

·信号与信息处理·

基于LabVIEW的运动目标跟踪系统的研究

李作文¹, 窦成林², 张贵阳³, 李春慧⁴

(1.郑州大学 力学与工程科学学院, 郑州 450001; 2.河南平原光电总体设计技术研究所, 河南 平原 454001;
3.哈尔滨工业大学 航天学院, 哈尔滨 150006; 4.深圳欧菲光科技股份有限公司光电研发部, 广东 深圳 518107)

摘要: 主要对创新实验室二维视觉跟踪转台的算法进行改进。传统的算法只能实现在白色背景下对黑色目标的识别与跟踪, 为对不同目标复杂背景的跟踪, 针对跟踪系统设备和系统指标要求, 确定了图像预处理、图像分割、形心跟踪等算法。针对目标的特点, 根据识别的目标用形心跟踪算法进行跟踪。文中所有控制程序都基于LabVIEW, 在MFC框架下用C++编写图像处理程序。结果表明, 在LabVIEW平台下的识别跟踪过程中, 二维转台最终实现良好的控制, 使整个系统快速、准确的跟踪运动的特征物体, 完成了二维目标视觉检测与跟踪的目的。

关键词: 图像采集; 识别跟踪; 伺服机构; LabVIEW

中图分类号: TP317.4

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2015)-02-0057-04

Research on Moving Object Tracking System Based on LabVIEW

LI Zuo-wen¹, DOU Cheng-lin², ZHANG Gui-yang³, LI Chun-hui⁴

(1. Institute of Mechanics and Engineering Science of Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Henan Pingyuan Electro-optic General Design Technology Institute, Pingyuan 454001, China; 3. School of Astronautics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150006, China; 4. Electro-optic Research and Development Department of Shenzhen O-Film Tech. Co. Ltd., Shenzhen 518107, China)

Abstract: For realizing the tracking of different targets in complicated background, the algorithm such as image preprocessing, image segmentation, centroid tracking are confirmed according to the requirements of tracking system equipment and system characteristic. According to the characteristics of targets and the identified targets, centroid tracking algorithm is used for tracking. All the control programs are based on LabVIEW and C++ is used to write image processing program under MFC frame. Results show that good control can be realized by two-dimensional turret finally during identification and tracking process under LabVIEW platform. The whole system can track the moving feature object quickly and accurately. And two-dimensional visual target detection and tracking purpose can be completed.

Key words: image acquisition; identification and tracking; servomechanism; LabVIEW

目标识别与跟踪技术在军事领域和航空航天、科学探测以及视频监控等民用领域具有越来越广泛的应用^[1], 也成为自动控制、计算机视觉和模式识别等领域的研究热点^[2-3]。目前, 对于实验室的视觉跟踪转台只能实现简单的跟踪, 作为实验室基础建设项目“二维目标视觉检测与跟踪系统”成果的重

要组成部分, 文中对目标视觉检测技术的理论、跟踪控制理论与计算和系统功能试验三方面进行了系统研究, 改进了图像中目标的识别算法, 并建立了完整的目标视觉检测与跟踪方法和基于此方法的二维目标视觉检测与跟踪系统, 为精确探测制导技术提供了相应的理论依据和技术支持。

收稿日期: 2015-03-17

基金项目: 郑州大学力学实验中心创新项目

作者简介: 李作文(1992-), 男, 吉林省公主岭人, 力学与工程科学学院在读本科生, 研究方向为安全工程; 张贵阳(1990-), 男, 哈尔滨工业大学航天学院硕士研究生, 研究方向为切换LPV系统及跟踪、滤波技术。

1 目标跟踪系统设计

目标跟踪系统主要由 CCD 摄像头、图像采集卡、PC 机、多轴运动控制卡、电机驱动器和转台组成^[4]。系统的总体结构如图 1 所示。视频采集卡将图像数据通过高速 PCI 总线送至计算机内存,PC 机通过运行的 LabVIEW^[5]程序识别出目标并计算出目标的位置信息和 PT 转台方位调整参数,然后通过 PCI 总线送至固高运动控制卡,再通过串行通信接口卡将 PT 转台调整参数送至固高运动电气控制箱。同时上位机根据控制中心点和目标中心的位置误差,采用 PID 控制算法进行调整,从而实现目标的实时跟踪^[6-7]。

