

基于 OpenCV 的道路视频分析系统^①

窦 菲, 刘新平, 王风华

(中国石油大学(华东) 计算机与通信工程学院, 青岛 266580)

摘 要: 当前投入使用的车辆检测系统普遍采用图像回传至服务器后主机集中处理的方式, 存在输出数据大, 处理时间长等缺点. 本文依据 ITS 系统的构成提出了嵌入式硬件平台的搭建方案, 着重对视频图像进行分析并对跟踪算法进行优化. 使用 OpenCV 为图像基础处理工具, 通过对比 canny 算子和 sobel 算子的区别, 选定更具优越性的边缘算法. 针对拖影问题, 背景采用改进的均值法(即间隔取帧)来提取. 最后选用核跟踪的方式实现动态目标的跟踪, 并将其应用在系统中实现对动态目标的稳定跟踪.

关键词: ITS; 硬件平台; 目标检测; 背景建模; 目标跟踪

引用格式: 窦菲, 刘新平, 王风华. 基于 OpenCV 的道路视频分析系统. 计算机系统应用, 2017, 26(8): 94-98. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/5908.html>

Road Video Analysis System Based on OpenCV

DOU Fei, LIU Xing-Ping, WANG Feng-Hua

(Computer and Communication Engineering College, China University of Petroleum, Qingdao 266580, China)

Abstract: The vehicle detection system in current use widely uses host to centrally process images passed back to the server, and it thus has shortcomings, such as large output data, long processing time and so on. This paper proposes a constructing plan using embedded hardware platform according to the composition of ITS system. The video image is emphatically analyzed, and the tracking algorithm is also optimized. The basic image processing tool OpenCV is used to select the preferable edge algorithm by comparing the canny operator and sobel operator. Considering smearing, the background is extracted with the improved averaging method (take interval frames). Finally the nuclear track is chosen for dynamic target tracking, and it is applied in the system for getting the stability of dynamic target tracking.

Key words: ITS; hardware platform; target detection; background modeling; target tracking

随着我国人民生活水平的提高, 私家车已经成为城镇居民最常用的代步工具, 特别是在大、中型城市几乎已经成为生活必需品. 伴随汽车保有量的增长, 相对落后的交通基础设施不能有效调节车流, 交通拥堵日益严重, 交通事故频发. 因此, 智能化的交通管理成为了众多学者研究的热点话题.

智能交通系统(ITS, Intelligent Transport Systems)的概念产生于本世纪 60 年代^[1], 通过建立以多种传感器信号为处理依据, 从完整的系统角度出发的解决方案, 把道路资源与行进车辆有机的结合, 实现了缓解道

路交通拥堵问题. 该系统一般被分为信息采集模块、信息处理模块、信息反馈模块三部分. 其中信息采集模块根据实际情况选用如地感线圈、红外检测、测速雷达、摄像头等不同类型的传感器, 最常用的是包含信息量最大的摄像头. 在此我们需要引入计算机视觉^[2]的概念, 它是将来自静止图像或视频的数据转换成一个决策或者新的表达方式的过程, 也是智能视频监控^[3]的重要组成部分. 在 ITS 中它就是以视频图像序列为分析依据, 对一组连续画面中的运动目标进行提取、检测并跟踪, 实现对运动目标行为特征的分析 and 理解.

① 基金项目: 国家自然科学基金(61305008)

收稿时间: 2016-12-08; 采用时间: 2017-01-04

本次系统设计使用了专业的开源图像处理函数库 OpenCV(Intel Open Source Computer Vision Library), 经过近二十年的积累和开发 Intel 公司在 1999 年发布的 alpha 版本 OpenCV 函数库现在共包含了约 500 个函数, 涵盖的领域十分广泛。

1 车辆检测系统的设计

达芬奇系列处理器具有良好的音、视频处理能力, 其 DSP 引擎可编程, 可同时支持多个一般信号的处理任务, 如数字滤波、各类数学函数以及影像处理算法的实现与分析等。在我们以处理摄像机信号为主的系统中, DSP 可针对摄像机输出的视频运行边缘检测算法, 检测监控对象是否还在画面中, 减少单片机内存的消耗, 提高了运算效率。TI 公司已经为 ARM 核与 DSP 核之间的协调通信提供了解决方案, 最大限度的为开发人员降低了开发成本, 他们提供完整的软件开发套件(SDK), 方便用户开发。在本系统设计方案中拟采用 DM6446 处理器, 405 M 的 ARM 内核, 内置主频高达 810 M 的 DSP 处理器(目前主流 ARM 的主频为 300 M, DSP 主频 600 M), 外接型号为 TVP5150 的视频解码芯片可以处理 30 fps 的 1080P 视频。

通过市场了解, 分辨率达到百万级的相机可称为高清相机, 720P 的摄像机分辨率可达到 921600(100 万), 而 1080P 的相机分辨率可达到 2073600(200 万), 目前智能交通与智能监控的设备提供商提供的主流产品为 200 万, 300 万甚至是 500 万。对于摄像头的选用, 在本系统中我们采用主流的 1080P, H.264 压缩标准的网络摄像头。舍弃了 MJPEG 压缩格式, 因其原理是将每一帧图像压缩为 JPEG 格式, 帧间没有预测关系, 相互独立, 从而他的运动性、带宽占用以及存储空间占用方面均有致命缺陷。

