

基于多区域的人体运动跟踪研究与应用

Research on Human Motion Tracking Based on Multi-Region and its Application

(哈尔滨工业大学) 高书秀 黄剑华 唐降龙 刘家锋 刘国军

GAO Shu-xiu HUANG Jian-hua TANG Xiang-long LIU Jia-feng LIU Guo-jun

摘要: 针对单区域跟踪快速运动人体易产生漂移的缺点, 本文提出一种基于 Kalman Filter 预测的多区域跟踪的新算法。该算法利用 Kalman Filter 预测人体各区域, 然后利用颜色直方图匹配算法精确定位人体各区域, 最后加权计算人体最终位置。

关键词: Kalman Filter; 多区域跟踪; 颜色直方图

中图分类号: TP391.4 文献标识码: A

Abstract: Most signal-region tracking algorithms track fast moving players that occurs excursion, then a novel approach integrating multi-region into Kalman Filter is proposed to track fast moving players in sport. First, the predicted position of each region is calculated using Kalman Filter. Second, the weight of each region on the fixed-grid sample is obtained by kernel-based color histogram matching algorithm. Last, optimal estimated position of each region in current frame is the weighted expectation calculated by the weight of each region.

Key words: Kalman Filter; multi-region tracking; color histogram

技术创新

1 引言

人体运动跟踪是根据人体运动信息, 利用预测算法预测人体位置, 然后根据人体特征及相关特征匹配算法定位人体位置。人体运动跟踪涉及计算机视觉、图像处理和模式识别等领域, 运动跟踪技术在安防、视频监控、智能人机交互、机器人导航、仿真等领域有广泛应用。

运动跟踪领域有较多相当成熟的跟踪算法, 而且一些算法的相关应用的研究也相当深入。1975年 Fukunaga 提出 mean shift 方法, Katja Numminaro 等人提出基于颜色的粒子滤波跟踪算法。Bradski 提出以颜色直方图为目标模式的 Cam shift 跟踪算法。1960年 Dr Kalman 在他的博士论文中提出 Kalman Filter。

人体运动跟踪的应用需满足实时性和准确性的要求。为克服单区域跟踪漂移的缺点, 本文提出基于 Kalman Filter 预测, 再以颜色直方图匹配算法定位人体各区域, 然后加权计算人体的最终位置, 根据人体最终位置和人体各区域的相对位置, 计算人体各区域在当前帧的位置。实验证明, 该算法满足实时性要求, 且跟踪结果更准确。

文章的结构组织如下: 第二节给出多区域人体运动跟踪算法, 实验结果与分析在第三节给出, 第4节为结论。

2 基于多区域的人体运动跟踪

本文提出的算法综合了 Kalman Filter 预测, 颜色直方图处理和多区域跟踪。本节先给出大道速滑人体运动跟踪的 Kalman Filter 模型, 然后根据大道速滑图像场景的复杂性, 给出颜色特征处理及匹配算法、多区域跟踪算法和遮挡的相关处理。

2.1 Kalman Filter 建模

高书秀: 硕士

基金项目: 国家自然科学基金(60672090/F010204),

移动拍摄下 MCMC 粒子滤波的人体运动跟踪算法研究

我们假定大道速滑运动员各区域的中心在 x, y 轴上的运动是一个随机加速而被扰动的直线运动, 加速度 a 是一随机量, $a(t): N(0, \sigma_a^2)$ 。令信号向量 $\mathbf{X}(k) = [x(k) \ y(k) \ x'(k) \ y'(k)]$, 其中 $x(k), y(k)$ 分别是区域中心在 x, y 轴上的位置分量, $x'(k), y'(k)$ 分别是区域中心在 x, y 轴上的速度。观测向量 $\mathbf{Y}(k) = [x_c(k) \ y_c(k)]$, 其中 $x_c(k), y_c(k)$ 分别是区域中心在 x, y 轴位置上的观测值。Kalman Filter 模型如下:

$$\text{系统模型: } \begin{bmatrix} x(k) \\ y(k) \\ x'(k) \\ y'(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k-1) \\ y(k-1) \\ x'(k-1) \\ y'(k-1) \end{bmatrix} + \mathbf{w}(k) \quad (1)$$

$$\text{观测模型: } \begin{bmatrix} x_c(k) \\ y_c(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(k) \\ y(k) \\ x'(k) \\ y'(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \mathbf{v}(k) \quad (2)$$

其中, $\mathbf{w}(k), \mathbf{v}(k)$ 是高斯白噪声。对大道速滑视频图像序列, 手工标定初始帧, 初始化 Kalman Filter 参数。

