



IEEE 802无线通信新技术丛书

COGNITIVE WIRELESS NETWORKS

认知无线网络

■ [丹] 弗朗克·H·P·菲特泽克 (Frank H.P.Fitzek)

[芬] 马尔可思·D·卡兹 (Marcos D.Katz)

周 正 等译

贺 昕 校



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书主要给读者介绍当前活跃在认知无线网络前沿领域的世界各地一些杰出的专家学者的最新研究成果,其中特别强调了认知与协同通信原理的关键性作用,本书不仅讲解认知与协同的基本原理,而且还提出了令人耳目一新的许多新的概念、思想和方法,从而可以使读者认识未来无线移动通信网络的发展趋势以及在开展创新性研究时得到一些有益的启迪。本书适合大学高年级本科生、研究生以及相关领域的工程技术人员阅读。

Translation from the English language edition:

“Cognitive Wireless Networks” by Frank H. P. Fitzek & Marcos D. Katz

ISBN:978-1-4020-5978-0

Copyright ©2007 Springer, The Netherlands

As a part of Springer Science+Business Media

All Rights Reserved

著作权合同登记号 图字:01-2009-2120

图书在版编目(CIP)数据

认知无线网络/(丹)菲特泽克(Fitzek,F. H. P.), (芬)卡兹(Katz,M. D.)编著;周正等译. --北京:北京邮电大学出版社,2011.3

ISBN 978-7-5635-2016-9

I. ①认… II. ①菲…②卡…③周… III. ①无线电通信—通信网 IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第261905号

书 名: 认知无线网络

作 者: [丹]菲特泽克(Fitzek,F. H. P.) [芬]卡兹(Katz,M. D.)

译 者: 周 正

责任编辑: 陈岚岚 毋燕燕

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: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 37.5

字 数: 886千字

印 数: 1—3 000册

版 次: 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-2016-9

定 价: 69.00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 •

总 序

纵观当今无线移动通信技术迅猛发展的趋势,人们会注意到,近年来无线移动通信技术的发展实际上是沿着两条主线进行的。一条是以话音业务为主开始的,从 2G、3G 及 B3G 向宽带移动数据通信发展的电信业务技术主线;另一条是以计算机数据通信网络为主开始的,从无线个域网、无线局域网及城域网向下一代网络 NGN 发展的 IT 业务技术主线(可以说是以 IEEE 802 的无线网络技术标准为主要代表的路线)。前者主要面向高速移动的用户,所采用的技术比较复杂,成本较高;而后者原来主要是面对以计算机或笔记本电脑为主,并不需要高速移动的用户,所采用的技术多为免申请牌照的、低成本的无线通信技术,在性价比方面具有一定优势,因而受到人们的普遍关注。

IEEE 802 无线网络标准工作组自 IEEE 802.11 无线局域网标准发布以来,后来又有 Bluetooth(IEEE 802.15.1)、ZigBee(IEEE 802.15.4)、超宽带(UWB)(IEEE 802.15.3a)、WiMax(IEEE 802.16)等新技术的出现,近年来有了很大的发展。从原来的计算机网络的无线延伸与扩展,已经发展成为集无线局域网(WLAN)、无线个域网(WPAN)、无线城域网(WMAN)甚至包括高速宽带移动无线接入(MBWA)在内的,门类齐全的,几乎涵盖无线移动通信各个领域的,世界范围内业界十分关注的一个无线通信网络技术标准化组织。其中仅涉及移动无线接入标准的就有 802.11p、802.16e、802.20 等,而且新的技术好像雨后春笋一样不断涌现。目前,有关无线通信网络技术标准已经成立的并且开展工作的小组有 9 个,即 IEEE 802.11/15/16/17/18/19/20/21/22,其各个工作组的名称及主席如下:

