

文章编号: 2095-2163(2020)10-0092-03

中图分类号: TN2

文献标志码: A

基于卡尔曼滤波的无人机目标跟踪系统

段洪超, 袁天夫, 王宇倩, 皇甫萍萍

(上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海 201620)

摘要: 四旋翼无人机目前被广泛应用于民用或是军事领域。由于其灵活小巧且轻盈的优点,能代替人类探索未知地域或执行各种危险任务,如地形勘察、探取情报、目标跟踪等,而精确可靠的目标跟踪算法更是在无人机领域获得了广泛的应用。本文针对运动目标跟踪问题,将经典的卡尔曼滤波应用于跟踪算法中,对目标的运动行为进行状态预估,预测目标参数,对于目标被遮挡或者丢失的情况具有良好的跟踪效果。通过实验进行跟踪仿真表明:该算法提高了目标跟踪的稳定性、快速性和精确性,能够获得良好的跟踪效果。

关键词: 四旋翼无人机; 目标跟踪算法; 卡尔曼滤波

Target tracking system of UAV based on Kalman Filter

DUAN Qichao, YUAN Tianfu, WANG Yuqian, HUANGFU Pingping

(School of Electronic and Electrical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

[Abstract] Four-rotor UAV is widely used in civil and military fields. Small and light, it can take the place of humans in exploring unknown regions or performing dangerous tasks. Such as terrain survey, information retrieval, target tracking, etc. The precise and reliable target tracking algorithm has been widely used in the field of UAV. This paper aims at the problem of moving target tracking. The classical Kalman Filter is applied to the tracking algorithm. State estimation is carried out on the motion behavior of the target and the target parameters are predicted. It has good tracking effect when the target is blocked or lost. And through the experiment to carry on the tracking simulation research. Experiments show that the algorithm improves the stability, rapidity and accuracy of target tracking. The algorithm can get good tracking results.

[Key words] quad-rotor UAV; Target Tracking; Kalman Filter

0 引言

机器视觉是人工智能领域快速发展的一个重要分支,通过机器代替人眼来进行检测和判断,而目标跟踪算法则是当前机器视觉的一个重要研究方向。

目前市面上大多数跟踪算法相继被应用于无人机领域,例如:基于均值偏移(Meanshift)是一种概率密度分布的跟踪方法,这种算法适用于背景和色彩模块差异较大的情况,但在室内环境下的目标跟踪效果欠佳。根据仿射变换,排除伪特征点,然后基于图像像素守恒原理,进行两幅图像间变形评估,建立图像约束方程,达到准确跟踪目标。基于特征点检测的光流算法^[1];通过寻找一个滤波模板,让下一帧的图像与寻找到的滤波模板做卷积操作,响应最大的区域就是预测目标的相关滤波(Correlation Filter)跟踪算法^[2]。该算法的缺陷是如果目标快速移动,形状发生较大变化会对预测结果造成影响;而传统的跟踪算法只能对目标的运动状态与轨迹做一

个大致估计,当目标被遮挡时极易导致目标信息丢失,从而跟踪失效。

本文将经典的卡尔曼滤波(Kalmen Filter, KF)算法应用于无人机目标跟踪系统中。卡尔曼滤波是一种利用递归实现目标方位估计的滤波器,它能够从一系列含有噪声的测量中,估计预测目标系统的下一时刻的位置信息,对目标的轨迹进行预测,并且使用确信度较高的跟踪结果进行预测结果的修正,即只要获取上一时刻状态的估计值以及当前状态的观测值就可以计算出当前状态的估计值,因此不需要记录观测或者估计的历史信息,是控制领域常用的一种算法。

1 基于卡尔曼滤波的跟踪算法

1.1 卡尔曼滤波器

卡尔曼滤波器有很多用处,包括控制、导航等。卡尔曼滤波器是一种对动态系统的状态序列进行线性最小方差估计的算法,通过状态方程和观测方程

基金项目: 上海市大学生创新训练项目(cs1902010)。

作者简介: 段洪超(1999-),男,本科生,主要研究方向:单片机及其应用;袁天夫(1963-),男,硕士,副教授,主要研究方向:通信信号处理、嵌入式系统。

收稿日期: 2020-04-02

来描述一个动态系统, 基于系统以前的状态序列对下一个状态作最优估计, 预测时具有无偏、稳定和最优的特点, 且具有计算量小、可实时计算的特点, 可以较为准确地预测目标的位置和速度。

