

文章编号: 2095-4980(2018)04-0619-06

多雷达组网检测系统技术

徐 勇, 刘文松*, 翟海涛

(中国电子科技集团公司 第二十八研究所, 江苏 南京 210007)

摘 要: 基于航迹融合的多雷达组网性能依赖于雷达单体的能力。基于多传感器信息融合理论, 研究多雷达组网系统检测级融合, 通过信号层的能量积累, 改善对弱小目标的发现能力; 为此, 首先研究多雷达组网检测的系统架构, 重点研究集中式和分布式两种多雷达检测方法, 结合工程实施, 分析性能得益以及存在的不足, 并研究相关的同步技术等; 结合战争需求分析多雷达联合检测的发展趋势。

关键词: 信息融合; 多雷达检测; 系统结构; 分布式检测; 集中式检测

中图分类号: TN959

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201804.0619

Technology of multi-radar detection system

XU Yong, LIU Wensong*, ZHAI Haitao

(The 28th Institute of China Electronics Technology Corporation, Nanjing Jiangsu 210007, China)

Abstract: The system performance of the radar network based on the track fusion is dependent on the capacity of the single radar. The detection fusion of radar network is studied according to the fusion theory, which would improve the detection probability of the low RCS targets by signal integration. The system architecture is presented firstly; with engineering factors considered, the methods of centralized detection and distributed detection are analyzed, and the advantages and disadvantages are indicated; the related synchronous technologies are studied in detail; finally the development tendency is prospected.

Keywords: information fusion; multi-radar detection; system architecture; distributed detection; centralized detection

现代战争已经变成系统与系统、体系与体系的对抗, 单一探测手段已无法满足作战需要。如卫星、飞机、舰船等平台都安装着种类繁多的传感器, 通过多传感器信息融合提升感知能力。因此, 从 20 世纪 70 年代开始, 多传感器信息融合技术迅速发展, 并在军事指挥、智能交通、气象预报、医疗诊断、管理决策等众多军民领域得到广泛应用。多雷达组网探测便是多传感器信息融合的典型应用。广义上讲, 多雷达组网系统由空间分散部署的若干发射机、接收机、发射-接收机组成^[1]。既包括多基地雷达系统, 也包括多个单基地雷达构成的组网系统。相比于单部雷达独立探测, 多雷达组网探测体现出体系对抗能力, 其优势在于^[2]: a) 有效扩展系统时空覆盖范围, 取得超越单部雷达连续跟踪、状态估计和目标识别性能; b) 一体化的态势显示能力; c) 更强的抗干扰能力; d) 更强的可靠性和生存能力。

多传感器信息融合分为 5 个级别^[3]: 检测级融合是对传感器原始信号或本地处理进行融合; 位置级融合是基于传感器点迹、航迹测量报告和目标状态估计进行融合; 属性级融合也称为属性分类或者身份估计, 其目的是对观测实体进行表征和识别, 传统的多雷达组网探测便是基于位置级融合和属性级融合展开的; 态势评估和威胁估计是对战场上战斗力量和敌方意图量化分析的处理过程, 是信息融合的最高层次。

随着军事科技的高速发展, 信息化条件下高技术战争特点集中体现在武器制导的远程化和精确化, 作战平台的小型化和隐形化, 这要求多雷达组网探测系统具备更远的作用距离、更高的探测精确度、更突出的低可探测目标发现能力。在单部雷达方位积累和时间积累改善信噪比的基础上, 可采用多雷达联合检测技术, 通过多部雷达信号层的信息交互, 实现低可探测目标在雷达间的回波能量积累, 抑制隐形目标的“闪烁效应”, 改善系统发现

收稿日期: 2017-12-17; 修回日期: 2018-01-07

基金项目: 军委科技委“十三五”预研基金资助项目

*通信作者: 刘文松 email:xss4@163.com

能力。可以认为,多雷达联合检测满足未来战争对预警监视系统的技术要求,符合未来探测系统发展趋势。从原理上讲,这也是检测级融合相较于位置级融合、属性级融合等其他层次多传感器信息融合的优势所在。

