

多传感器信息融合技术在光电经纬仪系统中的应用研究^{*}

Study and Application of Multi-sensor Data Fusion in Optical-Electronic Theodolite

谭振江¹ 李 政¹ 曹丽华¹ 孙雪莲¹ 郭立红² 邢忠宝²

(吉林师范大学 四平136000)¹ (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 长春130022)²

Abstract The theodolite is a complex multi-sensor system. The multi-sensor data fusion system is to integrate several sensors into one apperceiving system, therefore it may abstain much more accurate acquaintance through applying data and information of those sensors. The application of multi-sensor data fusion in theodolite could enhance the reliability and automatization of instrument as well as the precision of tracking and real-time output.

Keywords Optical-electronic theodolite, Multi-sensor, Information fusion

1 引言

光电经纬仪是综合应用光、机、电、微机等先进技术的光学工程,主要用途是测量飞行目标的航迹、遭遇参数,实时提供高精度的安全信息和进行高速事态记录。应用它可在多种试验场区针对多种目标,进行高精度的事后测量,也可进行一般精度的实时测量。此外,它还具有自动跟踪、单站测量、对被测目标实行实时监视的能力。自本世纪五十年代以来,我国大型跟踪式光电经纬仪经历了三个发展阶段,第一阶段以光学机械为主,电子学很少发挥作用;第二阶段,光机电相结合,以数字化随动系统为其代表;第三阶段,除研制更高精度光机系统外,又采用了大量新技术,其中以激光测距、红外跟踪、电视跟踪为其主要特色。由于光机轴系精度已接近极限,因此为提高系统的可靠性、自动化程度、跟踪及实时输出精度,必须全面采用新技术,即微处理技术和多传感器信息融合技术。

2 多传感器信息融合的基本概念

2.1 多传感器融合

多传感器融合(Multi-sensor fusion)是指多传感器的最优使用^[1]。由于传感器的主要作用是输出信号,而对信号(Signal)数字化并经过转换得到数据(Data),这个过程称为数据采集,而数据经过各种方法(methods)的处理便得到信息(Information);系统又根据信息进行决策,决策方法也是多种多样。因而多传感器融合被分级为:信号级融合(Signal Fusion)、数据级融合(Data Fusion)、信息级融合(Information Fusion)和决策级融合(Decision Fusion)。

2.2 多传感器信息融合

多传感器信息融合(Multi-Sensor Data Fusion)是把多种传感器集中于一个统一的感知系统(这个感知系统就是多传感器信息融合系统)中,从而有机地综合利用多个传感器来的数据和信息,以便获得对周围环境的更多或更准确可靠的认识^[2]。根据国外研究成果,信息融合比较确切的定义可概括为:利用计算机技术对接时序获得的若干传感器的观测信息在一定准则下加以自动分析、综合以完成所需的决策和估计任务而进行的信息处理过程^[3]。按照这一定义,多传感器系统是信息融合的硬件基础,多源信息是信息融合的加工对象,协调优化和综合处理是信息融合的核心。

2.3 信息融合的功能模型

多传感器的信息融合是多传感器总体集成的关键。在武器装备中,信息融合贯穿于作战的全过程,其基本模型大致可以分为五级如图1所示,即检测级融合、位置级融合、属性级融合、态势评估、威胁程度估计。第一级属于低级融合,其发展方向是分布式检测,第二级和第三级属于中间层次,是最重要的两级,第四和第五是决策级融合,是C³I系统的核心内容。

在模型图中,信息融合系统的功能主要有校准、相关、识别、估计。其中校准和相关是为识别和估计做准备的,实际融合在识别和估计中进行。该模型的融合功能分两步完成,对应于不同的信息抽象层次,第一步是低层处理,对应于元素级融合和特征级融合,输出的是状态、特征和属性等;第二步是高层处理(行为估计),对应的是决策级融合,输出的是抽象结果,如威胁、企图和目的等。

