毒的基础知识	294
10.4.2 计算机病毒的逻辑结构	297
10.4.3 计算机病毒防治策略	298
10.5 防火墙	298
10.5.1 防火墙的基本概念	298
10.5.2 防火墙的分类	299
10.5.3 防火墙的应用现状	301
10.5.4 防火墙的发展趋势	302
10.6 信息安全技术的发展趋势	303
10.7 本章小结	304
10.8 推荐网站及期刊	305
10.9 思考题与习题	306
参考文献	306

第1章 概述

当今社会是信息化社会,我们正处在科学技术突飞猛进、信息交流不可缺少的时代。科学技术革命的蓬勃兴起,使人类对自然界和社会的认识产生巨大的飞跃,从微观世界到宏观世界,从生命科学到信息理论,都有很大的突破。信息科学技术的进步和广泛应用,正促使当今世界进行着一场信息化革命,尤其是电子信息科学技术正以前所未有的方式对社会的信息化变革起着决定性作用,其结果必然导致全球信息化。

信息科学技术莫基于20世纪40年代,它源于数理科学、无线电通信与电子技术。50年代以后,又与计算机技术紧密结合获得了很大发展。信息科学技术是研究有关信息的产生、传输、处理、接收、存储、显示与控制等的一门学科,信息又普遍地存在于自然界和人类社会,因此决定了信息科学技术是一门有着广泛影响力的学科,它已经渗透到各个学科领域,其中也包括社会科学与人文科学,同时也渗透到社会的各个行业。在这一过程中,它不断地从其他学科和行业中吸取营养来丰富自己,同时也大大促进了其他学科和行业的更新和发展,并产生了新兴交叉学科和行业。

在现代科学技术中,信息科学技术虽然如此强劲和重要,得到了广泛应用,但它还不能说是一门很成熟的学科。对于信息的涵义还有不同的理解,它的理论体系还不够完整成熟,它所包含的内容也各有不同。在哲学界对于信息的实质问题还存在争论。这些问题都有待在今后的发展过程中逐步得到解决。

1.1 信息的基本概念

1.1.1 信息的定义

信息无处不在,无时不有,无人不用,今天它已成为使用频率最高的词汇之一。对信息的应用越广泛,对信息的研究越深入,人们对信息的认识和理解也就越多样化、越深刻。

据《新辞源》考证,“信息”一词最早出现的诗句是在我国唐代诗人杜牧的《寄远》:“塞外音书无信息,道傍车马起尘埃”,以及诗人李中的《暮春怀故人》:“梦断美人沉信息,目穿长路倚楼台”,诗中“信息”的含义就是音信、消息的意思。同样,在西方出版的许多文献著作中,“信息”(Information)和“消息”(Message)两词也是互相通用的。就一般意义而言,信息可以理解成消息、情报、知识、见闻、通知、报告、事实、数据等。

信息到现在都还没有一个特定的、公认的定义,不同的学科和学者,从不同的角度对信息的含义有不同的解释。

1948年,美国数学家香农(Shannon)指出:“信息是用来消除随机不确定性的东西”,指的是有新内容或新知识的消息。所谓不确定性就是千变万化、不规则、随机性,用概率模型来描述并对其进行定量的计算。

美国数学家、控制论的奠基人诺伯特·维纳(Wiener)认为,信息是“我们在适应外

部世界、控制外部世界的过程中，同外部世界交换的内容的名称”，提出“信息就是信息，不是物质，也不是能量”，是区别于物质和能量以外的第三类资源。

1988年，我国信息论专家钟义信在《信息科学原理》一书中认为，信息是事物运动的状态与方式，是物质的一种属性。在这里，“事物”泛指一切可能的研究对象，包括外部世界的物质客体，也包括主观世界的精神现象；“运动”泛指一切意义上的变化，包括机械运动、化学运动、思维运动和社会运动；“运动方式”是指事物运动在时间上所呈现的过程和规律；“运动状态”则是事物运动在空间上所展示的形状与态势。