自 1980 年起,国际上就兴起多雷达联合检测的研究,但研究领域集中在融合判决的理论研究。在美国海军实验室、美国自然基金委的支持下,麻省理工大学的研究人员开创性地基于贝叶斯准则推导分布式检测的局部最优判决^[4]。在此基础上,美国雪城大学的研究团队就分布式检测的融合准则与局部判决优化策略给出非线性方程组耦合解^[5-7]。随着通信带宽和计算资源的提升,允许更多的观测信息参与融合。美国康涅狄格大学的研究团队在美国海军实验室水下战争中心的支持下就基于局部信噪比的分布式融合性能展开研究^[6]。在美国空军罗马实验室的支持下,美国罗德岛大学的研究团队就基于原始信号融合的集中式检测若干关键问题展开研究^[8]。概括起来,上述研究可以分为 2 大类:多雷达本地检测门限、融合中心融合准则的优化研究;多粒度信息融合的研究。我国以清华大学、海军航空工程大学、北京航空航天大学、西安电子科技大学、国防科技大学、中国电子科技集团公司为代表的科研院所在这一领域开展了大量工作^[9-12]。

尽管如此,上述研究未结合工程应用展开较为系统的探讨。为此,本文尝试从系统架构、检测技术、同步技术 3 个方面对多雷达联合检测进行研究,并对多雷达联合检测的发展趋势进行分析。

1 系统框架

多雷达联合检测系统设计的核心是以战场一体化探测系统建设需求为牵引,采用自上而下的设计方法,构建功能完善、层次分明、要素齐全的系统架构。从系统功能讲,与传统的多雷达组网探测系统相似,多雷达联合检测具备情报收集、预警监视处理、综合保障、态势展现和情报分发等功能。从信息处理层次讲,整个系统架构由物理层、处理层、策略层 3 个层次构成,并包含任务管理和环境知识 2 部分,处理框图如图 1 所示。

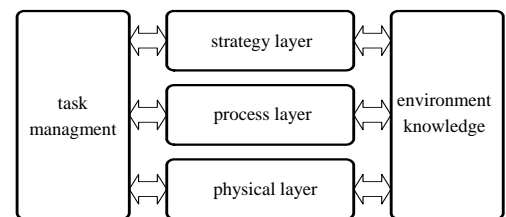


Fig.1 Diagram of multi-radar detection
图 1 多雷达联合检测信息处理框图

1) 物理层:包含联合战场所辖各雷达装备、通信设备以及附属配套设备,实现战场环境的联合感知和信息传输。

2) 处理层:包含信号量、统计量、检测量等多粒度信息的生成和融合等。

3) 策略层:依据任务输入,生成多雷达协同运用和信息处理方法的综合策略,实现面向任务的一体化系统架构最优处理。

物理层、处理层、策略层均可基于环境知识优化各层内部资源的协同。同时,通过任务管理实现层与层之间协同优化,在整个体系内形成完整闭环。

依据信息处理层次来分析系统要素:

1) 物理层:从探测装备讲,包含联合战场所辖岸基、舰载、机载、球载、星载等平台的雷达装备;从网络设备讲,包含微波、光纤、电缆、网络均衡等各种器材设备及相应附属信息;从配套设备讲,包含发电机、配电站、油料库等。

2) 处理层:从信息粒度角度讲,包含雷达装备生成的信号量、统计量、检测量等探测信息及其衍生信息;从信息处理角度讲,包含处理方法、融合方法、判决方法等。

3) 策略层:从任务角度讲,包含弱小目标发现策略、高速目标处理策略、抗有源干扰处理策略、抗无源干扰处理策略等。

2 检测技术

多雷达联合检测分为集中式检测和分布式检测 2 种处理方式,可依据系统实施条件选择。集中式检测是将系统内各雷达原始探测信息直接传输到融合中心进行融合判决。原始探测信息既可以是包含幅值、相位、时延信息的射频、中频信号,相应地采取相干处理;也可以是仅包含幅值信息的视频信号,相应地采取非相干处理。一定条件下,相干处理比非相干处理有更大益处,但相干处理复杂度高。以多基地雷达为例,发射机和接收机之间不仅要求较好的时间、频率控制,还要求严格的相位同步,这在工程实施中难度大,代价高(尤其是长基线条件下)。