(1)检测(探测) 传感器扫描监视区域。每扫描一次,就报告在该区域中检测到的所有目标。每个传感器进行独立的测量和判断,一旦判为目标,就将各

^{*}中国科学院长春光机所青年创新基金资助项目(Q01B12)。谭振江 副教授,博士,主要从事计算机应用及数据融合方面的研究。

种测量参数(目标特性参数和状态参数)报告给融合中心。

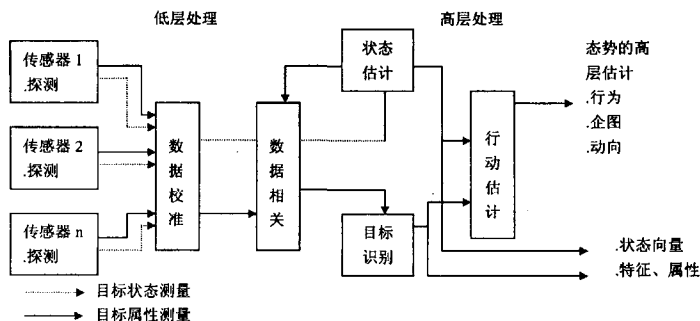


图1 信息融合系统的功能模型

(2)校准(对准) 数据对准单元的作用是为了统一各传感器的时间和空间参考点。若各传感器在时间和空间上是独立地异步工作的,则必须事先进行时间和空间校准,即进行时间搬移和坐标变换,以形成融合所需的统一的时间和空间参考点。

(3)相关(互联、关联) 数据相关单元的作用是判别不同时间空间的数据是否来自同一目标。每次扫描结束时,相关单元将收集到的某个传感器的新报告,与其它传感器的新报告以及该传感器过去的报告进行相关处理。利用多传感器数据对目标进行估计,首先要求这些数据来自同一目标。不论进行时间融合或是空间融合,都必须先进行相关处理,以判别属于同一目标的数据。在相关的基础上,将收集到的每个传感器新报告指派为下列假设中的一个:一个新目标探测集、一个已存在的目标集或一个虚警。

(4)状态估计 又称目标跟踪。每次扫描结束时就将新数据集与原有的(以前扫描得到的)数据进行融合,根据传感器的观测值估计目标参数(如位置,速度),并利用这些估计预测下一次扫描中目标的位置。预测值又被反馈给随后的扫描,以便进行相关处理。状态估计单元的输出是目标的状态估计,如状态向量轨迹等。

(5)目标识别 亦称属性分类或身份估计,即根据不同传感器测得的目标特征形成一个N维的特征向量,其中每一维代表目标的一个独立特征。若预先知道目标有m个类型,以及每类目标的特征,则可将实测特征向量与已知类别的特征进行比较,从而确定目标的类别。目标识别可看作是目标属性的估计。

(6)行为估计 将所有目标的数据集(目标状态和类型)与先前确定的可能态势的行为模式相比较,以确定哪种行为模式与监视区域内所有目标的状态

最匹配。这里的行为模式是抽象模式,如对敌人目标企图可分为侦察、攻击、异常等。行为估计单元的输出是态势评定、威胁估计以及动向、目标企图等。

总之,相关、识别和估计处理功能贯穿于整个融合系统,是融合系统的基本功能。但运用这些功能的顺序对融合系统的体系结构、处理特点以及性能影响非常大。

3 信息融合的技术和方法

信息融合作为一种数据综合和处理技术,实际上是许多传统学科和新技术的集成和应用,其中包括通信、模式识别、决策论、不确定性理论、信号处理、估计理论、最优化技术、计算机科学、人工智能和神经网络等。为了进行信息融合,所采用的信息表示和处理方法均来自这些领域。从信息融合的功能模型可以看到,融合的基本功能是相关、估计和识别,重点是估计和识别。典型应用是目标跟踪和识别。

(1)相关技术 相关处理要求对多传感器或多源测量信息的相关性进行定量分析,按照一定的判别原则,将信息分为不同的集合,每个集合中的信息都与同一源(目标或事件)关联。解决相关问题的技术和算法,如最近邻法则、最大似然法、最优差别、统计关联和联合统计关联等。

(2)估计理论 统计估计器最早用于估计行星位置。1795年 Gauss 提出最小二乘法,引入了使用带有估计误差的多个观测数据概念。1912年 Fisher 在最大似然估计法中运用观测结果的概率密度函数,使估计的概率密度函数的对数值最大。20世纪40年代,Kolmogorov 和 Winer 对统计估计概念进行了补充,用于连续或离散的测量序列中^[4]。直到20世纪70年代,统计估计器发展为一种实用的递推估计器——卡尔曼滤波器。后来引进了非线性,并正在开发

