

72.612
920.817

数据融合技术译文选



电子工业部第五十四研究所

侦察对抗测量专业部

情报档案中心



数据加载失败，请稍后重试！

数据融合技术译文选

电子工业部第五十四研究所

侦察对抗测量专业部
情报档案中心



数据加载失败，请稍后重试！

编者的话

现代战争中各级指挥员为进行其军事活动,需要掌握并运用大量各种类型的准确可靠的情报信息。大量日益先进的传感器的应用正在提供大容量的信息,但随之带来所谓“信息爆炸”问题,因此,数据融合的理论、方法和技术应运而生,并得到了极大的发展。

所谓数据融合就是为获得目标的理解报告。把来自多传感器的目标信息源合并归纳为一个统一的表示格式的信息处理过程。关于战场态势的信息源包括:(1)传感器,如雷达,敌我识别,ECM 探测器,ESM,有源和无源声纳等;(2)数据链路;(3)情报,有电子情报,通信情报,人工情报等;(4)计划与指挥信息,如武器装备配置,飞机舰船航行计划,战斗序列等;(5)环境数据,如气象;地理;海况、政治经济等;(6)武器装备数据库。

根据问题表述的层次,数据融合可有种种可用方法。一般地,低层概率分布用于统计推理,高层产生式规则用于逻辑推理。从低层到高层,数据融合基于算法的处理向人工智能方法发展,如统计模式识别,贝叶斯估计,多贝叶斯估计,Shafer—Dempster 证明推理,模糊逻辑,产生式规则等。

为了促进数据融合理论和方法的研究,为了推动数据融合技术发展及其应用,我们编辑了《数据融合技术译文选》专辑。由于编译者水平有限,必有多处疏漏错误,敬请读者不吝指正。

一九九三年三月

目 录

融合——战术作战成功的关键.....	(1)
人工智能应用于指挥、控制和通信系统/子系统.....	(9)
信息融合方法论	(19)
关于数据关联和融合的理论方法	(29)
无源传感器跟踪三维机动目标	(40)
最佳多传感器相关局部判决的融合	(65)
使用不同型态恒虚警(CFAR)接收机的数据融合中心	(96)
最佳分布式决策融合.....	(111)
二元判决树分布式传感器数据融合.....	(117)
相关传感器分布探测~二则示例.....	(127)
最优串行分布判决融合.....	(139)
分布探测中最佳局域到空间分割.....	(152)
传感数据融合的并行处理.....	(167)
信息合成的AI(人工智能)方法研究综述	(175)
基于知识约束的传感器的信息融合.....	(196)
分布式人工智能在目标识别和分类中的应用.....	(214)
通过分布式黑板进行传感器数据融合.....	(230)
并行黑板结构.....	(239)
神经网络数据融合概念与应用.....	(246)
感觉融合的神经网络方法.....	(262)

融合——战术作战成功的关键

【摘要】下一代战术作战不能仅仅依靠只利用部分电磁频谱的威胁信息或对抗行动,它必须依靠提取“交战信息”的合成多传感器方法。正在开发的一些项目如铺路基石(PavePillar)把融合作为获取可靠的模糊的态势和目标评价的关键。本文探讨融合问题,内容包括有关的概念说明和功能流程图。

一 引言

现有各传感器系统不能满足规划中的实时、大纵深战术背景下的作战要求。已认识到的作战要求是系统顽存性,低可观测性,交错(Interleaved)的捕获、跟踪和作战模式,目标分类和识别。所有这些都要求高速作战支援。以各自独立的传感器能力为基础建立起来的第一代系统概念不能满足预期的未来作战环境所提出的上述性能要求。显然,问题并非源于各传感器的缺陷,而是源于如何利用各传感器的策略。

本文讨论可能在下一代战术平台上完成的多传感器融合组成和有关问题。

典型平台包括:

空军新型战术战斗机(ATF),海军新型战术飞机(ATA),陆军装甲车系列(AFV)和各种遥控驾驶飞机/无人空间飞行器(RPV/UAV)。

尽管我们主要从航空战术作战状况,并且有一个电子战背景展开讨论,但我们相信由此得出的概念同样适用于非空中战术作战情形,而且实际上涉及到了包括监视、威胁告警和火力控制的整体作战功能诸方面的问题。