信息不同于消息，消息只是信息的物理表现，信息是消息的内涵；消息中包含信息，一则消息可载荷不同的信息，可能包含丰富的信息，也可能包含很少的信息，同一信息可用不同的消息形式来体现。

信息不同于信号，信号是与消息相对应的物理量（如电信号、光信号、声音信号等），它是消息的物理载体。信号携带信息，但不是信息本身。同一信息可用不同的信号来表示，同一信号也可表示不同的信息。

信息不同于数据，数据是对客观事物进行记录并可以鉴别的符号，是客观事物的属性、数量、位置及其相互关系等的抽象表示。数据是信息记录的基础，信息一般通过数据来表示，信息加载在数据之上，并对数据做出具有含义的解释。如果把信息比作分子，数据就是它的原子构成。

信息是人类的一切生存活动和自然存在所传达出来的信号和消息。人类通过信息认识各种事物，借助信息的交流沟通人与人之间的联系，互相协作，从而推动社会前进。信息既不是物质也不是能量，但同物质、能源一样重要。当代社会将信息、材料和能源并称为社会的三大支柱。

1.1.2 信息的特性

信息通常具有以下特性：

1) 可量度。信息可采用某种度量单位进行度量，并进行信息编码，如现代计算机使用的二进制。

2) 可识别。信息可采取直观识别、比较识别和间接识别等多种方式来把握。

3) 可转换。信息可以从一种形态转换为另一种形态，如自然信息可转换为语言、文字和图像等形态，也可转换为电磁波信号或计算机代码。

4) 可存储。信息可以存储，大脑就是一个天然信息存储器。人类发明的文字、摄影、录音、录像以及计算机存储器等都可以进行信息存储。

5) 可处理。人脑就是最佳的信息处理器。人脑的思维功能可以进行决策、设计、研究、写作、改进、发明、创造等多种信息处理活动。计算机也具有信息处理功能。

6) 可传递。信息传递是与物质和能量的传递同时进行的。语言、表情、动作、报刊、书籍、广播、电视、电话等是人类常用的信息传递方式。

7) 可再生。信息经过处理后，可用其他形式再生，如自然信息经过人工处理后，可用语言或图形等方式再生成信息。输入计算机的各种数据文字等信息，可用显示、打印、绘图等方式再生成信息。

8) 可压缩。信息可以进行压缩，可以用不同的信息量来描述同一事物。人们常常用尽

可能少的信息量描述一件事物的主要特征。

9) 可利用。信息具有一定的实效性和可利用性。

10) 可共享。信息具有扩散性, 因此可共享。

1.1.3 信息论

1. 信息论形成的背景与基础

人们对于信息的认识和利用, 可以追溯到古代的通信实践, 这些是传递信息的原始方式。随着社会生产的发展、科学技术的进步, 人们对传递信息的要求急剧增加。到了 20 世纪 20 年代, 如何提高传递信息的能力和可靠性已成为普遍重视的课题。美国科学家奈奎斯特、德国屈普夫米勒、前苏联科尔莫戈罗夫和英国赛希尔等人, 从不同角度研究信息, 为建立信息论做出了很大贡献。

信息论是人们在长期的通信工程实践中, 由通信技术和概率论、随机过程和数理统计相结合而逐步发展起来的一门学科。信息论的奠基人是美国伟大的数学家、贝尔实验室杰出的科学家香农 (被称为“信息论之父”), 他在 1948 年发表了著名的论文《通信的数学理论》, 这篇论文以概率论为工具, 深刻阐述了通信工程的一系列基本理论问题, 给出了计算信源信息量和信道容量的方法和一般公式, 得到了一组表征信息传输关系的编码定理。香农在进行信息的定量计算时, 明确地把信息量定义为随机不确定性程度的减少。这表明了他对信息的理解: 信息是用来减少随机不确定性的东西。随机不确定性是指由于随机因素所造成的不能肯定的情形, 在数值上可以用概率熵来计量。1949 年香农又发表了《噪声中的通信》, 这些论文为信息论奠定了理论基础。

