

基于特征块统计的摄像机跟踪算法

陈临强, 吕 梁

CHEN Lin-qiang, LV Liang

杭州电子科技大学 图形图像研究所, 杭州 310037

Institute of Graphics and Image, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310037, China

E-mail: LL30@sina.com

CHEN Lin-qiang, LV Liang. Camera tracking algorithm based on statistics of feature blocks. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(15): 185-187.

Abstract: This paper presents a camera tracking algorithm based on the statistics of feature blocks, it can be used to track the movement of camera in video files. First, spilling N random points in the region of video, finding out the block that having maximal differences of color nearby the random point. Then the authors analyzes adjacent frame to find the new position of the feature block that best matched. According to the movement of all blocks, the authors seek the mean and eliminate the blocks which having excessive variance of movement, using the remaining blocks to do the statistics. Last, the authors figures out the parameters of linear transformation equation by the Least-squares method. Experiments show that the algorithm achieves more accurate and robustness tracking effect with various types of video files in ordinary PC.

Key words: camera tracking; camera calibration; feature blocks; random statistic; projection transform

摘 要: 提出一种基于特征块统计的摄像机跟踪算法, 可用于视频中摄像机运动的快速跟踪和定位。首先在视频范围内抛洒 N 个随机点, 在随机点周围一定区域内寻找出最具颜色差异的像素块作为特征块, 然后分析相邻帧中与此特征块最佳匹配的新位置, 根据各块的移动情况求出均值, 再去掉移动方差过大的特征块, 保留余下的特征块进行统计。用最小二乘法统计方法求出连续视频帧之间运动参数的线性变换方程。实验表明, 该算法具有较好的跟踪检测效果, 对各类视频文件具有较好的鲁棒性, 在普通 PC 中实现了较为精确的摄像机运动跟踪检测。

关键词: 摄像机跟踪; 摄像机标定; 特征块; 随机统计; 投影变换

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.15.058 **文章编号:** 1002-8331(2008)15-0185-03 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

1 引言

运动对象跟踪和摄像机跟踪是计算机视觉、运动图像编码、基于内容检索、安全监控等视频分析和应用处理的关键技术。空间物体表面某点的三维几何位置与其在图像中对应点之间的相互关系是由摄像机成像的几何模型决定的, 这些几何模型参数就是摄像机参数^[1,2]。通过实验与计算可以标定这些摄像机几何模型参数^[3,4], 而不同的模型参数也各有优劣。

目前对视频跟踪的研究主要集中在对移动物体的跟踪检测上, 但对于摄像机镜头移动的跟踪研究比较缺乏。事实上, 对摄像机镜头的跟踪对于虚拟广告、虚拟演播室、医疗图像图像处理、三维重建、航拍测绘、自动导航等各类领域, 都有重要作用。现有的摄像机运动跟踪方法可以归纳为三种^[5]: 硬件法: 在摄像机机架可活动部分安装高精度传感器, 将各种运动汇总综合计算处理, 如机械跟踪法, 红外线跟踪法等; 软件法: 通过分析摄像机的视频流, 运用软件的方法分析识别图像信息的差异, 反求摄像机运动过程; 硬件和软件综合: 硬件传感器得到的数据有一定的误差, 通过软件进行精确纠正。本文提出的方法,

属于对软件算法的研究, 既可作为纯软件算法达到一定的检测精度, 也可以作为对硬件检测的进一步补充。

常用的图像配准参数模型主要是透视模型和仿射模型。透视模型用于配准精度要求较高而实时性要求不强的应用, 如图像拼接, 3D 重建等, 因要求估计 8 个运动参数, 不利于算法快速实现; 仿射模型只有 6 个运动参数, 有利于算法优化, 可用于配准精度不太高但实时性要求较强的应用。实际上, 一般监控应用中摄像机的运动比较简单, 主要是旋转和倾斜两类运动, 因此摄像机的运动参数模型可以进一步简化, 以便快速求解。根据这一思想, 本文利用摄像机成像和几何坐标变换原理, 导出相邻图像帧的运动, 可用比仿射模型更简单的模型来表示, 随后利用特征块的筛选和统计优化求解参数方程, 最后通过运动参数得到摄像机的具体运动特征。