按照目标识别跟踪系统计算机的功能划分,系统的功能模块可以划分成以下几部分:图像采集模块、图像显示模块、目标识别模块、目标跟踪模块、PT 转台调整参数计算模块和接口通信模块。识别跟踪系统的功能模块结构图如图 1 所示。

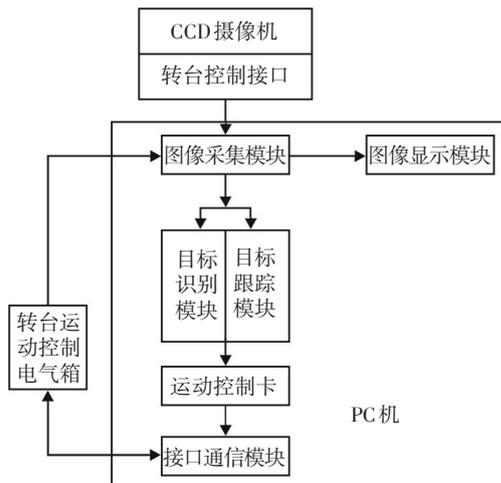


图 1 目标识别跟踪系统的各功能模块结构框图

2 伺服系统模块

图 2 是转台的模型提取框图。控制框图中有目标跟踪位置,转台框架位置,跟踪的位置误差,测速电机测出的框架绕各自旋转轴的角速度。当有扰动力矩作用在控制对象上时,所引起的转台的角运动速度会被测速电机检测到,产生相应的电压信号,经过和指令信号的比较得出误差信号,再经过补偿控制和电机控制,在相应的电机轴上产生控制力矩。该力矩与扰动力矩大小相等、方向相反,从而实现补偿。由此也可以得出,视轴稳定其实是一种力矩平衡系统^[8],由测速电机感扰动力矩引起的角速度,通过反馈回路产生控制力矩来消除扰动力矩,使被稳定对象轴的角速度或角度不受干扰影响,实现转台控制的目的。

3 图像处理及跟踪算法

3.1 中值滤波

系统采用中值滤波法。中值滤波是一种非线性滤波技术^[9-10],可对图像中的噪声进行有效的抑制。它的主要功能就是使与周围像素灰度值的差值比较大的像素改取与周围像素值接近的值。中值滤波器是一个含有奇数个像素的窗口,窗口正中那个像素的灰度用窗口内所有像素的中值代替,用公式可表示为

$$g(m,n) = \text{median}[f_A(m,n)] \tag{1}$$

式中,median 表示在 A 窗口下取中间值; $f_A(m,n)$ 表示以像素 (m,n) 为中心的 A 窗口下的各个灰度值。为了减少中值滤波运算时间,提高系统的实时性,本系统采用改进的中值滤波算法。

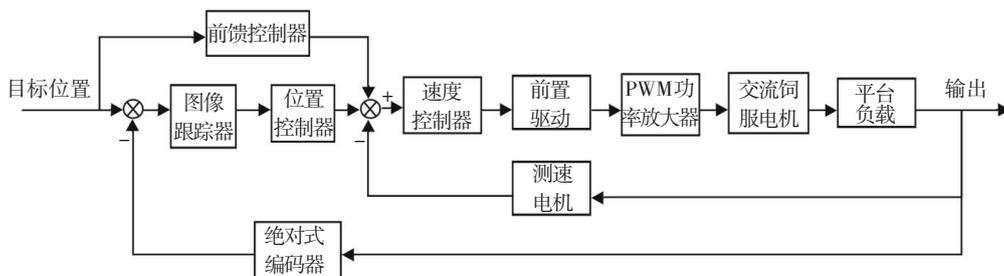


图 2 转台控制系统框图

假定滤波窗口 $W(i,j)$ 内的像素各列均为由上到下按升序排列, 设 G_1, G_2 分别为含有值最小 $(B \times H + 1)/2$ 个像素及值最大的 $(B \times H - 1)/2$ 个像素的集合。由于假设各列已排序, 则 G_1, G_2 的布局如图3所示。而不会如图4所示。即不会在任何一列中出现像素混合排列的情况, 必定是依次排列。图中和中的像素分别用“.”和“。”表示。