二 用户的综合问题

要求越来越高的作战目标和相应的子系统成本已不再允许我们为战术战

斗任务采办大量昂贵的只满足某方面性能要求的“黑匣子”。面对固定的兵力结构和诸多不适应因素,迫切需要合成系统以提供较小的低成本的配套装备。事实上,如铺路石等项目已表明,我们的用户正在重新考虑其组织和采办方案以便能够装备可将监视、威胁告警、火力控制 and 对抗措施紧密结合在一起的系统。

多传感器融合已不仅仅是一个时髦的名词和主观愿望,它已成为确信无疑的需求——样机设备正在签署合同。

海陆空三军已认识到以合成方式和用功能互补的传感器可以得到性能改善。特别地,多传感器数据相关可能有助于目标分类、跟踪文件的管理和延缓系统性能的退化。从概念上看,多传感器方法应该是一种有前途的方法,因为多传感器就意味着非常高密度的“观测量”(即关于感兴趣目标的信息)。除有可能进一步利用多传感器系统所提供的大量数据外,不同传感器的频域和时域特性的多样性,不仅能够进一步用于获得有用目标的分类特征,而且有可能避免如电子反对抗措施(ECCM)和光电对抗措施(EOCM)等对抗措施对单个传感器系统所造成的严重性能下降。

因此,对威胁环境、作战需求、低可观测性条例和截获基本等策略的认识促使我们利用多传感器融合的方法。如此预期的结果是在达到空前高的可利用性、可靠性、可维护性、可测试性和可适应进一步发展的关键能力的同时,提高作战成功的概率和系统的顽存力。

三 多传感器系统

图1表示一个一般的多传感器系统。该系统统包括各种用于威胁告警(TW),搜索跟踪(ST)和火力控制的射频、红外和光电传感器。系统概念是在传感器及完成尽可能多的功能,这样自然得到如最小的时间延迟和易于为容错而重新配置等许多优点。图中把预处理器作为独立节点提取出来是考虑到某些特殊传感器可能需要的“特殊性”(Specialization)和独特性(Uniqueness)。融合处理器组合了由不同传感器传来的报告/跟踪文件(包括机外的通过数据链路得到的远程数据,以提高目标(威胁)分类和状态估计性能)。融合功能给出高度精确可信的识别结果,从而可对已评价的态势适当决择响应和分配如传感器和对抗

