

电子战 新概念新理论新技术

——第二十二届学术年会论文集

◆ 电子信息控制重点实验室 编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电子战新概念新理论新技术

——第二十二届学术年会论文集

电子信息控制重点实验室 编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本论文集收录论文分综合、侦察、干扰、仿真四部分, 主要内容包括: 数字技术高度发展条件下的信息传送、远程感知、武器引导; 军用信息装备的新型信号形式、天线形式; 配合、非配合状态下的新型接收机架构、信号截获、参数提取; 涉及时间、频率、空间维度的电磁频谱控制技术; 电磁态势的综合感知和呈现技术; 非对称作战、非军事应用中的电子对抗; 认知无线网络理论与方法; 无线认知体系结构与信息处理; 网络融合与安全攻防。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电子战新概念新理论新技术: 第二十二届学术年会论文集 / 电子信息控制重点实验室编. —北京: 电子工业出版社, 2014.8

ISBN 978-7-121-24100-0

I. ①电… II. ①电… III. ①电子对抗—学术会议—文集 IV. ①TN97-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 187831 号

策划编辑: 冉 哲

责任编辑: 底 波

印 刷: 北京京华虎彩印刷有限公司

装 订: 北京京华虎彩印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 24.5 字数: 627.3 千字

版 次: 2014 年 8 月第 1 版

印 次: 2014 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 400.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

电子对抗专业面向的是各种电子信息系统，对抗表象是双方的设备，对抗的内涵是双方的设计和技术。因此，它天然是一个思想对抗、技术开放的领域，必须以开放的理念、开放的心胸、开放的形式进行各专业间的交流才能茁壮成长，才能成就我们常说的“阶梯式进步”。只有这样，我们与各电子信息系统专业才能有效避免低水平、低层次徘徊，才能有序进步、有序提高。这一点虽然已经是业界的普遍认识，并在世界大国成为常态，但在我国由于种种原因，对抗专业双方之间全面、畅通的技术交流尚未得到很好的落实，使得电子对抗学术研究常常自说自话，其他专业参与交流、愿意发表研究成果的人仍显得太少，还没有形成良好的互动学术研究氛围，还没有达到如美国“老乌鸦”协会那样的既扩大影响、又促进共同进步的目标。但是，我们也欣喜地看到，由于我国电子对抗技术不断取得新突破、获得新成就，已经成为影响电子信息系统效能发挥的关键因素，使得各专业均认识到了开展交流的重要性，这使得电子对抗学术研究、技术交流有了更广阔的空间、更好的抓手和更进一步发展的基础。我们要借势用势，一步一个脚印，向各专业伸出友谊的“橄榄枝”，踏踏实实把学术交流工作向深入推进，向利于多方共同受益开展。

“没有干扰不了的信息装备，没有对抗不了的干扰”是电子对抗攻防双方真实的写照。电子对抗最大的特点是针对性，薄弱的环节是普适性。这就对对抗双方技术细节的掌握有很高的要求，可以说，电子对抗往往是“细节决定成败”，不仅要全面掌握自己专业的技术，还要对电子信息系统进行深入研究，才能取得理想的结果。但是，由于电子对抗的成果往往无形，难以展示，使得电子对抗研究中难以显示成绩、难以大张旗鼓宣传，这一点也是世界通病，使得电子对抗学术交流也难以有良好的激励措施。因此，在学术交流中，深入细致的研究、创新成果的展示还略显不足。但我们相信，实际上我们有很多高层次的研究在技术一线、在各单位后台不断持续开展，只是缺少发表、交流这一环节，这不能不说是我们共同的遗憾。我们希望，随着电子对抗事业的扩展，随着信息装备电子防御技术的不断提高，随着多方学术交流的持续深入开展，电子对抗专业的创新动力能够得到进一步激发，能够得到有效的激励，电子对抗技术能够得到更加精雕细琢的研究，既能够在针对性上发扬光大，又能够在普适性方面取得长足进展。

本届年会录取的论文来自 14 个单位的作者，我们衷心地感谢这些作者和他们所在单位的参与和投入，相信这样广泛的支持，能够推动电子对抗学术研究的持续前进，也能够使本年度的学术交流取得圆满成功。

