

文章编号:1001-9081(2009)08-2089-03

基于改进 Snake 模型的人体运动跟踪算法

齐苏敏, 齐邦强

(曲阜师范大学 计算机科学学院, 山东 曲阜 273165)

(qfqs@126.com)

摘 要:提出一种改进 Snake 模型与光流估计相结合的人体运动自动实时跟踪算法。利用角点检测得到接近人体真实轮廓的初始轮廓,减少了迭代次数,降低了 Snake 模型收敛到局部极值的概率;同时针对 Snake 模型跟踪不够稳定、容易出现跟踪丢失问题,结合 KLT 光流法,选取当前帧所得到的轮廓点中的强特征点进行光流估计,将估计结果作为下一帧 Snake 的初始轮廓,有效地解决了这一难题。实验结果表明改进 Snake 模型可使初始轮廓形变到人体真实轮廓,同时实现了视频序列中自动、实时的人体跟踪。

关键词:人体运动跟踪;角点检测;Snake 模型;光流估计

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A

Human motion tracking algorithm based on improved Snake model

QI Su-min, QI Bang-qiang

(School of Computer Science, Qufu Normal University, Qufu Shandong 273165, China)

Abstract: An automatic human motion tracking algorithm combining improved Snake model and optical flow was proposed. The initial contour most close to human body was acquired by corner detection thus decreasing the iterations, and the probability of converging at local extreme value of Snake model was reduced. To resolve the problem that the tracking with Snake model is unstable and often loses the object, the strong feature points were chosen from the contour points in current frame for optical flow estimation, and then the result was chosen as the initial contour of next frame. Experimental results show that improved Snake model can make the initial contour deform to the actual contour of human body, and realized the automatic and real-time human tracking.

Key words: moving human tracking; corner detection; Snake model; optical flow estimation

0 引言

人体运动的跟踪就是在连续的图像帧间创建位置、速度、形状等有关特征的对应匹配问题,主要的跟踪方法有基于区域的跟踪方法^[1]、基于特征的跟踪方法^[2]、基于模型的跟踪^[3]、基于活动轮廓的跟踪^[4]、人体轮廓提取^[5]等。本文提出的基于改进 Snake 模型的人体运动跟踪算法是一种基于活动轮廓的跟踪方法。

基于 Snake 模型的人体运动跟踪^[5],一般做法是将当前帧得到的轮廓作为下一帧 Snake 模型的初始轮廓,演变得到当前帧的运动物体轮廓,重复直至完成所有图像序列的运动物体轮廓跟踪。但是,由于 Snake 模型过度依赖初始轮廓位置,如果运动物体移动速度较快,那么直接运用前一帧得到的人体轮廓作为下一帧 Snake 的初始轮廓会有比较大的误差,容易导致 Snake 收敛到局部极值点,无法正确表示物体轮廓;同时由于 Snake 的外部能量通常只取图像的梯度信息,对图像本身的质量依赖过大,容易导致轮廓搜索失败,因此难以进行后续跟踪。针对上述问题,本文提出了将 Snake 模型与光流估计相结合的改进方法,实现人体运动自动实时跟踪。

本文的人体运动跟踪算法主要由角点检测、Snake 模型搜索人体轮廓以及光流法运动估计三大模块构成。首先,人体运动检测方法检测出只含有前景(即人体)的灰度图像。然后采用最小核值相似区(Small Univalued Segment

Assimilating Nucleus, SUSAN)角点检测算子对该灰度图像进行角点检测^[6],找到分布在人体轮廓的所有角点。求出所得角点的外接矩形,将其作为 Snake 模型的初始轮廓,克服 Snake 模型需手动确定初始轮廓的弊端,并在 Snake 模型能量最小化过程中得到人体轮廓。最后结合 KLT 光流法^[7-8],选取当前帧所得轮廓的强特征点,对其进行光流估计,将估计结果作为下一帧 Snake 模型的初始轮廓。