对相参积累效果展开研究。雷达探测的军事目标如飞机、舰船等都有复杂的几何外形,其尺寸一般都远大于大多数微波雷达的波长,雷达回波是目标不同部位(散射中心)散射信号在接收方向的矢量合成,合成回波相位由

目标的位置、形状、视角等多种因素决定,视角的微小变化都可能引起较大的相位和幅度变化。对于组网雷达,利用大范围空间分级接受目标散射信号时,由于视角的差异,多站接收的信号一般无法保证相干性。除非目标是各向同性的散射体(球状)。因此,要实现信号相参处理,雷达布站必须满足短基线条件,使各雷达能以相近视角探测目标,以满足相干性条件。

相干性条件推导涉及雷达的布站、目标尺寸、结构形状、目标相对雷达的位置等多种因素。结合已有研究结论^[13],不失一般性,按图 2 布站方式给出相关性条件。

$$L_{\text{eff}} \approx L \sin \theta \quad (1)$$

式中: L 为实际基线长度; L_{eff} 为有效基线长度。目标长度为 I , 距雷达 1 距离为 R_1 , 距雷达 2 距离为 R_2 , 对于 2 部雷达的视线夹角 β , I 为目标在 L_{eff} 方向的投影长度。如雷达接收信号的相关系数达到 0.95 时,有效基线长度应满足:

$$\frac{L_{\text{eff}}}{R_1} \leq k \frac{\lambda}{I} \quad (2)$$

式中: λ 为雷达工作波长; k 是一个与目标多散射中心分布有关的系数,当多散射中心均匀分布时, k 的参考值为 0.085。以 2 个 L 波段雷达为例,当探测 200 km 处 15 m 长的目标时,满足相干性条件的基线长度应小于 260 m。

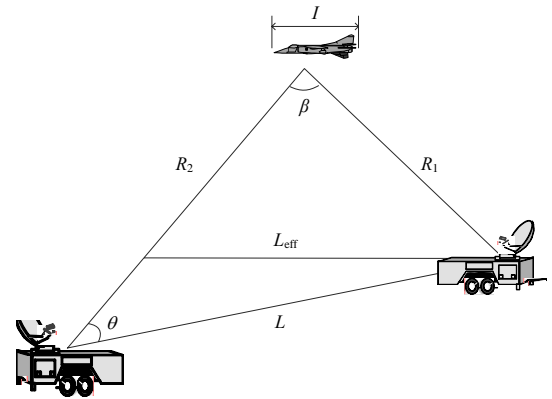


Fig.2 Diagram of signal coherent condition for two radars
图 2 相关性条件示意图

对一个由 N 部雷达组成的收、发全相参的分布式相参雷达组网,信噪比改善相对单雷达提升 N^3 倍。以 5 部雷达组网为例,信噪比改善为 21 dB。如仅是接收相参,信噪比相对单雷达提升 N^2 倍。以 5 部雷达组网为例,信噪比改善为 14 dB。在工程实践中,如果多台发射机间距较大,接收机各通道回波信号统计独立,相参积累效果有限。非相干处理降低了网络带宽的要求,也降低了雷达同步的要求,但要求在后续处理中引入信号关联并采取适当补偿。

分布式检测是指各雷达对探测信息进行适当处理,再传输到融合中心融合判决。如估计原始信号信噪比,生成统计量;或对原始信号进行本地判决,生成判决量。分布式检测损失了单部雷达的部分探测信息,相比于集中式检测性能略有降低。但由于利用了多部雷达的判决结果,相较于单部雷达性能有所改善。同时,分布式检测可进一步降低对系统同步和网络带宽的要求,并可以更多借鉴位置级融合的处理方法。典型的分布式检测网络结构^[9]如图 3 所示。

