

1. 一种基于扩张状态的参数自整定卡尔曼滤波器设计方法

申请号

CN202211531483

申请日

2022.12.01

公开(公告)日

2023.08.01

ipc分类号

G06F17/16

申请(专利权)人

中国科学院光电技术研究所

发明人

毛耀；孙敏行；申庆瑜；王俊喆；包启亮

摘要

- ABSTRACT : 本发明公开了一种基于扩张状态的参数自整定卡尔曼滤波器设计方法，用于降低滤波器对非线性、变轨迹运动目标进行状态估计时的估计误差，增强滤波曲线平滑性，满足更高精度的目标跟踪需求。传统的卡尔曼滤波虽能实现在高斯噪声下的最优估计，但它仅适用于线性的被跟踪目标状态方程，且要求状态方程精确。将它应用于运动目标状态估计领域时，面对通常无法预先建模的甚至具有机动性的被跟踪目标，会无可避免地出现估计误差问题。本发明通过实时估计被跟踪目标的状态方程参数，使滤波器能够应用于非线性甚至变轨迹运动的目标跟踪领域。本发明突破了传统卡尔曼滤波方法的局限，有效提升滤波器的估计精度和滤波曲线平滑性，优化滤波器的估计效果。

权利要求

1. 一种基于扩张状态的参数自整定卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：通过估计一种目标跟踪卡尔曼滤波器的状态转移矩阵 F^{KF} 的参数，实现对非线性甚至变轨迹运动的目标的状态估计；下面分别为目标跟踪卡尔曼滤波器的状态转移方程与设计的扩张状态卡尔曼滤波器的被估计状态：

$$x_i = [p_i \ p_{i-1} \ \cdots \ p_{i-m+1} \ c_1 \ c_2 \ \cdots \ c_m]^T \quad 1 \times 2m$$

其中， x_i 代表经典卡尔曼滤波器的被估计状态， p_i 代表被跟踪目标在时刻*i*的位置， F^{KF} 是状态转移矩阵， B^{KF} 是过程噪声驱动矩阵， c_i 是过程噪声， c_i 是组成状态转移矩阵的参数， x_i 是参数自整定卡尔曼滤波器的被估计状态。

2. 根据权利要求1所述的基于扩张状态的参数自整定卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：新滤波器的状态转移方程不再是线性，需要使用无迹卡尔曼滤波算法进行估计；相应状态转移方程和观测方程如下：

$$z_i = h(x_i, v_i) = [1 \ 0 \ \cdots \ 0]_{1 \times 2m} x_i + v_i$$

其中， $f(x_i, u_i)$ 、 $h(x_i, v_i)$ 分别是参数自整定卡尔曼滤波器的状态转移方程和观测方程， u_i 、 v_i 分别是过程噪声和观测噪声。

3. 根据权利要求1所述的基于扩张状态的参数自整定卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：被估计状态的维度可按照控制器的计算能力和跟踪场景特性灵活选取，但权重值c的数目等于位置值p的数量。

4. 根据权利要求1所述的基于扩张状态的参数自整定卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：需要使用无迹卡尔曼滤波算法完成计算，具体实施步骤如下：

步骤(1)：设置参数 α 、 β 、 κ 、状态估计值初值 及状态数n、状态后验协方差初值 P_0 、观测噪声协方差R、过程噪声协方差Q、状态转移方程 观测方程

步骤(2)：计算参数 λ ；

步骤(3)：UT变换得到2n+1个Sigma点 $X^{(k)}$ ；

步骤(4)：计算2n+1个Sigma点 $X^{(k)}$ 各自的权值 $w^{(k)}$ ；

步骤(5)：2n+1个Sigma点 $X^{(k)}$ 分别做一步预测得到

步骤(6)：计算先验状态值 和状态先验协方差 $P_{i+1|i}$ ；

步骤(7)：计算2n+1个新的Sigma点

步骤(8)：观测模拟计算 $Z^{(k)}$ ；

步骤(9)：根据2n+1个 $Z^{(k)}$ 点及相应权值 $w^{(k)}$ ，预测观测值 和协方差 P_{xz} 和 P_{zz} ；

步骤(10)：计算卡尔曼增益矩阵K；

步骤(11)：计算系统的后验状态估计 和协方差 P_{i+1} ；

步骤(12)：计算被跟踪目标位置的估计值

步骤(13)：返回步骤(3)进行新一轮滤波计算。

5. 根据权利要求1所述的基于扩张状态的参数自整定卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：所述的目标跟踪卡尔曼滤波器，目标跟踪领域常用的卡尔曼滤波算法以被估计目标的运动学特征如位置、速度组成被估计量 此算法使用被估计目标历史位置及状态转移时各历史位置的线性组合系数组成状态转移矩阵；在许多情况下，此算法可以有效提高滤波器的适应性。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的基于扩张状态的参数自整定卡尔曼滤波器设计方法，其特征在于：使用基于扩张状态的参数自整定卡尔曼滤波器，可以在被跟踪目标无法预先建模运动方程的甚至具有机动性的情况下，通过估计卡尔曼滤波器状态转移矩阵的参数，显著提升估计结果的准确性和平滑性，增强滤波器的适应能力。