电子信息控制重点实验室学术委员会主任

王建涛

2014 年 7 月

目 录

第一类 综 合

认知电子战现状及发展趋势分析	田中成 吴晓芳 张斌 (1)
战场电磁态势三维展现技术研究	李亚辉 焦逊 解凯 (10)
战场电磁态势感知及多维可视化技术研究	张先洪 (17)
超宽谱信号反隐身技术	李明亮 梁景修 张斌 (22)
基于“软件星”的远程感知和信息传送	徐建良 杨小牛 李文华 (28)
应对“舒特”系统攻击措施探析	张廷玖 白宏 (36)
基于异构融合的新型认知无线网络架构	马庆力 路后兵 钱怡 (40)
基于本体的 Web 攻击检测与推理	何倩 李佳 王芳 王勇 (50)
6LowPAN 中 Mesh-under 路由协议栈设计与实现	王浩 郑霖 罗鹏 毛九平 (57)
云计算的本质特性与漏洞分析	束妮娜 王晨 王怀习 (64)
美军大数据战略分析	王怀习 王晨 束妮娜 (72)
一种用于跳频通信的无线认知体系结构	周波 戴幻尧 崔建岭 申绪润 (77)
雷达网电空间对抗与技术发展分析	成天桢 荀阳 周新春 (82)
浅议武器装备复杂电磁环境适应能力发展	阙渭焰 周小平 孙永全 岳秀清 任彦 陶欢 肖俊 (87)
空间电子对抗技术	饶鲜 张发杰 苏龙 (93)
等离子体对飞行器作用影响	关文瑞 (100)

第二类 侦 察

基于时频分析的无源雷达目标检测方法研究	赵耀东 吕晓德 (108)
机场场面无源多点定位监视系统定位精度研究	沈金良 (115)
一种基于相位差分的宽带数字信道化接收机	李明 唐博 王敏杰 (122)

任意阵列二维波达方向估计	彭诚诚 谢跃雷 梁文斌 王太兴 彭志清	(128)
基于局部保持投影的信号调制识别	沈伟国 曹春杰	(134)
一种基于维纳滤波的谱估计方法	陈卓 吴光颀 史小伟	(141)
微带圆极化天线的小型化研究	高喜 李中明 曹卫平 于新华 姜彦南 李思敏	(148)
基于缺失张量模型的长码 DSSS 信号盲解扩	熊伟杰 张花国 彭晓燕 廖红舒	(153)
一种长码直扩信号的扩频序列估计方法	东阳 李梦冰 甘露 张花国 任春辉	(160)
一种改进的异步短码 DS-CDMA 信号盲解扩算法	熊伟杰 任春辉 李万春 彭晓燕 甘露	(166)
基于空间时频分布的 LFM 信号参数估计方法	赵梓越 刘聪锋	(171)
基于压缩感知的 DOA 估计	何佰胜 鲍丹	(178)
一种基于压缩感知的辐射源载频估计算法	李沛 李鹏 鲍丹	(188)
基于最大似然估计的目标定位新方法	马贤同 罗景青 刘兴华	(197)
基于脉冲群间自相关积累的多普勒变化率估计算法	周龙健 罗景青 俞志富	(204)
超宽带微带天线的研究	李承添 田伟 姜彦南 高喜 于新华	(211)
不同体制的三星定位结果分析	何中翔 李鹏程 杨峰 冉一航 李津	(217)
基于压缩采样的信号参数估计方法	杨峰 李鹏程 冉一航 李津 何中翔	(227)

第三类 干 扰

对数据后处理雷达的相关干扰技术研究	柳向 王杰贵 刘兴华	(235)
一种新型 MPM 聚焦控制极发射机的设计	苟锁让	(243)
基于粒子滤波的雷达与诱饵信号分离方法	王宏 杨国彬 刘凯	(250)
基于直线阵发射数字波束形成的技术实现	彭志清 姜兴 彭诚诚	(258)
一种高重频超宽带脉冲的最佳干扰脉宽设计方法	赵宇姣 甘露 廖红舒 彭晓燕	(264)
MIMO 雷达干扰的研究	刘玉娇	(269)
大批量假目标干扰方法的研究	朱燕 张煜	(276)
对脉冲多普勒雷达 (PD 雷达) 的干扰研究	赵鑫	(285)
基于子空间分解的北斗接收机抗干扰算法研究	姚锐 鲍丹	(293)
基于二维噪声卷积调制的 SAR 雷达干扰研究	房明星 毕大平 王杰贵	(298)

基于最小模算法的反辐射导弹抗诱饵诱偏何宇 吴振兴 罗景青 (306)

一种雷达灵巧噪声干扰波形产生方法王勇 穆贺强 (311)

箔条云雷达回波统计特性分析汤广富 甘荣兵 (316)

战场无线通信网重要节点识别与攻击效能初探李昊 (331)

光纤技术在宽带电子对抗中的应用研究陈吉欣 (366)

第四类 仿 真

基于小波多重分形的通信信号调制方式识别张鹏程 王杰贵 旷平昌 (341)

噪声通信的扩频原理及其信号截获分析石荣 邓科 张伟 李洲 詹成 (349)

综合电子战装备体系作战效能评估技术研究谢斐 杜娟 焦逊 李亚辉 (355)

短波多音并行信号模式化分析方法管俊军 (362)

一种基于信道编码与扰码的复合码的参数识别方法
.....朱胜利 高晓霞 廖红舒 李万春 彭晓燕 (368)