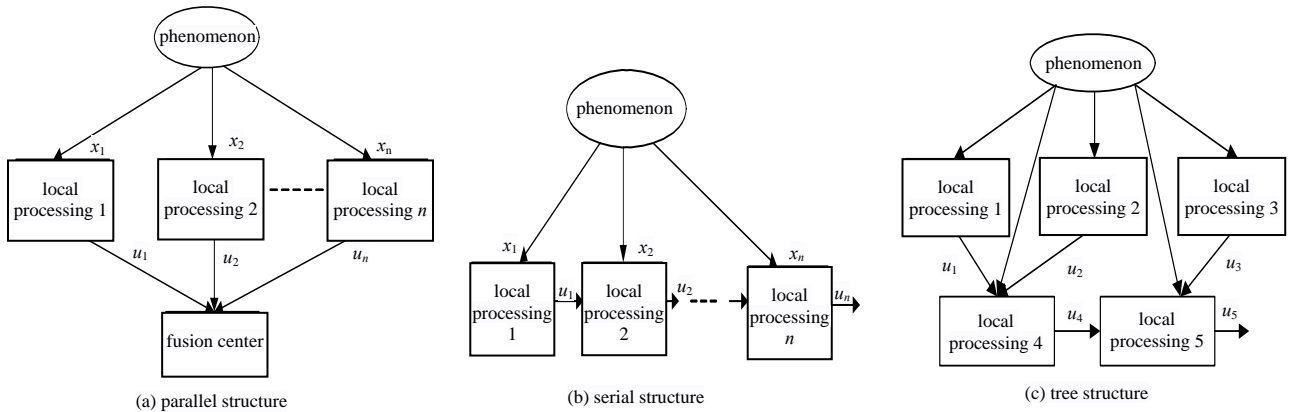


Fig.3 Diagram of classical structure of distributed detection
图 3 分布式检测典型结构

基于 NP 准则的分布式检测性能展开研究^[14]。假设单雷达采用单元平均恒虚警检测(Cell Average Constant False Alarm Rate, CA-CFAR)独立检测,中心站基于二元判决融合。对于单雷达,采用 CA-CFAR 时,虚警概率 P_{fi} 和检测概率 P_{di} 表示为:

$$\begin{cases} P_{\text{fi}} = (1 + T_i)^{-N_i} \\ P_{\text{di}} = (1 + T_i / (1 + S_i))^{-N_i} \end{cases} \quad (3)$$

式中: T_i 是门限因子; S_i 是目标信噪比; N_i 是 CA-CFAR 检测器的窗口长度。由该式可知: a) 单雷达的虚警概率

与局部噪声(杂波)功率水平无关, 而仅与门限因子、参考窗口长度有关; b) 在 CA-CFAR 检测器参数确定的前提下, 检测概率仅与目标信噪比有关。中心站对单雷达的二元判决进行融合。

中心站的虚警概率 P_{f_0} 分别表示为:

$$P_{f_0} = P(u=1|H^0) = \sum_D R(D)P(u_1, u_2, \dots, u_L | H^0) = \sum_D R(D) \prod_{i=1}^L P(u_i | H^0) = \sum_D R(D) \prod_{i \in s_0} P(u_i=0|H^0) \prod_{i \in s_1} P(u_i=1|H^0) = \sum_D R(D) \prod_{i \in s_0} (1-P_{fi}) \prod_{i \in s_1} P_{fi} \quad (4)$$

中心检测概率 P_{d_0} 表示为:

$$P_{d_0} = P(u=1|H^1) = \sum_D R(D)P(u_1, u_2, \dots, u_L | H^1) = \sum_D R(D) \prod_{i=1}^L P(u_i | H^1) = \sum_D R(D) \prod_{i \in s_0} P(u_i=0|H^1) \prod_{i \in s_1} P(u_i=1|H^1) = \sum_D R(D) \prod_{i \in s_0} (1-P_{di}) \prod_{i \in s_1} P_{di} \quad (5)$$

