

文章编号:1006-2475(2002)09-0064-04

基于多传感器与数据融合技术的研究

王会清¹,韩艳玲²

(1. 武汉化工学院计算机系,湖北 武汉 430073; 2. 华中科技大学图像所,湖北 武汉 430074)

摘要:对国内外的多传感器与数据融合技术的应用及进展进行了跟踪性研究,从原理上介绍其基本特点、方法和结构,并对其目前应用现状进行了分析及展望。

关键词:多传感器;数据融合技术;方法;结构

中图分类号:TP212;TP274 **文献标识码:**A

The Study of the Technology Based on Multisensor and Data Fusion

WANG Hui-qing¹, HAN Yan-ling²

(1. Dept. of Computer, WICT, Wuhan 430073, China; 2. Inst. of Image, HUST, Wuhan 430074, China)

Abstract: Both domestic and foreign applications and advances on multisensor and data fusion technologies are reviewed chronologically. The main characteristics, methods and frameworks of multisensor and data fusion are described on principle. Also the status and prospects of the application are analyzed.

Key words: multisensor; data fusion technology; method; architecture

0 引言

数据融合,是多元信息综合处理的一项新技术,它有多种译名,如多传感器相关、多源相关、多传感器融合、信息融合等。数据融合从20世纪70年代末被提出,多年来,“融合”一词几乎无限制地被众多领域所引用。数据融合比较确切的定义可概括为:充分利用不同的时间和空间的多传感器信息资源,采用计算机技术对按时序获得的多传感器观测信息在一定的准则下加以自动分析、综合、支配和使用,获得被测对象的一致性解释与描述,以完成所需的决策和估计任务,使系统获得比它的各个组成部分更优越的性能。

具体地说,数据融合的内容包括:

(1) 数据关联:确定从多传感器来的数据是否反映同一个目标。

(2) 多传感器ID/轨迹估计:假设从多源来的报告反映的是同一目标,对这些数据进行综合以改进对该目标的估计,或是改进对整个当前/未来情况的估计。

(3) 采集管理:给定传感器环境的一种认识状

态,通过分配多个信息捕获和处理源,以最大限度地发挥其性能,从而使其操作成本降到最低。

简言之,传感器的数据融合功能主要包括多传感器的目标探测、数据关联、跟踪与识别、情况评估和预测。

数据融合技术,最早应用于军事领域,它是从军事C³I(Command Control and Communication Integration)系统中提出的,是一门结合信号处理、计算机技术、概率统计、图像处理、人工智能和自动控制等学科的前沿交叉学科。多传感器数据融合是一项正在快速发展的信息处理技术,数据融合虽然出自于C³I系统研究,但其方法同样适用于机器人视觉、交通、卫星、武器、自动化生产控制等领域。

1 多传感器系统的特点及其结构

多传感器数据融合的基本原理就象人脑综合处理信息一样,充分利用多个传感器资源,通过对多传感器及其观测信息的合理支配和使用,把多传感器在空间和时间上可冗余或互补的信息,依据某种规则进行组合,以获得被测对象的一致解释。与所有单传感

收稿日期:2002-01-19

作者简介:王会清(1959-),男,辽宁沈阳人,武汉化工学院计算机系讲师,硕士,研究方向:计算机硬件接口与自动控制。

器信号处理或低层次的多传感器数据处理方式相比,多传感器融合系统主要特点是:

