

# 认知无线电与 认知网络

RENZHI WUXIANDIAN YU  
RENZHI WANGLUO

张勇 滕颖蕾 宋梅 编著



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

# 认知无线电与认知网络

张 勇 滕颖蕾 宋 梅 编著



北京邮电大学出版社  
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

## 内 容 简 介

本书全面而系统地介绍了认知无线电和认知网络两大技术,认知无线网络是目前唯一成熟的认知网络实例化网络应用。本书从认知科学方法论特性开始,具体介绍了认知无线电的发展、频谱感知和分配,重点介绍协同感知技术,频谱共享技术;认知网络定义、特征及关键技术、认知网络路由、跨层设计及安全问题,标准化进展和认知无线电实验平台等。

本书旨在为研究认知无线电、认知网络及下一代网络技术的专业技术人员、管理人员,特别是从事该方向理论研究和算法设计的人员作为专业学习书籍使用。同时,本书也适合学习认知无线电、认知网络技术的大专院校的相关专业师生提供阅读参考,并可作为理论教材和学习参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

认知无线电与认知网络/张勇,滕颖蕾,宋梅编著.--北京:北京邮电大学出版社,2012.5  
ISBN 978-7-5635-2891-2

I. ①认… II. ①张…②滕…③宋… III. ①无线电通信—通信网 IV. ①TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 008039 号

---

书 名: 认知无线电与认知网络  
著作责任者: 张 勇 滕颖蕾 宋 梅 编著  
责任编辑: 孔 玥  
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: 北京联兴华印刷厂  
开 本: 787 mm×960 mm 1/16  
印 张: 17.75  
字 数: 388 千字  
印 数: 1—3 000 册  
版 次: 2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷



---

ISBN 978-7-5635-2891-2

定 价: 36.00 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 •

# 前 言

近年,宽带无线通信技术不断推陈出新,泛在网、物联网等技术蓬勃发展,而智慧地球、智慧城市的概念的提出,以及世界范围内正在推进的智能城市建设,更是将整个社会生活对信息网络建设的需求推到了极致,社会生活的各行业对 ICT 行业翘首以待,冀望能借助信息网络实现诸如智能交通、智能旅游、智能政府办公等各种凌驾于全互互联网的沟通。在无线通信领域不断演进发展的二十余年的时间里,通信行业一直被有限的频谱资源与日益增长的服务需求之间的矛盾所困扰,直到现今的 3G、4G 系统中无线传输资源仍捉襟见肘。笔者认为,对当前无线通信所面临的突出问题,可更准确的表述为:封闭式静态固化的频率资源分配与无限的接入和网络需求之间的矛盾,而这是现在的无线网络或者传统网络建设思路所无法克服的。

智能天线、MIMO、OFDM 等 3G 及 B3G 的新技术的运用,对于改善无线通信系统的数据传输速率和链路可靠性有积极意义,却无法突破性地改善频谱利用效率。这是由于目前所采用的通信技术,无论是空间、时间、频率单独或者两两结合的分集,主要针对改善无线信道自身的多径衰落、阴影效应等问题,而对由于系统间或小区间普遍采用的固化或静态频率分配、条形分割所造成的频率利用率低下的问题并无显著效果。

只有改变当前固定频谱分配政策,部分甚至全部采用动态频谱分配策略,使多种技术可以实现“频谱共享”,才能彻底解决频谱缺乏的问题。认知无线电技术,能够自动检测无线电环境,调整传输参数,从空间、时间、频率、调制方式等多维度共享无线频谱,大幅度提高频谱利用效率,为解决频谱资源不足、实现频谱动态管理及提高频谱利用率开创了崭新的局面。目前,认知无线电(CR, Cognitive Radio)网络已被业界许多组织机构认为是一种充分开发 B3G 系统潜能的核心技术,并且被预言为未来对无线技术最有革命性意义的技术。