式中: s_0 表示判决结果 $u_i=0$ 的单雷达集合; s_1 表示判决结果 $u_i=1$ 的单雷达集合; $R(D)$ 表示中心站融合准则。不失一般性, L 部雷达 “AND” 融合时, 中心站的虚警概率和检测概率分别为:

$$\begin{cases} P_{f_0} = \prod_{i=1}^L P_{fi} \\ P_{d_0} = \prod_{i=1}^L P_{di} \end{cases} \quad (6)$$

类似地, 对于 “OR” 逻辑, 中心站的虚警概率和检测概率分别表示为:

$$\begin{cases} P_{f_0} = \prod_{i \in s_0} (1-P_{fi}) \prod_{i \in s_1} P_{fi} \\ P_{d_0} = \prod_{i \in s_0} (1-P_{di}) \prod_{i \in s_1} P_{di} \end{cases} \quad (7)$$

对于 “ L 选 K ” 逻辑, 中心站的虚警概率和检测概率分别表示为:

$$\begin{cases} P_{f_0} = \sum_D C_L^K \prod_{i \in s_0} (1-P_{fi}) \prod_{i \in s_1} P_{fi} \\ P_{d_0} = \sum_D C_L^K \prod_{i \in s_0} (1-P_{di}) \prod_{i \in s_1} P_{di} \end{cases} \quad (8)$$

分布式检测是在单雷达执行恒虚警检测, 在中心站执行二元判决的融合, 回避了集中式检测所需面临的多雷达局部功率水平差异。基于 NP 准则, 分布式检测有 3 种优化策略。第一, 给定中心站的虚警概率, 优化单雷达的判决方法, 已证明优化过程中, 单雷达 CFAR 检测器的门限因子 T_i 与目标信噪比 S_i 有关; 第二, 固定中心站的虚警概率, 优化中心站的融合准则, 已证明中心站融合量的权值是单雷达虚警概率和检测概率; 第三, 同时优化中心站的融合方法和单雷达的判决方法, 其本质是构建一个多元耦合的非线性方程组, 对其最优解进行全局搜索。对于这 3 种方法, 存在参数估计难、计算效率低等不足, 均难以在工程中实现。

通过以上分析, 多雷达联合检测策略的选择取决于雷达体制、雷达布站、网络带宽等系统支撑条件, 且这些支撑条件相互关联, 相互制约。尽管如此, 一般的处理流程是: 依据雷达状态和网络支撑条件, 单部雷达生成相应粒度的观测信息; 融合中心接收各雷达的观测信息, 通过不同粒度、不同层次、不同类型、不同区域的融合判决, 增强目标探测能力。

3 同步技术

同步技术的核心在于寻求多雷达对同一目标或者同一区域的观测数据, 其方法的选择与雷达体制有关。依据是否采用一体化设计, 分多基地雷达系统与单基地雷达组网系统 2 部分内容阐述同步技术。对于多基地雷达系统, 发射机与接收机之间的同步采用一体化设计, 具体包括时间同步、相位同步和空间同步^[9]。

时间同步是相位同步和空间同步的基础。时间同步的策略有 3 种: a) 将发射机发射脉冲直接传输给接收机, 接收机解调后实现同步; b) 发射机和接收机分别安装高精度、高稳定度原子钟, 独立校钟作为时间基准; c) 发射机发送直达信号, 接收机提取时间同步信息。目前, 常采用的是第 3 种方法, 具体实施时根据应用场合选择直

达信号传输途径。如传输距离近、机动性要求高时,可以选择微波信道传输;对于固定安装的陆基雷达,可选择架设光纤传输;在发射机和接收机之间无遮挡时,如高处架设的远程警戒雷达,可选择激光传输;对于民用的、保密性要求较低的场合,可选用卫星传输。相位同步是指采用相同频率的收发射机保持相参,以满足脉冲压缩和动目标检测的需求,实施策略与时间同步策略相似。