35GHz TM₀₁-HE₁₁ 模式变换器
.....邓积良 于新华 曹卫平 姜彦南 高喜 (375)

第一类 综 合

认知电子战现状及发展趋势分析

田中成 吴晓芳 张斌

(北方电子设备研究所, 北京, 100191)

摘 要: 认知技术在信息系统领域的推广及应用日益深入人心, 并取得了长足发展, 认知电子战是电子对抗领域发展的必然趋势。为了明确认知电子战研究的重要意义和军事价值, 从技术发展趋势、作战应用及解决当前实际问题角度分析了开展认知电子战研究的需求; 对国外先行起步的四个相关项目进行了解读, 探讨了认知电子战发展的趋势。

关键词: 认知 电子战 需求 现状 趋势

1 引言

无线频谱具有不可再生特性, 随着电子信息技术的飞速发展, 可供使用的频谱资源越来越匮乏, 电磁信息领域的争夺和对抗也越演越烈。为了解决频谱资源不足的问题, 采用机会方式频谱接入机制的认知无线电技术得到了人们的重视^{[1]-[2]}。在自适应天线技术、自适应处理技术、自适应发射基础上继承式发展而来的, 能够通过感知复杂多变的环境而自适应调整收发系统以适应当前环境的认知雷达, 可通过对历史和当前环境的检测、分析、学习和推理, 自适应调整系统的接收和发射, 使用最合适的系统配置, 以实现目标高效、可靠且稳健的感知和跟踪, 从而大幅度提升雷达系统的性能^{[3]-[4]}。在以相机为代表的光学领域, 自动聚焦、人脸识别、笑脸识别、亮度自适应等相关认知技术, 也极大地改善着对光学系统的性能和应用。认知技术在信息系统领域的推广及应用日益深入人心, 并取得了长足发展。

然而在此历史趋势下, 电子战技术却相形见绌, 这主要体现在两个方面。一是时效性差, 电子信息系统的运作越来越智能, 越来越依托人工智能, 解放人力因素, 强化机器运作, 时效性越来越高; 相比较而言, 传统的反应式电子战快速反应能力差, 与电子信息系统甚至难以保持在一个节拍上, 这极可能直接导致对抗的失效。二是对抗效能差, 电子信息系统对环境的理解和对电磁信息的控制越来越智能, 对电子信息系统及电磁资源的利用率越来越高效; 相比较而言, 传统的电子战系统在对抗的针对性和细致性方面都有明显不足, 且不说是否“四肢发达”, 单单“头脑简单”这一条, 就将电子对抗系统置于劣势。毋庸置疑, 缺乏相应认知能力的电子战将难以适应未来信息作战的需求, 为了应对日趋复杂

的电磁环境以及形成与目标电子信息系统技战术水平相应的对抗能力,发展注重装备认知能力提升的认知电子战具有重要意义^[5]。

电子战正面临着严峻的历史挑战,已到了不得不转型、不得不跨代发展的阶段。认知电子战是电子对抗领域发展的必然趋势,并逐渐得到行业关注,目前国内外该领域的研究还处于初级阶段。本文从对认知电子战的研究需求入手,分析了认知电子战的重要意义和军事价值,对国外相关项目研究进展进行了梳理分析,探讨了认知电子战发展的一些走向。

2 认知电子战研究需求分析

2.1 认知电子战是信息时代大背景下未来电子战装备的发展趋势

由于雷达、通信设备开始逐步向认知方向发展,为对抗这些未来的极可能出现的装备,认知电子战已成为业内关注的对象。近年来美国已逐渐将认知技术引入到雷达、通信与导航设备上,未来的雷达、通信与导航设备将逐渐向空域、频域全面宽开的方向发展,具有认知能力是未来的必然趋势。有源相控阵雷达系统、组网雷达系统、高速跳频通信系统、宽带扩谱通信系统、新一代GPS卫星导航定位系统等新型威胁将是电子战的主要对抗对象,而传统电子战技术不相适应,难以有效对抗^[6]。因此,未来的电子战装备也必须同时具有“认知能力”,才能参与未来干扰与抗干扰的博弈。谁能研制出具有更高人工智能的电子战设备,谁就能在电子对抗中占得先机。

2.2 推动新的电子战作战方式和装备模式的需要,促使电子对抗装备往高效化、智能化发展

传统电子战中由于装备认知能力有限,需要操作员对装备接收到的信号进行人工筛选与判别,再选择相应的干扰手段进行干扰操作。装备仅作为工具起到了拓展人能力的作用,若失去了人的操作,装备将毫无用处。这时人机关系还停留在人对装备进行驾驭的层面,人在工作流程中是绝对的核心,与装备之间谈不上分工协作,只是主动结合装备而已。而依赖于人为操作的电子战装备在复杂快捷变化的电磁威胁信号面前,无论是时效性还是有效性都存在严重问题^[7]。