另一方面,多域多网络共存问题,逐渐凸显,这无疑会给无线网络的发展和建设带来极大挑战。覆盖区域重叠、通信协议不一致、缺乏统一的服务管控的异构网络格局,不仅没有使得泛在、异构的网络突显其优势,反而使得用户面临更加复杂的网络环境,难以获得优质的服务体验。我们认为,未来通信网

络的前景是一个泛在、异构融合的网络模式,多接入方式并存,多节点协同工作,支持不同程度的无缝移动特性,同时它又是一个智能化无线通信系统,能够随时感知外界环境,并根据当前的网络状况自配置以响应和动态自适应环境和操作的改变。认知网络技术能够依靠人工智能的支持,感知无线通信环境,根据一定的学习和决策算法,自适应地改变系统工作参数(如传输功率、载频、调制方式等),从获知的环境参量中不断增强学习,从而满足日益增长的未来通信对网络智能化要求。

可见,认知技术是未来通信发展的一大趋势,循此促笔,本书编撰者结合多年来在认知无线电及认知网络方向的研究及项目经历,作为综合性介绍认知网络和认知无线电最新研究动向的专业书籍,第一次全面而系统地介绍了认知无线电和认知网络两大技术。以认知科学与思想作引,从认知无线电到认知网络,娓娓道来,分别着眼于无线射频和网络两个角度,研究智能化、自适应、自配置、自优化、自愈合的通信网络系统。

本书共包括 11 章,其中,第 1 章从认知思想讲起,为后续认知无线电和认知网络内容的展开,给出一个方法论和思想方面的引子。第 2 章至第 5 章为认知无线电部分,基于认知无线电的国内外最新研究,对认知无线电的关键技术,前沿技术体系分明地给予了比较详细的介绍。针对其中的几个重点问题给了进一步的阐述和研究,包括频谱感知,频谱共享技术以及认知无线电的路由协议等,书中还对频谱聚合的若干问题给予了讨论。认知无线电的研究目标是无线电用户,而认知网络的目标则是建立在端到端网络性能的基础上的。显然对于认知网络关键技术的研究对于整个通信系统显得更为重要。本书第 6 章至第 9 章将重点阐述认知网络中的如下关键问题:概念、网络架构、跨层设计及安全问题。第 10 章则撰述了认知无线电、认知网络相关的标准化发展进展,同时本书的最后简介了认知无线电仿真平台并对当前已得到广泛应用的平台 GNU Radio 给予重点介绍,并附有入门代码供从事认知无线电系统及认知组网开发的人员参考。

对于初接触这个领域的人员,可能会困惑于这样的问题,何为认知无线网络和认知网络?如何界定认知无线网络和认知网络?笔者认为,认知无线网络是基于认知无线电技术组建的网络结构,现在的研究认识更偏重于如何借助于感知技术实现认知接入,偏重于接入网的层次;而认知网络则是更大的网络范畴,可以使从物理层到应用层完全革新的网络,物理层技术可以但不局限于使用认知无线电技术,还可以充分借助于人工智能技术改造和革新

现有的通信网络,从而实现一个真正的智能化无线通信系统。当然,从现在网络发展来看,也可以是仅仅对核心网侧基于认知技术改造的结果,例如现在LTE、IEEE802.16m在推进的SON功能,便是偏重对核心网侧自配置、自优化、自愈化的内容。

本书在编撰时沿用现在比较通常的思路,即将认知无线电从网络接入的层次考虑,而将认知网络作为网络层以上,偏重于核心网络的层次来论述。但是,未来无线通信系统对网络智能化的需求却不会停止,不会仅局限于核心网的智能性、接入网的智能性、终端的智能性,等等。需求不止,新的技术便会层出不穷。无论怎样,网络发展认知化、智能化是趋势所向。

本书深入浅出地介绍了认知无线电和认知网络的最新发展。本书可供从事下一代无线通信系统研究的专业技术人员、管理人员,特别是从事认知无线电和认知网络研究工作的研究者作为专业书籍使用;也可以供学习认知无线电和认知网络理论的相关专业的师生阅读参考;亦可作为研究生阶段认知无线电和认知网络相关课程的教材或参考书使用。