空间同步是指发射机和接收机天线波束同时指向同一区域,接收机才能收到回波。此时,传统的单基地雷达匀速扫描模式已不适用,需设计优化收发天线扫描同步技术;同时,克服天线旁瓣和主瓣交叠时导致的杂波干扰,提高发射机功率和天线增益的利用率。空间同步的策略有:a)发射机窄波束扫描,接收机宽波束泛光照射;b)发射机窄波束扫描,接收机多波束接收;c)发射机宽波束泛光照射,接收机天线窄波束扫描;d)发射机宽波束泛光照射,接收机多波束接收;e)发射机窄波束和接收机窄波束同步扫描。具体实施时,通常采用“脉冲追赶”方式的收发射机窄波束同步扫描策略,即控制接收机天线波束追赶发射机天线波束在空间传播的位置,使可能的目标回波落在接收波束之内。

对于单基地雷达组网系统,各雷达具有独立接收机,融合中心接收各雷达原始信号的数字采样后,采用适当的处理方法将同一个目标回波信息的数字采样关联起来。其难点在于各雷达分辨单元不完全重合,天线扫描不完全同步,脉冲重复频率不同,而目标是随机走动的。

针对天线扫描不完全同步而目标随机走动,可根据多部雷达布站结构、天线转速、载频、带宽、相参积累时间、重点目标最大运动速度等系统参数,在允许的目标测量方位差、距离差、多普勒差内,确定检测级可融合区域,实现某一重点区域或某一重点目标的融合。

针对各雷达分辨单元不完全重合,同一目标的目标回波信号可能出现在各雷达相互交错的若干个分辨单元中,常用的数据关联算法有区域中心决定法和基于局部雷达分辨单元质心的数据关联算法等。

区域中心决定法利用待检单元的中心来确定需要关联的数据单元,只需计算待检单元中心点在各雷达的坐标系中所处位置就可以确定关联的数据,保证融合中心每一待检单元必定能够一一关联。

基于局部雷达分辨单元质心的数据关联算法其实是一种修正的区域中心决定法。该方法首先找出各雷达的分辨单元的质心,每个质心就代表融合中心的一个分辨单元。然后找出每个质心所在各雷达分辨单元,并剔除完全重合的分辨单元即可。

除此以外,对于分布式检测,可以借用数据级信息融合的配准方法,通过坐标变换、时间插值、数据关联、融合估计的方法实现空间配准^[1,3]。

4 发展趋势

多雷达联合检测效能的发挥,取决于系统内所有层次、所有元素、所有功能的协同最优。从信息处理层次,多雷达联合检测的发展趋势体现在以下几个方面:

首先,积极探索以MIMO雷达为代表的新体制多雷达系统^[15],提升雷达感知能力。MIMO雷达利用稀疏排列的发射天线单元实现空间分集,还可对目标采用“凝视”处理,提高速度分辨能力;可在发射域形成零点,获取低可探测目标的截获能力。

其次,未来的多雷达联合检测系统应针对敏感区域和敏感目标,统一调度体系内所有区域、所有平台、所有类型的雷达装备,实现波形、频率、时间、能量、极化等探测资源的科学分配和探测模式的有效规划,逐渐从传统的装备协同进一步发展为精细化的基于认知的探测资源协同。

第三,未来的多雷达联合检测系统应实现体系内各探测节点自主认知网络带宽极限和雷达装备特性,自适应生成传输信号量、统计量、判决量等不同粒度信息,并基于认知学习优化融合,从传统的单源单粒度信息融合转变为全源全粒度信息融合。

第四,未来的多雷达联合检测系统应在统一的系统架构内,面向任务调用物理层、处理层的所有资源,并基于效果评估和环境知识学习实现调用策略的最优化。

5 结论

随着未来战争逐步从能量型向智能型转变,以精确化打击、全方位纵深、非接触式作战、一体化作战为主要特征的作战样式日益复杂,对预警探测系统也提出了更高的要求。多雷达联合检测是发展空间攻防信息系统中预警探测系统和地海空天一体化战区探测系统过程中必不可少的前瞻性技术。

