

基于认知无线电的军事电磁频谱管理研究

刘思洋, 高俊, 刘全

(海军工程大学 电子工程学院, 湖北 武汉 430033)

【摘要】基本采用固定的管理方式的军用电磁频谱管理频谱利用率低, 认知无线电是实现有效利用电磁频谱的关键技术, 所以考虑将认知技术应用到电磁频谱管理中。介绍了认知无线电的基本概念及关键技术, 分析了当前的电磁频谱管理的现状, 发现其存在的局限性, 进而提出基于认知无线电的军用电磁频谱管理的设想并给出了由此带来的优势。最后探讨了基于认知无线电的军事电磁频谱管理面临的技术难题。

【关键词】认知无线电; 频谱管理; 频谱感知; 空闲频谱

【中图分类号】TN92

【文献标识码】A

【文章编号】1002-0802(2011)12-0039-03

Study on Military Communication Spectrum Management based on Cognitive Radio

LIU Si-yang, GAO Jun, LIU Quan

(College of Electronic Engineering, Naval Univ. of Engineering, Wuhan Hubei 430033, China)

【Abstract】Cognitive Radio is considered as a promising technique for efficient use of EM spectrum. Static management mode is adopted for military communication spectrum management (MCSM). The basic concepts and techniques of cognitive radio and the disadvantages of current MCSM are described. A new MCSM mode incorporating the concept of cognitive radio is suggested and the advantage brought by the new method is analyzed. Finally the technical difficulties faced by military EM spectrum management based on cognitive radio are discussed.

【Key words】cognitive radio; spectrum management; spectrum sensing; idle spectrum

0 引言

现代信息战争中, 电磁频谱领域已经成为与陆海空天并重的第五维战场, 制电磁频谱权也成为制信息权的核心。频谱资源作为一种稀缺资源, 长期以来都是由专门的无线电法规部门进行统一管理和分配的, 为了避免各种不同需求的通信业务之间相互干扰, 各国目前采用的大多都是静态频谱分配体制。信息战条件下, 电磁环境日趋复杂。尤其是近些年来, 随着无线通信技术不断朝着宽带化、无缝化和智能化的方向飞速发展, 各种新型无线业务的兴起对频谱资源的需求越来越大。而在现代战场上由于通信业务量、装备数量的不断增加, 己方通信网的自扰也日益严重。现有的一些技术手段采用时域、频域、空域、码域复用的方法, 虽然可在一定

程度上提高频谱利用率, 但是与目前各种新业务对带宽的需求增长相比差距甚远^[1]。另一方面, 据美国加州大学伯克利分校的实地测量数据也显示3~4 GHz频段利用率只有0.5%, 4~5 GHz的频段利用率也只有0.3%, 而3 GHz以下的频段, 在时域及频域上竟有多达70%未被充分利用^[2]。由此可以看出, 当前频谱稀缺的紧张局面并不仅是由频谱资源本身贫乏造成的, 究其根本原因在于传统的静态频谱资源管理政策导致大量的授权频段在不同地域和时间浪费严重。

解决这一问题的根本途径是以动态的频谱管理替代陈旧的静态频谱管理体制, 采用动态频谱接入和共享的方式提高频谱资源的有效利用率。由于静态频谱资源分配体制在过去很长一段时间内发挥了重大作用, 而且存在巨大的政治和经济背景, 所以在短期内要想从根本上废除静态频谱分配和接入的管理办法是很困难的, 现阶段最实际的办法就是采用分层接入的动态共享模型, 不仅能够完美地与现有静态体制兼容并最大限度地保证现有授权者的利益, 又能以低成本的代价获得频谱有效利用率的大幅度提高^[3]。由此, 引入认知无线电, 对军事频谱管理中建立可靠通信与抗干扰有现实意义。

收稿日期: 2011-08-22。

基金项目: 国家博士后基金项目 (No. 20080431379; No. 200902671)。

作者简介: 刘思洋 (1986-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为认知无线电频谱感知技术; 高俊 (1957-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为软件无线电, 数字通信理论与技术; 刘全 (1985-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为认知无线电网络链路层关键技术, 多抽样率信号处理理论及应用。

