

基于 OpenCV 的电子稳像

张栋翔^{1,2}, 葛运建²

(1. 中国科学技术大学 自动化系, 合肥 230026; 2. 中国科学院合肥智能机械研究所, 合肥 230031)

摘要:电子稳像广泛应用于智能视频监控、车载视觉导航、机器人视觉等热门技术中,是视觉处理中必不可少的步骤。OpenCV是近年来新出现的并逐渐普及的计算机视觉研究工具,文中尝试使用OpenCV编写一个电子稳像软件,采用基于块匹配法的帧间运动估计,对网络摄像头采集的视频电子稳像。结果表明了OpenCV良好的可操作性,并展望水下机械爪的视觉信息处理研究。

关键词:电子稳像;OpenCV;块匹配;水下视觉

中图分类号:TP391.41 TP242.6+2 **文献标志码:**A

Experimental Platform of Electronic Image Stabilization Based on OpenCV

ZHANG Dong-xiang^{1,2}, GE Yun-jian²

(1. Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China; 2. Institute of Intelligent Machine, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: Electronic image stabilization (EIS) is the necessary step of many project of computer vision and widely used in Intelligent vision-surveillance, vision-navigation in vehicle, robot vision etc. This paper describes the program of the software of electronic image stabilization based on block-matching method to eliminate the dithering of vision Using OpenCV. The result demonstrates the favorable maneuverability of OpenCV, and it discusses the prospect of research of underwater-vision in the project of underwater intelligent machine paw.

Key words: EIS; OpenCV; block-matching; underwater-vision

水下智能机械手爪依靠视觉和超声来识别、抓取目标^[1],在几十米甚至百米的深水下,由于周围水的流动以及机械爪自身的运动,采集的视频存在抖动现象,严重干扰了后续的视觉处理。电子稳像技术是一种新型的图像序列稳定方法,采用不同的数字图像处理算法,确定图像序列的帧间运动向量(motion vector),滤除运动中的噪声,保留主要运动,使输出的视频看起来平滑、稳定。与传统的光学稳像、机械稳像相比,电子稳像具有易于操作、更精确、更灵活、成本低、智能化等特点。OpenCV库作为计算机视觉研究的助手,具有简单易用、功能强大、移植

方便等优点。本文论述了一个基于 OpenCV 的电子稳像程序,使用多线程编写静止背景下的基于块匹配算法的电子稳像软件,对从网络摄像头采集的视频进行稳像。

1 OpenCV 简介

OpenCV 是 Intel 开源计算机视觉库 Open Computer Vision 的简称。始于 1999 年的“CVL”工程(Project),目标是为世界各地的研发人员创建一个实时的计算机视觉开源库,第一个版本发布于 2000 年 6 月,目前仍然在不断的发展更新中。由于其跨平

收稿日期:2008-12-29;修订日期:2009-02-19

基金项目:国家 863 计划项目(2006AA04Z244);安徽省仿生感知与先进机器人重点实验室资助。

作者简介:张栋翔(1981-),男,在读硕士研究生,研究方向为计算机视觉、机器人感知;葛运建(1947-),男,研究员,博士生导师,研究方向为信息获取与处理、机器人感知系统。

台、可扩展性和开放性,应用将越来越普及。

OpenCV 由一系列 C 函数和少量 C++ 类构成,实现了图像处理和计算机视觉的很多算法。这些算法都是根据经典论文方法编程实现的,方便了初学者的学习和借鉴。OpenCV 对非商业应用和商业应用都是免费,它拥有包括 300 多个 C 函数跨平台的中、高层 API,故不依赖于其它的外部库,尽管也可使用某些外部库。OpenCV 分为五个主要部分:

- 1) CV 主要的 OpenCV 函数,包括图像处理、运动分析、目标跟踪、摄像机标定等功能;
- 2) cvaux 辅助的(实验性的)OpenCV 函数,包含三维跟踪、HMM 等函数;
- 3) cxcore 数据结构与线性代数支持;
- 4) highgui 图像界面函数库;
- 5) ML 机器学习、模式识别函数库。

OpenCV 支持 MS-Windows 和 Linux 操作系统,并可以移植应用到 ARM、DSP 等嵌入式系统中,本文尝试使用 OpenCV 在 VC6.0 的平台下,编写多线程电子稳像程序,展示 OpenCV 的优越性。实践证明 OpenCV 是科研人员进行计算机视觉研究和开发机器视觉工业产品的良好工具。

2 电子稳像算法

摄像头的载体在运动过程中总会受到干扰。某些情况下,由于设备曝光时间相对过长,还会使得帧图像变模糊,模糊图像序列的处理可先对每帧图像进行复原(image restoration)然后电子稳像(electronic image stabilization)。电子稳像流程如图 1 所示,从视觉传感器采集的视频含有噪声,图像预处理滤除噪声同时进行图像增强,使图像特征更明显,帧间运动估计采用不同的方法求出当前帧与参考帧间的运动向量,然后平滑这些向量,根据平滑结果调整当前帧的显示区域,最后显示在输出设备上。