802.11 Wireless Local Area Network (WLAN) Working Group 无线局域网
Chair-Stuart Kerry E-mail: stuart.kerry@philips.com

802.15 Wireless Personal Area Network (WPAN) Working Group 无线个域网

Chair-Bob Heile E-mail: bheile@ieee.org

802.16 Broadband Wireless Access (BBWA) Working Group 宽带无线接入

Chair-Roger Marks E-mail: r.b.marks@ieee.org

802.17 Resilient Packet Ring (RPR) Working Group 弹性分组环

Chair-Mike Takefman E-mail: tak@cisco.com

802.18 Radio Regulatory Technical Advisory Group 无线频率规划技术咨询

Chair-Carl Stevenson E-mail: carl.stevenson@ieee.org

802.19 Coexistence Technical Advisory Group 共存技术咨询

Chair-Steve Shellhammer Email: stephen.j.shellhammer@intel.com

802.20 Mobile Wireless Access Working Group 移动无线接入

Chair-Jerry Upton E-mail: Jerrylupton@aol.com

802.21 Media Independent Handover Working Group 跨媒质越区切换

Chair-Ajay Rajkumar E-mail: ajayrajkumar@lucent.com

802.22 Wireless Regional Area Networks (WRAN) Working Group 无线区域网

Chair-Carl R. Stevenson E-mail: carl.stevenson@ieee.org

以蓝牙及 IEEE 802.11 无线局域网、UWB 等为代表的无牌照移动接入技术的发展突飞猛进,其他相应无线新技术的发展也是不断涌现,令人耳目一新。我们仅以无线个域网的发展为例,即从 IEEE 802.15 WPAN 系列的短距离无线通信新技术的发展就可以明显看出这种发展的新趋势:

IEEE 802.15.1 兼容蓝牙(Bluetooth)技术标准;

IEEE 802.15.2 WLAN 与 WPAN 共存的技术;

IEEE 802.15.3 高速无线个域网技术;

IEEE 802.15.3a 物理层为超宽带的高速无线个域网技术;

IEEE 802.15.3c 物理层为毫米波的高速无线个域网技术;

IEEE 802.15.4 低速无线个域网兼容 ZigBee 的技术;

IEEE 802.15.4a 物理层为超宽带的低速无线个域网技术;

IEEE 802.15.4b 低速家用无线网络技术;

IEEE 802.15.5 网状网 WPAN 无线通信技术等。

由于新技术层出不穷,市场需求发展空间巨大,所以 IEEE 802 标准工作组会

议的规模越来越大。参加会议的成员除了来自计算机网络行业以外,近年来一些知名的电信企业及研究机构和运营商,也都非常积极地投入人力、物力开展研究,提出各种提案参与各种标准的制定与投票竞争。我国的一些企业和研究机构也已经参与其中的标准制定工作,但是,无论是参加会议的人数、涉及的领域,还是投入的力量都非常有限。如此情况对未来我国无线通信事业的发展、科研水平的提高、增强企业的竞争力以及参与国际标准制定将会产生负面影响。

另一方面,随着信息社会经济的快速发展,人们对移动通信及宽带无线接入业务的需求不断增长,无线频谱资源也就显得愈加珍贵。因此,如何提高频谱的利用率,一直以来就是无线通信领域研究的主要任务。近年来随着通信技术的发展及市场竞争日益激烈,固定与移动通信业务相互融合、电信与 IT 业务相互融合的发展趋势更加明显。主要出发点就是:有线网络的带宽是无限的;而无线网络的带宽却是有限的,因为可用的无线频谱资源非常有限,随着社会经济的发展,无线频谱资源将更加紧张。移动与固定通信业务相互融合的意义在于充分发挥两种资源的优势,即有线网络带宽宽、资源充足的优势以及无线接入移动性好、使用便利的优势,因此,固定与移动通信业务相互融合已经引起业界的普遍关注。而且,随着 IEEE 802 无线通信网络新技术的迅猛发展,也为移动与固定通信业务的相互融合及无牌照移动接入技术的发展创造了良好的有利条件。UMA (Unlicensed Mobile Access) 无牌照移动接入技术也已经成为 3GPP2 相应的接入标准之一。

