

小波滤波方法在光纤陀螺惯导系统初始对准中的应用

白俊卿¹, 张 科¹, 张 琪²

(1 西北工业大学, 陕西 西安 710072; 2 航天 16 所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 光纤陀螺捷联惯导系统初始对准的精度直接影响到系统的导航精度, 而光纤陀螺的随机漂移则是影响系统初始对准精度的重要因素. 对小波分析的理论进行深入的研究, 将多种小波滤波方法应用于光纤陀螺随机漂移数据的处理中, 并对小波滤波结果进行对比, 选定出在工程应用中最佳的小波滤波方法, 应用 Allan 方差分析对该方法进行性能评估, 并将此小波滤波方法应用于初始对准试验中, 对试验结果进行分析, 验证了最佳小波滤波方法的先进性, 具有较高的工程意义.

关键词: 光纤陀螺惯导系统; 初始对准; 小波滤波; Allan 方差分析

中图分类号: V249

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2014)12-0111-03

The Application for the Wavelet Filter Method Used in the Fiber Optic Gyro Initial Alignment of Inertial Navigation System

BAI Jun-qing¹, ZHANG Ke¹, ZHANG Qi²

(1 Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China; 2 16th Research Institute, Xi'an 710100, China;)

Abstract: The random drift of fiber optic gyro is a important factor direct affected the accuracy of the optical for the fiber gyro inertial navigation system and the drift of the fiber optic gyro random is the important factors influencing the system initial alignment precision. In the paper, the theory of wavelet analysis was in-depth studied, it use multiple wavelet filtering methods to the inertial navigation system, Compare with the results of the filter and select out the best wavelet filter method for the engineering application. The Allan variance analysis method is used for performance evaluation. The wavelet filter method is applied to initial alignment test, and the results is tested. It verify the best wavelet filter method and it has high engineering significance.

Key words: FOG inertial navigation system; initial alignment; the wavelet filtering; Allan variance analysis

1 引言

对 FOG SINS 进行初始对准是一项重要的工作, 它的主要任务是为接下来捷联解算确定载体坐标系和真实导航坐标系之间的捷联矩阵初始值, 是决定系统导航精度的一个关键因素. 在光纤陀螺捷联惯导系统的工程应用中, 系统误差中含有许多确定性和随机性的误差项. 确定性误差可以通过标定测试加以补偿, 而真正影响光纤陀螺精度、最难以控制的却是随机漂移, 使得在应用中不易准确地提取光纤陀螺的真实信号, 大大影响了初始对准的精

度. 因此, 对光纤陀螺随机漂移的研究与处理成为提高系统初始对准精度的重要途径. 而该领域研究多集中在针对某一小波的特定应用条件下所进行研究, 并没有对多个小波方法进行比较从而选定出适合于工程应用中的最佳小波滤波方法.

本文对小波分析的理论进行深入的研究, 将多种小波滤波方法应用于光纤陀螺随机漂移数据的处理中, 并对小波滤波结果进行对比, 选定出在工程应用中最佳的小波滤波方法, 并应用 Allan 方差分析方法进行性能评估, 将此小波滤波方法应用于初始对准试验中, 并对试验结果进行分析, 验证了最佳小

收稿日期: 2014-02-12; 修回日期: 2014-04-03

基金项目: 航天支撑基金资助项目(NAXW0006)

波滤波方法的先进性,具有较高的工程意义.

2 小波函数的选取

这里选取了四个工程应用中常用且性能较好的小波函数,它们分别为:Daubechies 小波、Symlets 小波、coiflets 小波和 bior 双正交样条小波.

3 小波滤波方法的应用

3.1 原始数据的采集

选取实验室内获得的光纤陀螺固定位置测试数据,信号的采样频率为 200 Hz,样本长度为 1 h,原始信号如图 1 所示.原始信号的均值为 0.394 2,均方差为 0.778 0.