基于此基础, 本文着重解决对一般视频对象中标定物的自动选择问题。在以往的标定过程中, 主要使用标定视频中具有明显特征物体的方法, 如黑白棋盘格, 有色标竿, 大型标志物等。虽然标定的精度较高, 但前期操作烦琐, 场地布置也有一定

基金项目: 浙江省科技计划项目 (No.2006C23054)。

作者简介: 陈临强 (1963-), 男, 副教授, 从事计算机图形学方面的研究; 吕梁 (1983-), 男, 硕士研究生, 从事计算机图形学方面的研究。

收稿日期: 2007-09-26 修回日期: 2007-12-17

要求,而且对于某些特定领域无法布置标志物。因此,从视频中自动获取标定物然后进行标定就有其现实意义。然而,如何获取这些标定物,如何排除各种标定干扰以及如何利用这些标定物达到较高的标定精度,就成为了本文需要重点解决的问题。

2 特征块获取子算法

2.1 随机点自动抛洒

基于统计的原理,为了获得比较准确的全局屏幕信息,采取在视频的全局范围内随机抛洒点的方法。根据视频的高度和宽度,在该区域内随机取得 N 个点,一个点即一个像素,并且各点坐标不允许重复。

以其中某个点为例,首先以这个点的坐标为起点进行展开,获得一个 N 像素 \times N 像素的像素块^[6,7],其中的 N 就是特征块的尺寸大小。而 N 的取值对检测效果影响很大,如果过小则无法包含足够的颜色特征信息;过大则会影响程序处理的效率。根据实验,取 N 值为 8 个像素^[8]。以下文中提到的特征块,均为 8×8 的像素块。

以某随机点扩展到像素块后,又以该像素块为中心进行再次扩展。在该像素块的周边 8 个方向,各取得同为 8×8 像素的 8 个像素块,连同中心共 9 个像素块,形成一个 24×24 像素的特征块搜索区域,进入下一步处理。

2.2 特征块搜寻

特征块即包含特征的像素块,即在一定的范围内色彩、亮度等与周围存在明显差异的像素块。在上一步取得的 24×24 像素特征块搜索区域中,首先定位到搜索区域的左上起点,每次向右增加一个像素构成 8×8 像素块。当到达搜索区域的右边界时,向下增加一行像素,又以左边界为起点进行同样的逐行扫描,直至到达搜索区域的右下终点。可以通过计算颜色方差的方法,获得其中一个最具特征的像素块如图 1 所示。

首先计算这个搜索区域的平均颜色,其中 n 为搜索区域的总像素数 24×24 :

$$\overline{RGB} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n RGB_i \quad (1)$$

然后分别计算逐行扫描得到的每个像素块颜色方差,其中 n 为某像素块的总像素数 8×8 :

$$D_k = \sum_{i=1}^n (RGB_i - \overline{RGB})^2 \quad (2)$$

计算出最大方差 D_{\max} ,在这里再设一个取特征块的最小阈值 τ ,当这个 $D_{\max} < \tau$,即认为此搜索区域内不包含明显特征,做舍弃处理;如果 $D_{\max} \geq \tau$,则将该 D_{\max} 代表的像素块判断为特征块,记录下该块的起始坐标。如图 1 所示,图中的黑外框为某个 24×24 的搜索区域, 8×8 像素搜索块在其内部移动,最后取得特征块。

3 特征块跟踪子算法

一般的图像分析,是一种分析图像信息,建立图像特征模型,然后对特征模型进行匹配的过程。这种方法由于需要全画面分析、建模和匹配,往往需要很大的时间代价,不利于进行实时处理。在获得了一定数量的特征块后,本文即使用这些特征块进行匹配,免除了全画面处理图像信息所需要的时间代价,提高了实时性。

3.1 特征块自动匹配

在正常的拍摄过程中,有 25 帧/s 以上的视频帧。在如此高速的图像获取条件下,每两个相邻视频帧之间,包含的摄像机移动是极其微小的。而其中特征块的移动,也是在很小的范围内进行。基于上述原理,对于每个特征块,相邻帧间只需在一定的范围内检测匹配即可。

以某一个特征块为例,由于记录了其在前一帧中的位置,对于当前视频帧,以该特征块前一帧的起始位置为中心,在当前视频帧中展开,扩充其左上、上、右上、右、右下、下、左下、左 8 个方向,又取得一个 24×24 像素的像素区域作为该特征块在当前帧中的匹配区域。

