

基于灰度投影算法的实时电子稳像研究

张国栋, 王明泉, 郭 栋

(中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西 太原 030051)

摘 要: 实时电子稳像的目的是除去视频图像序列中因摄像机无意抖动而造成的图像扰动, 从而保证修正后输出的视频图像序列是平滑、稳定的. 灰度投影算法将初始的二维图像信息映射成两个独立的一维信息后, 只对图像行列的投影曲线做一次相关运算便可较准确地检测出图像序列的帧间运动矢量, 具有图像信息利用充分、算法稳定性好等优点. 同时由于该算法对灰度图像进行直接处理, 能够反映出图像的整体特征并有效地抑制了噪声, 具有较高的稳像精度. 实验结果表明, 该算法具有较好的稳像效果.

关键词: 灰度投影; 电子稳像; 投影曲线; 图像运动矢量

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000- 7180(2010) 10- 0053- 04

Research on Real-Time Electronic Image Stabilization Based on Gray Projection Algorithm

ZHANG Guo-dong, WANG Ming-quan, GUO Dong

(The Ministry Education Key Lab for Instrumentation Science
and Dynamic Test, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Real time electronic image stabilization is a method to timely stabilize image sequences in image stabilization algorithm, which remove the unwanted movements of image. So as to ensure that the output of the video image sequence is smooth and stable. A fast digital image stabilization algorithm based on gray projection is proposed in this paper: firstly, the image is projected into one dimensional curves; then calculating movement vector by one dimensional correlation. And adopting the gradation projection algorithm to detect the inter-frames motion vector of image sequence has many advantages, such as richly using the image information and good algorithm stability. Because the algorithm processes gray information directly and could restrain the noises, it can acquire high accurate image stabilization. And the simulation experiments validate the performance of the algorithm.

Key words: gray projection; image stabilization; projection curves; movement vector

1 引言

随着摄像设备应用的日益广泛, 摄像平台变得越来越多样化. 通过车载摄像系统、手持摄影设备、飞机或者舰船摄影平台等得到的视频信号往往会因为摄像机的运动而发生抖动, 导致图像显示序列模糊和抖动, 使观察者产生疲劳感, 进而容易产生误判、漏判, 并且给进一步的图像处理带来困难. 如何

将这些视频信号转化为高质量的稳定视频显得尤为重要. 由于电子稳像具有稳像精度高、体积小、重量轻、功耗低以及具有实时处理功能等优点, 得到了广泛的研究和应用.

目前实现电子稳像的算法有很多种, 例如块匹配法、位平面匹配法、特征点匹配法等等. 块匹配法和位平面匹配法都需要大量的计算时间, 因此占用系统资源大, 特征点匹配法简单、计算量小, 但由于

代表点是由坐标确定的, 因此对图像变化不敏感, 图像对比度不明显时, 准确度将受到很大的影响. 本文基于灰度投影的数字电子稳像算法在计算量较小的同时保持较高的准确度, 能够满足实时稳像系统的需求.

2 电子稳像基本原理

电子稳像技术利用电子设备和数字图像处理技术来检测图像序列的帧间偏移并进行补偿, 从而获得清晰而稳定的图像序列.

电子稳像^[1]不同于图像恢复, 图像恢复是针对每一帧模糊的图像, 而电子稳像稳定的是一个图像序列, 图像序列的不稳定是由于帧与帧之间图像变化在图像显示器上显示出的不稳定, 而图像序列中的每一帧图像是清晰的. 基于这种分析, 电子稳像所要处理的就是通过求出视频序列中各帧之间的变化, 然后以运动补偿的方法来去除这个变化, 达到整个视频序列稳定的目的.

2.1 电子稳像原理

电子稳像技术中最基本的是像移补偿技术^[2], 其原理如图 1 所示.