1 Snake 模型及其局限性

近年来,活动轮廓模型(Snake)被应用于目标边缘的检测与运动目标的跟踪。计算机视觉跟踪就是通过序列图像对跟踪目标边界连续分割。Snake 分割过程是通过能量最小化的原则进行的,找到能量最小的表面,其能量函数为^[5]:

$$E_{\text{total}}(v) = E_{\text{int}}(v) + E_{\text{ext}}(v) \quad (1)$$

其中 E_{total} 定义目标的轮廓能量, $v(s) = (x(s), y(s))$ 表示轮廓,即从单位参量域 $S \in [0, 1]$ 到图像表面的映射。

内部能量 $E_{\text{int}}(v(s))$ 定义了一个可伸长和可弯曲的轮廓 $v(s)$ 的内部变形能量,包括连续能量 E_{cont} 和曲率能量 E_{curv} 。一阶项系数 α 控制着轮廓曲线一阶导数的模的分量,是轮廓的连续性约束;二阶项系数 β 控制轮廓的刚度。这两个参数操纵模型的物理行为和局部连续性。 $E_{\text{int}}(v(s))$ 表示为:

$$E_{\text{int}}(v) = E_{\text{cont}}(v) + E_{\text{curv}}(v) = \int_0^1 (\alpha(s) |v'(s)|^2 + \beta(s) |v''(s)|^2) ds \quad (2)$$

收稿日期:2009-02-12;修回日期:2009-03-23。基金项目:曲阜师范大学校级项目(XJ0732)。

作者简介:齐苏敏(1976-),女,山东曲阜人,副教授,博士,主要研究方向:视频跟踪、机器视觉;齐邦强(1970-),男,山东曲阜人,副教授,硕士,主要研究方向:单片机。

$$v'(s) = \frac{\partial v(s)}{\partial s}, v''(s) = \frac{\partial^2 v(s)}{\partial s^2} \quad (3)$$

外部能量 $E_{\text{ext}}(v)$ 吸引 Snake 到显著的图像特征,包括表示图像作用力产生的能量 E_{image} 和表示外部约束作用力产生的能量 E_{sanc} 。图像作用力表示轮廓点与图像局部特征吻合的情况,约束力是各种人为定义的约束条件,通常不考虑,将其置为 0。

$$E_{\text{ext}}(v) = E_{\text{image}} + E_{\text{sanc}} = \int_0^1 \gamma(s) p(v(s)) ds + E_{\text{sanc}} \quad (4)$$

$P(v)$ 是定义在整个图像表面 $I(x, y)$ 上的标量函数,若 $p(x, y) = \nabla(I(x, y))$ (为某种图像梯度函数),轮廓点将被吸引到图像的边缘。

式(1)中模型依赖于图像中细微的变化,存在初始化轮廓问题,并对图像噪声非常敏感,不能完成快速运动的目标跟踪。Snake 模型的初始位置是决定轮廓能否收敛到全局极值的关键。这个关键点也使得 Snake 模型对初始轮廓的位置要求相当高,必须逼近物体真实轮廓,才能取得较好的效果。在人体运动跟踪过程中,由于相邻两帧之间人体运动比较快,如果仅仅用前一帧得到的轮廓作为当前帧的 Snake 模型的初始轮廓,则会严重偏移真实轮廓,造成提取轮廓失败,进而无法完成跟踪过程。

2 基于改进 Snake 模型的人体轮廓提取

对于轮廓初始化问题,本文提出一种自动初始化 Snake 模型的方法。利用 SUSAN 角点检测算子^[6]检测出的角点 (c_1, c_2, \dots, c_n) ,计算出点集的外接矩形 $Rect$,作为人体运动跟踪的 Snake 模型的初始轮廓,如式(5)所示:

$$\begin{cases} Rect_{lt} = (\min(c_{ix}), \max(c_{iy})) \\ Rect_{lb} = (\min(c_{ix}), \min(c_{iy})) \\ Rect_{rt} = (\max(c_{ix}), \max(c_{iy})) \\ Rect_{rb} = (\max(c_{ix}), \min(c_{iy})) \end{cases} \quad (5)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, n-1, n$; $Rect_{lt}, Rect_{lb}, Rect_{rt}, Rect_{rb}$ 分别为矩形四个角的坐标, c_{ix}, c_{iy} 分别为角点 c_i 的 x, y 坐标。