美国数学家、控制论的主要奠基人维纳在 1950 年出版的《控制论与社会》一书中对信息的理解是: “人通过感觉器官感知周围世界”, “我们支配环境的命令就是给环境的一种信息”, 因此, “信息就是我们在适应外部世界, 并把这种适应反作用于外部世界的过程中, 同外部世界进行交换的内容的名称”。“接收信息和使用信息的过程, 就是我们适应外界环境的偶然性的过程, 也是我们在这个环境中有效地生活的过程”。这些是把信息理解为广义通信的内容。

1956 年法裔美国科学家布里渊 (Brillouin) 在他的名著《科学与信息论》中直接了当地指出: 信息就是负熵, 并且他还创造了 Negentropy 这一词 (由 Negative 和 Entropy 合成) 来表示负熵的概念。

20 世纪 70 年代以后, 随着计算机的广泛应用和社会信息化的迅速发展, 信息论正逐渐突破香农狭义信息论的范围, 发展成为一门不仅研究语法信息, 而且研究语义信息和语用信息的科学。随着信息理论的迅猛发展和信息概念的不断深化, 信息论所涉及的内容早已超越了狭义的通信工程范畴, 进入了信息科学领域。

2. 信息论的定义

信息论是运用概率论与数理统计的方法研究信息熵、通信系统、数据传输、密码学、数据压缩等问题的应用数学学科。其核心问题是信息传输的有效性和可靠性以及两者间的关系。它主要是研究通信和控制系统中普遍存在的信息传递的共同规律以及研究最佳解决信息的获取、度量、变换、存储和传输等问题的基础理论。信息论将信息的传递作为一种统计现

象来考虑,给出了估算通信信道容量的方法。

信息论作为一门科学理论,发源于通信工程。它的研究范围极为广阔,一般把信息论分成以下三种不同类型。

(1) 狭义信息论

狭义信息论主要总结了香农的研究成果,因此又称为香农信息论。在信息可以度量的基础上,研究如何有效、可靠地传递信息。狭义信息论研究的是收、发端联合优化的问题,而重点在各种编码。它是通信中客观存在的问题的理论提升。

(2) 一般信息论

一般信息论研究从广义的通信引出的基础理论问题、香农信息论和维纳的微弱信号检测理论等。微弱信号检测又称最佳接收,是为了确保信息传输的可靠性,研究如何从噪声和干扰中接收信道传输的信号的理论。除此之外,一般信息论的研究还包括:噪声理论、信号滤波与预测、统计检测与估计理论、调制理论、信号处理与信号设计理论等。它总结了香农和维纳以及其他学者的研究成果,是广义通信中客观存在的问题的理论提升。

(3) 广义信息论

无论是狭义信息论还是一般信息论,讨论的都是客观问题。然而当讨论信息的作用、价值等问题时,必然涉及主观因素。广义信息论研究包括所有与信息有关的领域,如心理学、遗传学、神经生理学、语言学、社会学等。因此,有人对信息论的研究内容进行了重新界定,提出从应用性、实效性、意义性或者从语法、语义、语用方面来研究信息,分别与事件出现的概率、含义及作用有关,其中意义性、语义、语用主要研究信息的意义和对信息的理解,即信息所涉及的主观因素。

广义信息论从人们对信息特征的理解出发,从客观和主观两个方面全面地研究信息的度量、获取、传输、存储、加工处理、利用等,理论上说是最全面的信息理论,但由于主观因素过于复杂,很多问题本身及其解释尚无定论,或者受到人类知识水平的限制目前还得不到合理的解释,因此广义信息论目前还处于正在发展的阶段。

