一种快速人体骨架建模方法

赵晓东, 李其攀, 王志成
(同济大学 CAD 研究中心, 上海 201804)

摘　要: 提出从序列视频中快速建立人体骨架模型的方法。基于阴影特征采用 Otsu 算法完成运动目标检测中的阴影消除,得到准确的人体轮廓;对人体轮廓进行形态学的细化处理,采用新建立连通性结构标准和肢体关节点定位算法处理骨架建立人体骨架模型。实验结果表明,该方法对人体肢体部位各端点定位获得较高的准确率,能快速定位关节点,较好地得到人体骨架模型。

关键词: 人体运动分析; 运动目标检测; 阴影消除; 图像细化; 骨架模型; 链码遍历
中图分类号: TP391.41　　**文献标志码**: A　　**文章编号**: 1001-3695(2012)01-0383-03
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.01.106

Fast method on building human skeleton model

ZHAO Xiao-dong, LI Qi-pan, WANG Zhi-cheng
(*Research Center of CAD*, *Tongji University*, *Shanghai* 201804, *China*)

Abstract: This paper proposed a method of how to build human skeleton model from video sequence quickly. By using Otsu algorithm based on shadow's feature to complete shadow removal in moving target detection, it could get human contours precisely. Preprocessing human contours by morphological refined method and using new connectivity standard and human joint's location algorithm were used to build human skeleton model. Experiments show that proposed method gains a high accuracy of human joint's location, and has a good modeling effect.

Key words: human motion analysis; moving target detection; shadow removal; image thinning; skeleton model; chain-code transfer

人体运动分析[1]是计算机视觉、模式识别领域的一个重要课题,它广泛应用于不同场景,如智能监控中物品遗留检测、人机交互技术中计算机对人体行为的响应、虚拟现实技术中人体行为在虚拟场景中的变化、人体行为识别分析等。从视频序列中抽取人体骨架,既可减少表达人体所需的信息量,又能保留人体行为特征,是一种重要的人体运动分析技术。人体骨架建模包括运动目标检测和人体骨架模型建立两个过程。

运动目标检测过程中,由于光照等影响,会对运动目标产生阴影;阴影与目标粘连在一起或分离而被误认为其他运动目标,给检测带来困难。本文基于阴影的亮度特征对差分图像进行分割,利用 Otsu 算法完成对阴影的自适应检测,实验表明,该方法能够有效地检测和消除阴影。

周进等人[2]提出了依据人体解剖学理论建立人体骨架模型,采取人体各肢体部位的比例对人体骨架建模,显然该方法在准确性和通用性上存在一定不足。Fujiyoshi 等人[3]提出了一种星型的骨架模型,先求得人体轮廓的中心点,再找出轮廓上到该点距离局部最大值的点,与中心点连接得到近似五星的人体结构模型。该方法建立的人体模型各肢体都连接到中心点,显然不够准确,缺乏躯干信息。本文对基于链码的人体骨架建模方法[4]进行了改进,提出了新的连通性结构标准和肢体关节点定位算法。

1　运动目标检测和阴影消除

1.1　运动目标检测

运动目标检测的目的是从视频序列中将目标对象提取出来,其有效提取对后续处理十分关键。运动目标检测过程中,捕捉视频的摄像设备的运动和摄像域内场景内容的变化对检测结果的准确性影响较大。常见的情况有背景中光照情况的变化、风带动树枝的晃动、摄像机的相对运动等。

目前的运动目标检测算法主要有背景差分法[5,6]、帧间差分法[7]、光流法[8]。背景差分法利用当前帧图像与背景图像作差分,通过对差分图像进行阈值分割,得到含有运动人体轮廓的二值图像。背景差分法分为简单的背景差分法、混合高斯模型背景差分、codebook 背景模型背景差分[9]等。帧间差分法是通过对序列视频中相邻帧图像逐个像素差值来获得运动目标区域。该算法在进行全局运动补偿后能适应背景的动态变化,但提取的运动目标含有空洞和重像现象。光流法就是通过计算图像序列的光流场来分割场景,检测运动目标。光流法定位准确,能适应动态场景,但运算复杂度高。

1.2　阴影检测与消除

背景差分法依据当前帧与背景帧图像作差分,对差分图像作

收稿日期: 2011-05-30; **修回日期**: 2011-06-30

作者简介:赵晓东(1968-),男,高级工程师,主要研究方向为企业信息化技术及计算机辅助设计;李其攀(1987-),男,安徽阜阳人,硕士研究生,主要研究方向为图像处理和计算机视觉(swingboard@sina.com).