由于 $Rect$ 是人体轮廓的外接矩形,并且至少有 3 个以上的点已经在轮廓点上,非常接近真实轮廓,因此 Snake 模型只需向内搜索能量极小点,既减少了计算量又克服了 Snake 模型易收敛至局部极小点的缺陷。图 1(a)与图 1(b)为两种形变轮廓,矩形框为运用本文算法自动确定的 Snake 模型的初始轮廓,白色封闭曲线是形变后轮廓。从结果可以看出本文算法所确定的 Snake 初始轮廓可以很好地形变到真实人体轮廓,在实现自动化跟踪方面取得很好的效果。

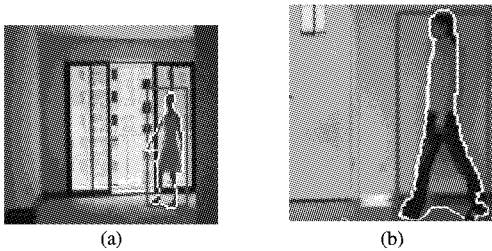


图 1 Snake 模型轮廓自动初始化

对于视频序列中的快速人体跟踪,本文结合了光流算法来增加其跟踪的鲁棒性。光流一般用于检测或者跟踪运动物体,但是由于光流基于图像每一个像素迭代计算,因此计算量

非常大,一般无法运用在实时跟踪系统中。本文选取一种稀疏光流的算法——KLT 算法。所谓稀疏光流顾名思义该算法不是计算每帧图像上所有像素的光流,而是选取一些特征点进行帧间预测估计,来实现实时跟踪过程。KLT 算法^[7-8]是一种以待跟踪窗口在视频图像帧间的灰度差平方和 (Sum of Squared intensity Differences, SSD) 作为度量的基于特征点的跟踪算法。算法流程如图 2 所示,在特征窗口内重新选取更适合跟踪的点作为特征点,原因在于运动人体发生形变时,角点会跟着漂移或者消失,重新选取特征点更加有利于算法的鲁棒性。

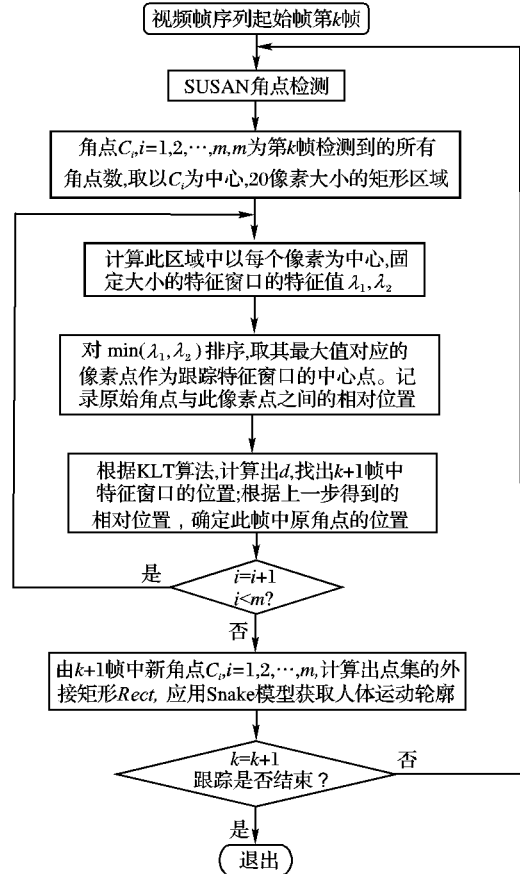


图 2 视频序列跟踪算法流程

3 实验结果及分析

本文的开发环境为 Pentium III, 866 MHz, 256 MB 内存, Windows 2000 平台。使用 OpenCV 作为开发工具,使用未压缩的视频作为测试对象进行实验,帧率为 25 fps。