2.2 颜色特征处理及匹配算法

为减少算法对光线的敏感, 采用 HSV 颜色空间模型。对 H、S、V 分别量化采样, 映射到 $u \in [0, 255]$ 范围内的整数, 初始模型以 a 为边长的正方形区域内第 u 个特征值的概率为:

$$q(u) = C \sum_{i=1}^n k \left(\frac{\|x_0 - x_i\|}{\sqrt{2a}} \right) \delta[h(x_i) - u] \quad (3)$$

式中 x_0 是初始模型区域 (n 个像素) 的中心像素坐标, x_i 是第 i 个像素坐标。 k 是权值函数, 距离区域中心越近, 颜色值所占比重越大 (若区域内颜色相同则权值函数取常数 1)。 C 为归一化函数, C 与 x_0 无关, 可单独计算。其中:

$$k(r) = \begin{cases} 1-r^2 & r < 1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad C = \frac{1}{\sum_{i=1}^n k \left(\frac{\|x_0 - x_i\|}{\sqrt{2a}} \right)}$$

则初始区域颜色特征模型为:

$$q(u) = \{q(u)\}_{u=1..m} \quad (m \text{ 为 } 8 \times 8 \times 4) \quad (4)$$

类似式(3)、(4)中,预测帧中搜索区域内以任一点 y 为中心的区域颜色特征模型为:

$$p_y(u) = C \sum_{i=1}^m k \left(\frac{\|y-x_i\|}{\sqrt{2\sigma}} \right) \delta[h(x_i)-u] \quad (5)$$

$$p(u) = \{p_y(u)\}_{y=1..m} \quad \text{第 168 帧} \quad (6)$$

归一化后,颜色特征模型满足 $\sum_{u=1}^m p_y(u) = 1$ 。

颜色直方图匹配的通用算法有 Bhattacharyya coefficient 和 Bhattacharyya distance, Bhattacharyya coefficient 算法如下:

$$\rho(p, q) = \sum_{u=1}^m \sqrt{p(u)q(u)} \quad (7)$$

2.3 多区域跟踪算法

多区域跟踪的主要思想是:利用多个区域的跟踪信息加权计算人体的运动位置,提高跟踪准确度,同时解决单区域跟踪产生的漂移问题。

多区域跟踪算法的主要步骤如下:

Step1:选取人体区域 A_1, A_2, \dots, A_m 及人体重心 $g(x, y)$, 计算区域 A_i 的中心与 $g(x, y)$ 的相对位置关系 $(D_i x, D_i y)$ 和区域 A_i 的初始颜色直方图模型, 设置区域 A_i 的颜色匹配阈值 θ_i ;

Step2:利用 Kalman Filter 预测模型(1)、(2)预测人体区域 A_i 在当前帧的位置范围 S_i ;

Step3:对 S_i 等间隔采样, S_i 中采样区域分别为 $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in}$, 根据公式(5)、(6)分别计算各采样区域颜色直方图模型;

Step4:根据公式(7)分别计算 S_i 中 $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in}$ 的颜色直方图模型与 A_i 颜色直方图模型的匹配度 $\rho_{i1}, \rho_{i2}, \dots, \rho_{in}$, 选择采样区域 A_{ik} 作为 A_i 在当前帧的位置, 其中 k 可满足:

$$\rho_{ik} = \max_k \{ \rho_{ij} > \theta_i \mid 1 \leq j \leq n \} \quad (8)$$

Step5:归一化 A_i 的匹配度 ρ_{ik} 为 W_{ik} , 归一化函数如下:

$$W_{ik} = \frac{\rho_{ik}}{\sum_{j=1}^n \rho_{ij}} \quad (9)$$

归一化后的 W_{ik} 值作为 A_{ik} 区域的权值;

Step6:根据 Step5 计算的权值加权计算当前帧的人体重心 $g'(x, y)$, 利用人体重心和区域 A_i 相对位置关系 $(D_i x, D_i y)$, 计算人体区域 A_i 在当前帧的位置;

Step7:更新区域 A_i 的 Kalman Filter 模型参数。

上述各步中 i 满足 $1 \leq i \leq m$ 。

2.4 遮挡问题处理

视频图像序列中,跟踪的运动员有可能被其他物体遮挡或是因摄像机的抖动而消失。实际跟踪过程中在 2.3 节多区域跟踪 Step4 步 $\rho_{ij} > \theta_i$ 是否成立(其中 $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$), 若没有 i 使其成立, 认为运动员被完全遮挡, 此时运动员位置根据预测值确定; 若只有部分 i 满足, 认为运动员部分被遮挡, i 满足的区域位置根据 2.3 节中 Step4 确定, 根据满足条件的区域和重心位置的相对位置关系计算重心位置, 不满足条件的区域在当前帧的位置根据其与其与重心的相对位置关系计算得到。

