

光电对抗信息系统技术分析

何衡湘¹, 刘文兵¹, 龚赤坤¹, 苏心智¹, 冯国英², 何晓海², 曾钦勇¹, 钟鸣¹
(1. 西南技术物理研究所, 四川 成都 610041; 2. 四川大学电子信息学院, 四川 成都 610064)

摘要:概述了国外信息侦察系统的发展概况,对光电对抗信息系统中需要解决的主要技术问题进行了详细的探讨。最后展望了光电对抗信息系统在其他领域的应用前景。

关键词:光电对抗;信息系统;图像融合;多光谱;超光谱

中图分类号:TP752;TN976 **文献标识码:**A

Technical Analysis of Optic-electronic Countermeasure Information System

HE Heng-xiang¹, LIU Wen-bing¹, GONG Chi-kun¹, SU Xin-zhi¹, FENG Guo-ying², HE Xiao-hai², ZENG Qin-yong¹, ZHONG Ming¹

(1. Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu 610041, China;

2. School of Electronic Information, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: Optic-electronic countermeasure information system is the very important part of the modern battle. The development situation of outdoor information systems is summarized. The main technical questions, which must be conquered in the optic-electronic countermeasure information system, are discussed detailed. At last, its application to other fields in the future is imagined.

Key words: optic-electronic countermeasure; information system; imagery fusion; multi-spectral; hyperspectral

1 引言

光电对抗信息系统作为军事情报、信息侦察与分析系统的重要组成部分,不仅可以在短期内发现不同类型、不同地域的多个目标,提供实时的侦察情报信息和目标威胁态势,而且还可以对目标进行跟踪识别,因而在现代战争中发挥着越来越大的作用。美军自20世纪50年代以来,陆、海、空三军均发展了多种用途的侦察机,包括光电侦察机、雷达侦察机、信号侦察机和多种传感器侦察机。在伊拉克战争中,美军动用了空军的“全球鹰”^[1]和海军陆战队的“龙眼”^[2]以及陆军的“影子”^[3]等十几种空中侦察机在伊拉克的上空执行了数次作战任务。其中“全球鹰”战机上安装的光电和红外传感器系统以及合成孔径雷达传感器系统,既可以进行大范围的雷达搜索,又可以提供74000km²范围内的目标光电和红外图像。该雷达获取的条幅式侦察照片的精度

为1m,定点侦察的精度为0.3m,在20km的高空能清楚地分辨出地面汽车轮胎的齿纹,对速度为(20~200)km/h地面移动目标的定位精度为7m。通过多传感器数据融合能连续监测运动目标,准确识别各种飞机、导弹、坦克、车辆的类型,为美军提供了广泛的情报信息,极大地提升了作战能力。侦察系统在实战中的良好表现引起了英国、德国、澳大利亚等国的重视,这些国家积极加入购买和研制该机的行列。目前从事研究和开发各种类型无人侦察机的有美国、俄罗斯、德国、以色列等30多个国家,空中侦察无人机的种类已有243个,总数在4万架以上。当前美军重点发展“全球鹰”和“捕食者”等型号的无人侦察机,美空军计划在2011财年采购66