认知电子战中装备不再是单纯的工具而是一种智能实体,能够在人为干预之外自主完成一定任务,但装备不可能也不应当成为人的替代品,人的因素依旧重要。此时人机关系超越了前者驾驭后者的层面,演变成一种高级智能实体与初级智能实体的关系。两种智能实体在工作中按照一定分工,相互协作以完成任务。认知电子战装备承担大部分侦察工作,通过进一步筛选信号,摒除无用信息,为操作员提供了少而精的情报,使其从繁重的信号分析工作中解脱出来;通过自动干扰使操作员无须反复设置干扰参数,并可实时获知干扰效果。人的工作主要集中在识别潜在威胁、对特定情况进行处理以及根据战局发展掌控干扰运用上。

认知电子战的最大优势是提高了装备的自适应能力,认知节点是稀布的,通过不断地感知周围的环境,更新先验知识数据库,当新的威胁到来时,能主动识别新的威胁,并自

动地配合操作员分析探测识别,评估对抗能力和对抗效果。系统对任何环境都是适用的,尤其对地形气候等情况多样且复杂的环境更显优势,这样就大大拓展了设备的适用范围。并且,认知电子战设备可装配在隐身飞机、地面和舰船等多种装备上,也可以通过与外界通信来帮助识别分析新威胁。系统既支持自动操作,也支持人为干预操作。真实的传感器覆盖感知、明确而清楚的态势表达加上改进的目标识别,使决策制定过程让操作员的作业变得简便且容易,而且通过自动化的处理,比如高度自动化的辨认和识别、自动化的传感器管理和数据融合以及数据分类等,大大减轻了操作员的压力。

2.3 摆脱现实困境,解决电子战当前面临问题的必然选择

电子战发展至今,面临的挑战主要来自以下四个方面:一是随着更多合作与非合作辐射源的出现,电磁环境日趋复杂,由此造成的频谱拥堵削弱了对威胁信号的判别能力;二是目标信号的抗截获与抗干扰性能不断提升,对电子战的侦察能力与干扰技术提出了更高的要求;三是在人工智能、软件无线电、认知无线电等技术的推动下,目标电子信息设备的智能化程度不断提高,更注重对电磁环境的自主感知能力与快速应变能力,由此逐渐拉开了与电子战装备的技术差距^[8];四是一体化、网络化信息系统的发展及应用,对电子战系统及时发现并攻击组网系统关键节点与要害的能力提出了迫切需求。

以地基雷达电子战系统为例,当前雷达对抗系统已经基本可以熟练地识别工作在固定频率的雷达系统。一旦其探测并识别出敌方雷达系统,雷达对抗系统会运用预设的技术加以对抗。随着雷达技术的进步,以收发数字波束形成技术为标志的二维相控阵雷达已问世并开始服役,数字阵列技术的应用使一部雷达具备防空/反导、搜索/跟踪/制导等多种功能;为了适应不同环境下目标的探测,一部雷达也可以集MTI/MTD/PD等多种处理模式于一身。多功能、多处理模式意味着雷达具有多种工作参数和多种扫描跟踪方式,传统的瞄频粗放式干扰已经不能实现有效对抗,基于数据库的干扰引导方式也已经不能满足快速精确引导的要求。尤其是认知雷达、数字可编程雷达等新体制雷达的出现及发展,对基于已知威胁进行雷达对抗的现状提出了严峻的挑战^[9]。为了在复杂密集多变的信号环境中有效对抗具备多种工作模式快速切换的现代新体制雷达,雷达对抗系统必须从固定模式向自适应模式发展,采用认知电子战技术,实现快速感知环境、自主学习、自适应对抗的方式,具备灵活的自适应能力,及时适应变化了的对抗目标。

3 国外研究现状

目前,以美国为代表的军事先进国家已逐渐意识到自适应电子战、认知电子战等技术的必要性和重要性,美国国防部下属的国防高级研究计划局(DARPA)、海军、陆军、空军等陆续启动了相关项目研究。美国国防部从2008年起就开始资助用于下一代电子战的先进认知干扰技术和人工智能技术研究项目。美空军从2010年也开始投资认知干扰技术及其先进部件研究项目。DARPA正在进行和提议的开发认知、自适应干扰技术的项目也很多,“行为学习自适应电子战”和“自适应雷达对抗”就是两个主要的研究项目。

3.1 认知干扰机项目

2010年1月20日,美国空军研究实验室发布公告,寻求发展和实现第一代认知干扰机(CJ)系统的创新技术、方法和概念。认知干扰机的目的是通过改善干扰效果同时使自扰最小化来提高频谱优势。认知干扰机被设想为是一种基于网络化软件定义架构(SDA)的自适应、多功能(通信、雷达、导航等)的新型干扰系统。

认知干扰机要求具有强大的频谱感知能力,能探测从发射机到接收机的数据传输。干扰机采用“探测与干扰”策略以及滑窗能量检测技术。信号传输延迟、通道带宽、干信比等对干扰效果都会有影响。