例如,美国 FCC 为超宽带无线通信技术的民用开放了相应的频段,而且 FCC 在 2005 年 3 月 10 日发布的 No. 05-57 规定中,又确认了一条新的技术手段,即所谓频谱多重应用(Spectrum Multipurposing),就是允许采用认知无线电或软件无线电的方式动态分配无线频谱的使用,同时还应保证当需要时,该技术手段必须及时将相应的频率使用权交还给授权频率的所有人。这种频谱的使用方式,有些像计算机的中断程序;而 FCC 也并没有为这种可中断的频谱使用方式专门规定一种特殊的应用模式。FCC 这种做法的目的,就是要最大限度地提高频谱的利用率。IEEE 802.22 无线区域网技术(又称认知无线电加软件无线电及动态频率规划和管理)就是针对这种需求新成立的工作组。

因此,为了让我国的企事业单位及科研机构的广大工程技术人员,对日新月异发展的无线通信新技术及其国际无线通信标准竞争有更多的了解,并且能够更

积极主动地参与到这个无线通信新技术相互竞争而又相互融合的主战场当中来,我们组织国内外的一些通信领域的专家学者,编写了这套无线通信新技术丛书。这套丛书旨在将 IEEE 802 系列的无线通信新技术的基本原理、主要特点、关键技术及其应用介绍给广大读者,并企盼读者从中得到一些启发,以便在工程应用及技术创新中获益。

这套丛书将主要包括以下内容:

无线局域网(WLAN)的新技术及其应用;

无线个域网(WPAN)的新技术(例如蓝牙、ZigBee、超宽带等)及其应用;

宽带无线接入,即无线城域网的新技术及其应用;

移动无线接入的新技术及其应用;

无线区域网认知无线电的新技术及其应用;

有关跨媒质越区切换等其他的无线通信新技术及其应用。

人们常以超宽带为例,超宽带无线电以极低频谱功率密度和极宽频谱范围的形式进行通信,开创了以一种衬垫式或地毯式利用无线频谱资源的先河;或者说是开辟了基于次热噪声的形式进行无线通信的新的研究方向。面对超宽带这种新型无线通信技术的出现,人们曾经怀疑、困惑;因为对现有的一些传统观念而言,这的确是一种新的挑战。业内专家曾给出这样一种很形象的比喻:现在就好像是潘多拉魔盒被打开了,放出来的第一个“妖怪”就是超宽带。那么,今后还会放出哪些“妖怪”来,我们将拭目以待。

北京邮电大学教授

周 正

2006 年 5 月

译者序

纵观近百年来无线通信技术的发展,我们可以看到无线通信网络是沿着这样一个有规律的过程向前演进的:即早期人们只是关注通信距离可达数百千米的分布式的广域网,仅可为少数用户提供窄带低速的业务;随着技术进步和用户数量的增长,出现了蜂窝移动通信网,可以覆盖一个城市;而到现在人们则开始研究只有几米甚至更小范围的网络。其主要原因之一就是数以亿计的用户数量及其带宽需求的不断快速增长,使得无线频谱资源日益紧张,只有采取空间频率复用、频谱共享等措施,才能满足亿万用户高速宽带无线接入的需要。据世界无线研究论坛(WWRF)专家的估计,到2017年将有七万亿个无线设备来为全球七十亿人口服务,平均每个人周围将会有1000个无线设备;而这1000个无线设备当中绝大多数都将用于短距离无线通信。近年来,涉及无线局域网、无线个域网、无线身域网、无线传感器网络、汽车间通信、射频识别和近场通信等短距离无线通信新技术的大量涌现就是一个很好的例证。

与此同时,泛在无线网络的出现,使得每一个无线设备都将难以和其他无线设备完全相互隔离;一种无线设备总是被众多各种各样的无线设备所包围。只有从相互干扰转变到相互协同工作,才能真正发挥出每一种无线设备的潜能和功效,这也是人们建立所谓和谐社会追求的目标。此外,与远距离通信相比,短距离无线通信只需要非常低的发射功率就可以建立一个可靠的链路,因此考虑到单位空间所能支持的用户数量,以及单位功率能实现的数据吞吐量,短距离无线通信能够达到的用户密度及数据吞吐量比传统蜂窝网高了几个数量级。从节约能源降低成本的角度来看,这一点对于便携式移动设备也是至关重要的。另一方面,有线通信网络也在快速发展,互联网已经渗透到世界各地的各个角落,从而为人们通过短距离无线链路实现无线宽带就近接入创造了条件。