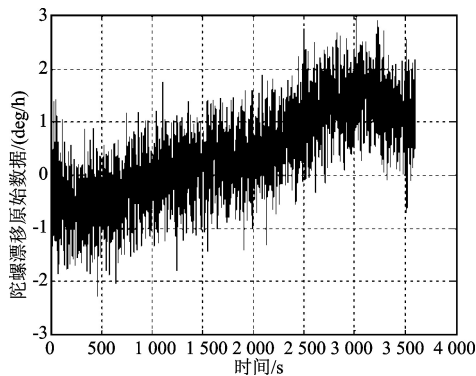


图 1 陀螺漂移的原始数据

3.2 多尺度小波滤波

用四种小波对陀螺随机漂移信号进行多尺度滤波,各尺度下滤波结果的均方误差如表 1 所示.从表中可以看出 sym5 小波在各个尺度下的滤波效果与其他三种小波相比效果较好,而且随着尺度的增大其误差呈越来越小的趋势.

3.3 sym5 小波滤波

在得出 sym5 在光纤陀螺随机漂移滤波中表现优异结论的基础上,对 sym5 小波进行进一步滤波研究.

3.3.1 小波阈值处理方法

工程应用中对小波阈值的处理方法有三种,分别默认阈值滤波处理方法、给定阈值滤波处理方法和强制滤波处理方法.

3.3.2 小波阈值处理与 sym5 滤波

对陀螺漂移原始数据用 sym5 小波进行处理,采用三种阈值处理方法进行五尺度的小波分解,滤波结果如图 2 所示.从图中可以看出,应用强制滤波处理后的信号较为光滑,因此强制滤波法滤波效果较好.

表 1 四种小波不同尺度下滤波结果的均方误差比较

小波名称	六尺度	七尺度	八尺度	九尺度
Coif 5	0.502 6	0.502 5	0.501 9	0.498 4
Db5	0.501 7	0.500 5	0.498 6	0.494 0
Sym5	0.501 7	0.500 9	0.500 4	0.014 2
Bior1.5	0.504 3	0.504 6	0.508 9	0.520 1

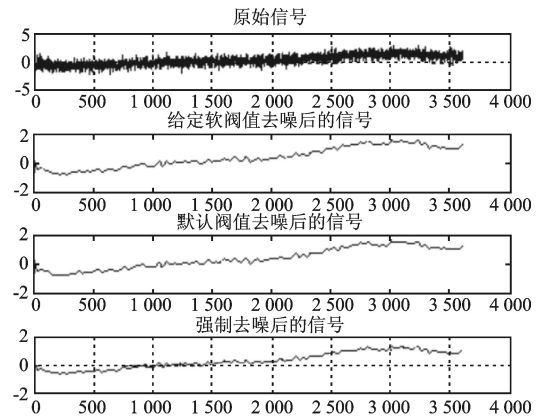


图 2 五尺度下三种阈值处理方法的滤波效果

4 Allan 方差分析

用 Allan 方差进行性能评价,下图给出 sym5 小波强制滤波前后双对数曲线图,从图 3 中可明显看出,光纤陀螺随机漂移中中存在的误差源如较滤波前有了明显减小,验证了小波滤波的高效性.

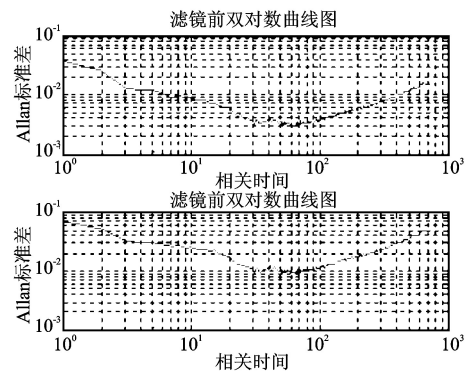


图 3 小波滤波前后双对数曲线图

5 初始对准试验

根据以上的研究成果,将 sym5 小波强制滤波方法应用到光纤陀螺惯性导航系统初始对准中,,利用小波滤波对光纤陀螺的随机漂移进行有效滤波.初始对准结果如图所示.由图 4、图 5 可知,在采用 sym5 小波强制滤波方法后进行的初始对准,其姿态与航向失准角的估计误差明显降低了,同时收敛时