措施等资源。

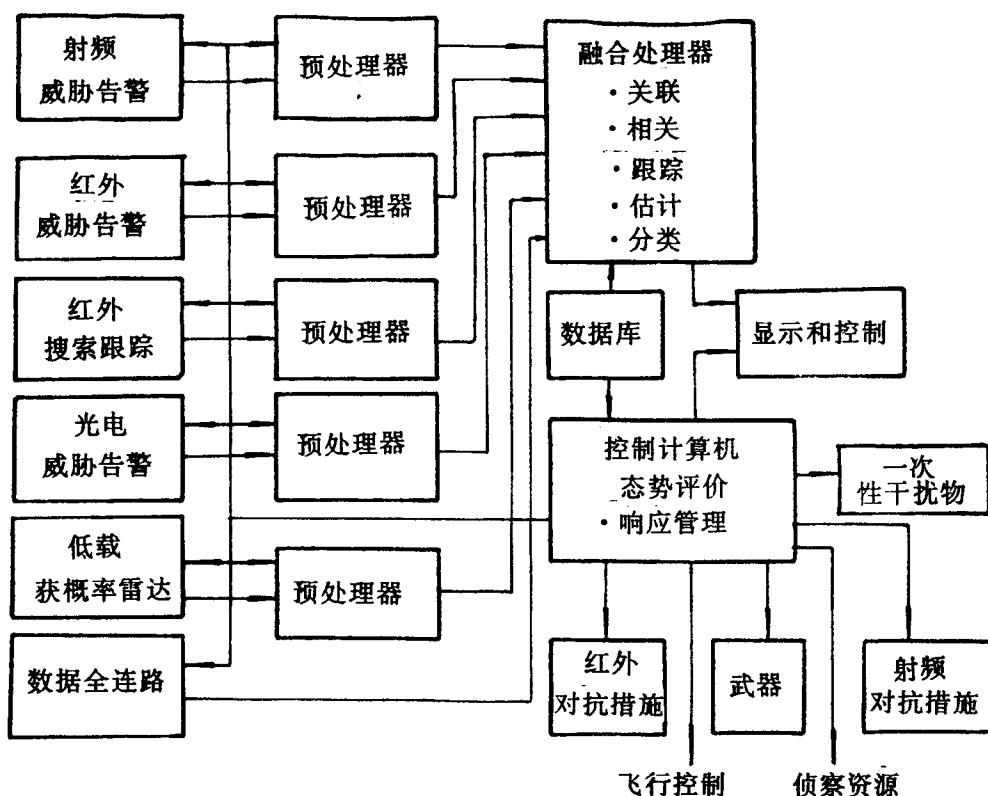


图1 多时传感器系统功能

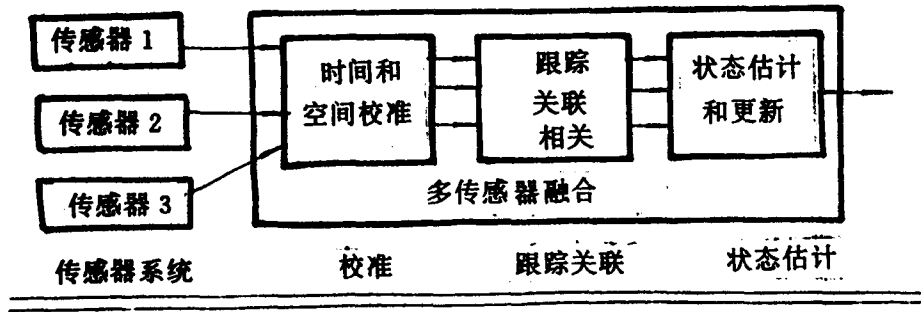
每一传感器独立地提供测量数据，当确认目标的状态估计和威胁识别时各传感器可进行自主跟踪。跟踪可适当配置满足传感器的需要。由非电子战传感器和机外平台提供的传感器数据也可用于跟踪文件的产生并经标校(Alignment)后用于融合。电子战、非电子战和机外跟踪文件，报告的组合给融合功能供数据流。

根据威胁环境监视或威胁告警的需要该系统及其融合功能可有两种工作模式。在第一种模式(监视)中，系统处于非高紧张度下，可能工作于被动方式。融合功能包括接收机载和机外传感器数据，完成坐标变换、时间搬移(Propagation)、关联、相关和跟踪文件更新功能。如有可能，威胁信息分类尽量在传感器级完成，并在融合中利用全部传感器数据进一步精密化。有些传感器能

够独立地提供高质量的分类信息,而另一些传感器只能提供精确的角度或距离数据分类信息。数据融合将利用各传感器的优点形成一主文件(Masterfile),然后将更新的主跟踪文件(包括分类数据)传送给态势评价功能、综合显示系统和火力控制子系统。在第二种模式(威胁告警)中,由于需要紧急威胁的识别,系统工作于紧张状态。以上两种模式不是互斥的,即监视模式连续工作,而仅当需要的时候威胁告警才工作。

1. 融合功能

图 2 将融合分解为互相联系的子功能。假定各传感器在时间和空间上是自主地和异步地工作的。此外,各传感器有其相应的检测和跟踪预处理器。



- 时间和空间异步
- 独立构成各自坐标系中的目标跟踪文件
- 无畸变域样本插值
- 变换为统一坐标系估计平台适应性 (Flexing)
- 可能有模糊的跟踪文件相关
- 包括初始分类
- 利用平行信息
- 保持跟踪
- 消除虚假关联
- 完成分类处理