本书的编撰工作凝结了北京邮电大学ICN&CAD中心多名教师、博士生及硕士生近年研究成果及辛勤劳动,尤其是陈俊杰、何智锋、徐浩漫、刘媛媛、谢星光、戴超、施莹、牛芳、杨帆等参与了本书中重要部分的编写工作,在这里特别表示感谢。此外,王莉、魏翼飞、满毅、刘洋等教师对本书的若干内容提出了很好的建议,在此向他们表示衷心的感谢。此外,还要感谢国家863计划、国家自然科学基金等项目对于相关研究的资助。

由于水平所限,书中内容纰漏难免,殷切地希望广大读者及同行专家批评指正,不吝珠玉。唯禔补阙漏,方能广益。

编著者

# 目 录

<b>第 1 章 认知科学与技术</b> .....	1
1.1 认知科学的发展 .....	1
1.2 认知技术概述 .....	2
1.2.1 认知技术的基本概念 .....	2
1.2.2 认知技术的理论基础和特征 .....	3
1.3 认知技术在通信领域的发展应用 .....	6
本章参考文献 .....	10
<b>第 2 章 认知无线电概述及发展</b> .....	12
2.1 认知无线电概述 .....	12
2.1.1 认知无线电的产生 .....	12
2.1.2 认知无线电的关键技术 .....	15
2.1.3 认知无线电频谱礼仪及共存方式 .....	19
2.1.4 认知无线电的研究现状 .....	22
2.2 认知无线电的应用 .....	23
2.3 认知无线电的发展前景 .....	26
本章参考文献 .....	27
<b>第 3 章 频谱感知</b> .....	31
3.1 频谱感知技术概述 .....	31
3.2 单点感知技术及其性能比较 .....	32
3.2.1 主用户发射机检测 .....	32
3.2.2 主用户接收机检测 .....	37
3.2.3 单点感知技术前沿研究 .....	38
3.3 协作感知技术及性能分析 .....	39
3.3.1 协作感知的架构 .....	40
3.3.2 融合判决算法 .....	41
3.3.3 协作感知技术前沿研究 .....	48
3.4 基于隐马尔可夫模型的频谱机会预测 .....	49

3.4.1	隐马尔可夫模型的数学原理	49
3.4.2	基于隐马尔可夫模型的频谱预测算法	50
3.5	控制信道设计	51
3.5.1	控制信道的作用	51
3.5.2	控制信道的设计需要考虑的问题	51
3.6	感知系统设计上的权衡	53
3.6.1	协作开销与本地处理开销	53
3.6.2	反应式与先验式	53
3.6.3	通信可靠性与数据速率	53
	本章参考文献	54
<b>第4章</b>	<b>频谱共享接入技术</b>	<b>58</b>
4.1	概述	58
4.1.1	频谱共享的分类	58
4.1.2	频谱共享的过程	59
4.1.3	频谱共享的关键技术	66
4.2	集中式频谱共享技术	70
4.2.1	基于频谱池的频谱分配模型	70
4.2.2	基于图论着色的频谱分配模型	72
4.2.3	基于干扰温度的频谱分配模型	74
4.3	分布式频谱共享技术	75
4.3.1	基于博弈论的频谱分配模型	75
4.3.2	基于拍卖竞价理论的频谱分配模型	76
4.3.3	机会式频谱接入	77
4.4	其他频谱共享技术	78
4.5	频谱聚合技术	79
4.5.1	频谱聚合的类型	80
4.5.2	频谱聚合的技术方案	82
4.5.3	频谱聚合下的切换分析	85
4.5.4	频谱聚合下的调度模型分析	87
4.5.5	频谱聚合面临的挑战	88
4.6	频谱共享的挑战性问题及未来研究方向	89
	本章参考文献	90



