

基于 LabVIEW 的目标跟踪方法设计与实现

张巧丽, 李光明, 张 涛

(陕西科技大学 电气与信息工程学院, 西安 710021)

摘要: 针对图像处理技术目标跟踪的特点及技术要求, 根据 LabVIEW 的功能特点及其强大的函数库, 提出以 LabVIEW 为开发环境, 利用视觉开发模块, 采用图形化、模块化设计思想, 为了解决一些文本软件开发方式的可扩展性差、调试困难及可操作性弱的问题, 设计实现了一种基于 LabVIEW 的 MeanShift 目标跟踪方法; 实验结果表明, 利用该软件实现的目标跟踪方法运行可靠, 易于扩展, 便于使用, 而且跟踪效果良好, 在目标发生旋转、缩放、移动或目标部分遮挡时能够实现很好的跟踪。

关键词: LabVIEW; MeanShift; 目标跟踪; 机器视觉

Design and Implementation of Tracking Target Based on LabVIEW

Zhang Qiaoli, Li Guangming, Zhang Tao

(Institute of electric and information engineering, Shaanxi University of Science and Technology Xi'an 710021, China)

Abstract: In the light of the characteristics of target tracking image processing technology and technical requirements, according to the feature of LabVIEW and its powerful function library, using LabVIEW development environment, using the visual development module machine, using graphical and the modular design concept, in order to solve the extensibility of some text software development, debugging difficulty and the problem of weak operability, design a MeanShift target tracking method based on LabVIEW. The results of experiment shows that the software can accurately track a moving target and it has characteristics of high reliability, simplicity and expansibility in the target scaling, moving, or the target part sheltered, can achieve good tracking.

Keywords: LabVIEW; Meanshift; target tracking; machine vision

0 引言

运动目标跟踪技术目前是计算机视觉领域的核心课题之一, 也是智能视频监控系统的底层关键技术。例如在安全监测, 交通管理等领域具有实用价值; 安全监控方面, 目标跟踪可用于检测非法侵入或观察异常如无人照管的行李等; 交通管理方面, 可以进行交通流量分析, 碰撞检测等; 工业生产上可以检测及跟踪有缺陷的产品等, 具有实用性、灵活性和可视化的特点^[1]。

目前, 基于 LabVIEW 的运动物体跟踪系统应用前景良好, 电子测量仪器发展中出现的虚拟仪器概念已经逐步地被工业视觉领域所接受, 其中基于 LabVIEW 虚拟仪器对监控系统的发展具有明显地推动作用, 国内在动态图像处理研究上处于起步阶段^[2]。LabVIEW 能有效满足对数据采集、处理、显示以及系统控制的需要, 并使系统具有高灵活性和可扩展性, 为监控软件的实现提供了一种理想的解决方案。目前, 提出用 LabVIEW 来设计实现目标跟踪方法的文献很少。

另外, 目标跟踪在实际应用中, 由于目标的缩放、移动或目标部分遮挡, 影响了目标跟踪的稳定性、准确性。尤其是在目标被遮挡时, 目标容易丢失, 容易造成目标跟踪失败。基于区域跟踪在目标发生较小形变、未被遮挡情况下可以准确跟踪, 鲁棒性也很好, 跟踪精度较高。但该方法比较耗时, 不能

满足实际应用中视频监控实时性的要求, 而且目标变形太大或目标出现太大遮挡时, 目标容易被丢失^[3]。而 MeanShift 算法具有复杂度低, 调节参数少, 稳健性好及易于工程实现等特点。基于 MeanShift 的视觉目标跟踪方法具有模型简单实用、能够处理目标形变及部分遮挡等复杂情形的优点, 算法高效且易于模块化实现^[4]。

因此本文设计实现一种基于 LabVIEW 的目标跟踪方法, 实现运动目标在发生旋转、缩放、移动或目标部分遮挡情况下稳定、准确地跟踪。而且该软件系统具有界面友好、性能可靠、易于扩展、实现简单等特点。