图 2 多传感器处理

各传感器向融合功能提供在各自坐标系下形成的目标跟踪文件。融合应完成下列六项子功能:

• 时间搬移(Propagation)——含有状态向量和误差协方差矩阵的跟踪文件将在“时间上被搬移”到融合更新时间(Fusion Up Datetime)。

- 坐标校准——传感器数据(包括跟踪文件)需要变换为统一坐标原点并对传感器位置误差进行补偿。

- 关联——比较由不同传感器来的报告和跟踪文件,确定有可能用于“融合”的文件。在此过程中要利用特性检验、运动学检验和概率检验。

- 相关——处理关联结果,确定有待融合的跟踪对(Track Pairs)。

- 跟踪文件更新——利用“最优相关”的跟踪文件更新相应的状态向量和误差协方差矩阵,其输出的一修正的组合(主)跟踪文件。

- 分类——考察跟踪文件,给出关于目标类型、杀伤力和威胁优先级的评价。

融合功能由测量数据得到主跟踪文件,直到给出威胁告警指示。对每一传感器,信号处理是必要的。下一步是跟踪处理,跟踪处理与各传感器相适应以便产生跟踪文件或时间序列报告。时间搬移和坐标变换产生融合所需的具有统一时间和空间参考点的数据,这对将数据组合在一起是十分必要的。这一数据组合或融合过程产生一利用了各传感器优良特性的主跟踪文件,然后该主跟踪文件可用于态势评价、驾驶员显示和可选择地传送给火力控制系统。已识别为“高优先级”的威胁可立即得到处理并传送给态势评价功能。融合也可完成传感器控制,监视和提示(Cueing)。按着基于系统和传感器状态的自适应控制功能中的决策需求,也可以利用其他融合算法。

2. 融合可满足整体作战的要求

考察依靠融合功能多传感器系统的要达到的目标不难得出该方法的优点。

战术多传感器系统的首要目标是以高生存概率 $P(S)$ 完成作战任务。融合对这些值将有显著影响。在此处给出的方法中,传感器可工作于自主的和合成的两种模式,这种结构不但是提高系统容错能力的关键,也可改善分类和定位性能,利用传感器级的目标分类和跟踪、目标杀伤力的识别能力,全系统是各负其责的,而组合各传感器(监视和告警)的结果,在将信息提供给态势评价之前,融合功能对战场环境给出更好的“理解”。尽管融合中没有显含对 $P(S)$ 的优化过程,但这一过程是在融合功能中得到精确目标分类和定位所必需的。

只利用机载传感器时,融合本身可以是“自主”式的。但是,系统也可以在“扩充”(“Full-up”)配置下合成机载和机外信息。将报告与跟踪文件与机载传感器

数据相融合以充分利用这些数据,这一方法使多传感器系统更为有效。

3. 融合的容错能力

由下述理由可知本报告给出的技术方法本来就具有容错能力:

- 配属给各传感器的跟踪滤波器可工作于自主方式,完成分类和识别。
- 主跟踪文件是利用了全部可利用的数据产生的,即如果某一传感器出现故障,该跟踪文件仅仅是不再利用相应的数据,一旦该传感器工作正常重新回到系统后,只需更新配置即可连续利用它提供的数据。融合功能本质上应是适应于任何可用传感器的。
- 融合对威胁环境的变化也将是自适应的。在非常密集的环境和威胁告警情况下,可跳过费时的关联和相关处理,此时,融合在完成时间搬移和统一参考坐标变换后将数据传送给态势评价部分以便引起立即注意和响应,因此,若能适当运用,融合将不会因数据过载而出现问题,事实上,它将显著减少用于态势评价和某些外围功能的数据速率。

图 3 说明了融合中应包含的容错能力的一个方面。其中存在多个由传感器到态势评价和其他功能的数据传输通路。

4. 融合界面

融合功能和更一般的整个多传感器系统在九十年代将被一体化到主平台上,从而达到可能的功能共享,同时界面必须明确规定。例如,用融合的术语来说,为了融合所有各种不同子系统传感器的数据,在主平台中需要完成多级融合。为了可能的火力控制和显示功能,雷达和其他进攻型传感器需与防御型传感器组合起来。因此,未来战术平台上安装各种子系统和传感器之后,数据融合将提供比任何子系统的独有部分更一般的功能。