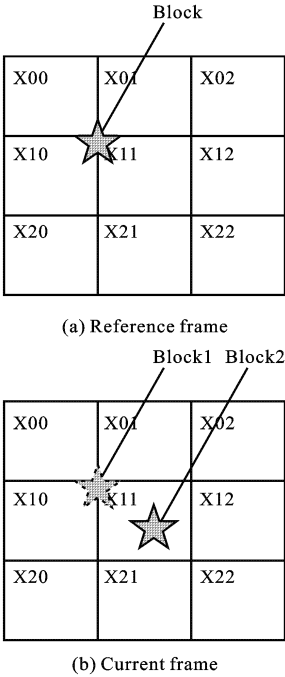


图 1 电子稳像原理图

图 1(a) 和图 1(b) 分别表示参考帧和当前帧的图像, 每一格代表一个像素. 此时, 参考帧图像中的五角星 block 在 00、01、10、11 像素上成像. 图像序列没有抖动时, 当前帧图像上的五角星 Block1 和参考帧上的五角星 Block 匹配. 成像时由于载体的振

动, 使得载体上的摄像机产生了突然晃动, 使当前帧中五角星 block1 移动到了如图 1(b) 所示的实五角星 block2 位置. 从视频显示器看, 由于振动的影响, block 与 block2 位置不一样, 使图像变得模糊.

电子稳像的目的就是消除这种模糊, 也就是将当前帧中的实五角星 block2 移动到虚五角星 block1 位置, 使得当前帧图像与参考帧图像在同一位置. 运动估计算法就是计算当前帧中实五角星 block2 相对于参考帧中五角星 block 即相对于 block1 在 x , y 轴方向的移动距离, 运动补偿就是根据计算出的距离将当前帧的实五角星 block2 向相反的方向移动到虚五角星 block1 位置, 使得两帧图像位置一样, 这样就达到了图像序列的稳定.

2.2 电子稳像系统基本结构

电子稳像系统基本结构如图 2 所示, 主要包括运动矢量检测单元、补偿量输出单元和图像补偿单元. 其中运动矢量的检测单元通过运动检测算法计算图像序列帧间运动矢量, 是实现电子稳像的关键环节; 补偿量输出单元输出补偿运动参数; 图像补偿单元通过图像像元重组完成对图像运动的补偿功能.

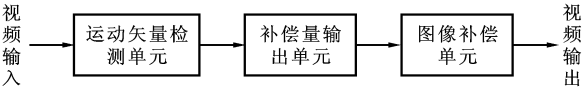


图 2 电子稳像系统基本结构

3 灰度投影算法

视频图像序列变化的实质就是图像灰度发生变化的连续过程. 灰度投影算法(PA)^[3-4]充分利用了图像总体灰度分布的变化规律, 只需要对图像行列的投影曲线做一次相关运算, 就能较准确地获取当前帧相对于参考帧的运动矢量, 大大降低计算量, 而且保证了较高的计算精度.

灰度投影算法(PA)可分解成三个主要的步骤: 图像灰度映射、投影滤波和相关计算.

3.1 图像灰度映射

输入图像序列中的每一帧图像经过预处理后, 可采取行投影和列投影的方式, 将初始的二维图像^[5]信息映射成两个独立的一维信息. 下式是以行投影计算为例说明图像映射的方法:

$$\begin{aligned} \text{Row}(i) &= \sum \text{Cur}_k(i, j) \\ \text{RowTot}_k &= [\sum \text{Row}_k(i)] / \text{MR} \\ \text{Rowproj}_k(i) &= \text{Row}_k(i) - \text{RowTot}_k \end{aligned} \tag{1}$$

式中, $Row(i)$ 为第 k 帧图像第 i 行的灰度值; C 是第 k 帧图像上 (i, j) 位置处的像素的值; MR 是行数; $Row\ proj_k(i)$ 是第 k 帧图像的第 i 行修正后的投影值. 列投影 $Col(j)$ 与之类似.

3.2 投影滤波

当图像有移动时, 图像的边界信息会发生变化, 在互相关计算时对互相关的峰值将产生不利的影响. 可通过滤波器进行滤波, 去除图像边界信息的波形而完全保留中心区域的波段, 从而减小了边界信息对互相关峰值形成的不利影响.