1 MS 目标跟踪方法

MS (均值漂移 MeanShift 的简称) 算法^[3]是一种最优寻找概率密度极大值的梯度上升法, 是一个统计迭代的过程: 先计算当前点的偏移均值, 然后移动该点到它的偏移均值, 以此为起始点, 继续移动, 直到满足一定条件结束。可以通过迭代的快速的收敛于概率密度函数的局部最大值, 在 1995 年, MeanShift 算法由 Cheng Yizong^[4]引入了一族核函数, 并根据样本点对均值偏移向量的贡献大小来设置权值系数, 从而扩大了其适用范围。

在实时跟踪过程中, 可以通过手动在初始帧中确定包含运动目标的搜索窗口, 计算核函数加权下的搜索窗口的直方图分布, 计算当前帧对应窗口的直方图分布, 用 Bhattacharyya 系数作相似度测量, 找出与目标模型最为匹配的候选目标。

2 软件系统设计

2.1 软件平台

采用美国 NI 公司的 LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) 是一种图形化编程语言, 也

收稿日期: 2014-03-14; 修回日期: 2014-04-16。

作者简介: 张巧丽 (1987-), 女, 陕西榆林人, 硕士研究生, 主要从事工业过程控制、机器视觉及数字图像处理方向的研究。

李光明 (1963-), 男, 河南省汝州市人, 教授, 主要从事工业过程及嵌入式技术与智能控制及数字图像处理方面的研究。

是一个用于测试、测量和自动化控制应用的高效开发环境。开发者只需要通过定义和连接代表各种功能模块的图标,就可方便迅速地建立起通常只有高超编程技巧的程序员才能编制的高水平应用程序。

另外,LabVIEW 内置的视觉开发工具包 IMAQ Vision 是一个功能强大的函数库,提供了在 LabVIEW 平台上开发机器视觉系统所需要的各种子程序,增加了图像处理的功能,提供大量的图像采集及预处理、图像分割、图像理解函数库和开发工具,可用于完成灰度、彩色以及二值图像的显示、图像处理(包括统计、滤波和几何变换)、形状匹配、斑点分析、计算和测量等。

IMAQ Vision 具有可配置、可编程、实时和嵌入式机器视觉的功能,可以很方便地进行图像采集分析,创建功能强大应用系统,与用传统的文本语言进行图像处理系统的开发相比,大幅度地降低了实现难度,缩短了开发的周期,节省了时间和资金。

2.2 软件结构设计

为满足软件系统具有可靠性、易于使用性和扩展性的特点,本文的设计方法采用模块化、图形化设计思想,将系统功能进行分割,每一个功能都用一个相对独立的软件模块实现,可以加快软件的编制、调试工作,可以很容易地加入新的功能模块。

本文软件总体设计结构包括:视频图像的获取;搜索窗口的确定,即在初始帧中选择感兴趣的跟踪目标;跟踪算法模块;跟踪结果的显示部分以及如何实现运动目标的连续跟踪过程。主要分为前面板(用户界面)和后面板(程序框图)两部分的设计。前面板是 VI 的交互式用户界面,本文设计的前面板由目标跟踪显示窗、延时控件和停止控件组成,如图 1 所示。



图 1 目标跟踪前面板与后面板

实现的功能:通过目标跟踪界面(前面板)用户可以很方便地观察到运动目标跟踪的整个过程。其中,Delay (s) 延时控件,其作用是用户可以通过延时控件调节时间来显示跟踪速度的快慢,便于观察对比分析实验效果,最大延时为 3 s; Image 目标跟踪显示窗口,其作用是用来动态显示运动目标跟踪的整个过程;Stop 停止控件,用来停止跟踪。

后面板用来设计编写应用程序,主要由函数选板(Functions Palette)和工具选板(Tool Palette)完成。程序设计主要包括视频序列读取模块和 MS 算法模块,设计中将视频读取模块编写成一个独立的子 VI,便于被调用,使得软件实现简单,易于扩展。读取视频序列程序如图 2 所示。