<b>第 5 章 认知无线网络路由协议</b> .....	94
5.1 认知无线电环境中路由协议设计的特点 .....	94
5.1.1 无线路由协议简介 .....	94
5.1.2 认知无线电环境的影响 .....	95
5.1.3 认知无线电环境下路由的控制信息及其他 .....	99
5.1.4 认知无线网络路由协议的分类 .....	100
5.1.5 认知无线网络路由协议的衡量 .....	102
5.2 多射频多信道路由协议 .....	102
5.2.1 多射频多信道与认知无线电的关系 .....	102
5.2.2 常见多射频多信道路由协议 .....	103
5.3 常见认知无线路由协议 .....	104
本章参考文献 .....	107
<b>第 6 章 认知网络概述</b> .....	110
6.1 认知网络的概念 .....	110
6.1.1 认知网络产生的背景 .....	110
6.1.2 认知网络的需求 .....	111
6.1.3 认知网络的定义 .....	114
6.2 认知网络的特点 .....	115
6.2.1 认知网络的泛在性和异构性 .....	115
6.2.2 认知网络的协同性 .....	116
6.2.3 认知网络的高度智能性 .....	116
6.3 认知网络的发展前景 .....	117
6.4 认知网络的技术挑战 .....	118
本章参考文献 .....	118
<b>第 7 章 认知网络架构</b> .....	120
7.1 认知网络的认知过程 .....	120
7.2 认知网络的架构 .....	121
7.2.1 认知网络架构简介 .....	121
7.2.2 认知网络功能架构 .....	123
7.2.3 认知网络的系统架构 .....	128
7.3 认知网络的 JRRM 功能 .....	129
7.3.1 JRRM 目标 .....	130

7.3.2	JRRM 技术 .....	131
7.3.3	JRRM 算法 .....	131
7.4	认知网络的 DSM 功能 .....	133
7.4.1	DSM 目标 .....	133
7.4.2	DSM 技术 .....	134
7.4.3	DSM 算法 .....	134
7.5	认知网络的 Self-x 功能 .....	137
7.5.1	Self-x 目标 .....	137
7.5.2	Self-x 技术 .....	137
7.5.3	Self-x 算法 .....	138
7.6	认知网络中的分布式学习推理 .....	142
	本章参考文献 .....	144
<b>第 8 章</b>	<b>认知网络的跨层设计 .....</b>	<b>147</b>
8.1	跨层设计概述 .....	147
8.1.1	跨层设计的概念 .....	147
8.1.2	跨层设计架构 .....	149
8.1.3	跨层实施方案 .....	152
8.2	认知无线电网络的跨层设计 .....	153
8.2.1	MAC/物理层跨层设计 .....	153
8.2.2	路由/物理层跨层设计 .....	154
8.2.3	传输/物理层跨层设计 .....	154
8.2.4	其他跨层设计 .....	155
8.3	认知网络的跨层设计方案 .....	155
8.4	认知网络跨层设计面临的挑战 .....	159
	本章参考文献 .....	160
<b>第 9 章</b>	<b>认知网络的安全问题 .....</b>	<b>164</b>
9.1	认知无线电的可靠性问题 .....	164
9.1.1	认知无线电面临的主要威胁 .....	164
9.1.2	攻击的分类 .....	166
9.1.3	对抗攻击的方法 .....	167
9.2	认知无线电网络的攻击 .....	168
9.2.1	物理层攻击 .....	168
9.2.2	链路层攻击 .....	169

