

# 一种适用于高分辨率图像的实时电子稳像算法

张宇, 黄亚博, 焦建彬

(中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:**为了探索在电子稳像技术上的新方法,在分析常用视频稳定技术的基础上,详细介绍了基于图像特征的电子稳像算法流程和可应用于高分辨率图像的特征点提取以及跟踪算法。同时,提出了一种可适用于高分辨率图像的实时电子稳像算法,对传统的KLT算法进行亮度适应方面的改进。最后,通过实验对于摄像机获取的连续视频图像进行应用新方法的电子稳像处理,实验结果验证了该算法的稳像效果及实时性,从而证明了该算法在实际应用中的效果很好。

**关键词:**图像匹配;KLT;电子稳像

**中图分类号:**TP301.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2009)03-0009-03

## A Real Time Stabilization Algorithm for High Resolution Video

ZHANG Yu, HUANG Ya-bo, JIAO Jian-bin

(Graduate Dept. of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** In order to research new methods on electronic image stabilizing algorithm, based on the analysis of frequently used video stabilization techniques, introduced the workflow of electronic image stabilizing algorithm based on feature points, and the approach to track feature points in high resolution images, and then provide an improved KLT algorithm suitable for high resolution videos, in which the luminance adaptive method is used to replace the absolute luminance comparison. Experiment results proved the correctness and the good performance of the algorithm, and presented the good behavior of implementation of the algorithm.

**Key words:** image registration; KLT; stabilization

### 0 引言

在通过计算机系统对视频流进行动态目标检测及动态目标跟踪时,要求所分析的视频具有较高的稳定性。而作为摄像系统载体的舰船,受风浪的影响姿态变化很大,因此,所获得的图像失稳、模糊不清、分辨力下降问题十分严重<sup>[1]</sup>;坦克、装甲车等由于经常行驶在崎岖的路面上,驾驶员观测到的也是晃动的图像。为了解决以上这些问题,需采用稳像技术。

通常采用的稳像方法有三种:主动稳像、被动稳、电子稳像。主动稳像是安装了陀螺稳定平台的稳定摄像系统,陀螺稳定平台的主要作用是衰减低频振动。被动稳像是采用减震装置来隔离载体的振动,用以减少高频振动对摄像系统的影响。电子稳像技术则是一种将电子、计算机、图像处理等技术融合为一体的图像稳定技术,主要是通过获取图像的运动矢量来对其进行校正。相对于前两种稳像方法,不但降低了系统成

本,而且具有精度高、功耗低、体积小等优点,对于研制长焦距、大口径、高分辨率的摄像系统有重大意义。电子稳像系统代表了未来稳像系统的发展方向。目前,常用的稳像电子稳像算法主要有三种:基于图像特征的方法<sup>[2]</sup>、基于图像灰度信息分析法<sup>[3]</sup>和基于频域的方法<sup>[4]</sup>。文中主要对第一种方法进行研究。

### 1 基于图像特征的电子稳像算法流程

基于图像特征的电子稳像流程如图1所示。

由图1可见,基于图像特征的电子稳像需要以下几个步骤:

- 1) 从原始视频中选定任意一帧作为参考帧,按照特征值排序并从中提取相应数目的特征点;
- 2) 对于每个特征点,从前一帧中对该特征点匹配,获得该特征点在两幅相邻图像的偏移量,丢弃匹配失败的特征点以重新提取的特征点代替;
- 3) 对所有特征点的偏移量进行处理,剔除运动方向不一致的偏移量,根据其余特征点的平均偏移量对后一幅图像进行运动补偿,获得稳定后图像。
- 4) 重复上述第2、3步。

收稿日期:2008-07-01

基金项目:国家自然科学基金(60672147);中科院百人计划项目

作者简介:张宇(1977-),男(满族),硕士研究生,工程师,研究方向为数字图像处理;焦建斌,博士,教授,研究方向为数字图像处理。

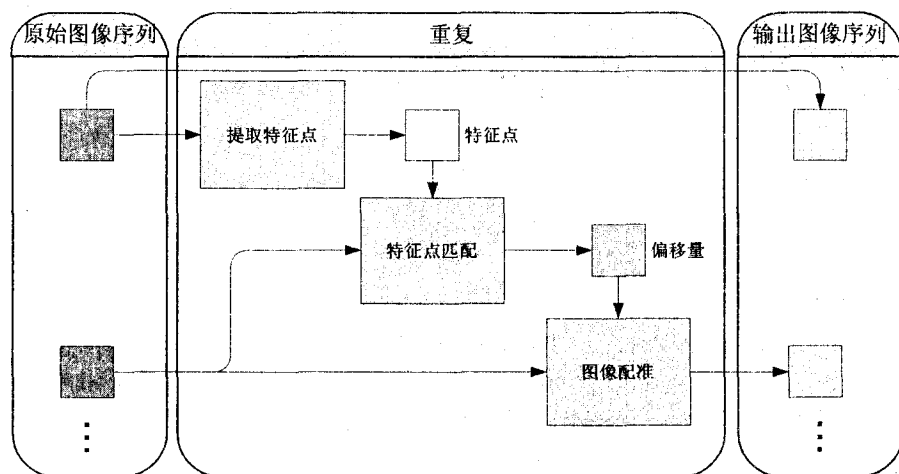


图 1 基于图像特征的电子稳像流程

## 2 特征点的提取

Kanade, Lucas, 和 Tomasi 等人提出的 KLT 算法<sup>[2]</sup>利用空间亮度等级差异的信息获取特征点,从而得到图像匹配。与其他技术相比,KLT 算法对两幅图像使用更少的比较就可以得到依从某种顺序的可能配准位置,可满足实时性的要求。该算法适用于图像的任意的线性扭曲(包括旋转),并且适用于立体影像的跟踪。

