

数据融合系统关键技术研究

畅言, 罗利强

(西安电子工程研究所, 陕西西安, 710100)

摘要:为提升融合系统对隐身目标和弱小目标的探测跟踪能力, 研制出了一种新型的混合式的数据融合系统, 在带宽有限的前提下, 实现了航迹融合、多站干扰定位和对低探测目标的有效跟踪。仿真结果显示, 该融合系统有效提高目标跟踪精度, 减少了虚假航迹的数量, 降低了航迹的混叠概率, 提高了目标属性和类型识别概率, 具备复杂场景生成, 完成复杂目标融合处理和效能评估的能力, 具有较高的经济价值和军事价值。

关键词:数据融合系统; 混合式处理; 低探测目标跟踪; 干扰定位

0 引言

数据融合技术是近几年发展起来的一门多学科交叉的新兴技术, 与单部雷达相比, 数据融合技术综合不同体制、不同频段、不同极化方式雷达测量的目标信息, 通过智能化数据处理, 突破单部雷达在时域、空域上的局限性, 充分利用了各传感器在时间和空间上的互补或冗余信息, 提高了融合结果的质量, 提升对态势的认知和感知能力以及弱小目标综合探测识别能力, 是现代雷达技术发展的重要方向和研究热点。

数据融合系统架构分为集中式和分布式融合, 集中式融合(点迹融合)是指网内每个雷达节点雷达将获得的原始信息(一次点迹)直接传输给融合中心, 由融合中心进行综合处理, 完成系统航迹的建立、跟踪维持等任务, 其从理论上能获得全局最优估计, 避免了信息损失, 提高了融合精度, 适用于对隐身目标和弱小目标的探测跟踪, 但是系统计算负担重, 对通信带宽要求高, 系统的生存能力也较差。分布式融合(航迹融合)是指网内每个雷达节点都有自己的数据处理系统, 分别对目标进行探测、跟踪, 形成局部航迹后传递给融合中心, 融合中心将各雷达提交的航迹数据进行关联、滤波更新得到最终的目标状态信息即系统航迹, 同集中式相比, 其对系统通信带宽和融合中心计算能力的要求也较低, 并且具有较高的可靠性和更强的战场生存能力, 但是精度较差, 对隐身目标和弱小目标的探测跟踪能力有限。

因此, 如何在通信带宽有限的前提下, 提升融合系统对隐身目标和弱小目标的探测跟踪能力, 使系统兼顾集中式和分布式的优点, 具有重大的军事意义。基于此, 本文提出了一种新型的混合式数据融合系统, 在带宽有限的前提下, 实现了航迹融合、点迹融合和多站干扰定位, 实现对低探测目标的有效跟踪。

1 系统组成

数据融合系统主要由三部分组成, 即仿真台, 处理台和评估台, 各平台之间功能独立, 硬件独立, 相互之间通过以太网进行通信。系统工作时, 仿真台建立、加载训练场景, 并作为处理台原始数据和评估台原始数据的输入; 处理台根据输入内容和时序, 对符合条件的航迹、点迹和干扰进行融合处理, 并将处理结果送至评估台; 评估台根据处理结果, 完成对信息融合系统算法的有效性评估。系统组成原理框图具体见图 1。

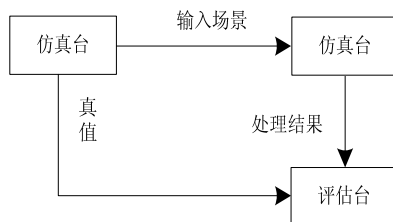


图 1 融合系统组成原理框图

仿真台用于仿真场景的建立、编辑和加载，完成作战场景目标数据自动生成和实时下发，并在仿真过程中以图表等形式实时反映作战平台、目标运动航迹等信息。

处理台是数据融合系统的核心，其完成对各作战平台送来的空情信息的融合处（包括航迹融合、点迹融合和多站干扰定位），并将处理结果输出至评估台；同时，在处理过程中，借助辅助软件（处理显示软件和履历表分析软件）完成对融合处理过程的实时显示和处理过程记录。