从人类进步历史的长河来看无线通信技术的发展,如今我们正在应用的无线通信还只是处于相当初级的阶段,就好像人类现代文明的发展进程刚刚进入了文艺复兴的启蒙时代,只是万里长征走完了第一步,距离真正高度发达的、先进的无线通信技术和高度智能化、个性化服务的信息网络还有很长的路要走。近年来业界广泛开展的认知无线电、认知无线网络、协同通信等方面的研究,就是向着未来真正实现智能化无线移动通信网方向迈进的一个明显标志。无线通信网络的发展正在从过去的广域范围、窄带低速率、粗放管理、简单的单一业务朝着高速宽带、较小覆盖范围,以及多种综合业务这种高度智能、精确管理和个性化服务的方向不断演进。本书涉及的主要内容正是当前要实现这种高度智能化的先进无线通信网络,迈出的重

要一步,即具有认知能力并可协同工作的无线网络。要实现这两种功能,不仅要在具体技术设备性能方面进行革新,使之具备更大的灵活性和技术的先进性,而且还要解决系统智能化所面临的诸多问题;这就需要系统设计人员充分发挥人类社会已有的各种认知能力,其中包括自然科学工程技术和社会科学,甚至市场需求变化及对策等方面的经验积累,来解决无线通信网络高度智能化的问题。本书的编著者正是从这一角度出发,组织了世界各国在此研究领域思想十分活跃并卓有成效的科学家和工程技术人员,将他们在研究工作中提出的许多新思想、新方案总结提炼,形成本书的各个章节。因此,我们组织人员完成本书的翻译工作,就是为了更好地把这些闪光的思想火花和灵感,介绍给我国的读者,以期能在今后开展创新性研究工作中受益。

北京邮电大学无线网络实验室的许方敏、刘琪、杨程、李兆斌、吴霁、郑长亮、施炯、许慧颖、徐志刚、宋朝霞、王树彬、邹卫霞等提供了本书部分章节的翻译初稿,贺昕博士对本书的校对作了大量的工作,本书最后由周正统一定稿。由于译者水平有限,且书中涉及较多新的专业词汇及新的概念,译文不妥之处在所难免,恳请读者给予批评指正。

中文版序言

作为《认知无线网络》一书的编著者,我们为本书中文版的问世感到十分高兴。本书是以一种激励创新的方式来探讨与未来无线移动通信网络发展密切相关的一些问题,其中特别强调了认知与协同通信原理的关键性作用。未来通信网络将会在 ISO 的通信协议各个层面或以跨层的方式应用这些原理,本书对基于认知和协同通信原理的各种可能的技术都进行了详细的介绍。我们相信,相关的研究人员、大学生以及所有对未来无线移动通信网络演进感兴趣的人们都能从本书中获益。

对于来自世界各地的杰出研究工作者们作为本书各章节的作者,我们深表感谢,没有他们所做出的贡献与通力合作,本书将不可能出版。此外,我们也感谢北京邮电大学周正教授的团队为翻译本书所做的工作。