间也有所减少。

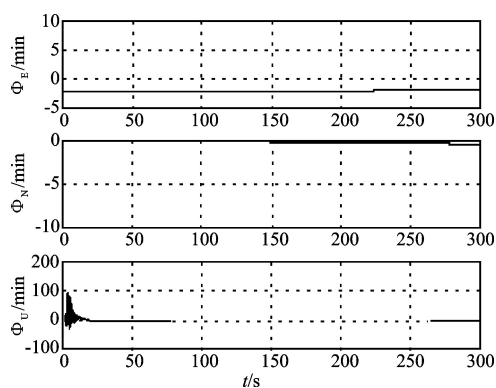


图4 小波滤波后初始对准姿态误差

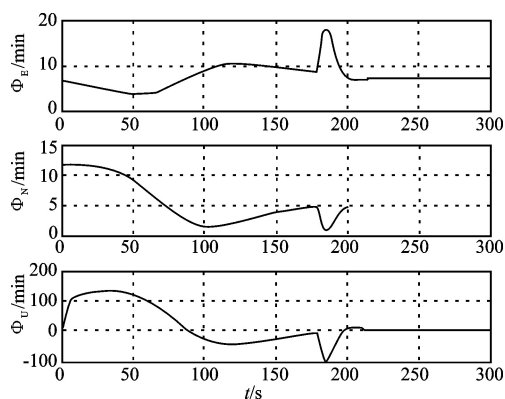


图5 未经滤波处理的初始对准姿态误差

6 结束语

在对小波分析的理论进行深入的研究的基础上,将多种小波滤波方法应用于光纤陀螺随机漂移数据的处理中,通过滤波效果与小波阈值滤波方法相结合的方法,最终选定出在工程应用中最佳的小波滤波方法,能够最大程度上抑制陀螺的随机漂移。应用 Allan 方差分析方法对该小波进行性能评估,验证了此方法的正确性,并将此最佳小波滤波方法应用于初始对准试验中,并对试验结果进行分析,得出有效结论,再次验证了最佳小波滤波方法的先进

性,具有较高的工程意义。

致谢 感谢西北工业大学张科教授给予的指导和帮助。

参考文献:

- [1] 王继成. 小波分析在信号去噪中的应用[J]. 数学的实践与认识, 2008, 38(23): 134-136.
- [2] 张涛, 徐晓苏. 基于小波和人工智能的舰载捷联系统动基座对准[J]. 吉林大学学报, 2010, 40(2): 549-554.
- [3] 董绪荣, 张守信, 华仲春. GPS/SINS 组合导航定位及其应用[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1998.
- [4] 王雅静, 申晋, 郑刚. 基于多尺度变换的动态光散射粒径反演范围的自适应调整[J]. 强激光与粒子束, 2010, 22(12): 2979-2983.
- [5] 张立保, 敖鹏亮. 基于小波变换的图像混合噪声自适应滤除算法[J]. 强激光与粒子束, 2010, 22(11): 2540-2544.
- [6] 邓义君, 严高师. 一种基于小波变换的红外小目标去噪算法[J]. 强激光与粒子束, 2007, 22(3): 399-402.
- [7] 于旭东, 张鹏飞, 谢元平. 单轴旋转惯导系统轴向陀螺漂移预测方法[J]. 强激光与粒子束, 2013, 22(4): 399-402.
- [8] Donohodl. De-noising by soft-thresholding[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2005, 41(3): 613-626.
- [9] Daubechies. Orthogonal bases of compactly supported wavelets[J]. Comm Pure Appl Math, 1998(41): 909-996.
- [10] 徐正光, 沈晓冬, 张利欣. 基于小波变换和神经网络集成的人脸表情识别[J]. 微电子学与计算机, 2006(7): 143-146.

作者简介:

白俊卿 女, (1983-), 博士生. 研究方向为多传感器组合导航系统信息融合技术, 车载定位定向技术等方面的研究. E-mail: baihua-2001@163.com.

(上接第 110 页)

- [4] 袁前飞. 基于支持向量机的癌症诊断研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2007.
- [5] 葛彦强, 汪向征, 于江德. 一种利用自组织映射和径向基函数神经网络的网络拥塞预测方法[J]. 微电子学与计算机, 2012, 29(12): 176-179.
- [6] 吴柯, 方强, 张俊玲, 等. 基于改进 Kohonen 神经网络的遥感影像分类[J]. 测绘信息与工程, 2007, 32(2): 47-49.

- [7] 雷璐宁, 石为人, 范敏. 基于改进的 SOM 神经网络在水质评价分析中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(11): 2380-2383.

作者简介:

马卫 女, (1980-), 研究生, 讲师. 研究方向为数据挖掘与网络安全. E-mail: mw0626@163.com.

马全富 男, (1978-), 博士, 研究方向为妇科肿瘤防治研究.