二值化处理分割出前景运动目标。然而受光照条件影响,运动目标会产生阴影,且阴影随运动目标运动,但阴影亮度有别于背景和运动目标的亮度。阴影会使得运动目标与阴影粘连在一起或者分离而被误认为错误目标,这对后续的目标跟踪、识别、定位有很大影响,因此必须在分割目标的同时检测并消除阴影。

Otsu 算法[10]基于图像直方图特性,能准确、快速分离出图像中背景和目标。阴影检测算法分为基于模型和基于阴影特性两类[11]。本文针对阴影亮度特性,提出了基于 Otsu 的自适应阴影检测算法,流程如图 1 所示。

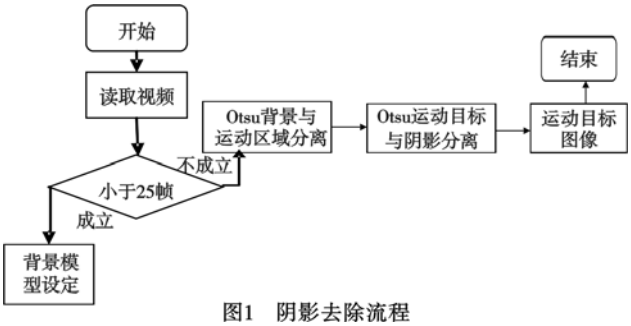


图1　阴影去除流程

利用 Otsu 算法得到第一次分割阈值 K_1 将背景从差值图像中剔除,得到仅含有运动目标和阴影的图像 I_1;对图像 I_1 进行 Otsu 分割,得到第二次分割值 K_2,用它作为阈值将图像 I_1 二值化,最终得到仅包含运动人体的图像 I_2,达到了消除阴影的目的。利用该算法得到实验结果如图 2 所示。

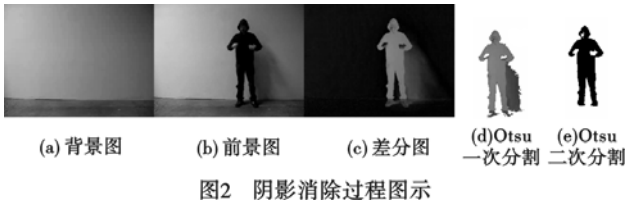


图2　阴影消除过程图示

2　人体骨架提取及建模

对由上述处理得到的轮廓图像进行细化得到人体骨架。目前抽取人体骨架的算法主要分为中轴距离变换细化、ZS 细化[12]、形态学击中击不中的细化[13]三类。本文针对三类算法得到的实验结果如图 3 所示。

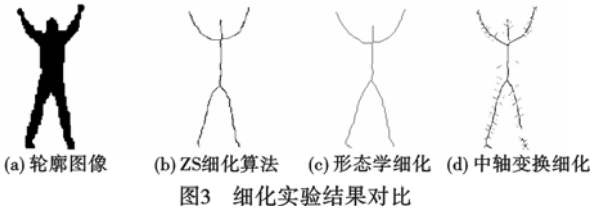


图3　细化实验结果对比

从实验结果对比来看:ZS 细化得到的骨架往往不是单像素宽的图像,骨架各位置处宽度不均匀,不利于本文提出的检测结构;通过中轴距离变换细化得到的骨架毛刺较多,需要采取进一步的去噪处理;通过形态学细化得到的骨架比较精确清晰,且是均匀单像素宽的,本文利用该算法处理轮廓获取骨架,并在此基础上得到构建人体模型的新算法。

记上述处理的骨架图像 I_s,建立标志位图像 I_m,初始化为 0,记录遍历信息。算法流程如下:

1)肢体端点定位　扫描 I_s,记录骨架像素 8-邻域内像素 0 的数目 $C(x,y)$,若 $C(x,y)=1$,则标记该像素为肢体端点[14]。

2)躯干端点　在不考虑遮挡的情况下,从 1)获得肢体端点数目为 5 个,依据其位置信息可以标记为 Head、LHand、RHand、LFoot、RFoot。通过对链码遍历的结构进行改进和设计遍历位置的优先级,定义 RL 和 LR 结构,如图 4、5 所示。

结构图中黑色位置表示 I_s 上的骨架像素,灰色区域表示可能要进行遍历的像素,数值表示像素被遍历的优先级。

取上肢端点中位于左侧的端点采用 LR 遍历结构,而位于右侧的端点采用 RL 结构。以 LHand 和 LR 结构开始遍历,遍历步骤如下:

a)标记 S 表示遍历出发点,初始值为 LHand。

b)以结构图 LR 优先级顺序查找 I_s 中第一个像素为 0 的位置 $I_s(x,y)$,并设置 I_m 对应位置 $I_m(x,y)$ 像素加 1。

c)令 $S=I_s(x,y)$。

d)重复步骤 b)、c)直到 LR 结构中灰色区域中不存在像素为 0 的点。

e)以 RHand 为标记 S,结构图为 RL,采用 a)~d)过程完成遍历。

在 I_s 上被遍历过的像素在 I_m 上对应位置像素加 1,遍历两次后,像素为 2,采取上述遍历方式 I_m 中像素为 2 的位置就表示躯干。遍历过程 e)时,同时记录下图像 I_m 中第一个和最后一个像素为 2 的位置,记它们为 Q_1、Q_2,分别表示躯干的上下端点。