---

---

9.2.3	网络层攻击行为 .....	169
9.2.4	传输层攻击 .....	170
9.2.5	应用层攻击 .....	171
9.2.6	跨层攻击 .....	171
9.3	认知网络的安全保护 .....	172
9.3.1	保护认知网络的要求 .....	172
9.3.2	保护认知网络的方法 .....	173
9.4	认知网络的入侵检测 .....	174
9.4.1	入侵检测概述 .....	174
9.4.2	威胁模型 .....	175
9.4.3	综合动态方法 .....	176
9.5	通信安全组成模块 .....	180
9.5.1	模块设计要素 .....	180
9.5.2	鉴权认证授权 .....	181
9.5.3	保密性 .....	182
9.6	未来研究方向 .....	182
	本章参考文献 .....	184
<b>第 10 章</b>	<b>认知标准化现状 .....</b>	<b>188</b>
10.1	标准化现状概述 .....	188
10.2	IEEE 802.22 标准 .....	190
10.2.1	系统架构 .....	190
10.2.2	物理层概述 .....	191
10.2.3	MAC 层概述 .....	195
10.2.4	认知频谱管理 .....	205
10.3	其他各大组织标准化进展 .....	208
10.3.1	IEEE SCC 41 .....	208
10.3.2	3GPP 中的自组网技术 .....	209
10.3.3	IEEE 802.16 中的自组网技术 .....	212
10.3.4	其他 IEEE 标准进展 .....	213
10.3.5	其他组织标准化工作 .....	215
10.4	未来标准化工作 .....	219
	本章参考文献 .....	219

<b>第 11 章 认知无线电实验平台</b> .....	220
11.1 软件无线电 .....	220
11.1.1 软件无线电的定义及特点 .....	220
11.1.2 软件无线电的基本结构 .....	222
11.1.3 软件无线电的关键技术 .....	224
11.2 软件无线电的开发平台 .....	228
11.2.1 GNU Radio 软件平台 .....	228
11.2.2 USRP 射频前端 .....	230
11.2.3 GNU 编程基础 .....	235
11.2.4 GNU Radio 的应用 .....	238
11.2.5 其他的 SDR 平台简介 .....	240
11.3 实例应用 .....	244
11.3.1 FM Radio .....	244
11.3.2 OFDM Tunnel .....	245
11.3.3 MIMO .....	248
本章参考文献 .....	251
<b>附录</b> .....	255
<b>缩略语</b> .....	262

# 第 1 章 认知科学与技术

在介绍本书的主要内容——认知无线电与认知网络——之前,有必要先认识它们的来源——认知科学与技术。

认知无线电的概念最早由瑞典的 Joseph Mitola 博士提出,他定义认知无线电系统能够感知周围环境的变化,并据此调整系统工作参数,实现最佳适配<sup>[1,2,3]</sup>。而认知网络的概念最初由弗吉尼亚大学提出,他们强调网络自身能够对当前网络环境进行观察,动态地调整网络的配置,在此基础上进行计划、决策和行动,从而灵活地适应网络环境的变化<sup>[4,5,7]</sup>。两者共有的一个最重要特性就是认知过程,这是网络性能最优化的核心,认知过程的关键部分就是能够从过去的决策中学习并将其应用于对未来的决策中。因此,对认知过程以及认知理论的初步了解有助于读者更好认识本书的关键内容。

现代认知理论认为,认知是指对周围的事物认知的过程以及对认知过程的分析,它包括了感知、领悟、推理和决策等几个阶段。换言之,认知就是关于人或事物如何获取信息,并如何在信息加工的基础上对周围环境做出反应的问题,其对象是各类获取的具体信息,其过程是对这些信息进行的编码、存储、提取、应用等具体操作。其中,学习能力无疑是认知过程的一大特性。

本章的内容力图从认知科学入手,使读者对于认知思想及认知科学有个初步的认识,更有助于读者从本源上学习本书的两大关键内容——认知无线电及认知网络。

## 1.1 认知科学的发展

20 世纪 50 年代中期开始兴起了对人工智能的研究,该研究目标在于研制可以从功能上模拟人类智能的人工系统,即把人的某些智能赋予计算机,让机器代替和模拟人的某些智能,这也被称做“机器智能”或“智能模拟”。智能机器具有运用知识解决问题的能力,这点与人的智能很相似,于是就出现了把人看做是和计算机相似的信息处理系统的思想。这一思想也最终导致了认知科学的产生。