图 3 为 Snake 模型直接应用于运动人体跟踪失败的实验结果。图 4 为人体运动速度较快的一组序列图像应用本文算法跟踪结果,相邻两帧人体位置偏移较大,从实验结果可以看出本文算法可以有效地跟踪人体运动,根本解决了单一 Snake 算法跟踪失败的弊端。

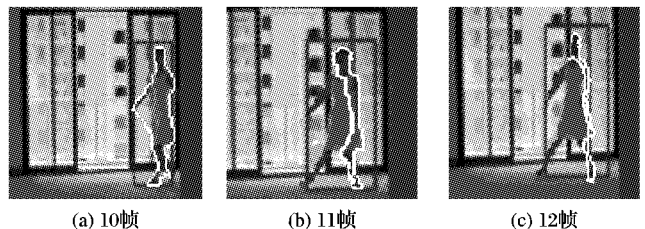


图 3 Snake 模型直接用于运动人体跟踪结果

4 结语

本文提出的人体运动跟踪算法,主要做了以下改进:针对 Snake 模型一般需手动确定初始轮廓位置的难题,利用角点检测结果确定的人体外接矩形作为 Snake 模型的初始轮廓,既实现跟踪自动化,又将初始轮廓尽可能地靠近人体真实轮廓,减少迭代次数,并降低 Snake 收敛到局部极值的概率;针对 Snake 模型跟踪不够稳定、容易出现跟踪丢失问题,结合了 KLT 光流法,选取当前帧所得到的轮廓点中的强特征点,对这些特征点进行光流估计,将估计结果作为下一帧 Snake 模型的初始轮廓,有效地解决上述问题,同时很好地解决光流算法大计算量的问题,达到实时跟踪的目的。

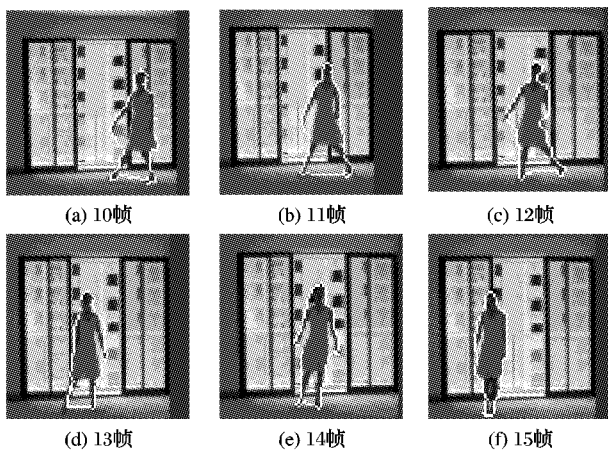


图 4 本文算法用于人体快速运动跟踪结果

(上接第 2088 页)

相对较低,为 70.4%。造成这一结果的原因可能是融合过程中某一个特征的不可靠降低了另一个较好的特征的性能。

表 1 基于步态、脸部和特征融合的身份识别结果对比

识别方法		识别率/%
步态识别		89.0
脸部识别		72.6
脸部和 步态的 融合	SUM	96.5
	PRODUCT	93.1
	MAX	91.0
	MIN	70.4

3 结语

本文提出了一种视频中基于多生物特征融合的身份识别方法。由于脸部特征是短距离生物特征,而步态是长距离生物特征。而且某些对其中一种生物特征造成明显影响的因素可能对另一种生物特征的影响很小。因此,采用将两种生物特征融合的方法进行身份识别相对于采用单一特征的识别方法而言,更具鲁棒性。实验结果也证明,将步态和脸部生物特征进行融合对于提高视频中的身份识别性能是一个很好的策略。下一步的研究将包括复杂场景下的基于多生物特征融合的身份识别及其在监控系统中的应用。

参考文献:

[1] JAFRI R, ARABNIA H. Fusion of face and gait for automatic human recognition[C]// Proceedings of the 5th International Conference on Information Technology. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2008: 167 - 173.