评估台通过接收仿真台真值数据和处理台处理结果，完成三机实时仿真时对信息融合算法的有效性进行评估。

2 系统主要功能

数据融合系统功能主要有两大类，即系统仿真功能和融合处理功能，各功能还可进一步划分成若干子功能模块，具体功能划分见表 1。

表 1 数据融合系统功能

系统名称	功能		功能简要描述
数据融合系统	系统仿真	场景仿真功能	建立加载产生不同场景，并按规定时序输出。
		统计仿真功能	对作战场景进行多次仿真，获取融合处理后的目标参数的统计特性。
		实时仿真功能	通过实时仿真，监测融合处理过程中的瞬时参数状态以及处理结果。
	数据融合功能	航迹融合	对不同平台送来的航迹信息进行融合处理，完成多站航迹数据的一致性判别。
		低探测概率目标跟踪	对各平台输出的低探测概率目标（发现概率 0.2）进行目标跟踪处理。
		有源干扰定位	对多站检测到的干扰源信息进行融合，确定干扰源的三维空间位置。

2.1 系统仿真功能

2.1.1 场景仿真功能

仿真台可以建立加载各种不同的场景（包括典型场景、组合场景和用户自定义场景），支持对每个场景参数进行编辑修改（平台参数、目标运动参数、虚警率等）；根据上述修改，软件自动调整各平台布局以及雷达威力范围，形成新的作战场景；并根据场景要素自动完成作战场景目标数据自动生成和实时下发。

2.1.2 统计仿真功能

统计仿真用于定量评估数据融合系统的技战术指标（包含测试航迹参数，低探测概率目标参数和干扰定位参数）。统计仿真利用蒙特卡洛（Monte Carlo）方法，对典型场景进行多次仿真（重复次数灵活可设），获取融合处理后的目标参数的统计特性，并以表格、曲线图等方式可视化地输出。

2.1.3 实时仿真功能

实时仿真通过同时运行三个平台上的软件，来监测融合处理过程中的目标参数瞬时状态，其包括航迹参数测试、低探测概率目标参数测试和有源干扰目标参数测试。三机仿真系统工作时，实时仿真软件加载场景，并作为处理台和评估台的原始数据的输入；处理台完成融合处理，并将处理结果送至评估台；评估台根据处理结果，完成对信息融合算法的有效性评估。

2.2 数据融合功能

信息融合软件实时接收各作战平台空情信息，通过时空对准、融合状态估计实现多平台情报信息融合，完成多站目标数据同一性识别，形成战场空情态势。根据跟踪处理的类型，数据融合处理功能可进一步划分为航迹融合功能模块、低探测概率目标跟踪功能模块和有源干扰定位功能模块。各功能模块的开启控制灵活，可通过修改底层配置文件实现。

2.2.1 航迹融合功能

航迹融合功能对不同平台雷达送来的航迹信息进行融合处理（包括检测、关联、跟踪、估计），形成新的目标航迹信息，完成多站航迹数据的一致性判别。航迹融合具有以下功能：

依据局部航迹信息形成目标航迹，完成航迹一致性判别，提高目标跟踪精度；减少虚假航迹的数量；降低航迹混叠概率；提高目标属性和类型识别概率。

同时，该航迹融合处理模块能够对交叉航迹目标、平行编队目标和大机动过载（9g）目标进行有效跟踪；系统航迹输出精度和目标识别能力高于单一传感器，提高了战场态势感知能力。典型航迹融合处理效果图如图 2 所示。