KLT 算法的一个关键问题是特征点的提取<sup>[5,6]</sup>。可以选用图像中亮度有明显变化的点,例如凸点、轮廓线等,作为特征点。但是,由于外界因素的影响(如深度变化产生的边界问题或者光滑物体表面反射的高亮问题等),即使对于拥有丰富纹理特征的物体,选取合适的特征点有时也是比较困难的。为了解决以上问题,文中使用测量相异量的方法量化特征点在最初图像和当前图像之间的变化。当相异量增长过大时,这个特征点就应该被放弃。这里提到的特征点是图像中亮度与其他相邻部分有明显区别的点,实际上是一些相邻像素点的集合,因此也可以称为特征窗口。

对于  $320 \times 240$  的图像大小,通常设置特征窗口为  $7 \times 7$  个像素点,对于更大分辨率的图像,则采用隔点采样的方法生成较低分辨率的图像帧,例如视频分辨率为  $640 \times 480$ ,可以采用每隔一点采样的方法得到  $320 \times 240$  的图像,以加快运算的速度,确保输出的实时性。按照 KLT 算法计算所有像素点的特征值,以该像素点为中心的特征窗口的特征值,计算公式为:

$$\text{MinEigenValue} = g_{xx} + g_{yy} - \frac{1}{2} \sqrt{(g_{xx} - g_{yy})^2 + 4g_{xy}^2}$$

其中,以  $W$  表示特征窗口,  $g_{xx} = \sum_W g_x^2$ ,  $g_{yy} = \sum_W g_y^2$ ,

$g_{xy} = \sum_W g_x * g_y$ ,  $g_x$  和  $g_y$  分别表示图像在  $x$  方向和  $y$  方向的梯度。满足特征点的条件要求  $\text{MinEigenValue}$  大于

最小特征值  $d$ ,  $d$  是一个可设置的值,通常设置为 1。

## 3 特征点匹配

特征点匹配是使用 KLT 的特征点跟踪方法,对于每个特征点,根据其在后续经过采样后的图像帧中相同坐标周围一定范围内的区域中寻找对应的特征点,使用平移模型进行相邻图像的特征点匹配,通过不断地平移迭代得到该特征点在前后图像帧之间的偏移量。使用平移模型的原因是因为相邻帧变化小,因此可以忽略变形的误差,加快运

算速度。

一些特征点在跟踪时可能丢失,也就是在后续图像帧中找不到其位置,这可能是该特征点移动到搜索范围甚至视野范围之外,或者亮度发生了较大的变化,或者被遮挡等情况。为了保证一定数量的有效特征点,需要重新进行特征点提取以替换无效的特征点。

随着图像序列误差累计,平移模型可能产生特征的误匹配,因此需要通过仿射模型对于特征点进行一致性检验以排除一部分匹配错误的特征。具体方法是以第一幅图像的特征点为基准,检验当前图像的特征点是否可以通过仿射变换得到。

摄像场景的光照变化对于 KLT 算法有很大的影响<sup>[7,8]</sup>,可能造成同一个点的亮度发生变化,从而导致跟踪失败。在这种情况下,虽然特征窗口内的像素点的亮度同时发生了变化,但窗口内的相对亮度分布情况并没有改变,因此可以采取相对亮度差替代绝对亮度差的方法对算法进行改进。

具体计算如下:

$$\text{imageDifference} = \sum_W (G(x_1, y_1) - \alpha * G(x_2, y_2) - \beta)$$

其中,  $W$  表示特征窗口,  $G(x, y)$  表示坐标为  $(x, y)$  的点的亮度。

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sum_W G^2(x_1, y_1)}{\sum_W G^2(x_2, y_2)}}$$

$$\beta = \frac{\sum_W G(x_1, y_1) - \alpha * \sum_W G(x_2, y_2)}{\text{width} * \text{height}}$$

## 4 运动补偿

通过特征点匹配可以获得所有有效特征点在两个图像帧的坐标,需要再通过仿射变换模型计算两个帧

之间的偏移量。仿射模型可以表示为  $(x_2 \ y_2 \ 1) =$

$$(x_1 \ y_1 \ 1) \begin{bmatrix} a & b & 0 \\ c & d & 0 \\ e & f & 1 \end{bmatrix}。根据仿射模型,要求出仿$$