认知干扰机项目的研究目标:开发节省平均辐射功率的高效干扰技术;开发能够学习和跟踪目标波形的干扰技术;研究如何通过学习和运用知识来对抗智能辐射源,如采用动态频谱接入的认知无线电;利用博弈论来优化干扰机设计,以适应多种波形;研究非传统的电子攻击手段等。

该项目其实就是强调效率、学习、动态调整,因此可以认为认知电子战是一种高效的、具备环境学习能力和动态智能调整能力的电子对抗技术。

3.2 行为学习自适应电子战项目

2010年7月9日,DARPA发布了“行为学习自适应电子战(BLADE)”项目公告,旨在开发一种新的机器学习算法和技术,能快速探测新的无线电威胁并确定其特征、动态融合多种对抗措施并进行精确的电子攻击战场损伤评估。

该项目将开发一种组网式的电子攻击系统,能实时检测、分析无线通信,对战场新出现的无线通信威胁进行自动干扰。BLADE系统既可车载也可安装在“影子”无人机等平台上,用户将能够快速分析和应对以敌方通信为主的各种威胁,压制那些用于引爆“简易爆炸装置”(IED)的无线信号。

该项目首次将“认知无线电”原理应用于通信电子战领域,对通信电子战的发展具有革命性的意义。

(BLADE)项目的主要目标是研发一种战术级系统,能够探测、分析和对抗实时无线传输,将依靠人工智能算法感知电子环境,以突如其来的变化快速干扰或警示用户。而传统电子战必须首先记录敌方波形,然后带回实验室进行分析。

BLADE项目想把这种能力带到战场上,让部队能够快速分析和对抗各种威胁,如敌方通信或阻止无线信号触发简易爆炸装置。DARPA还希望为电子战专家提供简单的被动记录选项,分析战场上敌方的传输。机器学习技术是该项目的核心。BLADE项目算法将采用适应性学习,让一部无线电或装有软件的设备可以自动分析当地的无线电环境,调整传输方式,以保持通信连接或克服敌方的反干扰。具体来说,DARPA想要该系统能够在战场上快速探测和识别敌方传输方式,自动合成干扰检测信号的优化波形,并分析对抗这些信号的有效性。

BLADE项目软件将采用开放式标准编写,允许添加新的模块,可以根据需要快速修改或增加。DARPA在其项目招标书中指出,尽管新硬件的研发超出BLADE项目范围,但DARPA仍计划将该算法纳入到现有的电子战装备中。DARPA将该技术研发合同授予位于

马萨诸塞州伯灵顿的 BAE 系统国家安全公司 840 万美元(5562 千万人民币)来开发 BLADE 项目。该项目分为 3 个阶段：系统和算法的研发、设计演示实时操作系统和建造一个网络原型系统。该工作目前已基本完成。

DARPA 的智能 BLADE 系统算法可以自动识别并干扰构成威胁的无线通信，提供“对抗战术环境和战术相关时域的自适应无线通信威胁”的能力。通过把 BLADE 系统研发的新的算法和软件集成到现有电子战设备中，为战场士兵提供的手段不仅可使敌方通信失效，而且可能会识别并选择性地干扰遥控引爆的简易爆炸设备（IED）——美国士兵在阿富汗和伊拉克遭遇的最普遍的威胁。掌握对广播频道的控制，不仅是为自己创建了一种手段，也可能使敌方无法使用无线通信。

3.3 DARPA 的自适应雷达对抗（ARC）项目

2012 年 7 月，DARPA 组织召开了关于 ARC 项目的申请研讨会，向参与者表明 DARPA 关于 ARC 项目（DARPA-BAA-12-54）的研究目标及规划，提出军事需求，与拟承研单位关于各家在 ARC 项目中的技术能力进行讨论，明确 ARC 项目的研究目标^[10]。

ARC 项目旨在开发电子战能力，以对抗敌方自适应雷达系统，感知其环境并自适应地对其实施干扰。项目重点关注的威胁是能够执行多种任务的地对空和空对空相控阵雷达系统，如监视、目标捕获、跟踪、非合作目标识别以及导弹追踪。这些雷达通常具有灵活的波束转向、波形、编码和脉冲重复间隔。该项目将开发一种闭环系统，可进行信号分析和表征、联合对抗及对抗效果评估。该系统不仅能自动学习应对新的雷达威胁，而且也能使操作人员指挥和接收系统反馈。ARC 系统应该能够在密集复杂的电磁环境下区分灵活未知的雷达威胁，对抗这些威胁；提供对抗有效性的实时反馈；可同时对抗几个威胁；支持单平台或分布式多平台操作；支持自主和人为循环操作；采用标准、模块化、开放可扩展的软件架构；能够存储和下载新知识和新对策以进行任务总结分析。