按上述理解,可将融合功能分离出来,并确定相应的界面如图 4 所示。一体化通信导航识别机载系统(ICNIA)提供机外数据(例如通过 JTIDS)、导航数据和飞机识别(敌我识别)数据,雷达和红外搜索跟踪IRST)可直接相接。电子战传感器包括构成电子战成套设备的一部分的所有传感器。

综合显示将接收实时更新的威胁和辐射源位置报告以及其他告警和状态数据。态势评价功能将从主跟踪文件得到全部活动辐射源表,融合功能将给出按杀

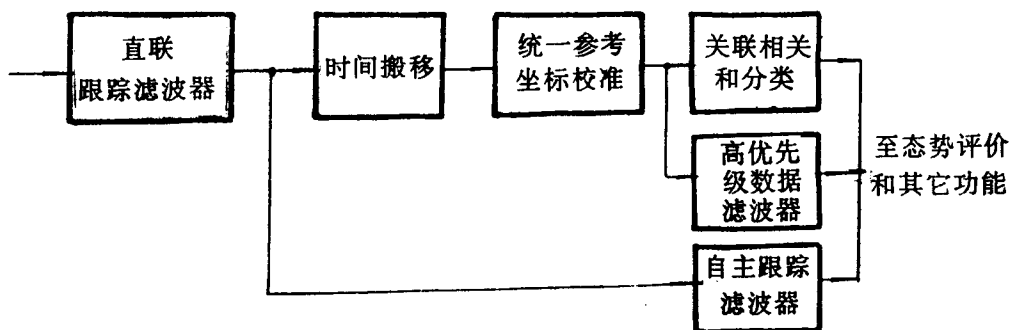


图3 融合的容错能力

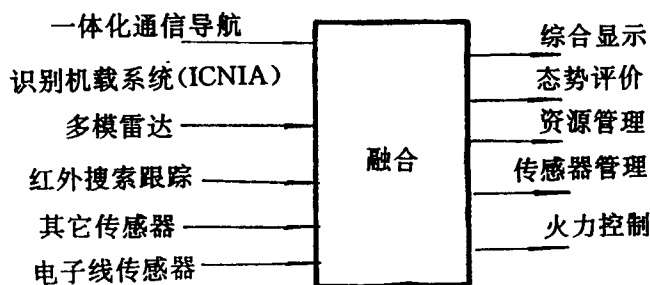


图4 融合的容错能力

伤亡确定的瞬间优先级(包括未确知杀伤力的那些威胁),而由态势评价功能给出最终的优先级排序和给出响应。资源管理将保持有关全部电子战资源状态的信息,因而需从融合部分接收有关融合功能的状态以及传感器性能方面的信息,传感器控制意指传感器接收指令和作用导引(Cueing And Pointing)。火力控制接口是可选的,它应包括由主跟踪文件中得到的精确威胁位置等信息。

5. 融合的自适应性

为了能够处理未来的威胁环境,融合应能适应不断变化的威胁环境。融合必须能够对快速变化的战场条件做出反应。例如,给定红军利用同一武器的电磁、红外以及光搜索和跟踪技术的当前能力的前提下,系统要求融合能够对付敌方

系统的所有工作模式。此外,多传感器系统必须能够对同时存在的多个威胁进行威胁分类和定位,其中每一威胁可能利用任何种类的搜索和跟踪传感器。控制功能将对融合进行优化,利用不同的滤波器模型或算法将使系统适应例如各种不同的威胁。