本文将卡尔曼滤波器运用在无人机目标跟踪上, 假设使用卡尔曼滤波器的 3 个条件:

- (1) 系统是线性的;
- (2) 影响测量的噪声属于白噪声;
- (3) 噪声服从高斯分布。

在线性高斯系统中, 运动方程、观测方程是线性的, 且两个噪声项服从零均值的高斯分布。卡尔曼滤波就是根据上一时刻的估计值递推求解的过程。

1.2 无人机目标跟踪流程

无人机目标跟踪流程如图 1 所示。待测目标通过镜头处理后的影像传输给摄像机, 摄像机捕获待检测目标的图像, 将其转换为电信号输入到图像采集卡初步的处理, 经过卡尔曼滤波器输入到无人机飞控系统中, 最后飞控对其进行分析和处理, 并将结果送入到控制机构, 对设备进行控制, 实现智能化的控制和处理。

1.3 目标状态预估算法

本文的目标状态估计算法是基于卡尔曼滤波的框架下, 通过预测和更新两个主要步骤完成对数据的处理, 最终实现对目标位置信息的预测估计。具体步骤如下:

- (1) 通过摄像头捕捉到运动目标的初始位置信息;
- (2) 通过卡尔曼滤波对返回的位置信息进行有关目标跟踪的处理。卡尔曼滤波的基础数学方程为状态方程与观测方程^[3], 式(1)和式(2):

$$x_k = A_{k,k-1} x_{k-1} + \xi_{k-1}, \quad (1)$$

$$Z_k = H_k Z_k + \eta_k. \quad (2)$$

其中: x_k 和 x_{k-1} 为 k 与 $k-1$ 时刻的状态向量; z_k 为 k 时刻的观测向量; $A_{k,k-1}$ 为从 $k-1$ 时刻到 k 时刻的状态转移矩阵; H_k 为观测矩阵; ξ_k 为系统噪声; η_k 为观测噪声; Q_k 、 R_k 分别表示 ξ_k 和 η_k 的方差。

关于状态修正与状态预测的过程方程涉及 5 个公式。

卡尔曼滤波增益, 式(3):

$$K_k = P_{k,k-1} H_k^T (H_k P_{k,k-1} H_k^T + R_k)^{-1}. \quad (3)$$

修正状态向量, 式(4):

$$x_k^l = x_{k,k-1}^l + K_k (Z_k - H_k x_{k,k-1}^l). \quad (4)$$

修正误差协方差矩阵, 式(5):

$$P_k = P_{k,k-1} (1 - K_k H_k). \quad (5)$$

状态向量预测方程, 式(6):

$$x_{k,k-1}^l = A_{k,k-1} x_{k-1}^l. \quad (6)$$

误差协方差预测方程, 式(7):

$$P_{k,k-1} = A_{k,k-1} P_{k-1} A_{k,k-1}^T + Q_{k-1}. \quad (7)$$

其中, 式(6)和式(7)是状态预测过程, 式子(3)、式(4)和式(5)则是对状态修正过程。

假定卡尔曼滤波的状态向量为式(8):

$$x_k = [x(k) \ y(k) \ V_x(k) \ V_y(k)]^T. \quad (8)$$

其中, $x(k)$ $y(k)$ 是返回的视频中得到的目标中心点位置坐标, $V_x(k)$ $V_y(k)$ 是通过计算得到的目标中心点在 x 轴 y 轴方向上的速度分量。) 根据卡尔曼滤波公式, 分别对 $A_{k,k-1}$ 、 Z_k 、 H_k 、 Q 、 R 进行设定。由于无人机上摄像头返回的视频流中相邻帧之间的目标运动过程可近似看成匀速运动, 因此为了便于计算, 本文设定相邻两帧间的时间间隔 $\Delta t = 1$, 则状态向量的初始值可以表示为式(9):