丹麦奥尔堡大学 弗朗克·菲特泽克
芬兰奥卢大学 马尔可思·卡兹
2010 年 5 月

序

什么是认知无线电和认知网络？

基于认知无线电的认知网络主要是涉及一种能够显著提高频谱利用率的革命性的新技术。这种新技术将会对无线频谱的规划及其使用方式带来根本性的变革。要实现这一目标，就要求无线设备能够在很宽的频谱范围内，感知频谱占用的情况，并且能够通过判断而采取灵活的频谱接入方式，以适应各种不同的信道宽度。认知无线网络涉及无线系统共存管理的许多问题，例如，在相同信道或部分重叠信道上工作的无线系统，以及采用相同或不同空中接口的无线系统，如何实现共存就是一项具有挑战意义的任务。而当共存的无线设备采用不同的空中接口及不同的发射功率时，由于存在远近效应及隐藏终端等问题，使得采用无中心控制的共存管理问题解决起来更加困难。如果共存管理方式只是根据主用户的需要，简化成为“是否”允许次要用户接入，那么实际上就是在较长时间段内基于 TDMA 的一种资源共享而非共存管理，因此，由当前主用户通过导频信道来对授权频谱进行接入控制，再由第三方来管理两者的共存，似乎是唯一可行的方案。要在很短的时间间隔内、对指定位置的无线系统进行共存管理显然需要更多复杂的协同策略，例如，要基于无线设备之间的信息交换，或者是基于依据博弈推理的无线设备近期观测到的信息，可能的话还要结合精心设计的退避算法。主用户的优先级也可以是所采用规则的一部分。正如撰写本书的各个章节所指出的，朝着这一目标的工作进展并不大，尽管有许多设想对无线设备可以潜在地进行有效的共存控制。显而易见，只有当移动终端能够做到其各层协议都可重配置时，才能实现动态频谱分配。认知无线电旨在促进技术的发展及频谱规划的变革，以克服现有的一些障碍，从而可以提高频谱利用率，同时又不以牺牲满足服务质量的可靠的通信为代价。

认知网络是在无线网络中应用认知原理的一种通用方法，即采用认知的原理来提高资源的利用率。采用认知原理除了可以提高频谱利用率以外，还可以提高能量(功率)的利用率。

然而，认知网络/认知无线电还是个时髦的专业名词，它囊括了如下一些描述现存无线技术的专业性术语。

① 移动无线设备，能够感知环境的无线设备(例如，基于认知能力根据测量结果进行推理)，能够确认最适合的、支持指定空中接口标准的基站，从而可以实现移动会话(越区切换)或者连接至信号最强的基站。

② 多频带自适应的无线设备可以在一组分隔的信道中进行切换而并不改变空中接口标准，例如，采用 GSM 900/1 800/1 900 MHz 频带的情况。显然，要根据测量结果决定所采用的

频带就需要认知功能,相关的技术即动态频谱分配。

③ 多标准无线设备能够关联许多不同空中接口标准之一,如 GSM/UMTS/CDMA2000/WLAN/其他,甚至在实现移动会话时可以在不同标准之间切换空中接口(标准之间的切换)。尽管实现这种无线通信需要很多与认知相关的功能,但是人们并不将其称为认知无线电。

④ 能够同时支持不同空中接口标准的多归属的无线设备。

⑤ 可重配置的无线设备,如:

- 硬件定义无线电(HDR)由安装在一个箱子里的一组无线设备组成,每种无线设备专门用来支持一种指定的空中接口,它能够依据认知能力决定在某一时刻让哪一种无线设备工作;
- 软件定义无线电能够自动适应相应的传输以及协议的各种参数,使得无线设备的某些(或许)特性可以满足要求,软件无线电要做出明智的决策,显然也需要具有认知功能;
- 工作在免申请频段的无线系统,就需要依据标准所确定的一组公共规则实现共存和频谱共享、确定媒质的接入、反映自己的观测、基于测量的结果并结合(采用认知功能)推理判断,而频谱礼让和策略以及开放频谱就是与此相关的一些术语。

考虑到所有这些已经存在的技术,认知无线电将会超过目前尚未很好确定和表达的目标。显然需要分类和区分已知的技术与一些新的概念。一般来说,在无线网络中博弈理论模型的应用、纵向与横向频谱共享、重叠共享(如 UWB)、推理判断及机器可理解的频率规划原则、特征检测器、循环平稳检测器、频谱机会的验证以及自组织和协同等,都是在认知无线电领域有待探讨的一些新概念的内容。

除了涉及认知网络以外,本书还关注了用户的协同工作问题:本书提出了无线网格的概念,它是由一些通过短距离无线链路连接在一起的无线终端设备组成一个自组织的协同簇,而同时又与蜂窝网相联。而在每个终端后面的用户将最终决定是否加入无线网络;用户的决定(个人或群体的)将会影响到网络的运行和性能。本书也探讨了能够实现社会联网的无线网络以及形成无线网络的社会网络等问题。