跟踪目标搜索矩形框的确定,通过设定函数 IMAQ Con-

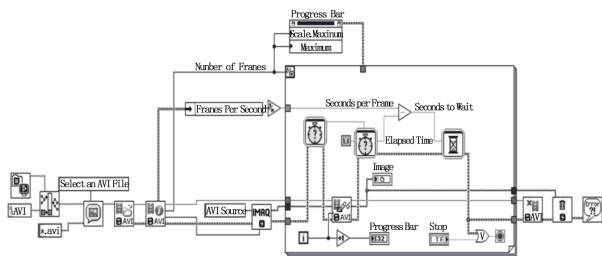


图 2 读取 AVI 文件程序

vert Rectangle to ROI VI 的坐标参数,然后对初始帧中的跟踪对象进行迭代学习,再利用跟踪算法实现运动目标的连续跟踪。

本文采用色彩分布来描述目标,其 MeanShift 目标跟踪算法基本步骤如下。

1) 目标模型的建立:

选择空间加权直方图作为目标模型,以原点为参考目标中心,则目标模型表示为:

$$\hat{q}_u = C \sum_{i=1}^n k \left(\left\| \frac{x_i - x_0}{h} \right\|^2 \right) \delta[b(x_i) - u]$$

其中: $C = \frac{1}{\sum_{i=1}^n k \left(\left\| \frac{x_i - x_u}{h} \right\|^2 \right)}$ 是一个标准化的常量;

$k(\|x\|^2)$ 是核函数,核函数满足的条件:

(1) k 是非负数。

(2) k 是非增函数。

(3) k 是分段且连续性的函数,且 $\int_0^{\infty} k(r)dr < \infty$ 。

式中, $\delta(t)$ 为单位冲激函数; u 为特征直方图中模板所在的色阶; $b(x_i)$ 为该点在特征直方图中对应的色阶。

于是目标跟踪可简化为寻找最优的 y , 使得 $\hat{p}_u(y)$ 与 $\hat{q}_u$ 最相似,选择最佳候选点 y 计算:

$$\hat{p}_u(y) = C \sum_{i=1}^n k \left(\left\| \frac{x_i - y}{h} \right\|^2 \right) \delta[b(x_i) - u]$$

2) 相似性度量:

采用 Bhattacharyya 系数^[5]来度量目标与候选目标之间的相似度,计算当前中心点所在区域与前一帧模板的相似度:

$$\hat{p}(y) = p[p(y), q] = \sum_{u=1}^m \sqrt{p_u(y)q_u} \quad (3)$$

其中: m 为特征直方图的色阶。

3) 目标定位:

把 Bhattacharyya 系数的局部最大值点视为当前帧中目标位置,对此局部极值展开搜索并开始于前一帧目标位置,可将寻找最优候选目标的问题转化为寻找概率密度函数局部极值位置的问题,然后通过 MeanShift 迭代的方法来完成,并以上一帧的目标位置为初始迭代位置,直至收敛或者达到设定的最大迭代次数。具体步骤:

(1) 寻找新的中心点,计算权值:

$$\omega_i = \sum_{u=1}^m \delta[b(x_i) - u] \sqrt{\frac{q_u}{p_u(y)}} \quad (4)$$

(2) 计算新的候选中心点:

$$\hat{y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \omega_i g\left(\left\|\frac{x_i - y}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^n \omega_i g\left(\left\|\frac{x_i - y}{h}\right\|^2\right)} \quad (5)$$

其中: $g(x) = -k'(x)$, 核函数 $k(x)$ 常用的有正态核和 Epanechnikov 核, 正态核是最优核, 但计算量大, Epanechnikov 核是估计密度与真实密度间平均全局误差最小化的核。若选 Epanechnikov 核, 则

$$k(x) = \begin{cases} 1 - x \cdot \|x\| \leq 1 \\ 0 \end{cases} \quad (6)$$

此时,

$$g(x) = -k'(x) = \begin{cases} 1 \cdot \|x\| \leq 1 \\ 0 \end{cases} \quad (7)$$