ARC 将利用信号处理和机器学习技术来开发智能算法，用于探测和对抗新型自适应雷达威胁，尤其是对抗波形特征从未出现，且行为未知的雷达威胁。项目重点关注的是算法，这种技术将像软件升级一样被集成至大量现有的和将出现的电子战系统中，而无须进行昂贵的硬件更新。

经过项目招标先后选定了表 1 所列 6 家单位开展相关研究。

表 1 DARPA 的 ARC 项目情况

承研单位	合同款（美元）	合同日期	研究内容	总体目标
赫利俄斯（Helios）遥感系统公司	290 万	2013.02.13	开发新型处理技术和算法	（1）开发新型处理技术和算法 （2）识别敌方雷达系统特征 （3）电子干扰 （4）评估对抗的有效性
密歇根理工大学研究所（MTRI）	800 万	2013.02.20	开发新型处理技术和算法	
科学应用国际公司（SAIC）	3150 万	2013.03.08	自适应雷达对抗系统的设计、研制、集成和测试	
Vadum 公司	410 万	2013.03.08		
BAE 系统公司电子系统部	3670 万	2013.03.15		
系统和技术研究（STR）	710 万	2013.03.21		

Helios 公司和 MTRI 将开发新型处理技术和算法，识别敌方雷达系统特征，进行电子干扰，并评估对抗的有效性。Helios 公司和 MTRI 将尝试通过实时分析所监测的空中信号的属性和行为，对抗自适应雷达威胁。DARPA 表示，Helios 公司和 MTRI 开发的算法还将可能用于目前或计划中的电子战系统，使电子战系统在面对新型、未知和不确定的雷达信号时，具备实时有效的自动化反制能力。

科学应用国际公司（SAIC）与 DARPA 签订的是一份总承包合同，为 DARPA “自适应雷达对抗”项目提供工程服务。该合同是一份多次授予的成本和固定费用合同，包括为期 6 个月的基本期和为期 54 个月的选择期，如果所有选项均获执行，合同总额将达 3150 万美元。此项工作将主要在弗吉尼亚州的阿灵顿和新泽西州的克利夫顿进行。根据合同，SAIC 公司将提供包括自适应雷达对抗系统的设计、研制、集成和测试在内的工程服务。此外，该系统还需支持第三方算法的独立植入。SAIC 公司副总裁兼集团总经理约翰弗拉塔米科称，我们希望能研发出一套综合性自适应雷达对抗解决方案，以减轻机载平台未来面临的先进射频威胁。该技术展现了美军现有和新型电子战系统的未来发展趋势。

BAE 系统公司正在为下一代电子战算法套件研发新的技术，使现有的电子战系统可以应对新的雷达威胁，为夺取空中优势提供一种重要的能力。BAE 系统公司获得 DARPA 关于 ARC 项目的一份 5 年期、3 阶段任务中 1A 和 1B 两个阶段的任务合同，合同价值 3490 万美元。项目研究的技术将为美国军用机载平台提供一种革命性的能力，以应对自适应雷达的威胁，显著提高其战场生存能力。能迅速探测和描述一个新雷达威胁的特征，生成对抗措施，并进行实时战损评估是作战中的一个重要优势。BAE 系统公司将与 Dynetics 公司及其他工业研发组织合作，力求研发出优良的算法，并在一些复杂的政府评估中对其性能进行验证。

ARC 项目周期为期 5 年，分 3 个阶段进行。第一阶段为期 30 个月，重点是算法开发和组件水平测试；第二阶段为期 18 个月，重点是系统开发；第三阶段重点建造一个实时 ARC 原型系统。ARC 项目预计将在 2018 年结束，并在现有电子战系统上进行现场飞行测试。

3.4 电子战探索与发明项目

美国海军研究办公室（ONR）在 2012 年 12 月 18 日发布“电子战探索与发明（EW Discovery and Invention）”项目公告。其中，“认知与自适应电子战使能技术”项目目标是将自适应与机器学习算法应用于电子战系统。美国海军研究办公室（ONR）电子战探索与发明（EW Discovery and Invention）项目 2012 年 12 月 18 日发布公告，主要开发的技术包括认知与自适应电子战使能技术、高吞吐量技术与快速可编程电子战技术、自适应与针对性电子战仿真环境构建技术以及电子战创新概念等。其中认知与自适应电子战使能技术项目目标是将自适应与机器学习算法应用于电子战系统。射频系统在波形、带宽、功能和电子防护的多样性等方面越来越趋于灵活多样。传统静态辐射源数据库和预编程对抗措施不足以对抗未来采用了此类技术的威胁系统。潜在的研究领域包括频谱知识、频谱学习、频谱推论、频谱攻击等。

此外，美国雷声（Raytheon）公司在 2010 年 10 月的 AOC 会议上提出了下一代电子战概念，强调了电子战装备应具备自适应能力，指出自适应能力是威胁告警和干扰机的未来