本文对多雷达组网检测的系统架构、检测技术、同步技术进行了研究,重点对分布式检测和集中式检测的基本机理和处理得益进行了分析论证,结合布站、同步等工程因素,指出上述处理方法存在的难点和不足。最后,指出多雷达组网检测的发展趋势,除了研制新体制雷达,也在于现有雷达资源的量化管理以及更为灵活的多粒度融合方法。注重系统架构的顶层设计,推进多雷达联合检测的不断发展完善。

参考文献:

- [1] CHENYAK V S. Fundamentals of multiple radar systems:multistatic radars and multiradar systems[M]. Britain:Taylor & Francis Group LLC, 1998.
- [2] 何友. 信息融合理论及应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2010. (HE You. Information fusion theory with application[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry, 2010.)
- [3] 赵宗贵. 信息融合概念、方法与应用[M]. 北京:国防工业出版社, 2012. (ZHAO Zonggui. Conceptions,methods and applications on information fusion[M]. Beijing:National Defense Industry Press, 2012.)
- [4] TENNY R R,SANDELL N R. Detection with distributed sensors[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1981,17(17):501-510.
- [5] HOBALLAH I Y,VARSHNEY P K. Distributed bayesian signal detection[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1989,25(5):995-1000.
- [6] NITIZBEG R. Constrant-false-alarm-rate signal processors for several types of interference[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1972,8(1):27-34.
- [7] THOMOPOULOS S C A. Optimal distributed decision fusion[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1989,25(5):761-765.
- [8] MATHUR A,WILLET P K. Local SNR considerations in decentralized CFAR detection[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1998,34(1):13-22.
- [9] 关键,何友,彭应宁. 多传感器分布式检测综述[J]. 系统工程与电子技术, 2000,22(12):11-15. (GUAN Jian,HE You, PENG Yingning. Survey of distributed detection with multisensor[J]. Systems Engineering and Electronics, 2000,22(12): 11-15.)
- [10] XU C C,KAY S. On centralized composite detection with distributed sensors[C]// IEEE Radar Conference. Rome,Italy:IEEE, 2008:1539-1545.
- [11] 刘向阳,彭应宁,王秀坛. 基于局部多元判决的稳健的分布式检测算法[J]. 清华大学学报, 2007,47(7):1155-1158. (LIU Xiangyang,PENG Yingning,WANG Xiutan. Robust distributed detection algorithm based on local m-ary decision making[J]. Journal of Tsinghua University, 2007,47(7):1155-1158.)
- [12] 茅文深,夏宁,刘文松. 基于最小风险准则的多传感器检测策略及应用[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2014,12(6): 821- 825. (MAO Wenshen,XIA Ning,LIU Wensong. Strategies analysis of multiple sensors detection based on minimal risk rule[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2014,12(6):821-825.)
- [13] ELI Brookner. Phase-array and radar astounding breakthroughs[C]// 2008 IEEE Radar Conference. Rome,Italy:IEEE, 2008:37-42.
- [14] BARKAT M,VARSHNEY P K. Decentralized CFAR signal detection[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1989,25(2):141-149.
- [15] 鲁耀兵,张履谦,周荫清,等. 分布式阵列相参合成雷达技术研究[J]. 系统工程与电子技术, 2013,35(8):1657-1662. (LU Yaobing,ZHANG Lyuqian,ZHOU Yinqing,et al. Study on distributed aperture coherence-synthetic radar technology[J]. Systems Engineering and Electronics, 2013,35(8):1657-1662.)

作者简介:



徐勇(1976-),男,浙江省长兴县人,高级工程师,长期从事雷达总体、电子信息系统及配套设备的研究和设计工作,先后获得中国电子科技集团公司科技进步二等奖、江苏省通信学会科技进步一等奖等多个省部级奖励。

刘文松(1983-),男,江苏省徐州市人,高级工程师,主要研究方向为多雷达联合检测。

翟海涛(1976-),男,江苏省淮安市人,高级工程师,主要研究方向为雷达录取及信息融合。