图 5 中的融合自适应控制功能将控制融合功能的时间更新和算法选择,提供传感器状态和传感器指令(Cueing Command)。这种类型的功能需要是显著的。

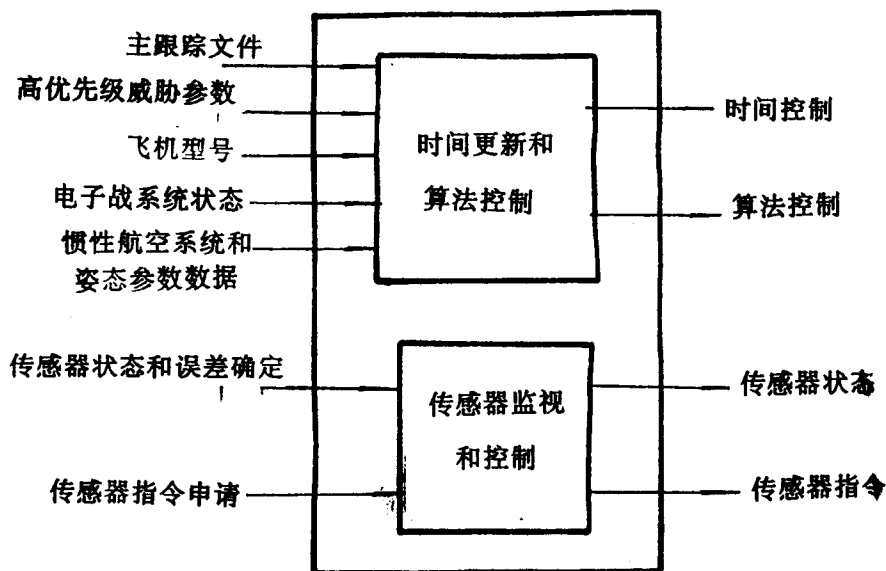


图 5 融合对环境需求是自适应的

四 结束语

随着 VLSI 和 VHSIC 处理能力和结构的日趋成熟可用性,在一个平台上安装两类或更多类先进的传感器将成为现实。这种开发的重要结果是有能力完成检前或检后实时多传感器数据处理,而又不致牺牲各个传感器的“准自主”状态。此外,这样就可以根据作战需要选择和组合这些功能互补的传感器检测级参数以确保“最优”瞬时性能、低可观测要求和反对抗能力(Countermeasure Immunity)得以实现。

(此书参考文献均略)

人工智能应用于指挥、控制和通信 系统/子系统

【摘要】 本文重点研究人工智能用于指挥、控制和通信系统/子系统,该项目计划的全部目的是考查从不同的设备(空中、地面和空间的)获得的空中目标识别信息源和开发一个自动目标识别系统设计,合成来自于这些目标识别于系统的数据。完整的计划分为两个阶段:阶段 I 和阶段 II,本文详细说明阶段 I 研究得到的结果。

一 引 言

为支援战略和战术空中控制系统,空中监视系统必须向指挥中心的人员提供连续的、明确的和实时的关于友方、中立方和敌方飞行器和敌人威胁的空域情形的描述。下面是要求空中监视成功完成这个任务应具有的能力:

- (1)检测和识别空中活动,提供位置、高度、航线和标识信息;
- (2)连续跟踪检测出的威胁目标,挑出非威胁和所有友方目标;
- (3)在指挥中心、战术空中控制系统(TACS)用户、其它部门以及盟国的空中防御和指挥控制系统之间,交换空中活动的信息;
- (4)监视系统内传感器跟踪以及外部信源输入的相关或关联;
- (5)人机交互给决策者提供所需信息有组织的表示。

先进的战略/战术监视系统须有能力提供给面对密集的空环境中指挥者决策支援/辅助;大量的传感器数据;多种动态传感器和动态的战场环境。在现有的战场监视资源中先进的战略/战术监视系统必需采用的是 E-3A、E-2C、舰载雷达、Hawk Patriot 防空雷达和北约地面防空环境,可能新规划的监视资源包括:

- 先进的增强反干扰和监视能力的战略/战术雷达系统;
- 具有不同谱范围的多传感器(如、红外(8—12 微米)、毫米波雷达(1—10

毫米)和激光雷达(10—11微米);