(1) 提供了冗余、互补信息,多种相关不同来源的信息可以相互补充以降低系统的不确定性,提高系统识别环境的精确性,还能在传感器出错或失效时,提高系统的可靠性。

(2) 信息分层的结构特性。数据融合所处理的多传感器信息可以在不同的信息层次上出现,这些信息抽象层次包括像素层、特征层和决策层。

(3) 实时性。分层结构和并行处理机制,可保证系统的实时性。

(4) 低代价性。相对于由单个传感器获得同样信息而言,它能以较低的成本获得更加完备的信息。

多传感器融合的结构形式有串联、并联和混合融合形式三种。如图1、图2、图3所示。

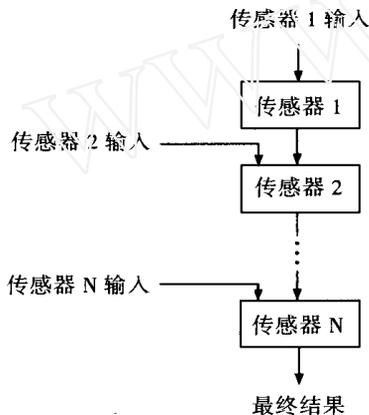


图1 串联融合方式

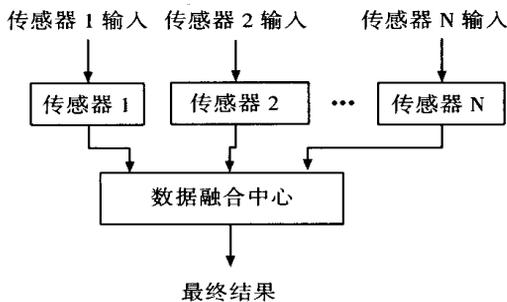


图2 并行融合方式

图1 串联融合方式时,当前传感器要接收前一级传感器的输出结果,每个传感器既有接收信息的功能又有信息融合功能。各个传感器的处理同前一级传感器的输出形式有很大的关系。最后一个传感器综合了所有前级传感器输出的信息得到的输出是作为串联融合系统的结论。图2 并行融合时,各个传感器直接将各自的输出信息传输到传感器融合中心,传感器之间没有影响,融合中心对各信息按适当方法综合处理后,输出最终结果。图3 混合融合方式,将上述

两种方式进行了结合,或总体串行,局部并行,或总体并行,局部串行。

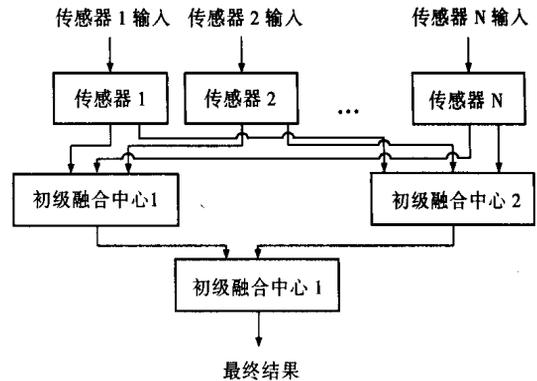


图3 混合融合方式

2 数据融合的主要方法

利用多个传感器所获取的关于对象和环境的信息得到根据任务所需要的全面、完整的信息,主要体现在融合算法上,是多传感器系统的核心问题。

根据 James J. Clark 等人的观点^[1],认为数据融合的过程,实质上是各类数据源作为一种约束而不断迭加的过程,并从约束嵌入的角度,将数据融合分为两大类:弱耦合数据融合,被融合的数据或传感器之间互相独立,没有制约关系;强耦合数据融合,被融合的对象之一的结果会影响其它对象的输出。

数据融合主要有数据级、特征级和决策级融合三种方式。

(1) 数据级融合:在传感器的原始信息未经处理之前进行的信息综合分析,以达到尽量多地保持景物信息。这种融合方式的信息处理量大、处理时间长、实时性较差。

(2) 特征级融合:在对信息预处理和提取特征后,对所获得的景物特征信息(如边沿、形状、轮廓、方向、区域和距离等)进行综合处理,以达到保留足够数量的重要信息和实现信息压缩,从而有利于实时处理。

(3) 决策级融合:融合之前,每种传感器的信号处理装置已完成决策或分类任务。信息融合只是根据一定的准则和决策的可信度做最优决策,以便具有良好的实时性和容错性,使在一种或几种传感器失效时也能工作。

从大量的文献调研看,目前国内外的数据融合方法主要有下面几种。

(1) 综合平均法。该方法是把来自多个传感器的众多数据进行综合平均。它适宜于用同样的传感器

检测同一个检测目标。如果对一个检测目标进行了 k 次检测,其平均值

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k W_i S_i}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