技术发展趋势之一。

由于涉足电子对抗军事领域较为敏感，所以目前能够查阅到的国内外关于认知电子战、智能电子战、自适应雷达对抗技术等最新研究动态的公开报道文献资料很少。

4 认知电子战发展分析

4.1 认知电子战是电子对抗的一个重要发展方向

从电子对抗发展规律以及前面的需求分析可以看出，电子对抗势必将从现在的反应式对抗向认知对抗发展，“认知对抗”将带来相关装备及能力的大变革、大提升，不可避免地会对现有电子对抗装备管理机构及管理模式，乃至部队编制体制及组织形式带来重大影响。

4.2 认知电子战目前属于初期研究阶段，将面临一个长期持续的发展过程

电子战双方，即电子对抗和电子反对抗始终是“矛和盾”对立的关系，作为“矛”的“电子对抗”以“电子信息系统”为目标，需持续关注电子信息系统的发展动态，寻找薄弱环节，不断开发和研究对抗的新方法、新技术。以雷达为例，简单归纳认知雷达的发展历程如图 1 所示，自适应雷达从概念提出至今已有 60 多年的历史，无论是信号处理，还是阵列天线以及资源管理与分配，都经历了从简单到复杂，从简单自适应到更加智能化的高度自适应的过程，至今也只是有全自适应雷达（又称认知雷达）的实验性系统，尚未有真正的雷达型号出现。

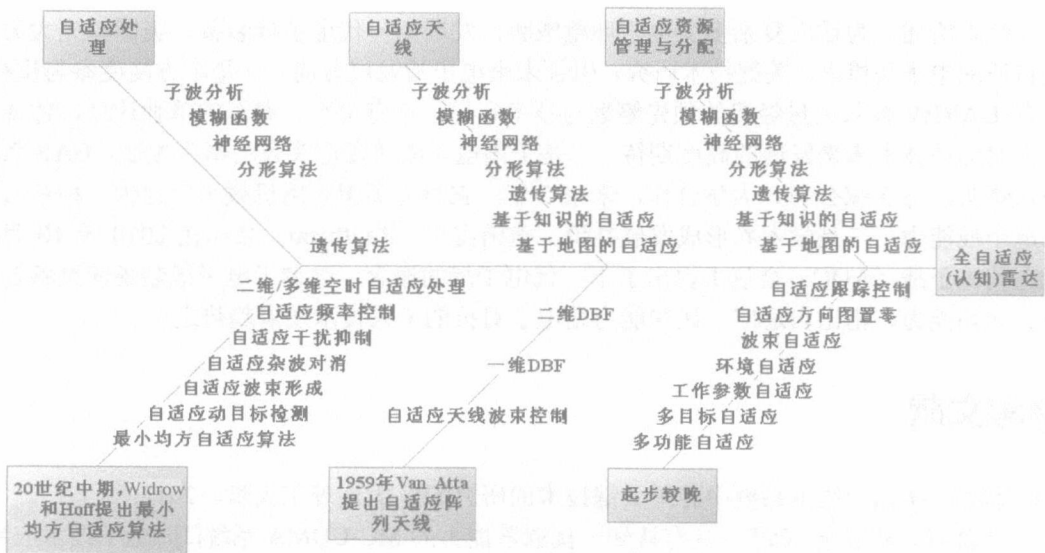


图 1 认知雷达的发展历程

雷达的自适应并非一蹴而就，“自适应度”是逐渐提升的。可想而知，与之适应的雷达对抗也必然有个自适应、认知的发展过程。理论上这个过程应比认知雷达的发展历程短，

但也不会太短,预计可能在 10~30 年间陆续见成效。可以预见,认知电子战不可能一蹴而就,必然会经历一个逐步发展完善的过程,而且可以预期这个过程还会比较长,将会经历“自适应对抗”这一中间过渡阶段,并最终走向“认知对抗”,如图 2 所示。

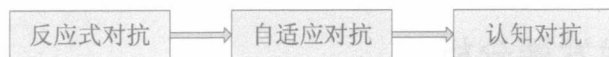


图 2 电子战的发展阶段图

4.3 美国有望引领新一代电子战装备发展方向

通过国内外简单的对比分析可以发现以下特点:

(1) 研究经费悬殊。国外经费投入大,重视程度高,仅 DARPA 在该 ARC 一个项目上的投入就达 1 亿美元之多,而国内的关注度和投入度都相对薄弱。

(2) 研究步伐不同。国外先知先觉,先行启动。

(3) 技术储备差异。为实现认知能力,国外在软件无线电技术、综合射频一体化技术、认知理论等方面的技术储备较国内领先。

(4) 目标定位差异,以美国为代表的电子信息系统水平更为先进,对我方开展认知电子战的要求更高;国外对作战对象能力底数更清晰,开展相关研究的条件较为成熟。从满足军事作战需求出发,美国开展认知电子战的挑战及难度较小,且无论是技术储备,还是各方投入都比较充分,有望引领以认知电子战为特征的新一代电子战装备发展方向。