射变换矩阵的值,也就是6个未知量。因此只要有6个以上的有效特征点就可以了。在实际环境下需要设置更多的特征点数量,这是由于考虑到有些特征点可能在移动的物体上,与图像整体的移动方向不一致,或者由很多种可能性导致特征点跟踪失败的情况。一旦求出仿射矩阵,将后续图像帧按照仿射矩阵进行相反方向的仿射变换,就可以得到配准后的图像。

对后续的图像帧重复进行特征点匹配和图像配准的计算,即可获得相对稳定的视频输出。

## 5 实验结果

使用文中提出的算法对连续视频进行了处理,视频大小为  $640 \times 480$ ,采用隔1点采样,即处理  $320 \times 240$  的图像帧,特征窗口的大小设置为  $7 \times 7$  个像素

点,设置特征点数量为30,作为实验素材的连续视频有一定的抖动,实验结果如图2所示。图中第一排分别为原始图像序列的第1、10、20、30帧,根据横向辅助线可以看出图像有明显的晃动。图中第2排分别为进行稳像后的图像序列的第1、10、20、30帧。

根据横向辅助线可以看出输出图像序列比较稳定,根据标识的小箭头可以看出在第10帧和第20帧图像有比较明显的平移,在第30帧图像中有明显的平移和旋转。实验证明该稳像算法是实时有效的。

## 6 结束语

在连续视频中使用基于KLT算法的电子稳像技术可以得到很好的视频稳定效果。由于使用了采样技术和特征点跟踪技术,对于高分辨率的视频图像也能够实时处理,并且通过对KLT算法引入亮度适应的方法,可以增强电子稳像技术的鲁棒性和适应能力。随着数字视频信息的广泛应用,这项技术必将拥有越来越广阔的发展和应用空间。

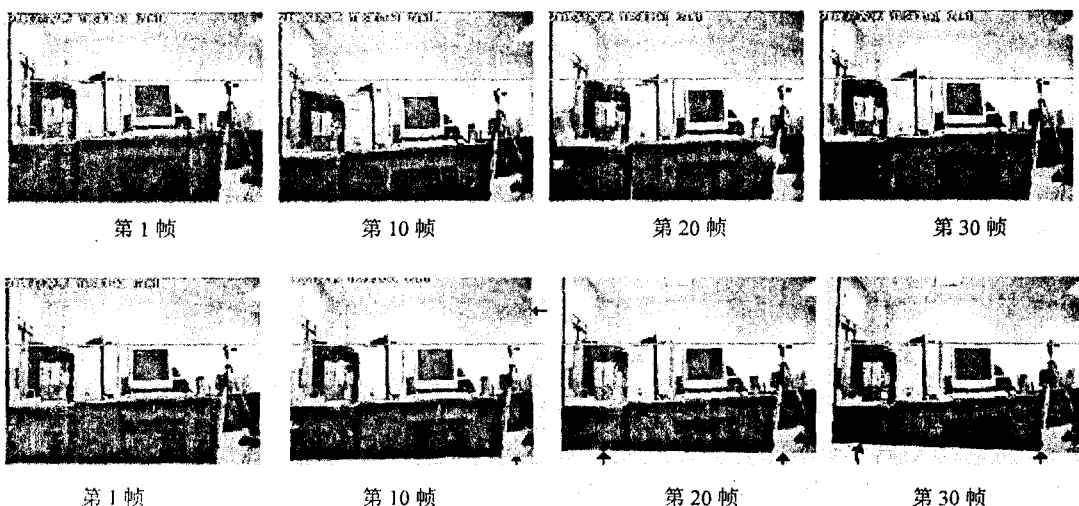


图2 原始图像与稳像后图像对比图

### 参考文献:

- [1] 赵红颖,晏磊,熊经武. 舰载摄像系统的一种电子稳像算法[J]. 光学技术,2003(5):629-633.
- [2] Lucas B D, Kanade T. An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision (DARPA)[C]// Proceedings of the 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI). Vancouver, British Columbia: [s. n.], 1981:674-679.
- [3] Srinivasan S. Image stabilization and mosaicking using the overlapped basic optical flow field[D]. [s. l.]: IEEE, 1997: 356-358.
- [4] Balakirsky S B. Performance characterization of image stabilization algorithms[J]. Real-Time Imaging, 1996, 2(5): 297-313.
- [5] Tomasi C, Kanade T. Detection and Tracking of Point Features[R]. [s. l.]: Carnegie Mellon University, 1991.
- [6] Shi J, Tomasi C. Good Features to Track[C]//Computer Vision and Pattern Recognition, 1994. Proceedings CVPR '94. 1994 IEEE Computer Society Conference. Seattle, WA, USA: [s. n.], 1994:593-600.
- [7] Gouffes M, Collewet C, Fernandez - Maloigne1 C, et al. Feature Points Tracking: Robustness to Specular Highlights and Lighting Changes[C]// European Conference on Computer Vision 2006. Berlin: Springer, 2006: 82-93.
- [8] Segvic S, Remazeilles A, Chaumette F. Enhancing the Point Feature Tracker by Adaptive Modelling of the Feature Support [C]//European Conference on Computer Vision 2006. Berlin: Springer, 2006: 112-124.