W_i 为分配给第 i 次检测的权数。

(2) 贝叶斯估计法。贝叶斯推理技术主要用来进行决策层融合,它是通过先验信息和样本信息合成后验分布,对检测目标作出推断。

(3) D-S 法 (Dempster-Shafter)。是目前数据融合技术中比较常用的一种方法,详细内容见文献[2]。该方法通常用来表示对于检测目标的大小、位置以及存在与否进行推断。根据人的推理模式,采用了概率区间和不确定区间来决定多证据下假设的似然函数来进行推理。由各种传感器检测到的信息提取的特征参数构成了该理论中的证据,利用这些证据构造相应的基本概率分布函数,对于所有的命题赋予一个信任度。基本概率分布函数及其相应的分辨框合称为一个证据体。因此,每个传感器就相当于一个证据

体。多个传感器数据融合,实质上就是在同一分辨框下,利用 Dempster 合并规则将各个证据体合并成一个新的证据体。产生新证据体的过程就是 D-S 法数据融合。

(4) 模糊逻辑法。针对数据融合中所检测的目标特征具有某种模糊性的现象,有人利用模糊逻辑方法来对检测目标进行识别和分类。建立标准检测目标和待识别检测目标的模糊子集是此方法的研究基础。但模糊子集的建立,需要有各种各样的标准检测目标,同时又必须建立合适的隶属函数。而确定隶属函数比较麻烦,目前还没有规范的方法可遵循。又由于标准检测目标子集的建立受到各种条件的限制,往往误差较大。基于规则推理的方法还有证据推理、产生式规则等。

(5) 神经网络方法。

此外,其它数据融合方法还有品质因数、专家系统、模板方法、聚分析、卡尔曼滤波、统计决策理论等等。

表 1 是各种融合方法的比较。

表 1 各种融合方法的比较

融合方法	运行环境	信息类型	信息表示	不确定性	融合技术	适用范围
加权平均	动态	冗余	原始读数值		加权平均	低层数据融合
卡尔曼滤波	动态	冗余	概率分布	高斯噪声	系统模型滤波	低层数据融合
贝叶斯估计	静态	冗余	概率分布	高斯噪声	贝叶斯估计	高层数据融合
统计决策理论	静态	冗余	概率分布	累加噪声	极值决策	高层数据融合
证据推理	静态	冗余互补	命题		逻辑推理	高层数据融合
模糊推理	静态	冗余互补	命题	隶属度	逻辑推理	高层数据融合
神经元网络	动、静态	冗余互补	神经元输入	学习误差	神经元网络	低/高层
产生式规则	静态	冗余互补	命题	置信因子	逻辑推理	高层融合

3 多传感器数据融合技术的研究及展望

近几年来,多种传感器的应用越来越普遍,数据融合的重要性已越来越多地被人们所认识。许多方法和技术已被介绍和应用。国外一些学者对数据融合进行了算法分类,他们还介绍了 54 种主要军用的典型系统^[3],这些系统都是由专门研制的软件来开发的。制定标准和协议的工作也在进行。自 1987 年以来,美国国会一直将其列为对美国国防具有重要影响的 21 项关键技术之一,并在数据融合技术研究方面投入巨资。美国陆军计划在下一代坦克和 M1A1 坦克中采用数据融合技术,并选择热象仪和毫米波雷达

两种传感器作为数据融合研究的突破口。美国得克萨斯仪器公司则研究将红外热象与微光图像融合,以提高夜战能力。英国正在研制多平台、多传感器的数据融合系统。德国将数据融合技术列入了豹-2 坦克的改进计划。俄罗斯的米-28 新型战斗直升机已将雷达、红外瞄准器、电视摄像机、夜视仪、航行仪表与计算机结合成一个整体,构成了数据融合系统。欧洲共同体从 1987 年开始了为期 5 年的 SKIDS (Signal and Knowledge Integration with Decisional Control for Multi-sensory System) 计划,其主要目标是研究多传感器信息融合的通用结构及实时信息融合技术等。

现代的监视、侦察、战场 C³I、目标探测、火控、航管、测量及遥感等领域,对结果的精度、最终产品质量

要求越来越高,从而对多传感器的应用、集成设计、数据的处理提出了更高的要求,因此传感器的集成度越来越高,并对它们的输出数据进行融合处理。美国军方1986年成立了专门的数据融合小组/发展战略小组负责此项工作。美国三军、某些大公司及大学也建立了专门的实验系统,以开发、评估各种数据融合算法系统。