如图 1 所示, 本系统主要分为三个部分: 图像采集; 嵌入式系统处理; 信息反馈。这三个环节是整个系统的主要信息流路线, 摄像头将采集到的图像传输给嵌入式系统, 使用相关算法对其处理获得跟踪结果并进行信号反馈, 实现良好的信息闭环, 以期达到交通信号的自动控制。

2 车辆检测算法

车辆检测是智能化道路视频分析的首要步骤, 它为后续的车辆跟踪、状态分析提供了保障, 运动目标

的检测就是在当前帧图像中提取出运动目标^[4], 进行标记, 从而减少背景噪声对目标分析的影响。对提取出来的目标进行标记并实现跟踪是我们本系统的主要功能。近期研究中弱监督学习模型^[5]被提出用于具有高可靠性的图像识别, 此外研究人员主要将车辆检测算法总结为三大类, 基于模型的算法(如模式匹配), 基于运动分析的算法(如光流法^[6])和基于背景的算法(如背景差法^[7])。背景差法是最常用的运动目标检测算法^[8], 背景差法的思想是创建背景帧, 用当前帧与背景帧做差。这种算法的重点是背景帧的创建, 有效、信息全面、可实时更新的背景对该算法的意义巨大。本文就选用背景差法实现车辆的检测。

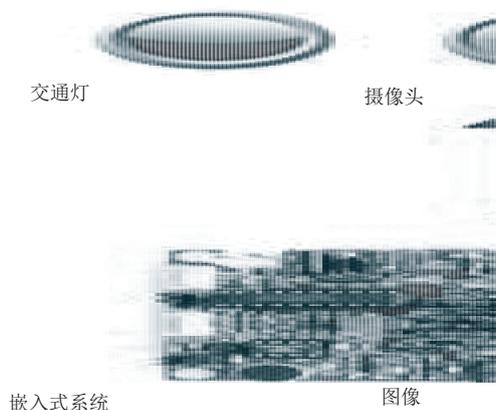


图 1 车辆检测系统构成

2.1 图像预处理

图像灰度化将图像转化成为一个单通道的图像, 只保留亮度信息。目前有三种常用的灰度化算法分别为: 平均值法、加权平均值法、最大值法。OpenCV 函数的灰度化默认使用加权平均的方式, 经过前人的理论研究和反复试验得到一组公认较好的红、绿、蓝参数, 权值为 0.299, 0.587, 0.114。

图像经过阈值化处理得到结果我们称为二值化图像。因为在得到的图像中只有两种数值, 如果用黑、白来表示, 则图像的像素为非黑即白。二值化图像的表达方法如式(1)所示:

$$p(i, j) = \begin{cases} 0, & g(i, j) > T \\ 1, & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

其中 $p(i, j)$ 表示二值化图像中各像素点像素值, $g(i, j)$ 表示灰度图像中各像素点像素值, T 表示阈值。阈值的选取直接决定着二值化图像信息量损失的情况, 所以它

是一项极为重要的参数,本文采用动态阈值的方式,适合当前图像的分割值以适应光线变化.

如图2所示,本文通过对常用的两种边缘提取算法的介绍和对比总结出各自特点,最后结合本课题特点选择canny算子作为边缘检测算法.其最基本的算法思想是:对目标图像进行高斯(Guass)滤波,使边缘平滑,接下来使用“非极值抑制”的技术^[9]获得滤波后图形的边缘,即得到最终结果.高斯滤波函数在处理数字图像时要离散化,如果设高斯滤波窗口为 $n \times n$,高斯函数的离散形式如式(2):

$$G(x,y) = \sum_{x'=x-m}^{x'+m} \sum_{y'=y-m}^{y'+m} \exp\left[-\frac{x'^2+y'^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2)$$

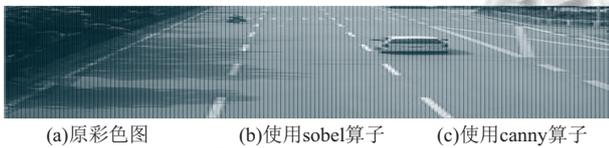


图2 两种算子运算结果对比

2.2 背景算法的介绍

从视频中获得背景帧的方法一般有以下三种:人工选取、统计方法和专用背景更新算法.本次设计中将使用到统计方式来得到系统所需背景.常用的统计方法是求均值,运用在背景算法中是将特定时间段内的视频图像对其像素点灰度值求均值,用这样一个均值的灰度图像作为背景图像.仿真实验结果表明连续取帧的均值法在背景建模时噪声较多,这是因为时间相邻的帧之间具有极强的相关性,同一运动物体在连续运动中位置变化缓慢.若设法去除这种强相关性则对于拖影情况会有一定的改善,一般可采用等间隔抽取消除相关性.在本文设计使用了一种新的背景更新算法,把参与背景建模的原始图像进行一定的处理,将每帧图像中动态的部分剔除,再将剩余部分进行均值运算就可以避免前景对背景提取的影响.算法流程图如图3所示.