参考文献:

[1] COMANICIU D, RAMESH V, MEER P. Kernel-based object tracking[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(5): 564 - 577.

[2] ROSALES R, SELAROFF S. Improved tracking of multiple humans with trajectory prediction and occlusion modeling[EB/OL]. [2008 - 12 - 20]. <http://www.cs.bu.edu/techreports/pdf/1998-007-tracking-multiple-humans.pdf>.

[3] JU S, BLACK M, YACCOB Y. Cardboard people: A parameterized model of articulated image motion[EB/OL]. [2008 - 12 - 20]. http://reference.kfupm.edu.sa/content/c/a/cardboard_people__a_parameterized_model__44982.pdf.

[4] PARAGIOS N, DERICHE R. Geodesic active contours and level sets for the detection and tracking of moving objects[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(3): 266 - 280.

[5] KASS M, WITKIN A, TERZOPOULOS D. Snakes: Active contour models[EB/OL]. [2008 - 12 - 20]. <http://www.cs.ualberta.ca/~jag/papersVis2/levsetReadGr/snakesTerzopoulos.pdf>.

[6] SMITH S M, BRADY J M. SUSAN: A new approach to low level image processing[EB/OL]. [2008 - 12 - 20]. <https://eprints.kfupm.edu.sa/67707/1/67707.pdf>.

[7] BIRCHES S. KLT: An implementation of the Kanade - Lucas - Thomas feature tracker[EB/OL]. [2008 - 12 - 20]. <http://vision.stanford.edu/birch/klt>.

[8] SHI J, TOMASI C. Good feature to track[EB/OL]. [2008 - 12 - 20]. <http://www.cs.ucf.edu/courses/cap6411/Lecture-14.pdf>.

[2] 王风华, 韩九强, 姚向华. 一种基于虹膜和人脸的多生物特征融合方法[J]. 西安交通大学学报, 2008, 42(2): 133.

[3] SHAKHNAROVICH G, LEE L, DARRELL T. Integrated face and gait recognition from multiple views[EB/OL]. [2008 - 12 - 15]. <http://people.csail.mit.edu/gregory/papers/cvpr2001.pdf>.

[4] ZHOU X, BHANU B. Feature fusion of side face and gait for video-based human identification[J]. Pattern Recognition, 2008, 41(3): 778 - 795.

[5] SUNDARESAN A, ROYCHOWDHURY A, CHELLPPA R. A hidden Markov model based framework for recognition of humans from gait sequences[EB/OL]. [2008 - 12 - 15]. <http://www.umiaccs.umd.edu/~rama/Conf.pdf-files/icip18.pdf>.

[6] CHEN C, LIANG J, ZHAO H. Gait recognition using hidden markov model[C]// The 2nd International Conference on Natural Computation. Berlin: Springer, 2006: 399 - 407.

[7] YI J, YANG H, KIM Y. Enhanced fisherfaces for robust face recognition[C]// Proceedings of the 1st IEEE International Workshop on Biologically Motivated Computer Vision. London: Springer-Verlag, 2000: 711 - 720.

[8] 高秀梅, 杨静宇, 杨健. 一种最优的核 Fisher 鉴别分析与人脸识别[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(2): 2864.

[9] PHILLIPS P J, GROTH P, MICHEALS R J, et al. Face recognition vendor test 2002[EB/OL]. [2008 - 12 - 15]. <http://www.image2003.com/paper/down/19216829107200767813223824837.pdf>.

[10] Intel Corporation. Open source computer vision reference manual [EB/OL]. [2008 - 12 - 15]. <http://www.intel.com/research/ml/research/opencv/>, 2000.