

多传感器中传感器配准技术发展综述

贺席兵, 李教, 敬忠良
(西北工业大学 自动控制系, 陕西 西安 710072)

摘要:多传感器配准技术是多传感器数据融合中的一个重要环节。文中介绍了多传感器配准误差源的主要来源及配准方法,综述了现有的多传感器配准技术,最后提出了采用神经网络和知识库以及智能计算相结合的方法来解决配准这一难题。

关键词:配准误差源;时间配准;空间配准

中图分类号:V243;TP14 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)02-0011-04

在过去的几年中人们对使用传感器网络监测越来越关心。传感器网络可以从许多独立运行的传感器中获得大批数据进行融合从而形成状态互补,利用多传感器构成的传感器网络具有增大数据的覆盖面、增强系统的可靠性和鲁棒性等优点。在进行数据处理过程中,为获得目标的可靠信息需把局部传感器测得的数据转换到公共参考坐标系中,但由于存在传感器的偏差和测量误差,直接进行转换很难保证精度和发挥出利用多传感器的优越性,因此在多传感器数据进行处理时需要一些传感器的配准算法^[1-2]。

1 传感器的配准方法

传感器的配准是指多传感器数据“无误差”转换时所需的处理过程。多传感器配准误差的主要来源有^[3-4]

1)传感器的校准误差,也就是传感器本身的偏差。

2)各传感器参考坐标系中测量的方位角、高低角和距离偏差。通常是由传感器的惯性测量单元的测量仪而引起的。

3)相对于公共坐标系的传感器的位置误差和计时误差。位置误差通常由传感器导航系统的偏差引起,而计时误差常由传感器的时钟偏差所至。

为解决多传感器的配准问题,国内外的学者对此做了众多的研究工作,归纳起来有三类解决方法^[5-7]

1)离线估计法。这类方法适用于目标位置已知,并且传感器的偏差相对于时空都是恒定的情况。

2)在线估计传感器偏差法。此法适用于目标位置未知,但传感器的偏差相对于时空仍是恒定的情况。

3)同时对传感器探测的目标状态和传感器的系统偏差进行估计。

上述三类方法各自解决了多传感器配准中的一些问题,但从最终所解决问题的方面来看,对传感器配准技术的研究可以归结为时间配准和空间配准两个方面来进行。

2 传感器的时空配准算法

2.1 时间配准算法

假设有两类传感器,分别表示为传感器A和传感器B,其采样周期分别为 τ 和 T ,且两者之比为 n ,如果第一类传感器A对目标状态最近一次更新时刻为 $(k-1)\tau$,下一次更新时刻为 $k=(k-1)\tau+nT$;第二类传感

收稿日期:2000-11-29

基金项目:航空基础科学基金资助项目(99F53060)

作者简介:贺席兵(1976-),男,四川仪陇县人,博士生,主要从事控制理论研究。

器 B 对目标状态最近一次更新时刻为 $(k-1)T$, 下一次更新时刻为 kT ; 这表明第一类传感器 A 连续两次目标状态更新之间第二类传感器 B 有 n 次测量值。

Blairw D^[8]、周锐^[9]采用最小二乘规则将第二类传感器的 n 次测量值融合成一个虚拟的测量值作为第 k 时刻第二类传感器的测量值, 然后同第一类传感器的测量值进行融合, 从而得到第 k 时间两传感器测得目标状态的融合值。他们的方法是假定两类传感器的采样周期之比 n 为整数。

王宝树等^[10]采用在同一时间片内对各种传感器采集的目标观测数据进行内插、外推将高精度观测时间上的数据推算到低精度时间点上, 其算法为: 先取定时间片 T ; 时间片的划分随具体运动目标而异, 目标的状态可分为静止、低速运动和高速运动, 对应融合时间片可以选为小时、分钟或秒级。再将各传感器观测数据按测量精度进行增量排序。最后将各高精度观测数据分别向最低精度时间点内插、外推, 从而形成一系列等间隔的目标观测数据以进行融合处理。

2.2 空间配准算法

Burke J^[11]提出的实时质量控制法(RTQC)采用对每个传感器所测得的数据进行平均处理, 然后取平均值作为传感器的观测值。Heung L^[12]提出的最小二乘法(LS)采用对每个传感器所测得的数据运用最小二乘法进行运算处理, 取其运算结果作为传感器最终观测值。而 Dana M P^[11]提出的加权最小二乘法(GLS)只是最小二乘法的一种推广, 它是根据传感器所测数据的方差为每个测量值赋予不同的权值, 然后运用最小二乘法进行计算。