希金斯(R. L. Higgins)于 1973 年开始使用“认知科学”一词,它的公开出现则是在 1975 年 D. Bobrow 和 A. Collins 合著的书中。1979 年 8 月,在美国加利福尼亚州,正式以“认知科学”的名义,邀请了不同学科的著名科学家,对认知科学的各方面进行了阐述,并决定成立美国认知科学学会,这些举措极大地推动了国际上对认知科学的研究。我国也于 1984 年 8 月 7 日至 11 日召开了思维科学学术讨论会。认知科学逐渐引起了计算机

科学、心理学、语言学、脑科学和哲学等各方面研究人员的兴趣和重视<sup>[16]</sup>。

21 世纪初,美国国家科学基金会(NSF, National Science Foundation)和美国商务部(DOC, Department of Commerce)共同资助了一项雄心勃勃的计划——“提高人类素质的聚合技术”,将纳米技术、生物技术、信息技术和认知技术看做是 21 世纪四大前沿技术,并将认知技术视为最优先发展的领域,主张这四大技术的融合发展。

因此,可以认为认知科学是在 20 世纪 70 年代中期诞生并兴起的,是一门旨在研究人脑和心智的工作原理及其发展机制的交叉性和综合性学科。它涉及心理学、计算机科学、神经科学、语言学、人类学、哲学这六大学科,是这些学科交叉、渗透与聚合的产物。认知科学作为一门独立学科,已经逐渐形成了一套独特的研究纲领、工作范式和基础假设,可以说认知科学的发展将为信息科学技术的进一步智能化作出巨大的贡献。

随着认知科学的不断发展,也就出现了越来越多的新兴的认知技术,这些技术涉及医疗、人工智能(AI, Artificial Intelligence)、无线通信和计算机网络等多个学科和行业,认知技术的出现大大改善了某些行业中因技术问题而存在的瓶颈,为推动相关行业的发展带来了契机。

## 1.2 认知技术概述

### 1.2.1 认知技术的基本概念

认知技术(CT, Cognitive Technology)指的就是根据认知过程中影响情感和行为的理论假设,并通过认知的行为和技术来指导当前活动的总称<sup>[25,26]</sup>。它的基本观点是,认知过程是行为和情感的中介,提供学习和训练的机会来改变认知或者用新的认知来取代,从而增强自身及技术的自适应能力。

我们可以这样来看待认知问题:首先,人的认知过程不是被动地对环境的响应,而应该是一种主动行为,人们在环境信息的刺激下,通过从动态的信息流中抽取不变性,在交互作用下产生有知觉的操作或控制;其次,认知技术的计算是动态的、非线性的,通常不需要一次将所有的问题都计算清楚,而是对所需要的信息加以计算;再则,认知技术应该是自适应的,认知技术系统的特性应该随着与外界的交互而变化。因此,认知技术应该是外环境和人的认知感知共同作用的结果,两者缺一不可,而不是简单地发生在头脑中的。

1997 年在日本举办的关于认知技术的第二次国际会议上,与会的讨论者们共同给出了认知技术的定义<sup>[5,6]</sup>:

“认知技术是对人与事物间交互过程的学习。它所涉及的技术包括有如何指导机器工具以人类的视角来感知周围事物动态的变化,模拟自然的人际交往过程,以及操控拟人化的认知自适应过程。认知系统的设计应该不仅依据它们自身的目标和计算能力,还应

该根据它们所塑造和拥有的额外的物质和社会环境中的认知能力。这样的设计理念不仅可以获取对实际问题的良好技术解决办法,还可以使得所设计的机器工具获得灵敏的认知能力和类人化的情感特征。”

### 1.2.2 认知技术的理论基础和特征

认知科学的兴起带来了认知技术的不断发展进步,认知科学为认知技术的研究发展奠定了理论基础。广义上来说,认知科学包括认知心理学、人工智能和认知神经科学等多个学科,其中又以人工智能技术最为关键。