由上述遍历过程得到的标志位图像 I_m 如图 6 所示。

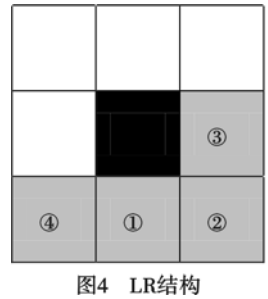


图4　LR结构

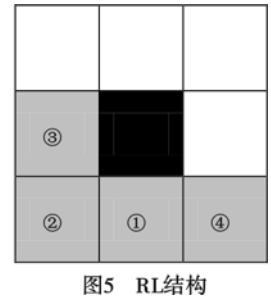


图5　RL结构

图6　标志位图像

3)四肢关节点确定　建立人体四肢的直线信息,将 Q_1 分别与 LHand、RHand 连线,Q_2 分别与 LFoot、RFoot 连线。以四肢直线的端点确定一个矩形范围,对于该范围内的骨架点,求取它们到对应肢体直线的距离记为 d,则 d 值最大的位置即为肢体关节点。d 的表达式如下:

$$d=\frac{|Ax+By+C|}{\sqrt{(A^2+B^2)}}$$

由此定位得到肢体的四个关节点 G_1、G_2、G_3、G_4。

图像坐标系与数学上的笛卡尔坐标系不同,利用下面的公式对图像坐标进行处理:假设图像高度为 H、宽度为 W,则有如下转换:

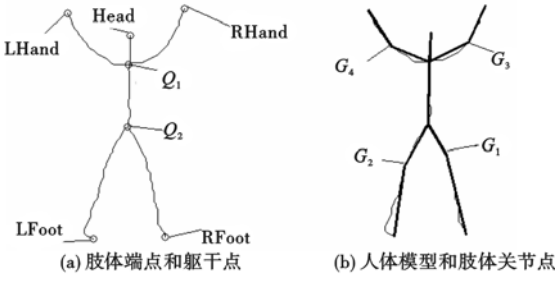
$$D(x,y)=\begin{cases} D.x=I.x \\ D.y=H-I.y \end{cases}$$

其中:$D(x,y)$ 表示笛卡尔坐标系中的位置,$I(x,y)$ 表示图像坐标系中位置。

3　实验结果分析

本文基于阴影的亮度特征,采取 Otsu 算法能较准确地去除阴影;在人体建模中,设计 RL 和 LR 两种遍历结构和遍历次序,采取链码方式遍历骨架,获取躯干端点;依肢体范围内骨架像素到肢体直线的最大距离来确定肢体关节点,由此得到的人体骨架模型能准确定位各个肢体的位置信息。

由本文提出的算法得到的人体骨架模型如图 7 所示。



(a) 肢体端点和躯干点　　(b) 人体模型和肢体关节点

图7　标志人体肢体端点和人体模型

图 7(a)表示由对人体骨架链码遍历得到的特征点标注,如躯干端点、四肢和头部的端点;(b)表示利用关节点定位算法得到的四肢关节点的标注,连接关节点与各自端点构成人体模型的表达。对人体四肢部分各个骨架点到对应肢体直线上的距离进行统计如图 8 所示。

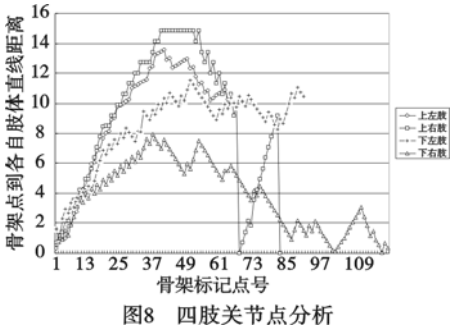
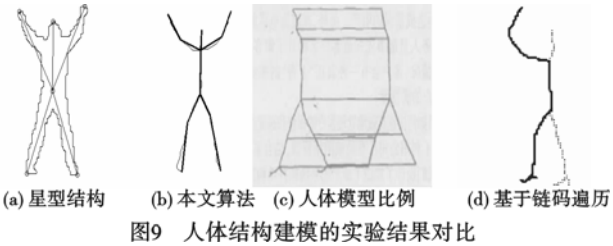