作者简介:何衡湘(1968-),男,研究员,主要从事光电对抗技术,制导与控制技术研究工作。E-mail:hhxhyx@yahoo.com.cn

收稿日期:2008-09-23

架“全球鹰”侦察机。

相信在未来战争中,多功能、高精度的光电对抗信息系统将是陆战、空战、海战、信息战的“杀手锏”,面临的多项新技术需要我们从现在开始予以认真研究。

2 光电对抗信息系统需解决的主要技术问题

开展光电对抗信息系统技术研究需要从确定战术使命与技术方案入手,重点解决光电信息获取设备、多传感器数据融合技术、数据库建立方案等问题。

2.1 确定战术使命与技术方案

1)应用范围。光电对抗信息系统需要约定应用范围,明确主要职能,结合国内外同类产品发展现状及应用背景,提出任务使命。

以无人机为例,无人侦察机的作战范围已经大大扩展,当前无人机技术已经成熟,无人机的技术性能日趋完善,能够承担的任务范围日渐扩大,任务级别从战术级扩大到战役、战略级,其作战的技术优势、作战重要性凸现。无人机的作战性质从最初的战术侦察向战略侦察扩展,成为 C⁴ISR 系统的重要组成部分。无人机作战任务由支援性保障任务向攻击性作战任务发展,将形成新的直接杀伤性武器平台。无人机向小型化、智能化、隐身方向发展,形成能够适应不同层次作战需要的无人飞行器。因此,在光电对抗信息系统建立时需要有计划、有步骤设定各设备的功能、使用范围,做到在频谱上不断连续扩展延伸,从紫外到远红外波段都有对抗装备;功能上逐渐齐全,不仅仅是单一的侦察功能,形成从侦察告警到主动进攻的对抗手段齐全的功能;使用范围做到无缝连接,形成战术级到战役级、战略级的对抗体系。

2)获得的信息内容及效能问题。重点研究获取的情报信息的类别,达到的作战效能(如目标特征数据库建立、光电对抗装备战略研究、光电侦察告警/跟踪设备情报支援、光电对抗装备的引导、光电对抗辅助决策),目标特征数据库的使用及功效,以及与其他信息进行交换的方式,实现信息共享等问题。

3)指标体系的建立。信息系统总体指标包含作战区域、作用距离、目标类型、目标特征、系统反应时间、捕获时间、探测概率、俯仰范围、方位范围、扫描速度、工作方式等。研究信息系统为达到战术使用要求所必须满足的指标体系,同时要结合目前技术发展的状况,分析指标实现的可能性。

在对目标搜索捕获方面,具体研究根据已有的外部信息引导精度确定目标捕获时间,利用外部引

导信息实现对目标的快速捕获。

在作用距离方面,根据目前光电系统的技术水平,结合战术使命要求,分析不同使用条件和工作方式下系统能达到的最大作用距离。

在作战区域方面,需要研究信息系统的搜索范围,以及在无外部引导的情况下对指定区域目标实现自主捕获的可能性。

2.2 光电信息获取设备

目标光电信息获取可利用多种传感器组成传感器阵列,传感器阵列包括:SAR、红外探测传感器、激光探测传感器、光学成像以及多光谱传感器、超光谱传感器、干涉成像光谱仪、伽马射线谱仪、X射线谱仪、LIDAR 成像仪等。各种探测技术的复合使用,可以达到空间信息可视化的要求。利用不同传感器可对不同目标特性(热辐射、运动特性、反射特性)在不同环境下(夜晚、雨雾天气)进行成像,实现对侦察目标进行全天时、全天候、多角度感知,提高可靠性和准确性,不虚报,不漏报。多谱段范围内不同的探测器的选择,强调被动和互补的探测系统,不易被敌人干扰破坏,也不易受自然现象的影响。

例如,无人机的任务设备向全天候、高分辨率、远距离、小型化方向发展。由于当前光电技术、雷达技术、数字传输技术的飞速发展,无人机机载任务设备的性能将有质的飞跃,作为主要侦察手段的 CCD、红外热像仪、合成孔径雷达的探测距离、探测灵敏度、图像分辨、传感器的体积质量等技术指标得到大幅度改进,1024 × 1024 高清晰度数字摄像 CCD 传感器将取代标准制式航空电视 CCD,实时数据传输的数码相机将取代胶片相机,数码相机 CCD 芯片的像元分辨率比目前的 5040 × 5040 更高,高分辨率、高灵敏度、凝视成像传感器构成的第三代红外前视系统将在无人机上普遍使用,3 ~ 5 μm 凝视面阵红外传感器的像元分辨率比目前的 480 × 640 像元和 512 × 512 像元更高,在无人机上将广泛使用具有全天候侦察能力的合成孔径雷达,其作用距离将超过 200km,分辨率优于目前的 0.3 ~ 1m 量级,雷达的功能将由侦察、监视地面、水面目标扩展到穿透树丛和地表,探测伪装目标、地下目标、地雷场等。

其中,多光谱成像技术和超光谱成像技术^[4]将成像技术和光谱测量技术相结合,获取的信息不仅包括二维空间信息,还包括随波长分布的光谱辐射信息。该技术可极大地提高目标探测的准确性,兼具有成像和光谱探测的优点。傅里叶变换超光谱成像仪工作原理,如图 1 所示。