认知网络 and 用户协同显然是相关的,相应领域的专家给出的文章值得一读。可以认为,我们邀请的各位专家的文章组成的全书内容饶有趣味,同时也代表了当前最新研究的技术前沿。

希望本书对读者开卷有益。

Aachen, Germany
Bernhard Walke
2007 年 5 月

前 言

——鼓起勇气使用自己的理性

“鼓起勇气使用自己的理性”，采用启蒙时代的这个座右铭来作一本无线通信专业书的开篇词，看起来也许有点古怪。但是，正如德国哲学家伊曼努尔·康德在阐述此战斗口号时所说的，就是号召人们要用自己的大脑去思考，而不是遵循死板的教条。然而，引用这个座右铭的确有着丰富的内涵，我们会看到它将怎样对无线通信网络当前和未来的发展起到巨大的启迪作用。本书将主要涉及两个互补的原理，认知与协同及其如何成为未来无线通信网络的基础。隐含的认知与协同在任何无线网络中早就存在着，而且是保证基本网络运行的最根本的原则。例如，在网络之间采用公共的协议和信令；瞬时信道状态的估计等。本书将主要涉及以明显的方式起作用的认知与协同原理，即通过增强最重要的链路及网络性能指标，并同时提高资源利用率而有意设计实现的目标。

一般来说，许多这方面的技术近年来已经涌现出来，而且正在受到研究界和工业界的日益关注。无线网络中的协同原理已经建立而且相当成熟，而认知原理将以其明显的方式迅速在无线世界中找到自己的位置。本书将以循循善诱的方式探讨这些技术，从而为了解这些富有希望的领域提供典型的范例。其目的是要阐述这些关键技术的基本概念及其潜力和由此带来的挑战。同时，本书旨在提供智慧的火花，使其在此活跃的研究领域中可望激发出更多新的研究成果。因此，本书并不是要成为一本讲解现有概念和技术的普通教科书，而是要铸造其高度探索性和激励性的灵魂。

近来人们对于在无线网络中开发协同技术产生了极大的兴趣，呈现协同技术优势和潜力的文献大量出笼就是一个很好的说明。无论涉及何种接入技术、网络结构和运行环境，在无线网络中实现不同实体之间的相互协同工作确实取得了成功。协同的实体包括基本的功能模块、OSI的各个层、完整的功能实体（如接入点、无线设备）以及不同的网络等。协同所获得的好处是多方面的，例如，可增加数据吞吐量、扩大覆盖范围、提高服务质量以及无线资源的利用率。更重要的是，除了上述这些纯技术方面的好处以外，协同实体及用户加入协同网络的最终决定，及其偏爱的协同方式都是整个协同过程的组成部分。单个或群体用户的决定将会影响到网络的运行及性能，因而对于社会性网络来说是十分重要的。无线通信网络日益促进了社会大众化网络的发展，而与此同时，社会大众化网络反过来也形成了一条无线网络发展的道路。本书给出的网络内部及网络之间的协同，将作为蜂窝控制的对等通信的概念进行详细的讨论；而且将成为未来无线通信网络非常有希望的一种组合接入架构。协同为应对未来高性

能无线网络出现的问题创造了数不尽的独特的机遇。从广义来讲,我们所面临的挑战不仅是技术层面的,还将涉及到多个学科,例如,需要了解个人及社会群体的行为模式及其对无线网络架构、运行和最终性能的影响。由于用户将成为协同工作体系的重要组成部分,因此与人们之间的社会交往有关的新课题,即如何鼓励培育用户的协作精神、用户的声誉和诚信度以及安全私密等问题将要摆到桌面上来。对于研究人员和研发的工程师来说,真正需要面对的是纯粹无线通信技术、网络大众化与社会科学之间相互交叉的许多全新领域,鼓起勇气使用自己的理性。无线通信网络早就包含了一些基本的感知功能,比如感知其他用户的存在和活动、监测信道的状态等。一般来说,感知到以后,就会以某种方式对其观察结果作出反应,例如,信道的自适应以及对其检测到的设备发出信令等。这一系列的动作就可以看成是一种简单的认知过程。近年来,许多开创性研究就一直是集中在以更主动的方式探讨认知的原理,即通过有目的的采用先进的感知系统和智能处理功能,就能够了解所观测的无线环境并使系统产生自适应。近来,人们对于认知无线电的广泛关注,可以看成是朝着研究高级认知无线网络进展的一个起点。我们确信,无线网络的感知能力,在探查无线生态环境周围越来越多的参数及其活动方面,将会进一步向更精确、更灵敏的目标发展。这也会促进有效地处理来自感知的日益增长的数据量相关技术研究。此外,遵循认知周期圈,基于所获取观测结果来理解复杂动态的周围场景,就需要采用先进逻辑推理的分析工具,以便为后来的自适应决策过程打下坚实的基础。