图8　四肢关节点分析

图 8 中横轴信息表示人体四肢区域内骨架点的个数,纵轴信息表示各骨架点到各自肢体直线的距离,各条曲线最大值处的骨架点表示各个关节点。

图 9 展示了各人体建模方法的结果,本文方法较其他建模方法明显准确度更高,但运行时间比图 9(a)稍高,低于(c)、(d)两种方法。



(a) 星型结构　(b) 本文算法　(c) 人体模型比例　(d) 基于链码遍历

图9　人体结构建模的实验结果对比

4　结束语

综上所述,本文基于阴影亮度特征采用 Otsu 算法实现了阴影的自适应分割,有效地去除了阴影;提出的新连通性结构标准和肢体关节点定位算法,能有效减少计算的复杂度,并准确获取人体躯干分支点和之后肢体关节点。与其他人体建模[3,4,15]相比在定位准确性和适用通用性上有所提高,且耗时更少。基于本文提出的模型,可以对人体行为作进一步的解读,如人群中危险行为识别、动作解释、人体行为理解等。

参考文献:

[1] 黎洪松,李达. 人体运动分析研究的若干新进展[J]. 模式识别与人工智能,2009,22(1):70-78.

[2] 周进,刘冀伟,张雷. 人体骨架模型的建立[J]. 微计算机信息,2006,22(19):226-228.

[3] FUJIYOSHI H, LIPTON A J. Real-time human motion analysis by image skeletonization[J]. IEICE Trans on Inf Syst,2004,87(1):113-120.

[4] 贾程程,许相莉,周春光,等. 基于链码的人体骨架建模[J]. 吉林大学学报:理学版,2010,48(4):641-645.

[5] 李宁,黄山,张先震,等. 基于背景差分的人体运动检测[J]. 微计算机信息,2009,25(21):256-257.

[6] STAUFFER C, GRIMSON. Adaptive background mixture models for real-time tracking[C]//Proc of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 1999:246-252.

[7] 邬大鹏,程卫平,于盛林. 基于帧间差分和运动估计的 Camshift 目标跟踪算法[J]. 光电工程,2010,37(1):55-62.

[8] SHAFIE A A, HAFIZ F, ALI M H. Motion detection techniques using optical flow[R]. [S. l.]:World Academy of Science, Engineering and Technoloy, 2009:559-551.

[9] 熊亮,刘伟铭. 基于背景 Codebook 模型的前景检测算法[J]. 科学技术与工程,2010,9(10):2118-2122.

[10] OTSU N. A threshold selection method form gray-level histograms [J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics In Systems, Man and Cybernetics,1979,9(1):62-66.

[11] XIAO Mei, HAN Chong-zhao, ZHANG Lei. Moving shadow detection and removal for traffic sequences[J]. International Journal of Automation and Computing,2007,4(1):38-46.

[12] ZHANG T Y, SUEN C Y. A fast parallel algorithm for thinning digital patterns[J]. Communications of the ACM,1984,27(3):236-239.

[13] 李玉海,高敬惠,姜子敬. 基于形态学的视频序列人体骨架提取[J]. 微计算机信息, 2007,23(23):246-248.

[14] THEODORIDIS S,KOUTROUMBAS K. Pattern recognition [M]. 2nd ed. Beijing: China Machine Press, 2003:298-303.

[15] 毛以芳,黄襄念. 室内复杂背景下人体骨架的提取[J]. 西华大学学报:自然科学版,2011,27(5):50-53.

(上接第 372 页)

[5] LIU X, ROKNE J G, GAVRILOVA M L. A novel terrain rendering algorithm based on quasi Delaunay triangulation[J]. Visual Computer,2010,26(6):1-10.

[6] DUCHAINEAU M, MILLER M C, WOLINSKY M, *et al*. ROAMing terrain: real-time optimally adapting meshes[C]//Proc of IEEE Visualization Conference. 1997: 81-88.

[7] LINDSTROM P, KOLLER D, RIBARSKY W, *et al*. Real-time, continuous level of detail rendering of height fields[C]//Proc of ACM SIGGRAPH Conference on Computer Graphics. 1996: 109-117.

[8] LINDSTROM P. Out-of-core construction and visualization of multiresolution surfaces[C]//Proc of ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics. 2003:93-102.

[9] ZHANG Y, HUANG Q, HAN J. Real-time rendering of large-scale terrain based on GPU[C]//Proc of the 4th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications. 2009: 3795-3799.

[10] NIE J, GUO D, WANG Y, *et al*. Multilevel tile load map on massive terrain visualization [J]. Journal of Computational Information Systems,2011,7(2):452-461.