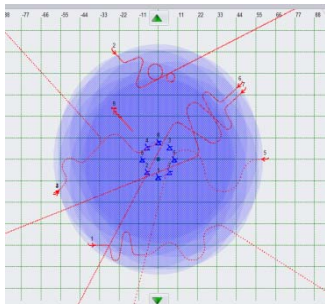


图 2 航迹融合效果图

2.2.2 低探测融合功能

数据融合系统利用集中式架构，可对弱小目标、隐身目标等低探测概率目标进行有效跟踪处理，其是对航迹融合的一种有效补充，对提高组网雷达的作战能力有重要作用。

低探测概率目标跟踪处理利用各雷达平台无法自动建航的一次点迹（单站目标探测概率为 0.2，无法满足单传感器目标航迹起始条件），通过“低探测概率目标跟踪算法”完成航迹建立和航迹维持，在有效剔除杂波的基础上，实现对低探测概率目标跟踪。低探测概率目标跟踪效果图如图 3 所示。

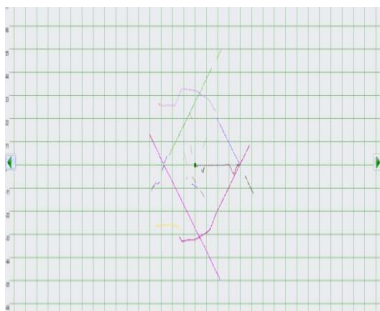


图 3 低探测概率目标跟踪效果图

2.2.3 干扰定位功能

融合处理系统收集雷达网内各雷达检测到的干扰源信息并进行相应的融合，确定干扰源的三维空间位置，实现多站干扰定位；通过多站干扰信息相关，可对干扰源的可信度做出进一步的判别。

利用两部或多部搜索雷达探测到有源干扰，融合处理软件可对静止干扰和移动干扰进行有效定位。对于静止有源干扰，融合系统能够得到距离、方位、俯仰的准确位置信息；对于移动干扰，融合系统不仅能够得到距离、方位、俯仰的准确位置信息，而且可以建立有效跟踪航迹。有源干扰定位效果图如图 4 所示。

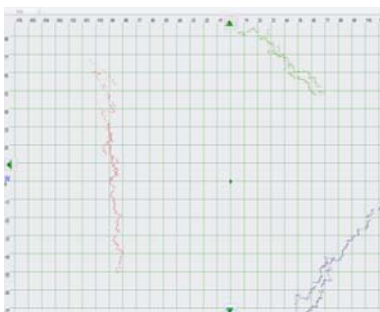


图 4 有源干扰定位效果图

3 融合系统应用

处理台在配合仿真台和评估台完成仿真系统工作的同时，还可单独嵌入到实装信息融合系统中使用，完成航迹融合、低探测概率目标跟踪以及干扰定位的相关功能。

图 5 给出了融合软件嵌入到实装设备中的跟踪处理结果。融合结果显示，融合系统对直线和机动等不同类型目标的均能保持有效的融合跟踪处理；跟踪精度较单部雷达精度高；能够有效对多部雷达站的数据进行融合并能建立统一的空情态势。

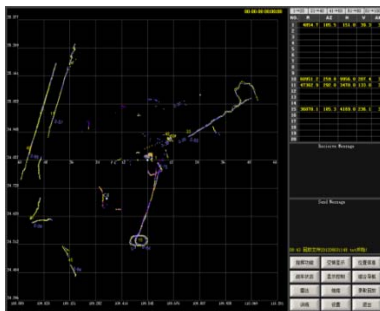


图 5 实装融合输出效果图

4 结束语

该数据融合系统能够模拟复杂场景生成、复杂目标融合处理和效能评估，能够应用在雷达实装进行数据融合处理和效能评估；在通信带宽有限的前提下，提升了融合系统对隐身目标和弱小目标的探测跟踪能力，使系统兼顾集中式和分布式的优点，满足武器装备信息化建设对隐身目标和弱小目标的探测跟踪需求，具有较高的经济价值和军事价值。

参考文献

- [1]蔡庆宇.相控阵雷达数据处理及其仿真技术[M].北京：国防工业出版社，1997.
- [2]何友，修建娟，张晶炜等.雷达数据处理及应用[M].北京：电子工业出版社，2006.
- [3]石章松，刘忠，王航宇等.目标跟踪与数据融合理论及方法[M].北京：国防工业出版社，2010.