则 $\hat{y}$ 化简为:

$$\hat{y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (8)$$

(3) 计算:

$$\hat{p}_u(\hat{y}) = C \sum_{i=1}^n k\left(\left\|\frac{\hat{y} - x_i}{h}\right\|^2\right) \delta[b(x_i) - u] \quad (9)$$

(4) 计算新的中心点所在区域与前帧模板的相似度:

$$\hat{p}(\hat{y}) = \sum_{u=1}^m \sqrt{p_u(y) \hat{q}_u} \quad (10)$$

(5) 比较 $\hat{p}(y)$ 与 $\hat{p}(\hat{y})$, 设

$$\hat{p}(y) > \hat{p}(\hat{y}), y = \frac{(y + \hat{y})}{2} \quad (11)$$

如果 $\|y - \hat{y}\| < \epsilon$ 则停止迭代, 完成偏移; 否则将 $\hat{y}$ 赋给 y 回到选择最佳候选点 y 重新计算 $\hat{p}_u(y)$ 。

本文以最大迭代次数作为迭代终止条件, MeanShift 算法设计如图 3 所示。

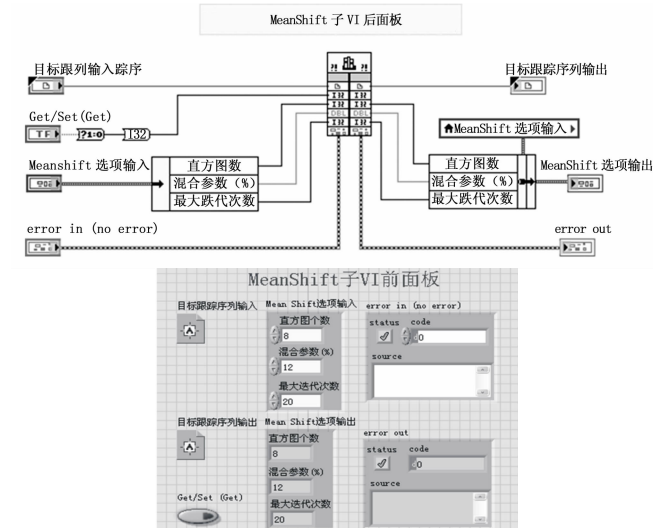


图3 MeanShift 算法

MeanShift 算法中选项参数说明如下: (1) 直方图个数设置为 8; (2) 混合参数设置为 12%; (3) 最大迭代次数设置为 20。

其中, 直方图表示对应图像区域内特征分布的概率密度函数, 直方图个数定义每一帧用来目标描述的直方图数量。

混合参数设置 MeanShift 算法结合当前帧与前帧跟踪目标的比例。值的范围从 0% 到 100%, 当值是 100% 时, 算法只检测当前帧, 当值是 0% 时, 算法只检测前一帧, 本文中取值为 12%。

最大迭代次数用来指定 MeanShift 算法跟踪过程中重复迭代的最大次数, 直到收敛到目标的新位置, 默认值为 20。

2.3 软件实现及结果分析

采用美国 NI 的 LabVIEW 软件平台进行实验开发, 利用视觉模块生成的 LabVIEW 可支持的 VI 与图形化编程语言 G 混合编程, 设计并实现运动目标的跟踪方法。

具体采用 AVI 格式的视频图像序列, 利用其内置的强大函数库及视觉开发工具, 根据运动目标跟踪的基本流程结构, 如图 5 所示, 采用各个功能模块的函数, 主要是视觉与运动模块中的视觉工具 (Vision Utilities) 函数库与机器视觉 (MachineVision) 函数库, 调用其中的子 VI 函数编写应用程序。程序框图如图 4 所示。