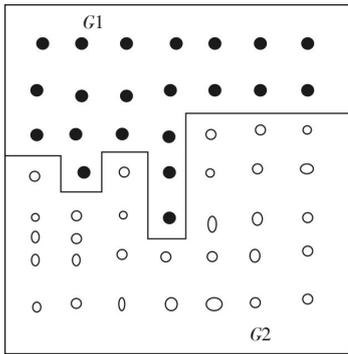


图3 可能的关系

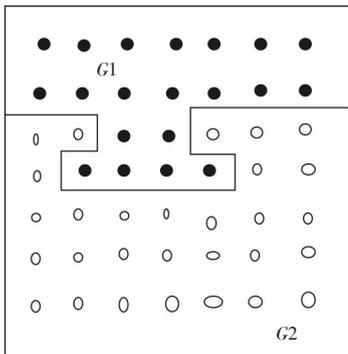


图4 不可能的关系

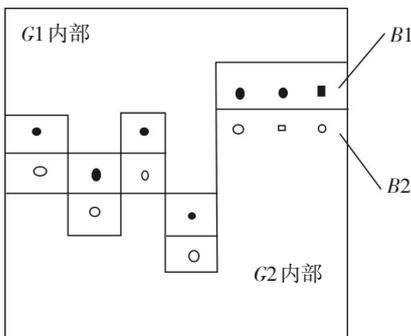


图5 边界带

由以上分析可知, 要寻求窗口的中值不一定要进行全面排序, 而只要在每一时刻能确定 B_1, B_2 中的像素有哪些以及这些像素中的最大者, 就能求得

中值。

3.2 图像分割

图像分割的主要目的是把待识别的目标图像从原始图像中分割出来, 系统采用最小均方误差法进行图像分割^[11-12]。这种方法通常以图像中的灰度为模式特征, 假设各模式的灰度是独立分布的随机变量, 并假设图像中待分割的模式服从一定的概率分布。一般来说, 采用的是正态分布, 即高斯概率分布。

首先假设一幅图像仅包含两个主要的灰度区域——前景和背景。令 z 表示灰度值, $p(z)$ 表示灰度值概率密度函数的估计值。假设概率密度函数一个对应于背景的灰度值, 另一个对应于图像中前景即对象的灰度值。则描述图像中整体灰度变换的混合密度函数如下

$$p(z) = P_1 p_1(z) + P_2 p_2(z) \tag{2}$$

其中, P_1 是前景中具有值 z 的像素出现的概率; P_2 是背景中具有值 z 的像素出现的概率

现要选定一个阈值 T , 将图像上的像素进行归类。采用最小均方误差法的目的是选择 T 时, 使对一个给定像素值进行是前景还是背景的分类时出错的概率最小。当选定阈值 T 时, 将一个背景点当成前景点进行分类错误出现的概率为

$$E_1(T) = \int_T^{\infty} p_1(z) dz \tag{3}$$

$$\text{总错误率为: } E(T) = P_2 E_1(T) + P_1 E_2(T) \tag{4}$$

要找到出错最少的阈值 T , 需要将 $E(T)$ 对 T 求微分并令微分式等于0, 于是结果如下式

$$P_1 p_1(T) = P_2 p_2(T) \tag{5}$$

根据这个等式解出 T , 即为最佳阈值。在现有的设备进行实验后发现: 最小均方误差法选取出来的阈值比较理想, 对不同亮度情况的图像处理效果都较好, 而且算法比较简单, 基本能满足目标跟踪系统的实时性、稳定性、精确性等的要求。

3.3 基于目标形心的跟踪

相关匹配法计算目标的形心, 其基本思想是利用相关匹配算法获得的最佳匹配点作为目标的形心^[13], 该方法将系统的基准图像(或称目标模板)在实时图像上以不同的偏移值位移, 然后根据一定的相似性度量准则对每一个偏移值下重叠的两个图进