1.1.4 信息量

“信息”一词在概念上与消息的意义相似,但它的含义更具有普遍性、抽象性。信息可被理解为消息中包含的有意义的内容;消息可以有各种各样的形式,但其内容可统一用信息来表述。消息中包含信息的多少可直观地使用“信息量”来进行衡量。

在一切有意义的通信中,虽然消息的传递意味着信息的传递,但对接收者而言,某些消息比另外一些消息的传递具有更多的信息。例如,甲方告诉乙方一件非常可能发生的事情:“今年夏天比去年夏天热”,比起告诉乙方一件极不可能发生的事情:“今年夏天比去年冬天冷”来说,后一消息包含的信息显然要比前者多。因为对乙方(接收者)来说,前一事情很可能发生,不足为奇,而后一事情却极难发生,听后会使人惊奇。这表明消息确实是有量值的意义,而且可以看出,对接收者来说,事件越不可能发生,越会使人感到意外和惊奇,信息量就越大。正如已经指出的,消息是多种多样的,因此度量消息中所含信息量的方法,必须能够用来估计任何消息的信息量,而与消息的种类无关。另外,消息中所含信息的多少也应和消息的重要程度无关,仅与消息内容的不确定性有关。

概率论告诉我们,事件的不确定性程度可以用其出现的概率来描述。因此消息中包含的

信息量与消息发生的概率密切相关。消息出现的概率越小,则消息中包含的信息量就越大。

用 $I(x_i) = -\log_a P(x_i)$ ($P(x_i)$ 表示事件 x_i 出现的概率) 来度量事件 x_i 给出的信息量,称为单个事件 x_i 的信息量。若一次试验有 M 种可能结果(事件),或一个信源可能产生 M 种消息(事件),它们出现的概率分别为 $P(x_1), P(x_2), \dots, P(x_M)$, 则用

$$H(x) = - \sum_{i=1}^M P(x_i) \log_a P(x_i) \quad (1-1)$$

来度量一次试验或一个消息所给出的平均信息量,也就是熵。当对数以 $a=2$ 为底时,信息量的单位为位(bit);当对数以 $a=e$ (自然对数)为底时,信息量的单位为奈特(nat);当对数以 $a=10$ 为底时,信息量的单位为哈特莱(Hartley)。广泛使用的信息量单位是位。信息论中的熵 H 的表达式与物理学中热力学熵的表达式差一个负号,故称负熵或信息熵。

1.2 信息科学与信息技术

1.2.1 信息科学

信息科学是研究信息及其运动规律的科学。它是以香农创立的信息论为理论基础,以信息作为主要研究对象,以信息的运动规律和应用方法为主要研究内容,以计算机等技术为主要研究工具,以扩展人类的信息功能为主要目标的一门新兴的综合性学科。

信息科学是由信息论、控制论、计算机科学、仿生学、系统工程与人工智能等学科互相渗透、互相结合而形成的。

传统的自然科学的基本研究对象是各种层次、各种形态的物质和能量,主要研究内容就是天体物质、地球物质和生命物质的物质结构及其所包含的机械、化学、生物等各种形式的转换规律。尽管都伴随有不同程度的信息问题,然而传统自然科学所关心的却只是其中的物质和能量的问题。信息科学把信息(而不是物质和能量)作为新的研究对象,它是一个独立的对象,因此信息科学的研究必然会形成成为一门与传统科学有重大区别的新科学。

信息科学的研究内容可归纳为:①探讨信息的基本概念和本质;②研究信息的数值度量方法;③阐明信息感知、识别、变换、传递、存储、检索、处理、再生、表示、施效(控制)等过程的一般规律;④揭示利用信息来描述系统和优化系统的方法和原理;⑤寻求通过加工信息来生成智能的机制和途径。

信息科学所研究的信息的运动规律主要包括:信息产生的规律、信息获取的规律、信息再生的规律、信息施效的规律、信息传递的规律、信息系统优化或自组织的规律以及信息过程智能化的规律等。