5 总结

综上所述,为适应复杂多变电磁环境威胁,发展新一代电子战装备,美国率先大力开展自适应电子战概念、关键技术研究,引领未来电子战发展方向。一是军方高度参与重视。既有 DARPA 投入大量经费的预先筹划与技术布局,也有空军、海军的单独计划,体现了军方对这项技术未来发展的高度期待。二是美国电子战研发巨头公司牵头领衔。BAE 系统公司牵头,与 5 家公司、大学合作,未来 5 年,它将为美国军用机载平台提供一种革命性的电子战能力。三是学术界形成发展共识。美国雷声(Raytheon)公司在 2010 年 10 月的老乌鸦电子战(AOC)会议上提出了下一代电子战的概念,强调了电子战装备应具备自适应、认知能力,指出自适应、认知能力是电子对抗的未来技术发展趋势之一。

参考文献

- [1] 杨磊. 认知无线电系统中若干关键技术的研究[D]. 大连理工大学, 2012.
- [2] 张洋洋, 易玉燕, 韩鹏. 具有认知干扰躲避能力的 MC-CDMA 系统[J]. 电子技术应用, 2009, (7):116-118.
- [3] 黎湘, 范梅梅. 认知雷达及其关键技术研究进展[J]. 电子学报, 2012, 40(9): 1863-1870.
- [4] 周宇. 基于知识的雷达自适应处理方法研究[D]. 西安电子科技大学, 2010.
- [5] 张珂, 张璇, 金家才. 认知电子战初探[J]. 航天电子对抗, 2013, 29(1): 53-56.

- [6] 沈妮, 肖龙, 谢伟等. 认知技术在电子战装备中的发展分析[J]. 电子信息对抗技术, 2011, 26(6):22-26.
- [7] 张海旭, 贾翠霞, 陈浩. 大功率认知干扰系统研究[J]. 河北科技大学学报, 2011, 32(12): 139-144.
- [8] 葛倩. 异构网络中的认知干扰管理策略研究[D]. 南京邮电大学, 2013.
- [9] 马英杰, 周正, 范晓红. 认知干扰抑制超宽带自适应脉冲设计[J]. 北京邮电大学学报, 2011, 34(4):1-5.
- [10] Defense Advanced Research Projects Agency. Broad Agency Announcement: Adaptive Radar Countermeasures (ARC). DARPA-BAA-12-54, 2012.

战场电磁态势三维展现技术研究

李亚辉 焦逊 解凯

(北方电子设备研究所, 北京, 100191)

摘 要: 科学直观地显示战场电磁态势, 有助于电子对抗指挥员对战场电磁态势的准确判断, 从而科学决策、合理部署电子对抗设备。本文在分析电磁态势展现内容的基础上, 针对不同类型电磁信号的特点, 采用面绘制、体绘制等三维可视化方法科学有效地展示电磁态势变化的过程, 实现了地理环境和电磁环境一体化显示, 为指挥员提供及时、全面动态的电磁态势信息。

关键词: 电磁环境 面绘制 体绘制 三维展现

1 引言

电磁空间是随着信息技术广泛应用而被人们逐步重视起来的物理空间, 从物理学上定义, 它是各种电场、磁场与电磁波组成的物理空间。电磁环境是电磁空间的一种表现形式, 是存在于电磁空间中的所有电磁现象的总和^[1]。

战场电磁态势是指作战空间内敌对双方电磁设备或系统、电磁设备或系统的分布、电磁活动所形成的状态和形势。电磁态势展现是指采用直观形象的手段, 结合地形地貌, 描述电磁协同、电磁对抗和电磁复杂度态势。准确、全面、实时、直观的战场电磁态势展现, 能够展示战场电磁环境的动态变化情况, 把“看不见、摸不着”的电磁态势直观、形象地表现出来。电磁态势展现方法, 主要分为二维和三维两种形式。传统电磁态势展现是在二维平面地图上用军标标绘方式将电磁装备的配置地域、作用范围标绘出来, 目前已形成了完整的二维电磁态势符号体系。三维电磁态势展现是以现有三维立体空间的战场电磁环境数据场的点数据为基础, 借助于三维数字地球全面展现战场空间的地理环境、电磁场的分布等情况。

2 电磁态势展现内容

电磁态势展现的最终目标是可视化, 是对战场上各种电磁信号的类型、属性和分布情况进行分析, 并用图形、分析报告等可视化方法将战场复杂电磁态势展现出来。战场电磁环境的构成分为军用有意电磁辐射、战场背景电磁辐射和辐射传播因素等, 因此, 电磁态势的展现内容包括军用有意电磁辐射的展现、战场背景电磁辐射的展现和辐射传播因素的