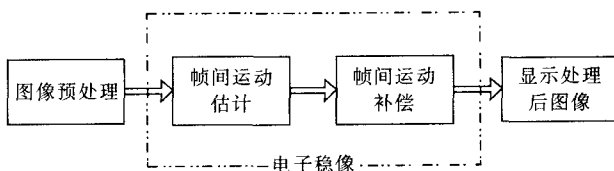


图 1 电子稳像流程图

Fig.1 Flow chart of electronic stabilization

为了稳定图像序列,帧间运动估计有多种算法可供选择,常用的有块匹配、灰度投影^[6-7]、Kalman 滤

波、SIFT(scale-invariant feature transform)、粒子滤波(particle filter)等;没有一种方法是万能的,根据不同的应用场合,选择最优的方法。长春光机所采用灰度投影法消除高空机载摄像机拍摄地面物体的抖动^[5];Broggi A, Grisleri P 利用边缘检测法处理行驶中汽车的电子稳像^[3]。而对于某些实时处理的应用,由于板卡芯片处理速度限制,许多很好的算法(比如粒子滤波法)在实际中不一定能广泛使用^[4]。

本文中采用块匹配稳像算法,适用于数码相机、安防监控拍摄场合。在此场合下摄像机主要运动是静止的,即拍摄到的图像的背景是静止的,但由于手的抖动或室外风力的影响,背景存在抖动现象。算法核心在于求出位于图像四个边角的子图像(Sub-image)对应的背景区域的运动向量,从而得到相邻帧间全局运动。

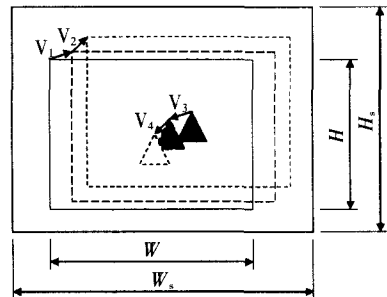


图 2 帧间运动补偿

Fig.2 Motion compensating between frames

算法过程如下:

首先,从摄像头中读取两帧图像,一个为当前帧 $m_ImageCur$,另一个前一帧 $m_ImagePre$ 。由于在 YcrCb 色彩空间中,Y 分量不受光照度变化的影响,所以先将他们转换到 YcrCb 空间 (OpenCV 默认的彩色图像均为 BGR 格式)。为了后续的帧间运动补偿,采集的帧图像的四个边设为“盲”区域,如图 2 所示,显示在计算机屏幕上的图像是原图像被剪裁了四个边 ($W_s > W, H_s > H$) 后的图像,这么做的原因是,如果不裁剪,对当前帧运动补偿时,图像边缘会出现无定义区域^[2],如图 3 右图的黑色带状区域。

然后,把当前帧分为大小为像素小区域(Macro Block),一般来说,传感器采集到的图像宽度和高度均为 16 的倍数,30 万像素的网络摄像头采集的帧图像宽为 640,高为 480,可分为 40×30 个 $MB_{(i,j)}$ 。数码相机拍摄目标时,目标物体通常位于图像的中心,图像的四个边角的子图像(Sub-image)为主要运动

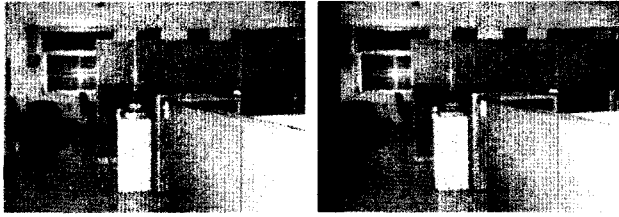


图3 未经裁剪的帧间补偿

Fig.3 Motion compensating without clipping

是静止的背景区域, 如果估计出这四个子图像的帧间运动, 就可估计出帧间全局运动; 如图4所示, 位于四个边角的深色的方格为子图像 Sub-image, 每个 Sub-image 为 48×48 大小, 含有 9 个 $MB_{(i,j)}$ 。对每个 $MB_{(i,j)}$ 在前一帧图像里划定以当前 $MB_{(i,j)}$ 为中心的 48×48 大小的搜索区域, 在这个区域内, 按照式(1)计算像素 Y 分量差的绝对值的和 (Sum-of-absolute-difference, SAD), 其中 $C(u,v)$ 是当前帧的像素值, $R(u+p,v+q)$ 是前一帧的像素值。使 SAD 值最小的 (p,q) 值就是 $MB_{(i,j)}$ 运动向量, 其对应的搜索区域内的 $MB_{(i+p,j+q)}$ 就是与 $MB_{(i,j)}$ 相匹配的块。