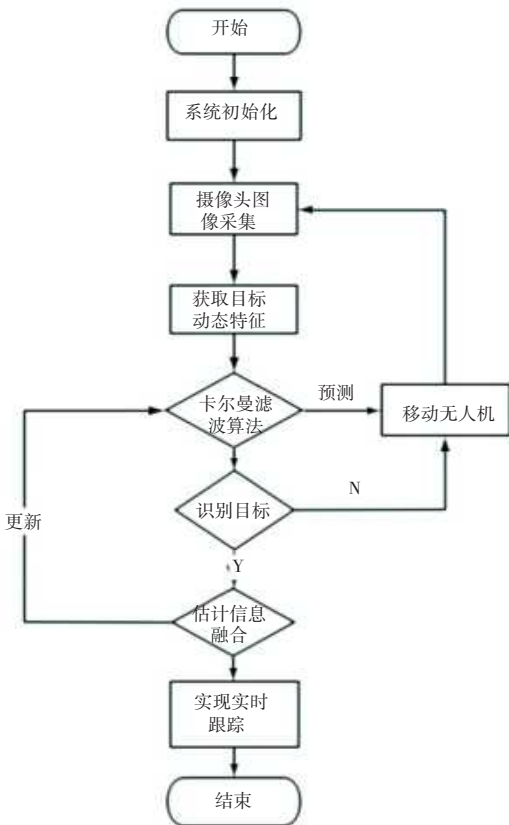


图 1 目标跟踪流程图

Fig. 1 Target tracking flow chart

$$x_0 = \begin{pmatrix} x(0) \\ y(0) \\ x(k) - x(k-1) \\ y(k) - y(k-1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x(0) \\ y(0) \\ x(k) - x(k-1) \\ y(k) - y(k-1) \end{pmatrix} \quad (9)$$

在基于此算法实现目标位置信息融合时,会出现两种情况:当目标物体被检测到时,卡尔曼滤波使用最新检测到的目标位置来更新状态,由此产生一个过滤的位置;当目标物体不出现在摄像头内时,卡尔曼滤波则完全依赖之前的状态信息预测当前帧中目标的位置。

(3)最终通过卡尔曼滤波返回的预测目标位置信息传入至飞控系统中,进行无人机的姿态调整以及飞行路线规划。

2 实验结果与分析

本文通过搭建无人机平台来评估卡尔曼滤波算法的可行性,采用 MATLAB 软件进行仿真实验,运动目标设置为移动小车,采集无人机所获取的图像进行结果分析。

仿真结果表明,卡尔曼滤波算法在追踪移动的物体时,无人机能够有效的跟进并捕捉目标位置,算法运算量少,拥有较高的跟踪实时性,如图 2 所示。但随着时间的累积,卡尔曼滤波器的自身原因会出现导航精度下降,算法性能仍需要改善。



图 2 无人机目标跟踪

Fig. 2 UAV target tracking

3 结束语

本文提出的一种基于卡尔曼滤波的无人机跟踪系统,该能够快速的处理目标信息数据,提高了目标的跟踪精度,无人机采用卡尔曼滤波算法预测时无偏差、运算速度快、不易丢失目标、具有一定的实时性,适用于复杂环境的目标追踪,拥有良好的发展前景。

参考文献

- [1] 陈戈,董明明. 基于特征点检测与光流法的运动目标跟踪算法[J]. 电子测量技术,2017,40(12):214-219.
- [2] 张微,康宝生. 相关滤波目标跟踪进展综述[J]. 中国图象图形学报,2017,22(8):1017-1033.
- [3] KALMAN R E. A new approach to linear filtering and prediction problems[J]. Journal of Basic Engineering,1960,82(1):35-45.

(上接第 91 页)



图 10 Faster R-CNN 检测失败对比图

Fig. 10 The instances of Faster R-CNN failed-detection

5 结束语

本文主要介绍了结合了双流网络与 3D 卷积网络特性并改良的网络模型,该网络模型提取视频帧的外观特征与运动特征,并经过膨胀 3D 卷积模块,双流卷积网络与长短期记忆网络提取跨时间信息。

最终学习视频时序变化的全局描述,达到进行精确的个体行为识别的目的。在 volleyball 数据集上的实验证明了本文提出的模型在群组中个体行为识别任务中的有效性。考虑到现实场景任务中的复杂性,如何在更加复杂的场景中更有效快速地完成人体行为识别任务,正是未来工作的重点之一。

参考文献

- [1] FEICHTENHOFER C, PINZ A, ZISSERMAN A. Convolutional two-stream network fusion for video action recognition [C]// Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2016. 1933-1941.
- [2] HE K, ZHANG X, REN S, et al. Deep residual learning for image recognition[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, 2016. 770-778.
- [3] HE K, ZHANG X, REN S, et al. Identity mappings in deep residual networks[C]//European conference on computer vision. Springer, Cham, 2016. 630-645.