其匹配方式与 2.2 节中描述的搜索方式相似,以该匹配区域的起始坐标为起点,以 8×8 像素获得匹配块,进行从左到右,从上到下的逐行匹配。与 2.2 节中不同的是,本次匹配对比的不是平均颜色,而是对前一帧中的特征块进行逐像素匹配,得到该块与前帧中特征块的相似度方差,匹配过程是寻找方差最小的块,其中 n 为 8×8 像素:

$$D_{\text{像素块}} = \sum_{i=1}^n (\text{当前帧像素块 } RGB_i - \text{前帧特征块 } RGB_i)^2 \quad (3)$$

综合以上过程,进行逐行扫描和逐像素匹配,直达到匹配区域的右下边界结束,记录下像素块中的最小方差值 D_{\min} 和其起点坐标。在这里也设置一个匹配度阈值 σ ,当 $D_{\min} \leq \sigma$ 时,认为匹配成功,其起点坐标就是前特征块在当前帧中的新位置;若 $D_{\min} > \sigma$,则匹配失败,做舍弃处理。

对于每个特征块,均进行以上的匹配操作,直到每个特征块都在下一帧中寻得最佳匹配位置或做出舍弃处理,进入下一步的筛选和统计。

3.2 特征块丢失自动补偿

对于特征块,在摄像机在同一方向移动过多造成特征块超出屏幕,屏幕内容变化导致的特征块被前景物遮盖或特征变为不明显等各类情况,均会造成特征块的丢失。特征块数量随着视频的播放不断减少,将会影响摄像机跟踪的准确性,统计误差也会被放大。

基于上述原因,算法设计了在每一帧匹配结束后,检测存在的特征块数与设置的泼洒数是否一致,如果小于泼洒数将进行补充泼洒点,对新泼洒的特征块将在下一帧进行首次检测。至此,特征块将在视频播放的同时始终保持一致的数量,周而

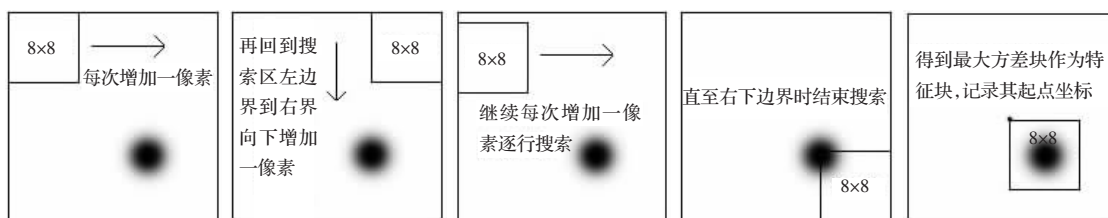


图 1 特征块搜寻步骤

复始地检测下去。

4 运动参数及求解

4.1 特征块移动的二次筛选

特征块的选取具有随机性和自动性, 因此特征块可能包含屏幕内的移动物体, 或者存在与摄像机移动不一致的情况。如将这些块的移动都加入到块移动的统计中去, 会存在较大的误差, 造成跟踪定位的不准确。因此, 在将各个块移动信息加入统计之前, 还应该进行二次筛选。

筛选的原理同样基于方差, 首先计算所有特征块的平均移动:

$$\overline{move}(x, y) = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n move(x, y)_i \quad (4)$$

然后计算每个块移动的方差:

$$Dmove = (\overline{move}(x, y) - move(x, y)_i)^2 \quad (5)$$

这里也设置一个块移动方差阈值, 将大于这个阈值的移动特征块判断为干扰块, 做舍弃处理; 将小于这个阈值的块, 用于最终统计。

4.2 特征块统计和移动参数求解

移动配准实际上是求解两幅图像之间的变换关系, 当前帧可以看作摄像机连续多次的小运动, 是由初始帧演变而来的。因此如果能将图像配准转化为摄像机连续多次小运动问题, 在解决摄像机小运动参数求解问题之后, 配准问题也就迎刃而解了。本节主要讨论摄像机运动较小时的简化参数模型及参数求解公式。

用 (X, Y, Z) 表示初始摄像机坐标系中的一个三维坐标点, 其在二维图像坐标系的成像点为 (x, y) , 相邻帧中该点的新三维坐标 (X', Y', Z') , 二维图像坐标 (x', y') 。则满足某个变换方程^[6]:

$$\begin{cases} x' = \alpha * x + \beta * y + \varepsilon \\ y' = \mu * x + v * y + \tau \end{cases} \quad (6)$$