我国虽然在这方面的研究起步较晚,但发展较快,国家自然科学基金和八六三计划已将其列入重点支持项目。各大学、研究机构都在进行学术及工程应用的研究,并做了大量的基础研究工作。除了军事上,在其它领域,如资源管理、城市规划、地质分析、图像处理、机器人等得到广泛的研究,一些较简单的结构形式已经得到应用。

从已发表的文献看,目前主要研究热点有:

(1) 传感器误差:传感器信息随机误差建模,误差状态数据的鲁棒统计方法研究;

(2) 多传感器集成与融合过程中的误差:即解决集成与融合冗余多传感器信息的“配准”问题;

(3) 非结构化环境中系统的自动标定方法和在任一传感器失效后的识别、恢复和系统重构能力的研究;

(4) 未知和动态环境中多传感器集成与融合方法的研究;

(5) 采用并行计算机结构的多传感器集成与融合方法研究;

(6) 人工智能和神经网络技术在多传感器集成与融合中的应用。

以上研究大多处于起步阶段,尚未达到应用研究层次。随着机器人技术和智能控制技术的发展,其理论与方法已开始应用到机器人智能控制中,并已成为智能信息处理的一个重点研究领域。从发展现状看,考虑到目前尚无非常成熟和完整的理论及方法,今后的研究重点应该是:

(1) 基础理论研究与应用研究结合进行;

(2) 开展对各种实用有效算法的开发研究;

(3) 向多目标研究发展;

(4) 多传感器跟踪多目标技术中的目标关联问题的研究;

(5) 多传感器数据融合与人工智能有机结合的研究;

(6) 在不同的数据融合系统中,试验验证与模拟是较难的课题,也有待解决;

(7) 多传感器信息处理的集成电路芯片,传感器模型和接口标准化是多传感器系统硬件的主要发展方向。

4 结束语

数据融合是信息科学不断发展的必然结果。数据融合方兴未艾,几乎一切信息处理方法都可以用于数据融合系统。随着科学的发展,尤其是人工智能技术的进步,新的、更有效的数据融合方法将不断推出,并取得广泛的应用。可以预计,不久的将来,数据融合技术必将成为一项最基本的、最有效的信息处理工具并获得广泛应用,为人类创造效益。

参考文献:

- [1] James J Clark, Alan L Yuille. Data Fusion for Sensory Information Processing Systems[M]. Kluwer Academic Publishers, 1990.
- [2] 徐从富,等. 面向数据融合的DS方法综述[J]. 电子学报,2001(3):393~395.
- [3] 高德平,等. 多传感器和数据融合[J]. 红外与激光工程,1999(2):1~4.
- [4] 黄心汉. 多传感器集成与数据融合及其在机器人中的应用[J], 中南工业大学学报,1994,12(专辑):16~19.
- [5] David I Hall and James Llinas. An Introduction to Multisensor Data Fusion[J]. IEEE, 1997,85(1).
- [6] Madni Asad M. The Future of Smart Sensing[J]. IEEE,1995(2):117~130.
- [7] Crowley Z L, et al. Principle and Techniques for Sensor Data Fusion[J]. Signal Processing, 1993,32:5~27.
- [8] Abidi M A and Gonzales R C. Data Fusion in Robotics and Machine Intelligence[M]. Academic Press, 1992.
- [9] 王亿锋,等. 多传感器融合技术[J]. 红外技术,1997(3):34~36.
- [10] 刘俊,等. 数据融合在目标识别中的应用[J]. 传感器技术,2001(6):8~11.
- [11] Khellah F M, Murray M J, Allen M R. Data Fusion of Sea Surface Temperature Data[A]. International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) [C]. IEEE 2000,7:2111~2113.
- [12] T D Carvey, M A Fischler. Perceptual Reasoning in a Hostile Environment[A]. Proc. of the 1st AAAI Annual National Conf [C]. Artificial Intelligence, 1980,8:253~255.
- [13] 何兵,等. 不同类型传感器的分层融合算法研究[J]. 电子学报,2000(6):5~7.
- [14] 李建勋,等. 主被动多传感器多目标状态信息融合[J]. 航空学报,1997(3):178~182.