从面向授权频谱的认知方式来说,我们期望在未来的无线网络中还应监测更多的参数,包括周围(协同或竞争的)无线设备的其他共享资源、配置、容量和状态,以及正在使用的业务类型等。实现无线资源的高效利用,首要的就是对于当前普遍的无线场景有一个广泛深入的了解。对于便携式设备至关重要的能源效率的提高,是认知网络的一个重要任务。对于未来无线通信网络的两个关键特征,即对于含有异构实体的异构无线网络而言,为了有效地利用资源,必须要借助认知功能,并最终在网络内部及网络之间应用认知原理。同等理解认知与协同这两个高度互补的原理,将会在提高资源的利用率及增强通信性能方面带来极大的好处。将认知与协同以和谐且有工程魅力的方式引入无线网络,的确是对研究人员和工程师们的一种挑战。然而,把这两种原理相互融合并嵌入到未来的无线网络中,将会衍生出强有力的技术来应对当前清楚显现的许多问题。我们终将见证具有高度发达的感知、处理及推理功能的无线网络的出现,从而为朝着真正智能无线网络的发展目标铺平道路。勇敢地去探索吧!

本书的结构

本书共有 35 章,由来自全球学术研究机构的前沿研究人员所撰写。这些章节主要探讨了认知与协同无线网络的有关技术与社会方面的问题,同时也讨论了此领域正在显现的一些趋势和概念。尽管本书是独立出版的一卷,但是还是旨在完善我们以前出版的一书^{[1]①},并且以同样的形式使得两本书在认知与协同无线网络领域相互补充。第一篇作为本书的导言前奏及创作动机,给出此新领域的概述,讨论了其发展前景及其带来的挑战。第二篇主要探讨应用于

① “Cooperation in Wireless Networks: Principles and Applications”, edited by Frank H. P. Fitzek and Marcos D. Katz, ISBN1-4020-4710-X. Springer, 2006, pp. 694.

无线网络的协同概念,而且不仅涉及了通信领域,也涉及了其社会及运营方面的问题。尤其是协同网络的社会问题,即在设计无线网络时也要考虑到用户之间的相互作用及其决择等,此篇也做了详细的讨论。第三篇从一般的观点介绍了认知网络,同时也考虑到了当前最热门的话题——认知无线电。第四篇探讨了同时采用认知与协同原理的技术以及这些方法之间自然的协作。第五篇讨论了用来建模、分析和设计认知协同网络的方法学及工具。最后,在第六篇中还给出了一些技术展望、发展前景及即将出现的新技术。

显然,本书计划安排要涵盖各种不同性质的章节,其中包括创作动机的导言、现有技术的回顾、新概念及新技术的思想、建模及分析认知协同网络一些工具的性能分析、描述及应用以及未来展望及发展前景,等等。通过这些形形色色的信息来源,我们期望读者不仅可以对此领域有一个比较全面的了解,而且更重要的是能够从这一引人入胜的研究领域得到有益的启示。

本书的读者对象

对于从事未来无线网络新设想和具体概念探究的科学家及工程师而言,本书旨在为其提供参考和思想激励的源泉。对于投身先进无线网络研究的学术界而言,本书可作为深入研究的有用的思想来源。对于学生及自学读者而言,本书也使他们对未来无线移动通信发展的最新思想能够有深刻的理解并得到启发。