1 认知无线电技术

作为动态频谱管理体制的核心技术, 认知无线电的概念最早是由瑞典的Joseph Mitola博士于1999年提出的^[4], 经过近10年的发展, CR的定义和功能得到了大大扩充, 不同的研究机构对CR的理解各有侧重, 文献[3]对著名的几个研究机构给出的CR定义做了详细对比, 其中在业界认可度较高的当属加拿大Simon Haykin教授^[5]。环境感知、适应环境、重新配置、自主运行是各种认知无线电具有的本质特征, 所以将认知无线电定义如下: 认知无线网络是一个基于主-次分层接入共享模型的智能无线动态通信系统, 网络中的各次用户通过自动地感知频域、时域、空域以及码域等多维空间上的频谱环境, 根据一定的学习和决策算法, 在对主用户通信不造成干扰的情况下, 公平而有效地动态利用可用频谱资源, 并实时、自适应地调整工作参数, 以实现频谱的最大化利用, 同时尽量满足次用户的服务质量需求, 既实现高效、可靠通信^[6-7]。

认知无线网络是一个特殊的动态无线网络, 它不仅允许用户随时接入、退出和移动, 更要考虑频谱环境的动态变化, 并实现近实时的动态最优化网络管理。因此, 认知无线网络涉及的问题非常多而复杂, 不仅与现有的无线网络共存, 还应该支持固定结构、自组网等多种形式, 目前比较通用的一种认知网络结构如图1所示。

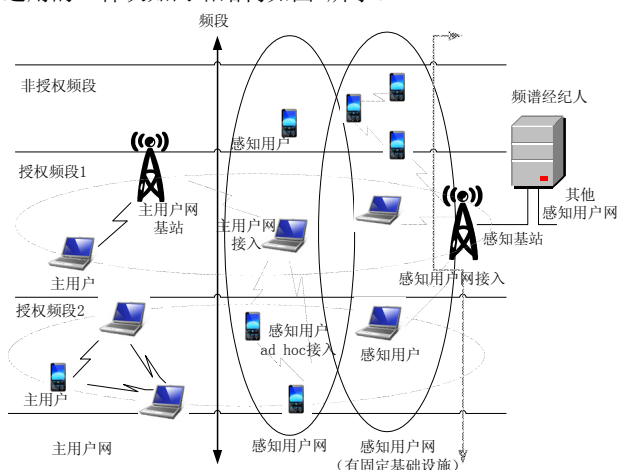


图1 认知无线网络结构

从水平方向看, 该网络包括主用户网和认知用户网两部分, 从垂直方向上看, 包括授权频段和非授权频段。频谱中介是必不可少的功能模块, 主要负责连接各个不同的认知网络, 协调各网络间地理地共享频谱资源。

2 电磁频谱管理现状

频谱资源是有限的不可再生资源, 国际电联定义了300 GHz以下的电磁频谱资源为无线电磁波频谱, 由于受到电波传播特性、技术等各方面的限制, 实际上目前使用的较高的频段是在几十GHz。目前, 军事频谱分配制度也以固定的管理模式为主, 频率资源主要在战前集中指配, 大部分频谱资源作为授权频段, 缺乏灵活性, 利用率较低。

传统的电磁频谱管理网系一般包含频谱监测网、频谱探

测网、用频装备检测系统、频谱管理数据库系统和电磁频谱管理指挥控制系统几个部分^[8]。用频装备和频谱管理网两者相互分离, 因而频谱监测信息并不能完全准确地反映出用频装备所处的电磁环境情况; 而且监测信息先要经过处理, 再由频谱管理网提供频谱管理方案送到用频装备网执行, 有一定的传输时延, 实时性弱。现有的军事频谱网络虽已部分实现频谱功率自适应, 但仅限于单网级范围, 且自适应能力非常有限。这类自适应功能主要有空闲信道搜索和自适应跳频两种形式。在单网通时, 这两种方式基本可以满足抗干扰通信的需求, 但在多网络情况下其局限性就会突显出来, 所以军事电磁频谱网络的自适应能力非常有限。