3.3 相关计算

一般情况下, 把待处理图像的行、列投影与参考帧图像的行、列投影分别作互相关运算, 根据两条相关曲线的谷值即可确定当前帧图像相对于参考帧图像的行、列位移矢量值^[6]. 进行相关运算计算公式为

$$R(w) = \sum_{i=1}^{MR} [Row_k(i + w - 1) - Row_r(m + i)]^2$$
$$1 \leq w \leq 2m + 1 \tag{2}$$

式中, $Row_k(i)$ 为第 k 帧图像第 i 行的灰度投影值, MR 是行的长度, m 为位移矢量相对于参考帧在一侧的搜索宽度. 设 w_{min} 为 $R(w)$ 最小时 w 的值, 则第 k 帧图像相对于参考帧图像在垂直方向的运动矢量为

$$\delta_y = m + 1 - w_{min} \tag{3}$$

δ_y 为正时表明当前帧相对参考帧向上运动了 $|\delta_y|$ 像素, 为负时则表明向下运动了 $|\delta_y|$ 像素, 同样的方法可求得水平方向的运动位移矢量. 得到了水平和垂直方向的运动位移矢量后, 就可以把当前帧图像向位移矢量的反方向运动相应大小的像素距离, 从而实现图像序列的稳定.

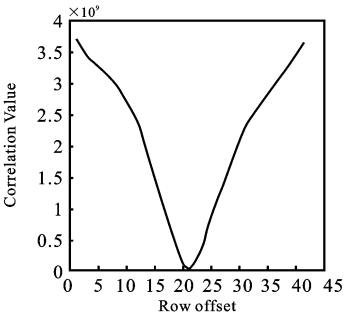
4 仿真结果与稳像效果分析

为验证算法的有效性, 在 PC 机上应用 MATLAB 软件进行仿真实验. 本次仿真实验视频为数码相机获取的抖动视频, 分辨率为 320×240 像素, 再对其进行预处理后, 得到 240×180 范围内的像素.

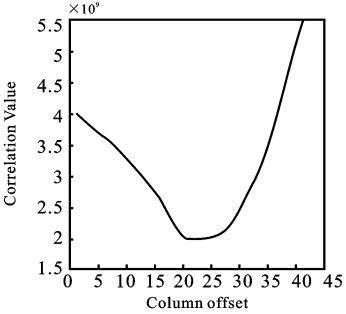
首先对参考帧和当前帧图像预处理后, 分别做行、列投影. 其次, 取出当前帧的行投影(21: 160)共 140 单位的灰度投影值与参考帧的行投影作相关运算; 再取出当前帧的列投影中的(21: 220)共 200 单位的灰度投影值与参考帧的列投影作相关运算, 得到图 3.

最后, 可由式(2)、(3)分别得到垂直方向和水平

方向的运动矢量, 进而可进行运动补偿, 得到了稳定的图像.



(a) 当前帧与参考帧的行相关函数曲线



(b) 当前帧与参考帧的列相关函数曲线

图 3 两帧图像的行、列投影数据相关曲线

为了进一步验证灰度投影算法在电子稳像中的效果, 我们对连续的六帧图像进行单子稳像仿真实验, 图 4 和图 5 分别反映的是稳像前后连续六帧图像的列投影值曲线. 从图中, 我们可以清楚地看到稳像前各帧图像的列投影值曲线形状接近, 但位置在横坐标方向上有较大的波动差异, 而稳像后的列投影值曲线形状和位置基本一致.