联系作者

我们欢迎对本书提出建议、评论及建设性的批评,因为这可以有助于我们对未来版本的改进。

联系方式:cowinet@es.aau.dk。

Aalborg, Denmark Frank H. P. Fitzek

Oulu, Finland Marcos Katz

2007 年 6 月

目 录

第一篇 绪论

第 1 章 协同与认知网络:激励导言	1
1.1 引言	1
1.2 造就未来无线通信的十项原则	2
1.3 协同无线网络的介绍	9
1.3.1 交际通信协同	9
1.3.2 运行协同	11
1.3.3 社会协同	11
1.4 对认知通信系统的介绍	12
1.5 迈向协同和认知无线通信	15
1.5.1 多模式	16
1.5.2 灵活的空中接口	16
1.6 探讨和小结	17
本章参考文献	20
第 2 章 蜂窝控制的对等通信:概述和潜在应用	21
2.1 未来无线通信的挑战	21
2.2 协同的前提	25
2.3 蜂窝技术和 P2P 领域的结合	27
2.3.1 协同架构	27
2.3.2 实现蜂窝网络和短距离链路	28
2.3.3 短距离通信链路的重要性	29
2.3.4 有人在那吗?	29
2.3.5 自然启发协同	30
2.4 协同业务	32
2.4.1 多播和广播业务	32
2.4.2 单播业务	37
2.5 协同簇的服务发现	37
2.6 无线领域中协同的益处	38

2.7 结论.....	40
本章致谢	40
本章参考文献	41

第二篇 协同网络:社会、运营及交互通信方面的问题

第3章 进化方法在协同中的应用	42
3.1 引言.....	42
3.2 从进化到协议.....	43
3.3 协同.....	45
3.4 囚徒困境及变型.....	45
3.5 基于标签的协同算法.....	46
3.6 SLAC 协议	48
3.7 可能的应用.....	50
3.8 小结与思考.....	50
本章致谢	51
本章参考文献	51
第4章 普适无线网络的社会性	53
4.1 简介:社会激素	53
4.2 超级智能的到来与精英的终结.....	54
4.3 流行瘟疫和大众思想的瓦解.....	56
4.4 读写文化和机构重组.....	58
4.5 结论:普适无线网络和超人的增加	60
本章参考文献	61
第5章 鼓励网络实体间交互协作	62
5.1 协作网络的优势.....	62
5.2 协作困境.....	64
5.3 解决方案.....	65
5.3.1 信誉系统.....	65
5.3.2 支付系统.....	67
5.3.3 交换系统.....	68
5.3.4 执行系统.....	68
5.4 挑战.....	69
5.4.1 自私行为、恶意行为和过失行为	69
5.4.2 可观察性.....	70
5.4.3 身份.....	71

5.4.4 公正性	73
5.4.5 后协作	74
5.4.6 时间	75
5.5 结论	76
本章参考文献	77
第6章 无线多址接入网中的竞争与协作	80
6.1 引言	80
6.2 网络环境:动态协作与竞争技术	82
6.3 合作式无线接入	84
6.3.1 合作的利与弊	85
6.3.2 协作的优势有多大?	85
6.3.3 基础设施合作的当前实践	87
6.4 竞争型无线接入	88
6.4.1 竞争型无线接入的好处	88
6.4.2 竞争型无线接入市场的可行性	88
6.5 动态的协作和竞争	95
6.6 结论	97
本章参考文献	97
第7章 4G 中的合作 ID	100
7.1 简介	100
7.2 3G 的衰败	101
7.3 4G 的兴起	102
7.3.1 预想	102
7.3.2 定义 4G 的实际方法	102
7.4 用户和用户群特定场景的示例	103
7.4.1 旅途办公	103
7.4.2 精明购物	103
7.4.3 移动旅游指南	103
7.4.4 个性化传输	104
7.5 从用户和用户群看 4G 的主要特征	104
7.5.1 用户友好性,用户和群的个性化	105
7.5.2 终端和网络异质性	106
7.6 4G 的技术需求和期望	107
7.6.1 系统	108
7.6.2 服务	109