#### 1. 认知心理学

认知心理学是以信息加工观点为核心的心理学,又可称为信息加工心理学。认知心理学兴起于 20 世纪 50 年代中期,并于 60 年代之后迅速发展起来。美国心理学家 Neisse 出版了《认知心理学》一书,该书的问世标志着认知心理学的确立。Neisse 认为,认知心理学是研究信息经感觉输入的转换、加工、存储、恢复、提取与使用的过程,并把认知心理学划分为视认知、听认知和记忆与思维高层次心理过程三大部分。

认知心理学有广义和狭义两种。广义的认知心理学主要是研究人的心理活动过程以及个体认知的发生和发展,探讨人的心理时间、心理表征与信念、意向等心理活动。而狭义的认知心理学是指信息加工心理学。它是以信息加工理论为核心内容的心理学。其中;它把人和计算机进行了类比。计算机从周围环境接收输入的信息,经过加工并存储起来,然后产生有计划的输出。人对知识的获得也是对各种信息的输入、转换、存储和提高的过程,人的认知的各种具体形式就是整个信息加工的不同阶段。现在,一般所称的认知心理学大体上就是指信息加工心理学。

#### 2. 认知神经科学<sup>[17,18]</sup>

认知神经科学是在传统的心理学、生物学、信息科学、计算机科学、生物医学工程,以及物理学、数学、哲学等交叉的层面上发展起来的一门新兴科学,旨在阐明自我意识、思维想象和语言等人类高级精神活动的神经机制。换句话说,它是研究人脑是如何进行创造的。

认知神经科学发端于 20 世纪 70 年代后期,形成于 90 年代,是由美国心理学家米勒首先提出来的。正是由于 20 世纪 50 年代末,将计算机的信息加工理论应用于研究人的认知过程即认知心理学的产生,及计算机在生物学中的应用导致脑时间相关电位(ERP, Event-Related Potential)的出现,以及 20 世纪 80 年代正电子发射断层扫描技术的出现,才使得认知神经科学的出现成为可能。

其后,随着科学技术的不断发展,认知神经科学开始在 70 年代后期得到迅速发展。其发展是沿着两大研究方向进行的。其一是对神经消息传递、编码和加工的研究;其二是生物医学构象技术,特别是对功能性磁共振成像技术可以用于人类认知

活动的研究,其中涉及的脑时间相关电位、脑磁图和高分辨脑成像等方法,可以为大脑认知功能研究提供诸多新的数据。随着这些技术的发明和使用,认知神经科学正展现出更加强大的活力,并确定了神经科学在整个认知科学中的基础地位,对认知科学产生了广泛的影响。

### 3. 人工智能<sup>[7,19]</sup>

人工智能是一门综合了计算机科学、心理学以及哲学的交叉学科。它是研究如何用计算机模拟、延伸和扩展人的智能,如何使计算机变得更聪敏、更能干,如何设计和制造具有更高智能水平的计算机的理论、方法、技术及应用系统的一门新兴的科学技术。

作为一门科学,人工智能于1956年问世,它由“人工智能之父”麦卡锡及一批科学家在达特茅斯召集的一次会议上首次提出。由于不同专家提出的方法论及追求的目标存在着差异,研究角度存在不同,因而在不同的时期形成了不同的研究学派,分别有符号主义学派、联结主义学派和行为主义学派。

人工智能的研究领域目前比较广泛,它更多的是结合具体的领域进行的,主要研究领域有专家系统、机器学习、模式识别、自然语言理解、自动定理证明、自动程序设计、机器人学、博弈、智能决策支持系统和人工神经网络。总的来说,它是面向实际应用的,也就是说什么地方有人在工作,或需要有人在工作,它就可以用在什么地方。

人工智能领域中有一个重要的分支,就是“专家系统”(ES, Expert System)。ES是目前人工智能中最活跃、最有成效的一个研究领域之一,它是一个在特定领域内具有大量知识与经验的程序系统,应用人工智能技术,模拟人类专家水平。该系统可以辅助某些领域的非专家人员去解决复杂问题,如用于医疗诊断的专家系统、故障诊断的专家系统等。