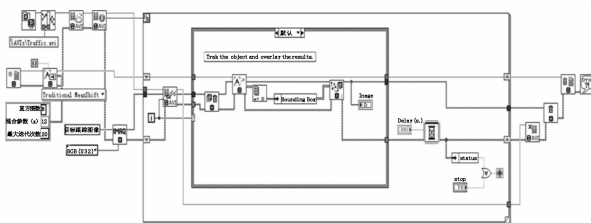


图4 目标跟踪程序

其目标跟踪方法实现过程的基本步骤如下:

1) 获取视频图像, 智能交通信息分析系统可以使用架设在城市道路和高速公路上的固定摄像设备获取道路上的运动车辆信息, 为系统提供必要的图像序列;

2) 图像预处理, 用图像处理软件 Vision Assistant 进行处理。在实际应用场合, 由于摄像机拍摄到的物体运动图像会受到光照变化、摄像机抖动等因素的影响, 不可避免地含有噪声成分。为提高精确度, 在进行分析识别之前, 首先应对图像进行预处理, 其目的主要是消除图像中无关的信息, 简化图像数据;

3) MS 算法跟踪, 获取初始帧, 选择感兴趣的运动目标, 确定搜索矩形框, 对第一帧跟踪对象进行迭代学习, 然后用 MS 算法对后续帧依次迭代定位跟踪;

4) 跟踪结果显示。

具体实现流程如下。

实验要求及测试:

安装 LabVIEW 完整开发系统和视觉开发模块, 实验以 AVI 视频图像序列测试该软件系统性能及目标跟踪效果, 跟踪目标为预先确定的对象, 即图中矩形框内的车辆。本实验选用一个视频序列, 进行两组实验, 分别选取不同的运动目标进行测试。运行 VI, 则在图 1 前面板 Image 目标跟踪显示窗口中显示运动目标跟踪的情况, 其跟踪的结果如图 6 所示。