连续测量的估计方法,以改进多传感器多目标系统的估计方法。这些估计方法的假设前提是:一个能把各种测量结果与参数关联起来的线性模型;具有关于测量误差的统计知识;已确定测量数据来自同一目标或事件,估计理论的应用范围包括几何定位、跟踪和测向。目前进行估计的计算机软件能够依据几千次观测,估计出由几百个变量构成的一个状态向量。

(3)识别技术 识别技术有许多种,如贝叶斯法、模板法、表决法、证据推理(Dempster-Shafer)法、神经网络、专家系统等方法。

4 在光电经纬仪系统中的应用研究

组成光电经纬仪的主要分系统有:

(1)主摄影系统;(2)测角系统;(3)随动及半自动跟踪系统;(4)电视自动跟踪测量系统;(5)红外自

动跟踪测量系统;(6)激光自动跟踪测量系统;(7)微机控制及数据实时处理系统;(8)激光测距系统。

经纬仪系统是一个比较复杂的多传感器系统,我们重点研究电视自动跟踪测量系统、红外自动跟踪测量系统、激光测距系统,根据各传感器的特征,并结合外部环境条件,确定主跟踪系统,同时配合其它系统进行融合处理,实时为传动系统提供较准确可靠的目标的脱靶量,从而提高系统的自动化程度和捕获跟踪能力。

各传感器的特点:

捕获 TV 特点:视场大;作用距离近;精度低。

测量 TV 特点:分视场小;作用距离远;精度高。

红外 IRTV 特点:分辨率低;S/N(信噪比)低;但有热信号,不受天气影响。

激光 Laser 测距特点:可测距离信息弥补电视。

跟踪测量系统信息融合结构如图2所示。

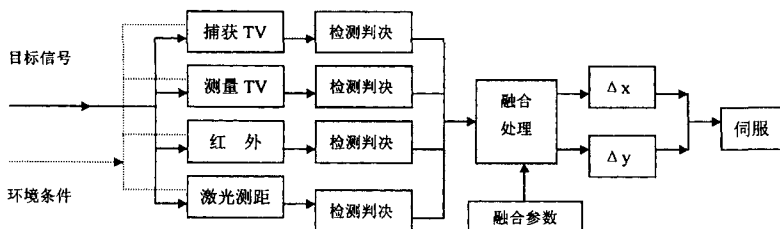


图2 跟踪测量系统信息融合结构图

结束语 近年来,随着现代战争手段的不断变化,对战场情报信息系统的要求越来越高。目标机动性的增强,要求更早的检测和识别目标,并要求尽量缩短反应时间。我们用多源信息的融合互补,可以提高目标的检测和捕获跟踪能力。所以我们进行多传感器信息融合技术在光电经纬仪系统中的应用研究,目的是把信息融合技术应用到传统的经纬仪跟踪测量系统中,使经纬仪的跟踪测量更加智能化,提高仪器的可靠性和自动化程度,而且对跟踪精度及实时输出精度也有较明显的提高。信息融合是一门跨学科的综合理论和方法,尚处在不断的探索和发展过程中。只要我们不断努力,不久的将来,信息融合的基础理论、兼有稳健性和准确性的融合算法都将得以完善和实现,多传感器信息融合系统将在更

多行业领域得到实际应用。我国在这方面的研究应该而且必须赶上发达国家的水平。

参考文献

- 1 Luo R C, Kay M G. Multisensor Integration and Fusion in Intelligent System. IEEE Trans. System. Man and Cybernetics [J], 1989, SMC-19: 901~931
- 2 袁军, 黄心汉, 陈锦江. 基于多传感器的智能机器人信息融合、控制结构和应用[J]. 机器人, 1994, 16(5)
- 3 Llinas J, Waltz E. Multisensor Data Fusion. Artech House [M]. Norwood, Massachusetts, 1990
- 4 Hall D L. Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion. Artech House [M], Boston, London, 1992
- 5 何友, 王国宏, 陆大金, 等. 多传感器信息融合及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000