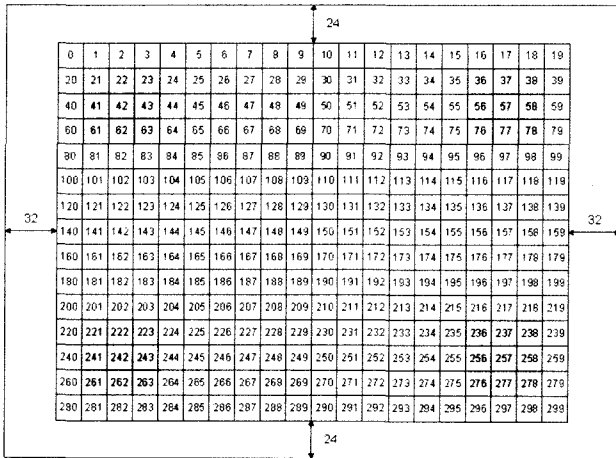


图4 区域分块

Fig.4 Region block

$$SAD_{(i,j)}(p,q) = \sum_{u=16i}^{16i+15} \sum_{v=16j}^{16j+15} |C(u,v) - R(u+p,v+q)| \quad (1)$$

计算帧间全局运动的流程如图5所示。每个子图像的运动向量取 9 个 $MB_{(i,j)}$ 运动向量的中值。由于摄像头的背景运动是静止的, 最后计算得到的运动向量也就是干扰运动的向量。

当子图像是颜色单一的区域时, 相邻帧间对应像素的 Y 分量可能是不变或变化极小, 此时 SAD 值

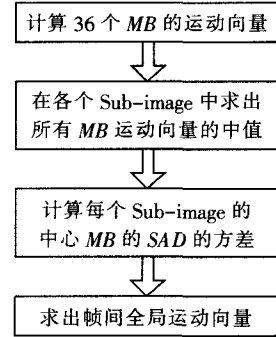


图5 计算帧间全局运动流程图

Fig.5 Computational flow chart of motion

为零, 而图像噪声是不能完全消除的, 这又使得 SAD 值不为零。据此得到的运动向量是不准确的。为解决这一问题, 计算每个子图像的中心 $MB_{(i,j)}$ 的 SAD 值的方差 $S(i,j)$, 由于处于同一颜色区域的 SAD 方差的值小, 而在具有更多纹理的区域 SAD 方差大。这样具有最大 $S(i,j)$ 子图像对应的运动向量就是最后帧间全局运动向量。计算如式(3), 其中 SAD 均值 $\overline{SAD}_{i,j}$ 由式(2)可得, (p,q) 为搜索区域内坐标值。

$$\overline{SAD}_{i,j} = \sum_{p,q} SAD_{i,j}(p,q) / N \quad (2)$$

$$S(i,j) = \frac{1}{N-1} \sum_{p,q} (SAD_{i,j}(p,q) - \overline{SAD}_{i,j})^2 \quad (3)$$

最后使当前帧图像的显示区域的起始点在帧间运动向量相同方向上移动相同的位移, 然后显示在计算机屏幕上, 这样就消除了抖动。

3 MFC 多线程编程

为了达到良好的运行效率, 充分利用 CPU 资源, 使得程序运行时能够响应键盘和鼠标等其它消息, 采用多线程模式进行编程, 各线程轮流占用 CPU 资源, 合理充分地使用资源, 使得程序看起来是并发运行的, 达到提高程序运行效率的目的。

本软件使用 OpenCV+MFC 编程实现, 程序由两个主线程组成: 抓取帧图像的 GrabThread 线程和电子稳像 ThreadStable 线程。当启动稳像线程时 GrabThread 线程负责把帧图像数据存入缓存里, 没有启动稳像线程就直接实时显示采集的视频; ThreadStable 线程里针对四个 Sub-image 再创建四个子线程。这四个子线程是同样线程函数 ThreadBlockSearch, 只是处理的数据不同而已。程序流程如

图 6 所示。

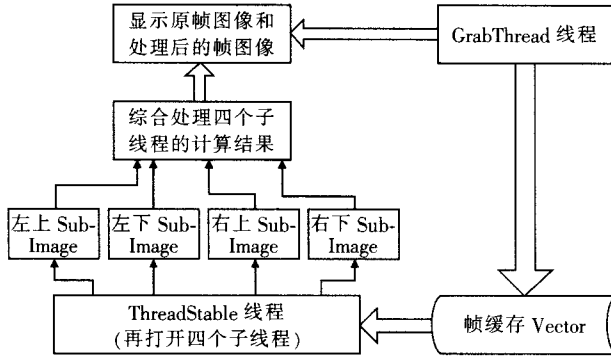


图 6 编程线程设计

Fig.6 Design of threads

OpenCV 提供了 `cvCaptureFromCAM` 函数从摄像头中采集视频帧, `IplImage` 结构体表达采集到的每一帧图像, 宏定义 `CV_IMAGE_ELEM` 表示图像中的像素, `CvImage` 类的成员函数 `DrawToHDC` 函数把处理后的帧图像显示在 MFC 的 Picture 控件上。可看出, OpenCV 避开了繁琐的底层处理, 而专注于算法的设计和开发, 从而方便了研究和工业应用。