在自然科学领域,信息科学研究有了长足的进展。信息本身的研究已从香农信息理论中的概率信息逐步扩展到语法信息、语义信息和语用信息等领域,为现代信息技术的进一步发展奠定了理论基础。在20世纪50年代,围绕“信息过程”的研究,逐渐形成了一般控制理论和一般系统理论。至70年代中期,以信息观点为核心又先后诞生了耗散结构理论、超循环理论和混沌理论等众多新理论。

在社会科学领域,信息科学研究也取得了极为丰硕的成果,人们对信息的认识有了重大的飞跃。信息被认为是当代经济社会发展的重要资源,是除材料工具、劳动者之外又一重要

的生产要素。这一认识,标志着人类对信息的运用已经开始从自发走向自觉。通过对信息在社会运行和经济管理中所起作用的研究,哲学、经济学、社会学、管理科学等众多科学领域在信息研究方面都取得了重大进展,产生了一些新兴的学科领域,如信息经济学、信息社会学和信息管理学等。

总之,和以往一切传统科学不同,信息科学破天荒地把信息推上了科学的舞台,使它与物质和能量鼎足而立,并以崭新的思想和方法大大丰富了科学的宝库。信息科学的兴起极大地改变了整个科学的结构、内容和方向,改变了科学发展的途径和科学的思维方式。

1.2.2 信息技术

信息技术是在信息科学的基本原理和方法的指导下扩展人类信息功能的技术,是对信息进行采集、传输、存储、处理、应用的各种技术之和,是集数学、物理学、电子学、通信技术、计算机科学技术、智能科学技术以及控制理论与技术等于一体的交叉学科。

人的信息功能包括:感觉器官承担的信息获取功能,神经网络承担的信息传递功能,思维器官承担的信息认知功能和信息再生功能,效应器官承担的信息执行功能。按扩展人的信息器官功能分类,信息技术可分为以下几方面技术。

1) 传感技术。传感技术即信息的采集技术,对应于人的感觉器官。它的作用是扩展人类获取信息的感觉器官功能。它包括信息识别、信息提取、信息检测等技术。它几乎可以扩展人类所有感觉器官的传感功能。信息识别包括文字识别、语音识别和图形识别等。

2) 通信技术。通信技术即信息的传递技术,对应于人的神经系统的功能。它的主要功能是实现信息快速、可靠、安全的转移。各种通信技术都属于这个范畴。广播技术也是一种传递信息的技术。由于存储、记录可以看成是从“现在”向“未来”或从“过去”向“现在”传递信息的一种活动,因而也可将它看作是信息传递技术的一种。

3) 计算机技术。计算机技术即信息的处理和存储技术,对应于人的思维器官。计算机信息处理技术主要包括对信息的编码、压缩、加密和再生等技术。计算机存储技术主要包括着眼于计算机存储器的读写速度、存储容量及稳定性的内存储和外存储技术。

4) 控制技术。控制技术即信息的应用技术,对应于人的效应器官。信息应用技术是信息过程的最后环节。它包括调控技术、显示技术等。

由上述内容可见,传感技术、通信技术、计算机技术和控制技术是信息技术的四大基本技术,其主要支柱是通信(Communication)技术、计算机(Computer)技术和控制(Control)技术,即“3C”技术。信息技术是实现信息化的核心手段,是当代世界范围内新的技术革命的核心。

1.2.3 电子信息科学技术的研究领域

一般来说,电子信息科学技术主要采用电子科学技术或光电信息技术的方法与手段来研究信息的获取、传输、处理、存储与应用。

(1) 信息获取

人们为了从外界获取信息,必须借助于眼、耳、鼻、舌、皮肤等感觉器官接受来自外界的信息,并将这些信息通过神经元传递给大脑,进行加工、分析和处理,发出命令和动作。随着科学技术的发展和社会的进步,人们可以借助各种信息技术手段来获取各种信息,利用