为了求得此变换方程的系数, 采集 N 个点的新旧坐标, 采用最小二乘法求解出最佳拟合系数。

$$\begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \alpha & \mu \\ \beta & v \\ \varepsilon & \tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x'_1 & y'_1 \\ x'_2 & y'_2 \\ \vdots & \vdots \\ x'_n & y'_n \end{pmatrix} \quad (7)$$

解出了转换参数, 就较为精确地获得前后两帧视频对象的变换关系, 而摄像机的移动, 旋转等各个差异变化, 都包含其中。通过运用这些参数进行图像处理, 就提供了对摄像机连续帧移动较为精确的跟踪。

5 实验结果和结论

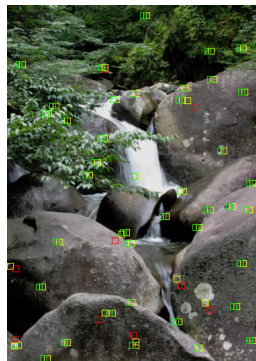
本文的实验平台, 为架设在云台上的摄像机, 一般固定或者只有随云台的转动和倾斜(pan/tilt)运动。程序为 VC++ 编译环境, 使用 OPENCV 图型库。图 2 为某一特征块的获取、识别、跟踪过程。



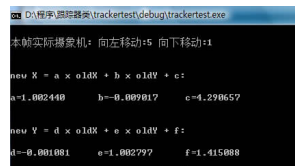
图 2 算法执行过程

其中, 图 2(a) 是获得随机点; 图 2(b) 是以随机点为起点扩充为像素块; 图 2(c) 是以像素块为中心扩充为搜索区域; 图 2(d) 是将其中最大方差块(白色)标定为特征块; 图 2(e) 是后继帧中摄像机左移, 特征块搜索后新位置(灰色)。

图 3 为全局抛洒特征块 50 个, 摄像机移动后, 完成统计跟踪并计算出式(6)中 6 个参数。



(a) 抛洒随机块 50 个



(b) 摄像机移动参数计算结果

图 3 算法执行结果

由上述实验结果表明, 本文提出的基于统计的摄像机跟踪技术, 在背景较为复杂但视场中移动物体相对较小的条件下, 获得了比较满意的跟踪效果。算法在抛洒随机点后, 自动识别特征、匹配, 剔除干扰, 然后进行加权平均, 免除了对标定物的前期操作, 又获得了较好的实时处理效果。

当然, 本文中算法也存在一定的缺陷和限制, 如对单一背景条件下, 如白布, 难以获得有效特征块; 又如在移动物体占多数的场景, 如街口, 摄像机跟踪就存在一定的局限等。对于上述问题, 可以结合硬件传感器进行进一步的优化和解决, 将在下一步的研究中加以深入和完善。

参考文献:

- [1] 邱茂林, 马颂德, 李毅. 计算机视觉中摄像机定标综述[J]. 自动化学报, 2000, 1: 26.
- [2] 吴文琪, 孙增圻. 机器视觉中的摄像机定标方法综述[J]. 计算机应用研究, 2004, 12(2): 13-16.
- [3] Tsai R Y. An efficient and accurate camera calibration technique for 3D vision[C]//Proc of IEEE Conference of Computer Vision and Pattern Recognition, 1986: 364-374.
- [4] Zhang Z Y. A flexible new technique for camera calibration MSR2TR298271[R]. Microsoft Research, 1998.
- [5] 程玉仁, 刘诗斌, 严家明, 等. 基于数字图像处理的摄像机跟踪系统[J]. 中国有线电视, 2004, 7: 23.
- [6] Hager G, Belhumeur P. Efficient region tracking with parametric models of geometry and illumination[C]//IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(10): 1025-1039.
- [7] Azarbayejani A, Pentland A. Real-time self-calibrating stereo person tracking using 3D shape estimation from blob features[C]//Proc International Conference on Pattern Recognition, Vienna, 1996: 627-632.
- [8] Tan Yi. Virtual imaging in sports broadcasting: an overview[C]//International conference on Virtual Reality and Its Application in Industry, Hangzhou, China, 2003: 330-339.
- [9] Hartley R. Multiple view geometry in computer vision[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.