行相关处理,根据判别准则,以最大相关处的坐标位置作为目标在实时图像中的位置。

基于相关的模板匹配技术可直接用于在一幅图像中寻找某种子图像模式^[14]。对于大小为 $M \times N$ 的图像 $f(x,y)$ 和大小为 $J \times K$ 的子图像模式 $w(x,y)$, f 与 w 的关系可由下式表示

$$c(x,y) = \sum_{s=0}^K \sum_{t=0}^J w(s,t)f(x+s,y+t) \quad (6)$$

式(6)将导致计算的相关响应存在着对图像的灰度幅值比较敏感的缺陷。可通过对向量模值进行归一化解决这一问题,改进后的用于匹配的相关计算公式如下

$$r(x,y) = \frac{\sum_{s=0}^K \sum_{t=0}^J w(s,t)f(x+s,y+t)}{[\sum_{s=0}^K \sum_{t=0}^J w^2(s,t) \cdot \sum_{s=0}^K \sum_{t=0}^J f^2(x+s,y+t)]^{1/2}} \quad (7)$$

显然,它只和图像模式本身的形状或纹理有关,与幅值(亮度)无关。

为了提高系统的实时性,一般先用相关匹配法进行“粗匹配”,得出最佳匹配点。最佳匹配点一般落在目标上,然后在最佳匹配点位置附近进行目标分割识别,采用基于矩的形心算法来计算目标形心,这样既满足了目标形心求解算法的速度和精度要求,而且能适用于比较恶劣的场外环境,具有较强的抗干扰性能。

4 跟踪结果分析

图5~图8的实验结果表明,二维转台在较复杂的背景下能较好地识别和跟踪目标。



图5 用于匹配的目标 图6 最小均方误差法分割图

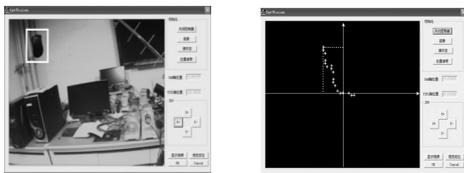


图7 跟踪界面

图8 目标的位置信息

5 结论

私服系统部分在采用非NI控制及采集卡时,需要调用使用板卡的外部程序函数库,通过调用函数库,可以实现跨平台的程序编写。在系统设计过程中,对系统使用的板卡都做了动态链接库函数的封装,方便了今后的系统升级以及再次开发。文中的识别跟踪算法以相关匹配法计算目标的形心为基础思想。该方法首先对采集图像用中值滤波法进行预处理,接着对预处理过的图像运用最小均方误差法分割图像,然后利用相关匹配法计算目标的形心并进行跟踪。该系统能使得二维转台在跟踪过程中运行平稳、响应迅速、实时性好,符合系统设计的要求。

参考文献

- [1] 杨宜禾,周维真.成像跟踪技术导论[M].西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [2] Dae-Sik Jang, Seok-Woo Jang, Hyung-Il Choi. Tracking a partially occluded target with a cluster of Kalman filters. International Journal of Intelligent systems[J].2002, 11 (6): 595-607.
- [3] Haken H. Synchronization and pattern recognition in a pulse-coupled neural net[J]. Physical D, 2005, 205: 1-6.
- [4] 银志军,刘强.基于多DSP与FPGA的实时图像处理系统设计[J].光电技术应用,2012,27(1):76-79.
- [5] Jeffrey Travis. LabVIEW for everyone graphical programming made easy and fun third edition[J]. Publishing House of Electronics Industry, 2008, 6:20-24.
- [6] 唐仁圣.空中目标实时跟踪算法研究及系统设计[M].重庆:重庆大学出版社,2004.
- [7] 卢伯英,佟明安.现代控制工程[M].北京:电子工业出版社,2011.
- [8] 胡大军,吴晗平,黄璐.光电跟踪系统伺服系统中的模糊PID控制器设计[J].光电技术应用,2011,26(5):73-76.
- [9] 章毓晋.图像处理和分析[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [10] 张勇,陈大建,孙志军.两种改进型中值滤波算法比较[J].光电技术应用,2010,1(2):68-70.
- [11] 王玉良,吴文焘,李平,等.最小均方误差解调算法在彩色超声血流成像中的研究[J].声学学报,2014(2):23-25.
- [12] 边肇祺.模式识别[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [13] 张贝贝,肖国强,江健民.基于区域形心及其矢量方向的视频对象跟踪[J].计算机应用,2007(6):8-9.
- [14] 张铮,王艳平,薛桂香.数字图像处理与机器视觉-Visual C++与Matlab实现[M].北京:人民邮电出版社,2013.