4 实验结果

本实验运行在赛扬 1.7GHz, 768MB 内存的 PC 机上, 使用奥尼 (ANC) 炫魔网络摄像头。在室内环境下手持摄像头做实验, 验证程序消除手的抖动效果。实验结果如图 7 所示, 左图显示原视频窗口, 右图显示稳像后的视频窗口。可以看出, 右图柜子的垂直边缘 (竖着的椭圆) 比左图更加垂直于水平线, 横着的椭圆是“裁剪”的效果。

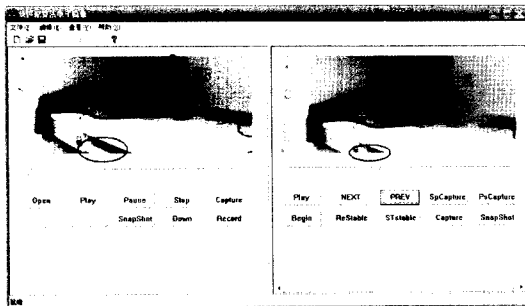


图 7 结果展示

Fig.7 Show of result

实践表明, OpenCV 使得在 PC 机上的视觉处理变得更加简单便捷、高效。通过编写电子稳像程序, 加深了对 OpenCV 的认识, 增强了 VC 编程能力。为后续的研究作了良好的铺垫。

5 结语

在水下智能机械手爪中, 需要解决三个问题 (1) 电子稳像: 水下手爪抓取目标时, 其主要运动是靠近目标物体时缩放和调整最佳抓取位置时的旋转。对于图像的缩放、旋转, 比较各算法的优缺点, 拟采用 SIFT 或者 Canny 边缘检测法, 又或者两者的结合, 这将在后续的研究中解决; (2) 水下目标轮廓的畸变, 影响智能抓取决策; 如何提取目标的主要轮廓以保证抓取到位; (3) 目标视觉追踪: 手爪的摄像头位于手爪的掌心, 抓取物体时目标处于正对着手爪掌心的位置, 此时视频中目标物体处于图像的中心区域, 采取视觉信息和超声测距信息相结合的办法追踪水下目标, 使得目标物体轮廓的重心逐渐与输出设备 (显示器) 的中心区域“吻合”。在水下恶劣成像环境中, 粒子滤波追踪算法特别适合于非线性非高斯环境的贝叶斯运动估计, 但是要解决粒子滤波算法, 固有的计算量大, 有时滞性的缺点。

综上所述, 机械手爪用超声传感器测量目标距离, 用 OpenCV 追踪目标, 获取目标轮廓, 计算轮廓的质心, 并实时检测轮廓中心是否与图像中心区域吻合, 测量手爪与目标的距离。调整手爪位置和姿态靠近目标并使其目标处于图像的中心区域, 这个过程中多传感器的信息融合是个待解决的关键问题。

参考文献:

- [1] Wasielewski S, Aldon M J, Dynamic vision for ROV stabilization [C]//OCEANS '96. MTS/IEEE. 'Prospects for the 21st Century'. Conference Proceedings, Sept, 1996:1082-1087.
- [2] Matsushita Y, Ofek E, Weina Ge, Xiaoou Tang, Heung Yeung Shum. Full-frame video stabilization with motion inpainting, pattern analysis and machine intelligence [C]//IEEE Transactions, 2006, 28(7):1150-1163.
- [3] Broggi A, Grisleri P, Graf T, Meinecke M. A software video stabilization system for automotive oriented applications [C]//Vehicular Technology Conference, 2005.VTC 2005 -Spring 2005 IEEE 61st, 2005, 5:2760-2764.
- [4] Kao Wenchung, Chen Shouhung. Real-time image stabilization for digital video cameras, circuits and systems, 2006 [C]//APCCAS 2006.IEEE Asia Pacific Conference on 4-7 Dec, 2006:1651-1654.
- [5] 钟平. 机载电子稳像技术研究 [D]. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所博士学位论文, 2003.
- [6] 罗诗途, 张王己, 王艳玲, 罗飞路. 一种基于特征匹配的实时电子稳像算法 [J]. 国防科技大学学报, 2005, 27(3):45-48, 109.
- [7] 陈跃庭, 李奇, 等. 投影算法与块匹配法结合的实时数字稳像算法 [J]. 浙江大学学报: 工学版, 2007, 41(9):1537-1540.