3 基于认知无线电的军事电磁频谱管理

基于认知无线电的军事电磁频谱感知的关键技术的核心即认知无线电的核心技术, 主要有以下几种:

频谱感知: 目的是发现在时域、频域、空域上的频谱空穴, 以供认知用户机会利用。同时为了避免对主用户造成干扰, 认知用户在利用频谱空穴进行通信的过程中, 需要能够快速感知主用户的突然出现, 及时进行频谱切换, 腾出空闲信道给主用户使用。需要认知系统具有频谱监测功能, 能够实时地连续侦听频谱, 以提高监测可靠性。包括主用户发射端监测、主用户接收端监测以及协作监测。

频谱分析: 在频谱感知的基础上, 对感知到的频谱空穴的频谱和射频特征进行分析, 归纳检测到的频谱特性, 以获得满足用户需求的频段。包括干扰、路径损失、无线链路错误、链路层延迟、占用时间等相关参数。

频谱决策: 基于频谱分析对所有频谱空穴的描述, 根据当前传输的QoS和频谱特性需求来决定合适的频带。包括传输速率、可接受的误码率、最大延迟、传输模式和传输带宽等参数。

频谱共享: 就是频谱分配以及动态频谱接入, 以解决在完全不干扰主用户通信的前提下使认知用户之间不冲突的选择频谱以最大化频谱利用率。目前的文献中主要有基于图论和基于博弈论两大类频谱分配算法^[9-10]。

对用频装备进行认知化技术改造, 构成认知无线网络。各个认知用户通过监测本地电磁环境的变化, 完成本地频谱感知; 通过干扰预测来避免认知用户之间的互扰; 根据预设的频谱分配算法实现可用频谱的公平、有效分配利用。

4 存在的技术难题

基于认知无线电的军事电磁频谱管理的实现还有很多问题亟待解决。主要在理论和装备两个方面。

4.1 理论方面

现有的频谱分配算法多数缺乏实用性, 有待改进的地方主要体现在: 基本上都没有考虑次用户的频谱监测行为对主用户的干扰情况; 大部分基于图论的算法将相互干扰简单地建模为二进制干扰模型, 缺乏通用性; 功率控制问题; 大多

数没有考虑次用户的服务质量需求。

仅把信道占用模型简单地建模为一个1/0型随机过程。

没能很好的解决“隐蔽终端”。

认知算法本身面临的安全问题。

4.2 设备方面

一方面,硬件需求从大范围动态频域中检测微弱信号的宽带射频前端、功率放大器、自适应滤波等射频硬件,到高速高分辨率AD、高速处理器DSP/FPGA、单/双链路结构,其中许多器件还达不到所需的性能指标。软件无线电平台的搭建目前基本上以DSP、FPGA或者GPP为核心的认知无线电实验平台,但是软件设计还没有达到认知无线电的要求。

另一方面,对于军事通信设备来说,很多用频设备是无法达到认知无线电的要求,这就需要对大量的成型的用频设备进行改造并且考虑基于认知无线电的设备与非基于认知无线电的用频设备的兼容性问题。

5 结语

军事频谱管理在日益复杂的电磁环境中扮演着越来越重要的角色,无线电技术发展对频谱资源的需求与频谱资源紧缺之间的矛盾日益凸显,新干扰技术的出现使战场电磁环境更加复杂恶劣,抗干扰难度陡增。通过对认知无线电的研究,针对军事频谱管理目前存在的一些不足,结合认知无线电的基本思想,将认知无线电的相关技术应用于军事频谱管理中,以提高频谱利用率的同时保证频谱资源的安全可靠性,提高抗干扰能力,并考虑了对于方法的实现了需要解决的技术难题,对军事电磁频谱管理的创新发展有现实意义。

(上接第38页)