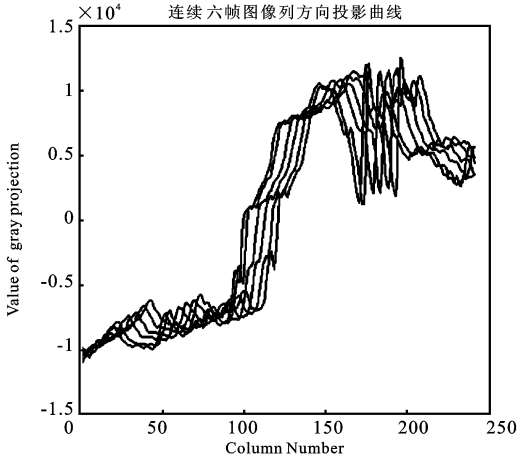


图 4 稳像前的列投影

5 结束语

本文介绍了灰度投影稳像算法和电子稳像的基本原理, 并对该算法在电子稳像中的应用进行了仿真实验. 由于灰度投影算法只是对图像的灰度投影

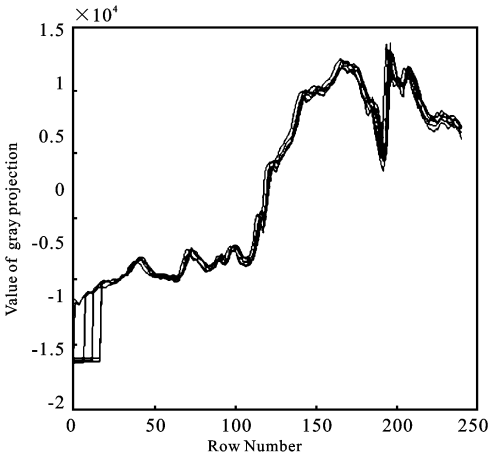


图 5 稳像后的列投影

曲线做一次互相关运算来求其图像序列帧间的运动矢量, 因此计算量小, 速度快, 能够满足连续图像的实时性要求. 仿真试验证明, 该算法具有较好的稳像效果, 是实现平移运动或旋转运动较小的图像序列电子稳像的较理想算法, 但对剧烈旋转运动条件下的稳像应用存在一定的局限性.

参考文献:

[1] Engelsberg A, Schmidt G. A comparative review of digital

image stabilising algorithms for mobile video communications[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1999, 45(3): 591- 597.

[2] Ko S J, Lee S H, Jeon S W, et al. Fast digital image stabilizer based on gray- coded bit- plane matching[J]. IEEE Transaction on Consumer Electronics, 1999, 45(3): 598- 603.

[3] 赵天云, 郭雷, 余博. 基于灰度投影的快速电子稳像算法[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(11): 233- 236.

[4] 张永祥, 赵晓旭, 张伟功, 等. 一种基于灰度投影的电子稳像改进算法[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(11): 212- 215.

[5] 王明佳, 金光, 钟平, 等. 实用电子稳像技术原理及方法[J]. 光机电信息, 2003(2): 29- 31.

[6] 刘明, 赵跃进. 周渝斌. 电子稳像中的运动补偿矢量处理方法的研究[J]. 光学技术, 2005, 31(3): 457- 462.

作者简介:

张国栋 男, (1983-), 硕士研究生. 研究方向为信号与信息处理.

王明泉 男, (1970-), 硕士研究生, 教授, 博士生导师. 研究方向为一维和三维信号与信息处理、分析与重构、现代无损检测技术、测控技术和工业内视技术.

(上接第 52 页)

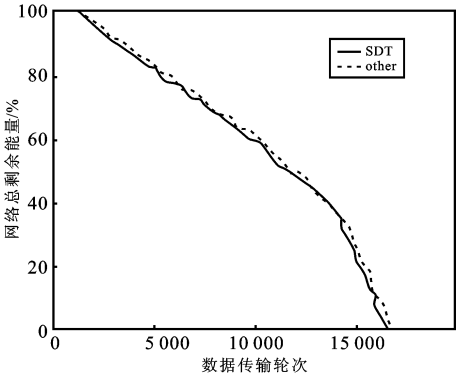


图 3 网络节能性比较

点的情况; (2) Sink 不需要完整的被传输数据就能重构信息, 允许系统存在部分数据丢失; (3) 该方案能在存在妥协节点的情况下有效地抵御偷听、数据篡改和 DoS 攻击. 下一步工作要讨论在节点被意外攻陷的情况下, 进行一些安全模型的建立, 并将这些方案应用到各种类型的传感器网络中.

参考文献:

[1] 殷新春, 徐力杰. WSN 中一种基于数据融合的能量高效分簇路由协议[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(9): 116- 119.

[2] Przydatek B, Song D, Perrig A. SIA: secure information aggregation in sensor networks[J]. SenSys, 2003(3): 255- 265.

[3] Yang Y, Wang X, Zhu S. SDAP: a secure hop- by- hop data aggregation protocol for sensor networks[J]. MobiHoc, 2006(6): 356- 367.

[4] Hu L, Evans D. Secure aggregation for wireless networks[J]. SAINT- W, 2003(3): 384.

[5] Ganesan D. Highly- resilient, energy- efficient multipath routing in wireless sensor networks[J]. MobiHoc, 2001(1): 251- 254.

[6] Estrin D Tutorial. Wireless sensor networks part IV: sensor network protocols[EB/OL]. [2009- 10- 11]. <http://nestl.ee.ucd.edu/tutorials/mobicom02/>.

作者简介:

刘 宁 男, (1971-), 硕士研究生, 讲师. 研究方向为网络技术、信息安全.