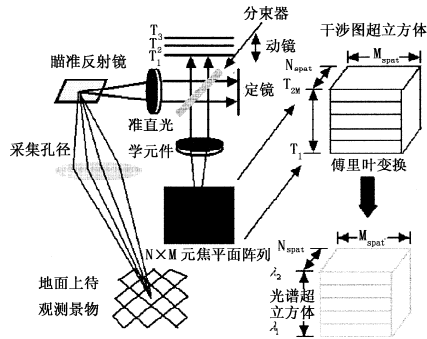


图1 傅里叶变换超光谱成像仪的基本原理

2.3 多传感器数据融合技术

对各种传感器传回的数据进行整合,恢复出侦察区域的态势图,需要进行多传感器数据融合。

数据融合^[7]是指将多源信道所采集到的关于同一目标的数据经过一定的处理,提取各自信道的信息,最后综合成同一图像以供观察或进一步处理的过程。根据空间分布的多源信息,对所关心的目标进行关联、检测、跟踪、估计和综合等多功能处理,以更高的精度、概率或置信度得到侦查目标进行完整、及时的态势和威胁评估。

通过多传感器数据融合技术,可扩展侦察区域感知的时间和空间覆盖范围,变单源探测为网络探测;能改进对战场目标的探测能力,提高目标的发现概率和识别水平;能提高合成信息的精度和可信度;能科学配置和控制各传感器协调工作,充分利用侦察区域感知资源^[8]。

根据不同的需求,可进行像素级、特征级和决策级融合。像素级融合不对传感器阵列中各通道采集的信息进行处理或进行很少的处理,直接进行融合;特征级融合对各传感器提供的原始信息提取一组或多组特征信息,形成特征矢量,在对目标进行分类或判断前进行融合;决策级融合先利用各个通道传感器的信息进行独立处理,然后对处理结果进行融合,最后得到整个系统的决策。

多传感器数据融合技术在海上监视、战场侦察、监视和目标捕获、战略防御与报警等领域有广泛的应用。各种融合算法不断涌现,主要包括:基于权系数的融合方法,局域参数估计的信息融合方法,基于D-S推理理论的融合方法,基于Kalman滤波的融合方法,基于模糊神经网络的融合方法,基于粗糙集理论的融合方法,聚类分析法等。

数据融合涉及模糊理论、估计理论、数字信号处理、计算机科学及人工智能的多种学科。将基于模糊逻辑、神经网络、遗传算法、粗集理论、支撑向量机、小波理论和人工智能相结合,实现对多传感器数据融合的改进,可提高融合效果,让基于融合的决策

更加准确。

传感器模块为红外传感器、光学传感器或者多光谱成像传感器、超光谱成像传感器。将多个不同类型传感器组成的、传感器阵列采集到的各通道信号进行数据对准,保证统一目标几何位置一致。然后利用各种数据融合算法进行融合,输出融合后的图像。

融合算法一般步骤如下:

- 将低分辨率图像(多光谱、超光谱)从RGB空间映射到IHS空间。
- 获得高分辨率图像(可见光或红外热图像)的强度分量。
- 分别对高、低分辨率图像的强度分量进行小波变换。得到两组高频和低频子图像。
- 对两组高频子图像分块,取相应位置对于系数平均梯度最大值作为新高频图像的系数。
- 将新高频系数和高分辨率图像小波变换后的低频子图像进行小波重建,得到新的强度分量。
- 利用新的强度分量和低分辨率图像的H和S分量进行IHS反变换,得到融合图像。

2.4 数据库建立

为完成对目标分类、识别的目的,需要建立军事目标信息数据库。

1)对已知军事目标建立完整的信息档案,包括目标几何结构特征、体积、长宽比、正常运行速度、各种状态下的红外感应温度、以及目标的波谱信息等。这些数据的获取可以来自军事演习等实际场景中利用信息获取设备获取的数据,借助边缘流图像分割技术从场景中分离出目标,提取特征,也可根据军事目标本身的先验信息进行建模估计。

2)对于难以获得完整信息的军事目标,先行收集其部分信息,根据这些信息恢复出该军事目标的部分特征信息,在需要对目标进行判别的场合则只利用这些已收集到的特征信息进行分类判断。

3)对于完全未知目标,利用信息获取设备根据其位置、运行速度、几何结构特征、体积大小等信息判断出其种类(如导弹、民航飞机、战斗机、坦克、车辆等),并保留完整特征信息,方便后期人工操作、处理。