上述三种方法都忽略了传感器测量噪声和各传感器相对于公共坐标系的偏差对传感器配准误差的影响, 所以只有当测量噪声很小时, 算法的性能才比较好, 并且这三种算法都是基于二维区域性平面中立体投影进行的。即是说, 首先运用立体投影技术把传感器的测量值投影到一个与地球相切的局部传感器坐标平面上, 然后转换到区域平面上, 最后在此平面上利用不同传感器的不同测量值对传感器偏差进行估计。这就不可避免地出现误报和配准模型的不准确^[13-14]。

Zhou^[4]提出的精确极大似然法(EML)是利用传感器在系统平面中的测量值, 运用极大似然法则对目标的位置和传感器的偏差同时进行估计, 它运用了两步递归优化来加快估计的收敛速度。精确极大似然法虽然考虑了传感器的测量噪声, 但仍是基于二维区域平面中立体投影进行的, 避免不了数据的误报和配准模型的不准确。

Zhou, Heung L 等^[15]提出的在地球坐标系中配准方法, 先运用测地转换法则^[16-17]把传感器的测量值转换到地球坐标中, 并把传感器在地球参考坐标系中的偏差归结为传感器本身的偏差, 然后运用最小二乘法对传感器的偏差进行估计。此算法解决了基于二维区域性平面中立体投影带来的不利影响, 但在进行传感器偏差估计时忽略了传感器的测量噪声的影响。

Helmick^[3]利用卡尔曼滤波来估计传感器偏差参数。该算法以一个传感器为参考, 利用多个传感器对目标的位置观测值的微分估算出传感器的偏差参数, 然后把其余各传感器对准到该传感器的参考坐标系中, 消除传感器偏差。此方法所估计出的偏差包括了传感器的校准误差和姿势误差, 但只适用于基于同一平台的多传感器, 传感器的位置已知, 传感器的校准误差和姿势误差较小, 且不随时间变化的情况。

Nabaa^[18]采用目标的非线性转换坐标机动模型, 对分布式传感器的位置误差和方向误差进行估计, 证明了扩展的卡尔曼滤波能够准确地估计出多个三坐标雷达相对于公共参考坐标系的位置与方位误差。Nabaa所用的扩展的卡尔曼滤波算法综合考虑了传感器系统偏差和相对于公共参考坐标的位置、方位误差, 但要求传感器的时钟完全同步并无测量噪声。

Karniely^[19]提出了运用神经网络方法来估计传感器的各类偏差。Karniely认为传统的解决配准问题的方法都是基于统计模型的方法, 这些方法假设系统偏差源于一个固定的偏差集合, 而实际情况并非如此, 影响系统偏差的因素有许多是不确定的。Karniely提出的神经网络法不需要预先知道系统偏差的来源就能解决各类传感器偏差, 但神经网络的训练时间比较长, 不能满足某些实时要求。

3 多传感器配准算法研究

传统的多传感器配准算法有求平均值法、最小二乘法以及推广的最小二乘法都是基于统计模型的方法, 这些算法都需要存贮大批的数据, 且随着数据的增大, 计算量也随着倍增。卡尔曼滤波和推广的卡尔曼滤波

虽解决了对数据量的要求,但仍没有脱离对系统误差来源的限制。精确极大似然法尽量多地考虑了可能的误差,但也没有完全解决坐标转换中引入的误差量。基于地球坐标系的配准算法虽然解决了坐标转换过程中可能引入的误差,但在坐标转换后所进行的误差估计仍是基于统计模型的方法。而 Karniely 最近提出的神经网络法虽解决了系统误差的不确定性,但对神经网络进行训练需要较长的时间,无法满足实时性的要求。

从已有的配准算法来看都只是解决了一部分问题。随着传感器技术的不断发展,将会不断地涌现出一些不确定性的配准误差源,所以建立一个与配准模型无关的配准处理过程就显得非常重要。利用神经网络本身的优点,如果能在训练集中基于所有数据定义一类条件,确保对于各种不同的偏差训练都能收敛,那么就可以在缺乏先验知识的条件下控制训练集合的数据。而针对多变的传感器偏差,可结合知识库利用已有的网络权重或计算智能理论^[20]来适应传感器偏差的变化,从而解决利用神经网络进行配准的不足之处。