实验一: 跟踪目标选取视频段中的小车辆如图 6 (a) 所示, 实验二: 跟踪目标选取视频段中的大车辆如图 6 (b) 所示。

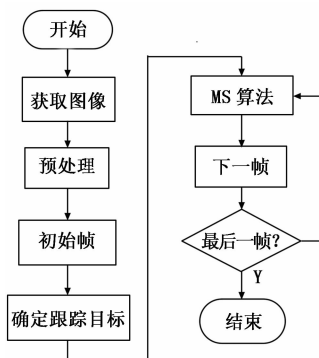


图 5 目标跟踪基本流程

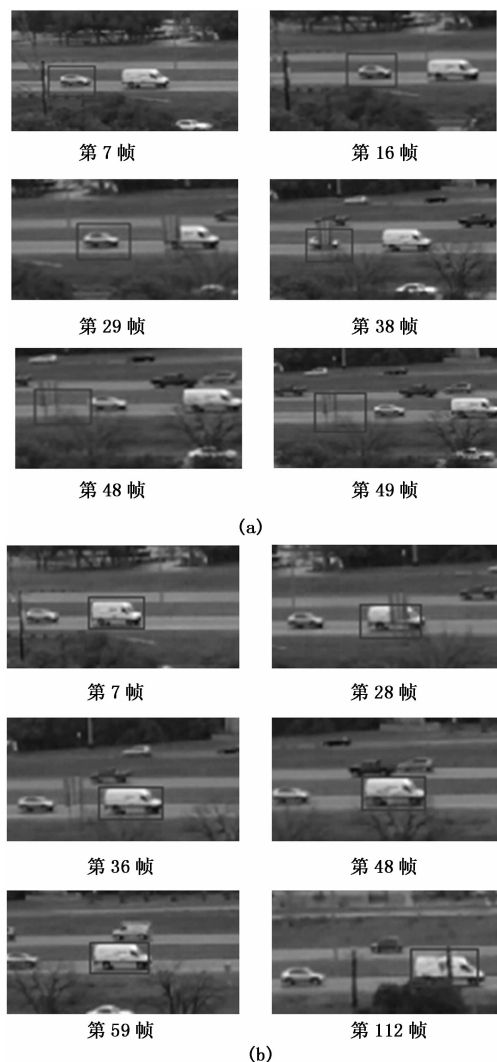


图 6 目标跟踪结果

实验结果分析：

实验测试时，延时时间调至 2 s，视频序列共 112 帧，试验一、实验二分别针对不同的运动目标给出了 12 帧目标跟踪的测试结果，如图 6 所示。

实验一，由图 6 (a) 可以看出：在第 38 帧时，车辆大面积被遮挡住，到第 48 帧时，目标跟踪失败，车辆不再在搜索

矩形框内。到下一帧即 49 帧时，目标车辆远离跟踪窗口；但在 38 帧之前，目标没有被遮挡，车辆实现了很好的跟踪，如图第 7 帧、16 帧、29 帧所示。

实验二，在图 6 (b) 中可以看出：目标车辆始终在跟踪矩形框内，而且跟踪效果良好，虽然在第 28 帧时，车辆部分面积被遮挡，但从第 36 帧、48 帧及最后一帧 112 帧中能够看出目标依然很好的被跟踪，并没有因为第 28 帧车辆部分被遮挡而跟踪失败。

由图 6 目标跟踪结果还可以看出，在实验一、实验二整个跟踪过程中，虽然背景复杂，但可以实时跟踪，而且在其他运动车辆干扰的情况下，仍能够在多个物体中实时准确的跟踪预先确定的车辆目标。

另外，根据实验结果表明，该软件界面友好，易于使用，运行可靠，具有可视化特点，便于实时的、直观地观测运动车辆的跟踪情况，而且跟踪效果良好，能够实现视频序列中运动车辆位置的准确跟踪，并能确定目标相对其他车辆的运动情况。

3 总结

本文结合机器视觉技术与 LabVIEW 开发系统的功能特点，运用其内置的强大函数库及视觉开发工具设计实现了 MeanShift 的运动目标跟踪方法。软件设计中采用模块化、图形化的设计思想，调用视觉与运动模块下的视觉工具 (Vision Utilities) 函数库与机器视觉 (Machine Vision) 函数库中的子 VI 函数编写应用程序，增加了软件的稳定性和可移植性及扩展性。另外，图形化程序设计及编程实现简单、直观、开发效率高。经过实验测试，本文基于 LabVIEW 设计的目标跟踪方法能够在目标缩放、移动或目标部分遮挡时实现很好的跟踪。同时，该软件运行可靠，易于扩展，方便使用，而且跟踪效果良好，能够在视频序列帧中对运动目标位置的跟踪，并确定目标相对其他物体的移动情况。

参考文献：

- [1] 侯志强, 韩崇昭. 视觉跟踪技术综述 [J]. 自动化学报, 2006, 32 (4): 603-617.
- [2] 李化东, 吴明光, 陈大力, 等. 基于 LabVIEW 的运动物体跟踪系统实现 [J]. 科技通报, 2009, 25 (3): 332-336.
- [3] 陈曦, 殷华博. 基于视觉运动目标跟踪技术分析 [J]. 无线电工程, 2011, 41 (6): 22-24, 39.
- [4] Yizong Cheng Y Z. Mean shift, mode seeking and clustering [J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, 1995, 17 (8): 790-799.
- [5] Dorin Comaniciu, Visvanathan Ramesh, Peter Meer. Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift [M]. USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Society, 2000: 142-149.
- [6] 杨辉, 刘军, 阮松. 基于 MeanShift 算法视频跟踪研究 [J]. 计算机工程与设计, 2013, 34 (6): 2062-2066.
- [7] 张宝峰, 李翠, 朱均超, 等. 一种改进的 Mean-shift 算法在运动目标跟踪系统中的应用 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 02: 502-504.
- [8] 袁霄, 王丽萍. 基于 MeanShift 算法的运动人体跟踪 [J]. 计算机工程与科学, 2008, 30 (4): 46-49.