除了“专家系统”以外,人工智能还开发出了各种类型的应用智能软件系统。如机智博弈的智能软件、智能控制、智能通信、智能管理等。像IBM的“深蓝”就是机器智能水平的一个经典范例。

目前,随着计算机网络、通信和并行程序设计技术的发展,当前的研究主要集中在如何将多个自主的智能体集成到网络上,并使它们通过协作与协商来解决问题,这一思想已体现在目前大多数的分布式网络当中,并且也是这些网络的未来发展方向。

在国外,已经把智能体的研究应用于智能教学系统、远程教学系统及健康教育系统等。在国内,将多智能技术应用于处理像Internet这样的具有异构、分布、动态、大规模及自主性的系统,是人工智能技术在信息处理方面的一个崭新应用。

并且,人工智能的研究与计算机软件开发有着不可分割的关系:一方面,各种人工智能需要依赖于计算机软件实现;另一方面,许多计算机软件也要应用人工智能的理论、方法和技术去开发。当然,它们二者之间还是有着显著的差别的,如表1-1所示。



表 1-1 人工智能与传统计算机程序的区别

人工智能	传统计算机程序
基本上是符号加工	一般是数字处理
启发式搜索	算法
控制结构与领域知识分开	信息和控制结合在一起
通常较易调整、更新	调整有难度
某些不正确答案是可容的	要求正确的答案
满意的答案是可接受的	寻求最佳的可能解法

从上面的介绍可以看出,由于涉及的学科种类很多,认知技术所涵盖的技术面也是非常广泛的,但究其理论原理,无外乎都是来源于以上所介绍的这些理论基础学科,尤其是人工智能技术(认知无线电技术的产生正是来源于将人工智能技术与软件无线电技术相结合),因此,结合这些学科特点,可以知晓认知技术具有以下几类特征。

(1) 感知特性。几乎所有的认知系统在其终端处都有具备感知功能的认知设备或传感器,这些设备具有和工作环境交互的能力,能够通过交互获取所需的感知数据,以供核心部分的计算机处理使用。

(2) 记忆特性。正如人脑的功能一样,人们感知过的事物,思考过的问题,体验过的情感和从事过的活动,都会在人们头脑中留下不同程度的印象,在一定的条件下,根据需要这些存储在头脑中的印象又可以被唤起,参与当前的活动,得到再次应用,整个过程就包括了编码、保持和提取三个基本过程。同样,认知技术正是参考了人脑的这个特性,在认知系统中设置了一类具有记忆功能的存储器,记录系统的以往工作信息,并且可以根据需要在当前的工作状态中调用这些历史数据以供系统自适应地做决策使用。

(3) 学习特性。学习能力是人类智能的根本特征,而作为模拟人类智能而产生的认知技术,学习特性自然也就是它的最重要特征。H. A. Simon 对于学习特性的定义是:“系统为了适应环境而产生的某种长远变化,这种变化使得系统能够更有效地在下次完成同一或同类工作。”也就是说,认知系统中具有按照特定的利益模式进行自适应调整学习的模型,通过添加这样的模型和技术手段,应用系统就转变为动态化、智能化,这也就引领了现代工程技术的一次重大飞跃。此外,影响学习特性最重要的因素还是提供系统信息的环境,特别是这种信息的水平和质量。环境对学习单元提供信息,学习单元利用这些信息改善知识库,执行单元利用知识库执行它的任务,最后,执行任务时所获得的效用信息再反馈给学习单元以加以改进,如此反复循环执行。

(4) 自我决策特性。一般的认知系统都拥有按照特定规则和相应的思维机制进行按规则判决的能力。决策指的就是当面对一系列分歧或需要权衡的可选方案时,出于自身的目的或是最佳的考虑,做出相应的选择和行动,以便获得所期望的或避免一定的结果。信息是决策的基础,但并不是说只要有了信息,就一定可以做出正确的决策,关键在于如