4 结论

多传感器配准具有重要的意义,但由于配准的复杂性,难度比较大,到目前为止的配准算法都只考虑了部分条件才具有较好的性能,基于神经网络的训练为研究更好的配准算法提供了基础,但还应结合知识库以及计算智能方面的理论来最终解决目前尚未解决的问题。

参考文献:

- [1] Dana M P. Registration: A prerequisite for multiple sensor tracking [A]. Y. Bar-Shalon. Multitarget-Multisensor Tracking: Advanced Applications [C]. Norwood MA: Artech House, 1990
- [2] Fischer W L, Muehe C E. Registration errors in a netted surveillance system [R]. MIT Lincoln Lab, 1980.
- [3] Helmick R E, Rice T R. Removal of alignment errors in an integrated system of two 3D sensors [J]. IEEE T-AES, 1993, 29(4): 1333 - 1343.
- [4] Zhou Yifeng, Henry L. An exact maximum likelihood registration algorithm for data fusion [J]. IEEE Trans. Signal Processing, 1997, 45(6): 1560 - 1572.
- [5] Friedland B. Treatment of bias in recursive filtering [J]. IEEE T-AES, 1978, 14(3): 359 - 367.
- [6] Dhar S. Application of a recursive method for registration error correction in tracking with multiple sensor [A]. proceedings of the American control conference [C]. San Francisco - CA, 1993.
- [7] Wax M. Position location from sensors with position uncertainty [J]. IEEE T-AES, 1983, 19(5): 650 - 661.
- [8] Blair W D, Rice T R. A synchronous data fusion for target tracking with a multitasking radar and option sensor [J]. SPIE, 1991, (1482): 234 - 245.
- [9] 周 锐, 申功勋, 房建成, 等. 多传感器融合目标跟踪 [J]. 航空学报, 1998, 19(5): 536 - 540.
- [10] 王宝树, 李芳社. 基于数据融合技术的多目标跟踪算法研究 [J]. 西安电子科技大学学报, 1998, 25(3): 269 - 272.
- [11] Burke J. The SAGE real quality control fraction and its interface with BUIC II/BUIC III [R]. MITRE corporation, 1966.
- [12] Leung H, Blanchette M. A least squares fusion of multiple radar data [A]. proceedings of RADAR 1994 [C]. Paris, 1994.
- [13] Mulholland R G, Stout D W. Sterographic projection in the national airspace system [J]. IEEE T-AES, 1982, 18(1): 48 - 57.
- [14] Kim K H, Smytom P. A Sterographic projection in netted radar system [R]. Technical Report 10296, MITRE corporation, 1988.
- [15] Zhou Yifeng, Henry L, Martin B. Sensor alignment with Earth-centered Earth-fixed coordinate system [J]. IEEE T-AES, 1999, 35(2): 410-416.
- [16] Zhu J. Conversion of earth-centered, earth-fixed coordination to geodetic coordinates [J]. IEEE T-AES, 1994, 30(3): 957 - 962.
- [17] Olson D K. Conversion of earth-centered, earth-fixed coordination to geodetic coordinates [J]. IEEE T-AES, 1996, 32(1): 473 - 376.
- [18] Nassib Nabaa, Robert H. Bishop. Solution to a multisensor tracking problem with sensor registration errors [J]. IEEE T-AES, 1999, 35(1): 354 - 363.
- [19] Haim Karniely, Hava T S. Sensor registration using neural network [J]. IEEE T-AES, 2000, 36(1): 85 - 100.
- [20] 蔡自兴. 智能控制-基础与应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.

An Overview for Development of the Techniques on Multiple Sensor Registration

HE Xi-bin, LI-jiao, JING Zhong-liang

(Dept. of Auto-Control, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract· Multiple sensor registration is important link in multisensor data fusion. In this paper, the source of registration errors and principle of registration techniques are briefly introduced firstly. Then, a review of the available techniques for multisensor registration is given. Finally, the combined technique of computational intelligence, knowledge base and neural networks is proposed to solve the problem of registration.

Key words· sources of registration errors; time aligning; space aligning

声 明

为适应我国信息化建设的需要,推进科技信息交流网络化进程,扩大作者学术交流渠道,本刊已加入“万方数据(ChinaInfo)系统科技期刊群”(http://www.chinainfo.gov.cn/periodical)。作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付清。如作者不同意将文章编入该数据库,请在来稿时声明,本刊将作适当处理