4)为提高查询该军事目标信息数据库的速度,提高整个系统的工作效率,可利用多种特征对数据库进行分级查询。第一级首先根据目标出现的位置(如:天空\陆地\海洋),对目标的海陆空属性进行快速分类,第二级则根据目标的大小、运行速度等特征做进一步的粗分类,第三级再利用目标的矩特征

结合几何角点等特征,利用神经网络技术^[9]做进一步的细化分类。

3 展望

以上问题得到解决后,光电对抗信息系统可在以下几个方面得到应用:

1)对重要的军事目标进行精准的特征提取,建立目标信息数据库。对新出现的目标通过先验知识进行数学建模,从而得到其特征,建立目标数据库。

2)安装在直升机或特定空中飞行平台上的各种传感器对低飞的高速巡航导弹和低速的活动目标进行探测和预警。

3)在复杂地形和城市环境中探测、跟踪、识别零星战斗人员,对真伪目标识别。

4)通过使用先进的射线探测器和化学战剂探测器对地面是否存在生化武器进行探测。

5)在紧急情况下,可以通过搭载雷达生命探测仪,对在河流、湖面、山区、地震塌方、矿井爆炸、火灾现场等救援工作中,通过高空探测存活目标的位置以及确认有无生存者,从而为整个营救工作提供指导。

4 结束语

现代电子战的发展推动了光电对抗设备的大量装备。光电对抗信息系统作为军事侦察与分析系统的主要组成部分,不仅可以在短时间内同时发现多

个目标,提供实时的侦察情报信息,而且还可以对目标进行跟踪识别,因而在现代战争中发挥着越来越大的作用。许多国家在这一领域已有较深入的研究,已有多种产品投入使用并在战争中发挥了巨大的作用。

参考文献:

- [1] 韩也杰.“全球鹰”的新生[J]. 无人机,2006,5:25-29.
- [2] 王方玉.美国无人机的光电载荷与发展分析[J]. 激光与红外,2008,38(4):311-314.
- [3] 章映.无人战斗机即将投入战场[J]. 国外科技动态,2005,4:40-44.
- [4] 李朝木,陈群霞.机载光电侦察系统的应用研究[J]. 航天电子对抗,2007,23(2):25-27.
- [5] 许洪,王向军.多光谱、超光谱成像技术在军事上的应用[J]. 红外与激光工程,2007,36(1):13-17.
- [6] 杨英.无人机的侦察、监视用有效载荷现况与发展动向[J]. 飞航导弹,2007,1:38-41.
- [7] 胡圣武.空间数据融合的研究现状及其问题分析[J]. 测绘通报,2008,2:26-29.
- [8] 李少刚,孙芬英,何静.空间信息融合处理技术在现代战争中的作用[J]. 科技导报,2005,23(11):8-10.
- [9] 王钰洁.网络中心战概念及其网格体系结构研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2006.

投 稿 须 知

《激光与红外》杂志1971年创刊,是国内创刊最早的光电技术期刊之一,也是中国光学光电子行业协会、电子工业激光与红外专业情报网、中国电子学会量子电子学与光电子学分会的联合刊物。《激光与红外》杂志是报道以激光与红外为重点的光电子领域最新技术进展、成果应用、产业动态为主要内容的综合性技术期刊。

稿件要求:

1. 根据上级的要求,来稿时必须提供单位的保密审查证明,可采用邮寄原件(复印件)、发传真、扫描成电子版发E-mail或附于稿件文后等方法提交。

2. 来稿要有新意,符合创新性、科学性、实用性的原则,立论明确、数据可靠、文字精炼。引用他人成果须注明出处,并在参考文献中列出,参考文献的著录格式参见投稿系统页面的征稿简则栏目下的格式要求。

3. 严禁抄袭他人作品或一稿多投。

4. 来稿若为各级基金项目,请加说明并标注项目号。

5. 来稿时请附第一作者简介,内容包括:姓名(出生年—),性别,学位,职称,技术工作简介及研究方向。

6. 通过本网站提供的在线投稿系统,注册激活后即可投稿。

7. 请写清联系地址、邮编、联系电话及电子信箱,以便通讯联系

投稿系统网址:<http://magazine.laser-infrared.com>

本刊电子邮箱:jgyhw@ncrleo.com.cn;paper@laser-infrared.com

(本刊编辑部)