·多目标多传感器数据融合系统提供更好的目标检测、跟踪和识别能力。

多目标多传感器数据融合(MMDF)利用宽的频率范围,迫使敌人扩展 ECM 资源覆盖大部分电磁频谱。无源探测和跟踪能力在需要时支援静默操作,帮助对干扰飞机以及其它飞机和巡航导弹的定位,并且将提供发现非协同飞机的能力。固定和移动监视传感器融合的结果将填补由于地形阻挡引起的监视覆盖的不足以及利用短距离传感器的低空能力。

阶段 I 研究主要考虑两个跟踪传感器子系统,(1)雷达监视子系统;(2)包括电子支援措施(ESM)系统的无源监视子系统。这两个子系统在这个阶段被用来跟踪空中目标,无源监视子系统误差特性是:横坐标精度优于雷达监视子系统,但无源子系统的距离精度差。阶段 I 研究还考虑了基于雷达信号的识别传感器子系统,技术问题是评价用这些跟踪和识别传感器子系统的 MMDF 系统的实际跟踪和识别算法。

本文描述传感器数据合成方法解决当几个传感器执行监视覆盖确定的区域时产生的相关和融合问题。总的目标是多目标多传感器环境中的目标检测、跟踪和识别自动系统的开发。特别研究的焦点是有源和无源传感器(如雷达、ESM、IFF、RWR 和其它雷达信号)。来自这些传感器的测量有不同程度的不确定性,为了保持具有高置信度的不断更新的组合跟踪文件,相关/融合算法的开发要考虑传感器测量误差,改进组合跟踪精度。

本文的结构如下:在第二节里大致介绍了本题目;在第三节中讨论跟踪和识别传感器和传感器形式;第四节中阐述传感器相关技术;传感器的数据融合技术在第五节中阐述;在第六节中讨论多目标跟踪和识别所需的相关和融合技术的要求;第七节涉及指挥、控制和通信系统/子系统的基于知识的专家系统结构;仿真结果在第八节中给出,在第九节中列出了参考资料。

二 传感器和传感器形式

大家知道,强有力的传感器是战场管理系统的极端重要的因素,作为战场管理者的眼睛和耳朵,传感器必须提供感兴趣目标的明确的信息。因为目标在频谱

上有明显的区别,要求大量的不同传感器工作在不同的频谱范围去检测在战场环境中出现的全部种类的目标。

在第一阶段研究考虑的传感器系统提供关于目标的两种形式的信息:

(1)运动学数据(位置和速度)

(2)特征数据(目标分类参数;脉冲重复频率、功率、类别(F/H)、散射模式)

传感器的讨论是依照它们提供的直接测量参数,传感器形式的讨论依照它的操作性能、执行过程和实用性。

这里考虑的传感器形式包括相关和非相关(随机)误差,研究中考虑的ID传感器包括雷达、雷达告警接收机(RWR),JEM、航迹和ESM系统,传感器系统的详细内容参见[1]。

三 多目标环境的传感器数据相关技术

多目标多传感器数据融合对利用多传感器和计算机子系统的监视系统是极端重要的。为实现作战空域的连续的、无模糊的描述,为充分利用现有的和计划的传感器,这些传感器提供的数据的合成是十分必要的。特别的,用多传感器产生的报告或跟踪的相关是必须完成的重要和必要任务。

技术问题是开发有效的用于适当的传感器报告相关的判决算法,因此对于监视空域所有目标能提供一个精确的主跟踪文件(组合的跟踪文件)。事实上,传感器相关和相关传感器数据融合构成MMDF问题的核心。

可能的用传感器报告的主跟踪文件与传感器报告的关系见图1。在这里相关模块将来自所有传感器的输入与主跟踪文件中的跟踪相关。相关模块的输出输入到用相关的跟踪数据修改主跟踪文件的融合模块。相关和融合任务是多目标多传感器数据融合问题的主题。

本文将多传感器报告提升为当传感器执行指定范围的监视且每个传感器具有自己的数据处理单元时产生的跟踪相关和融合问题。问题是如何判决两个或更多的来自不同传感器的报告是不是代表同一目标。融合是指把同一目标产生的跟踪关联和组合在一起的过程,融合是指把来自不同传感器子系统对同一目标的相关的报告组合成一个跟踪文件的过程。