

基于 mean shift 和粒子滤波的混合目标跟踪算法

邢浪漫, 范蟠果

(西北工业大学 自动化学院, 陕西 西安 710129)

摘要: 考虑到处理非线性非高斯问题的粒子滤波方法在鲁棒性和速度方面的缺点, 利用 mean-shift 算法找到后验概率的局部最优, 用构成新的粒子集合来确定目标的最终位置, 在不改变粒子滤波优点的同时提高了跟踪的速度。实验结果表明, 这种改进的混合跟踪方法在保证准确性的同时, 提高了系统的实时性和鲁棒性。

关键词: 运动目标跟踪; mean shift; bhattacharyya 系数; 粒子滤波

中图分类号: TP274.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)20-0047-03

Tracking algorithm based on mean shift and particle filter

Xing Langman, Fan Panguo

(College of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

Abstract: Considering the disadvantages of nonlinear and non-Gaussian particle filter method in the robustness and speed, the paper uses the mean shift algorithm to find the local optimal of posterior probability, to determine the final goal set position with a new particles and not to change the advantages of the particle filter and improve tracking speed. The experimental results show that the improved mixed tracking method ensures the accuracy and improves the the real time character and robustness simultaneously in the system.

Key words: object tracking; mean shift; bhattacharyya coefficient; particle filter

随着计算机技术的不断提高, 目标监测与跟踪成为计算机视觉技术^[1]、监控领域^[2]、故障诊断^[3]、医学图像^[4]等领域, 研究的核心课题之一。常用的目标跟踪可分为基于特征点的跟踪、基于区域的跟踪和基于目标轮廓的跟踪三类。适用于小目标的特征点跟踪在参考文献[5]中进行了描述, 用特征点的动态聚类对目标进行定位。基于区域的跟踪算法中最常见的是 mean shift 算法, 这种确定性跟踪算法因其运算量小、实时性高得到了推广。随着 Cheng Yizong 的核函数和权值系数概念的提出和 COMANICIU D 等人对于 mean shift 最优问题的分析^[6], mean shift 算法获得了空前的重视。参考文献[6]中, 用 mean shift 算法确定目标的最优匹配。基于轮廓的目标跟踪针对的并非简单的几何图形目标, 包括目标边缘和目标轮廓等。目标状态估计算法中最具代表性的粒子滤波算法是一种用估计理论对目标状态求解的方法, 它提供了一种方便有效的非高斯、非线性、用随机粒子数离散地表示后验概率的方法, 更适合于跟踪环境中的部分遮挡等复杂环境^[7], 但是计算量大和粒子退化等现象是粒子滤波的瓶颈^[8]。mean shift 算法和粒子滤波算法各有优缺点, 本文将 mean shift 算法与粒子滤波算法进行融

合, 大大改善了粒子滤波算法的性能, 算法的实时性和鲁棒性有了很大的提高。

1 粒子滤波算法

粒子滤波算法是基于蒙特卡罗仿真的近似贝叶斯滤波算法, 对目标状态进行采样, 计算样本的权值, 最后用样本的加权来表示目标状态的估计值。这种算法通过更新一个后验概率密度的近似解来递推得到一个近似贝叶斯解。粒子数较大时, 精度逼近最优估计。目标运动信息包括颜色、纹理、运动的方向等, 一般用提取目标运动的掩模来代表目标运动信息。用两帧差分法构建运动信息, 即:

$$f_c(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{若 } D < T \\ 255 & \text{其他} \end{cases}$$

其中, $D = |I_{k,c}(x, y) - I_{k-1,c}(x, y)|$, $c \in \{R, G, B\}$ (1)

这种关于颜色等运动信息的目标模型的直方图作为对目标运动特征的描述, 由运动信息构成的目标模型为 $k = \{k_i\}$, $i = 0, 1, 2, \dots, m'$, k 为二值图像。设系统的状态模型为 $x_{k+1} = A(x_k - x_{k-1}) - x_k + e_k$, 其中 x_k 为状态向量, e_k 为与状态无关的均值白噪声。离散形式为:

$$\phi(x_k) = \rho[p(x_k), q] \cdot \rho[l(x_k), k] + v_k \quad (2)$$

粒子滤波的实现步骤如下:

(1)初始化。对目标初始状态进行采样,生成 N 个服从先验概率 $p(x_0)$ 分布的随机样本 $\{x_0(i), \omega_0(i)\}$, 其中重要性权值 $\omega_0(i)=1/N$ 。

(2)观测更新。生成 N 个服从 $p(e_k)$ 分布的 $e_{k-1}(i)$, 根据式(1)得到预测状态,从系统的观测值 y_k 计算粒子的似然比后得到系统的归一化权值 $\tilde{\omega}_k(i)$ 。其中,

$$\omega_k(i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{1-\rho[p(x_k), q] \cdot \rho[l(x_k), k]}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

$$\tilde{\omega}_k(i) = \omega_k(i) \left[\sum_{j=1}^N \omega_k(j)\right]^{-1} \quad (4)$$

(3)得到目标状态。

$$x_k = \sum_{i=1}^N \tilde{\omega}_k x_k(i) \quad (5)$$

(4)重采样。重采样中权值较大的样本多次被复制,权值较小的样本可能被抛弃,从而提高了跟踪的有效性,通过对后验概率密度再采样 N 次,新的样本为 N 个,新样本中每个粒子的权值均重新分配 $1/N$,新的粒子即为下一时刻的初始化样本粒子。

(5)令 $k=k+1$,回到步骤(2)。

2 mean shift 算法

基于核密度估计的无参数快速模式匹配的 mean shift 算法,其实质就是对最相似区域进行搜索。每进行一次迭代将越接近目标区域,直至迭代收敛到目标区域。mean shift 算法运算量小且实时性好。mean shift 算法的实现步骤如下:

(1)计算 mean shift 向量 $m_{h,c}(x)$:

$$m_{h,c}(x) = \frac{1}{2} h^2 c \frac{\hat{\nabla} f_{h,c}(x)}{\hat{f}_{h,c}(x)} \quad (6)$$

(2)把 $m_{h,c}(x)$ 赋给 x ;

(3)如果 $|m_{h,c}(x) - x| < \varepsilon$, 结束循环,否则,回到步骤(1)。

3 mean shift 与粒子滤波算法的融合

mean shift 算法计算量小,很容易做到实时跟踪^[9]。作为一种无参数密度估算方法,mean shift 算法很容易作为一个模块与别的算法集成。但是,当目标的尺度发生变换时,跟踪可能失败。而粒子滤波既不受限于线性系统也不要求噪声是高斯的,原则上应用于任意非线性、非高斯随机系统的状态估计^[10]。当目标在短时间内被遮挡时,经过状态转移和预测更新,反映真实位置的有效粒子迅速增大,大大提高了跟踪的准确性。解决粒子退化而提出的重采样方法在经过多次迭代后,权值大的粒子被多次复制,使得采样结果包含了许多重复点,从而导致粒子贫化现象,解决这种贫化现象要求更多的粒子,从而导致计算量太大。本文将 mean shift 算法和粒子滤波各自的优势进行有效的融合,致力于通过 mean shift 算法来解决粒子滤波计算量太大而导致的实时性低的问题。

54

此算法在粒子滤波算法的状态转移之后,对粒子进行 mean shift 迭代收敛,利用 mean shift 使得每个粒子都能收敛到目标附近,实现在较少粒子情况下,对目标的准确跟踪。在目标受到遮挡情况下,mean shift 不能为跟踪带来任何好处,因此,舍弃 mean shift 算法,单独用粒子滤波就能实现准确跟踪。算法结构图如图 1 所示。

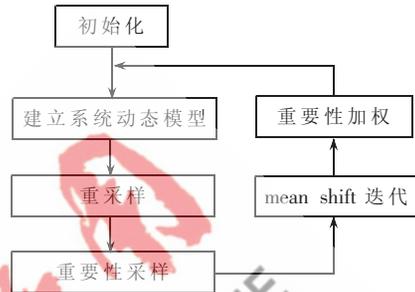


图 1 混合算法结构图

算法的实现步骤如下:

(1)初始化($k=0$)。对目标初始状态进行采样,生成服从 $p(x_0)$ 分布的随机样本 $\{x_0(i), \omega_0(i)\}$, 其中重要性权值 $\omega_0(i)=1/N$ 。

(2) $k \geq 1$,根据式(1)得到预测状态,采用 Bhattacharyya 系数 $\rho(y)$ 判断目标是否遮挡。当 $\rho(y) > 0.4$ 时,目标没遮挡,执行 mean shift 聚类;否则,执行步骤(3)。

(3)重要性加权,从系统的观测值 y_k 计算粒子的似然比后得到系统的归一化权值。

(4)得到目标跟踪结果。

(5)重采样。

4 实验结果及结果分析

分别采用 mean shift 算法(第一组)、粒子滤波算法(第二组)和混合粒子滤波算法(第三组)对同一目标进行跟踪,来验证算法的有效性,实验结果如图 2~图 4 所示。开发环境为 VC++6.0,在所有的目标中,以人作为目标,粒子的观测范围和目标的初始状态用鼠标手动进行选择。粒子数为 50 个,视频序列从 IBM Research 的网页上下载测试。

从三组实验结果来看,与 mean shift 算法相比,在遮挡的条件下,将混合算法在保证跟踪实时性的同时,还



图 2 第一组实验结果



图 3 第二组实验结果

《微型机与应用》2011年 第30卷 第20期



图4 第三组实验结果

能保证足够的准确性。将混合算法与粒子滤波算法相比发现,粒子滤波算法在粒子数相对选择较少的情况下,在所观测范围和背景颜色等信息近似的环境下,极易丢失真实的数据信息,造成跟踪彻底失败。

本文提出了一种 mean shift 与粒子滤波的混合跟踪方法。本算法根据目标的遮挡情况,选择相应的跟踪算法。分别用三种不同的算法进行目标跟踪,然后对跟踪结果进行比较。实验结果表明,混合跟踪方法很好地利用了 mean shift 算法的快速性和粒子滤波的抗遮挡性,将两种算法的优点有效融合来改善粒子性能。本文提出的算法性能良好,鲁棒性高,实时性和准确性同时得到体现,下一步的研究重点是在更为复杂场景中的多目标跟踪。

参考文献

- [1] 高文,陈熙霖. 计算机视觉——算法与系统原理[M]. 北京:清华大学出版社,1998.
- [2] COLLINS R, LIPTON A J, RANADE T. A system for video surveillance and monitoring: VSAM final report. CMU-RI-00-12[D]. Robotic Institute Carnegie Mellon University,2000.
- [3] Wang Xudong, SYRMOS V L. Interacting multiple particle filters for fault diagnosis of non-linear stochastic system[C]. Proceedings of American Control Conference, 2008:4274-4278.
- [4] Shi Pengcheng, ROBINSON G, CONSTABLE R T, et al. A model-based integrated approach to track myocardial deformation using displacement and velocity constraints[C]. Fifth International Conference on Computer Vision,1995.
- [5] FERRUZ J, OLLERO A. Integrated real-time vision system for vehicle control in nonstructured environments [J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2000 (13):215-235.
- [6] COMANICIU D, MEER P. Meanshift: a robust approach toward feature space analysis[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2002(24):603-619.
- [7] 王法胜,赵清杰.一种用于非线性滤波问题的新型粒子滤波算法[J].计算机学报,2008,31(2):346-352.
- [8] ARULAMPALAM M S, MASKELL S, CORDON T, et al. A tutorial on particle filters for online nonlinear/non-Gaussian bayesian tracking[J]. IEEE Transactions on Signal Processing,2002,50(2):174-118.
- [9] COMANICIU D, MEER P. Mean shift: a robust approach toward feature space analysis[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2002(24):603-619.
- [10] 夏克寒,许化龙.粒子滤波的关键技术及应用[J].电光与控制,2005,25(6):1-4.

(收稿日期:2011-08-23)

作者简介:

邢浪漫,女,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式视频。

范蟠果,男,1960年生,副教授,主要研究方向:数字信号处理智能仪器、计算机测控、机器人。