5 结语

通过分析载波频偏对 SC-SFBC 系统的影响,利用 SC-SFBC 编码特点给出存在载波频偏时 ICI 矩阵。通过对接收信号分析,重构接收模型并分离 ICI 矩阵,利用迫零方法消除载波频偏影响。为简化算法复杂度,当归一化载波频偏较小时,根据分离 ICI 矩阵主对角线因子作用明显特点给出一种迭代补偿算法在每个子载波上独立进行频偏补偿与信道均衡。复杂度分析表明迭代算法能有效降低系统运算复杂度。同时通过仿真图看出此算法能够显著提高存在载波频偏时 SC-SFBC 系统性能。

参考文献

- [1] 沈嘉, 索士强, 全海洋, 等. 3GPP 长期演进(LTE)技术原理与系统设计[M]. 北京:电子工业出版社, 2008:9.
- [2] LIM J, MYUNG H G, OH K. Proportional Fair Scheduling of Uplink Single-Carrier FDMA Systems[C]//IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC). Helsinki, Finland:IEEE, 2006:1-6.
- [3] 任参军, 钱耘之, 陈明. LTE 上行链路无线资源分配算法[J]. 通信技术, 2010, 43(01):54-57.

参考文献

- [1] 白敏丹. 基于认知无线电的无线通信研究现状[J]. 通信技术, 2010, 43(05):4-7.
- [2] YANG J. Spatial Channel Characterization for Cognitive Radios[D]. Berkeley:University of California, 2004.
- [3] 谢显中. 感知无线电技术及其应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2008:248.
- [4] MITOLA J, JR MAGUIRE G Q. Cognitive Radio: Making Software Radios More Personal[J]. IEEE Personal Communications, 1999, 6(04):13-18.
- [5] HAYKIN S. Cognitive Radio: Brain-empowered Wireless Communications[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2005, 23(02):201-220.
- [6] 邓韦. 能量检测在认知无线电频谱感知中的应用[J]. 通信技术, 2010, 43(08):92-93.
- [7] 尤文坚, 黄欣 刘桂英. 认知无线电的相关技术研究[J]. 通信技术, 2008, 41(12):63-65.
- [8] 刘利江, 刘传伟, 郝威. 认知无线电技术在电磁频谱管理中的应用研究[J]. 电子测试. 2010, 12(01):11-15.
- [9] NIE N, COMANICIU C. Adaptive Channel Allocation Spectrum Etiquette for Cognitive Radio Networks[J]. Multibody System Dynamics, 2006, 16(04):779-797.
- [10] PENG C, ZHENG H, ZHAO B Y. Utilization and Fairness in Spectrum Assignment for Opportunistic Spectrum Access[J]. Mobile Network and Application(Springer), 2006, 29(11):557-576.
- [4] MYUNG H G, LIM J, GOODMAN D J. Single Carrier FDMA (SC-FDMA) for Uplink Wireless Transmission[J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2006, 1(03):30-38.
- [5] LO T, TAROKH V. Space-Time Block Coding-From a Physical Perspective[C]// Wireless Communications and Networking Conference. USA: IEEE, 1999:150-153.
- [6] 王熹, 谢显中, 师阳. 两种 LTE 上行 SC-OFDMA 信号生成方式[J]. 通信技术, 2007, 40(08):9-11.
- [7] CIOCHINA C, CASTELAIN D, MOTTIER D, et al. Single-Carrier Space Frequency Block Coding: Performance Evaluation[C]// 66th Vehicular Technology Conference. USA: IEEE, 2007:715-719.
- [8] ZHANG X P, RYU H G. Joint Estimation and Suppression of Phase Noise and Carrier Frequency Offset in Multiple-input Multiple-output Single Carrier Frequency Division Multiple Access with Single-Carrier Space Frequency Block Coding[J]. IET Communications, 2009, 4(01):1998-2007.
- [9] CHEN G L, ZHU Y, LETAIEF K B. Combined MMSE-FDE and Interference Cancellation for Uplink SC-FDMA with Carrier Frequency Offsets[C]// ICC. South Africa: IEEE, 2010(01):1-5.
- [10] ZHANG X P, HEUNG G R, LI Y S. Joint Suppression of Phase Noise and CFO by Block Type Pilots[J]. Communications and Information Technology, 2009(01):466-469.