3 实验结果与分析

本文的算法在 P4 3.0G CPU、512M 内存配置的 PC 上, Windows XP 系统下用 VC 6.0 编程平台实现。实验数据来自国家大道速滑运动员训练视频图像。图 1 是单区域跟踪处理的大道速滑视频图像序列的一部分。图 2 是多区域跟踪处理的大道

速滑视频图像序列的一部分。

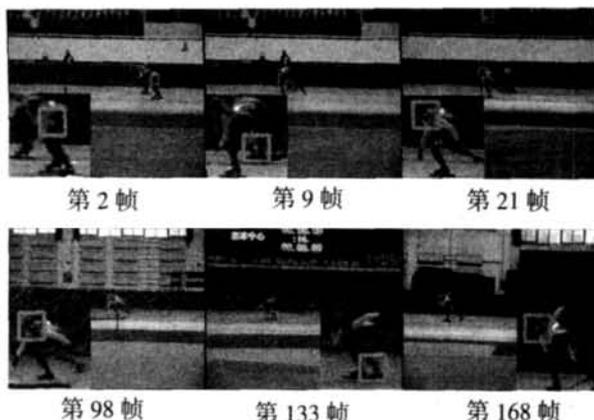


图 1 基于颜色的单区域跟踪和 Kalman Filter 结合的算法实验结果

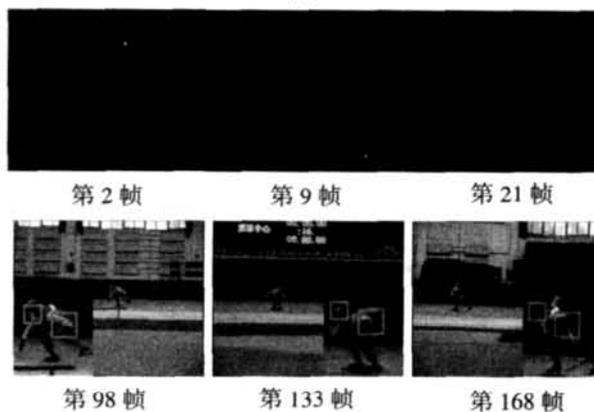


图 2 基于颜色的多区域跟踪和 Kalman Filter 结合算法的实验结果

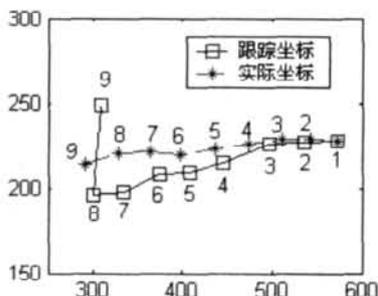


图 3 单区域跟踪值与实际值比较图

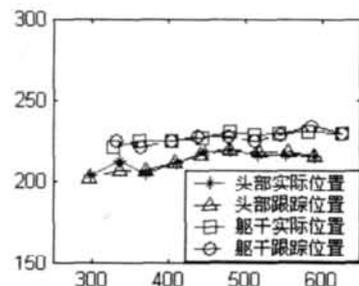


图 4 多区域跟踪值与实际值比较图

图 1 和图 2 显示,单区域跟踪算法产生跟踪漂移,而多区域跟踪算法则抑制了跟踪漂移。同时我们给出大道速滑视频图像前 9 帧的单区域运动跟踪人体位置与人体实际位置的曲线

图(图 3)和多区域跟踪人体位置与人体实际位置的曲线图(图 4)。图 3 显示,第三帧图像的跟踪位置已偏离实际位置,显示在图像序列上就是跟踪漂移;图 4 显示,跟踪的头部位置和躯干位置与实际的头部位置和躯干位置基本重合,从绘图的实际数据得到偏离像素基本在(-6~6)之间,且图像序列跟踪结果显示跟踪位置与实际位置基本重合。从图 3 和图 4 的比较可知,多区域跟踪算法抑制跟踪漂移,且比单区域跟踪结果更准确。

4 结论

为克服单区域人体运动跟踪易产生漂移的特点,本文提出基于 Kalman Filter 的、结合颜色直方图匹配算法的多区域人体运动跟踪算法。该算法更好的利用了人体自身信息和运动信息,对人体不完全遮挡的处理优于单区域跟踪。实验证明,该算法实时性好,跟踪结果更准确,且对遮挡问题的处理优于单区域跟踪。

本文创新点:

本文提出一种基于多区域的人体运动跟踪算法,并应用于大道速滑人体运动跟踪系统。该算法把人体分成多区域跟踪,利用多区域跟踪结果确定人体的运动位置,克服了单区域跟踪产生的漂移,提高了跟踪的准确性。

参考文献:

- [1]G.R.Bradschi. Computer vision face tracking as a component of a perceptual user interface [C]. IEEE Workshop Applications of Computer Vision.1998.10: 214- 219.
- [2]K.Fukunage,L.D.Hostetler. The estimation of the gradient of a density function with application in pattern recognition [J] IEEE Trans. On Information Theory.1975: 21(1),32- 40.
- [3]Nummiaro K., Kolter- Meier E., God L.V.. An adaptive color-based particle filter [J]Image and Vision Computing. 2002: 21(1) 99- 110.
- [4]Bradschi G.R.. Computer video face tracking for use in a perceptual user interface [J] Intel Technology Journal.1998: Q2' 98.
- [5]Kalman R.E.. A new approach to linear filtering and prediction problem [J]. Trans. ASME- Journal of Basic Engineering.1960: Vol. 82,35- 45.
- [6]张雷,刘冀伟等.固定场景下的运动检测与运动跟踪[J]微计算机信息,2006.9- 1:287- 289.

作者简介:高书秀(1981),女,硕士生,河南省南阳人,主研方向:模式识别与图像处理。

Biography: Gao Shuxiu(1981), female, master degree, living in Nanyang Henan province, Research area: Pattern Reorganization and Image Processing.

(150001 哈尔滨工业大学计算机学院)高书秀 黄剑华 唐降龙 刘家锋 刘国军

通讯地址:(150001 哈尔滨 哈尔滨市南岗区西大直街 92 号 352信箱)高书秀

(收稿日期:2008.04.20)(修稿日期:2008.06.15)

(上接第 216 页)

图 5 和图 6 实验波形可知,本设计电路具有中频控制 5KHz 的开关频率,有很好的可靠性,对 IGBT 有及时的保护功能。利用 DSP 控制的驱动电路能实现可控的中频逆变,频率可调,PWM 脉宽可调,有快速及时的保护动作。M57962AL 芯片和外围的电路,具有良好的保护性能、能及时对 IGBT 起到保护作用 and 隔离

保护作用。

6 结束语

实验结果表明,该控制电路短路保护动作可立即关闭 PWM,紧急保护,满足了性能指标的要求。利用 DSP 设计的控制电路和 M57962AL 的驱动电路使得控制电路大为简化。器件少、体积小,降低了成本。中频控制,提高了系统的控制精度。性能优良,响应时间为微秒级,控制速度快,可方便的根据需要设计出合适的外特性。中频逆变电源的发展是现代焊接领域的一个重要发展方向,高效节能、更高的能量输入、精确的参数调整、能减少电极的热量和机械压力等优点得到大家的青睐。本电源电路设计思想对数字化中频逆变直流电阻焊提供了一个可靠且可行的设计方案。

本文作者创新点:提出了一种新的基于数字信号处理器的中频逆变电源总体设计方案,并具体分析了电路设计的硬件和软件的实现。5 年的经济效益为 5000 万元,根据目前国内市场需求和目前国外电阻焊机的价格得出的估计。

参考文献

- [1]张乃国 开关电源功率变压器的设计方法[M] 清华大学自动化系 2003 年,北京。
- [2] 苏开才,毛宗源 现代功率电子技术 国防工业出版社 [M] 1995.9 北京
- [3] 罗剑兵等 基于 DSP 和单片机双芯结构的 IGBT 逆变焊机的研制[J] 电子科技大学研究生学报 2005 年 第 22 期
- [4]许华明 IGBT 逆变焊机的数字化研究设计与实现[J] 电子科技大学硕士论文 2004 年
- [5]王兆安,黄俊 电力电子技术[M] 机械工业出版社 2000 年 北京
- [6]张贻锋,袁艳,张泰山. 一种新型全数字 SPWM 变频器的设计[J]微计算机信息,2004. 03

作者简介:冷祥彪(1983-)男,湖南人,主要从事嵌入式系统、电焊机数字化的研究;毛宗源(1936-)男,浙江人,华南理工大学教授,博士生导师,主要研究方向:生物医学工程、自动控制系统分析、嵌入式系统研究等

Biography:Leng Xiang-biao (1983-),male,Postgraduate in Institute of Automation Science and Engineering,South China University of Technology.Research Area: Control Theory and Control Engineer, Embedded system research.

(510640 广东广州 华南理工大学自动化科学与工程学院)

冷祥彪 王 剑 胡德庆 王启文 毛宗源

(School of Automation Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, 510640, China)

Leng Xiangbiao Wang Jian Hu Deqing Wang Qiweng

Mao Zongyuan

通讯地址:(510641 广州市天河区五山路华南理工大学自动化科学与工程学院 2005 级硕士 1 班)冷祥彪

(收稿日期:2008.04.20)(修稿日期:2008.06.15)

书 讯

《现场总线技术应用 200 例》
55 元 / 本(免邮资) 汇至

《PLC 应用 200 例》
110 元 / 本(免邮资) 汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室
微计算机信息 邮编:100081
电话:010-62132436 010-62192616(T/F)