该算法对原均值算法的改进之处在于从原理上去除了前景对背景的影响,使用较复杂的meanshift算法将动态目标提取出来从原始帧中去除,在对剩余数据进行有条件的求均值算法,从而得到几乎纯净的背景图像.在背景图像的更新频率不高的情况下,可以使用较高时间复杂度的算法来获取背景.

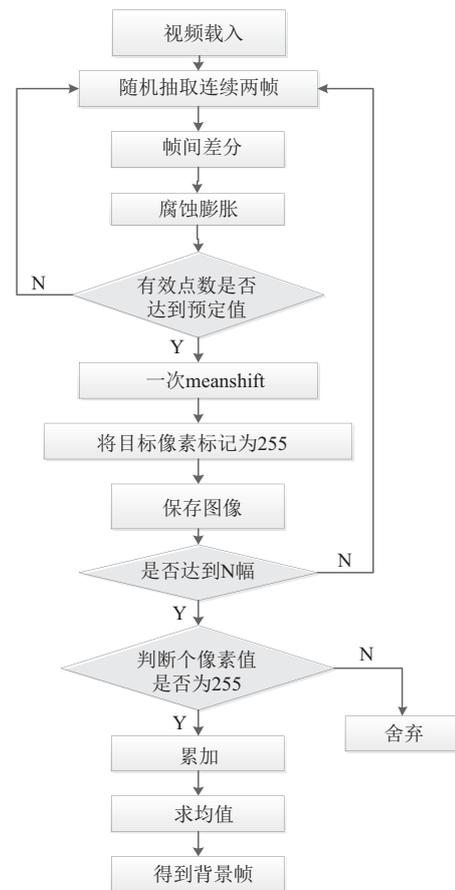


图3 镂空式均值算法流程图

2.3 阴影抑制

通过观察发现,因为运动物体造成的阴影会随着物体的运动而运动,所以经过上述方法分割出的运动物体,在大部分情况下是存在阴影影响的,这样就使分割出来的运动物体面积比实际的要大,甚至有可能造成分割后的物体区域粘连在一起.若以此作为后续操作的依据,势必会造成处理困难,甚至结果错误.

HSV是更接近人眼视觉原理的色彩模型,对阴影的辨别能力较强,如果把检测算法移植到HSV空间中进行,可以通过HSV色彩空间阴影检测算子实现阴影检测.该阴影检测算子如式(3):

$$A(i,j) = \begin{cases} \alpha \leq \frac{I_k^v(i,j)}{B_k^v(i,j)} \\ 1, & \& |I_k^s(i,j) - B_k^s(i,j)| \leq T_s \\ & \& |I_k^h(i,j) - B_k^h(i,j)| \leq T_h \\ 0, & else \end{cases} \quad (3)$$

式中 $I(i,j)$ 和 $B(i,j)$ 分别对应当前帧和参考背景帧, T_h , T_s 分别表示色彩、色度的阈值.

2.4 运动目标的检测

该检测算法的基本步骤如图4所示,包含:建立背景模型,使用背景差分法获得前景区域,对前景区域进行阴影检测、抑制,最后进行后处理并提取出完整目标。

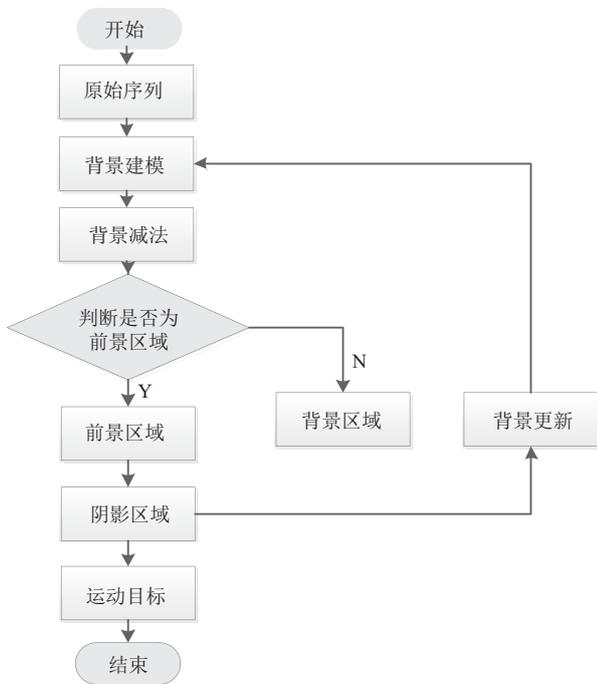


图4 算法流程图

3 基于背景的目标跟踪算法的实现

在视频中对运动目标的跟踪是智能交通系统中的一个关键技术,需要对视频中连续帧之间运动目标的信息进行提取并相互关联,通过这样的相关性在连续的视频中找出目标的运动轨迹等信息,达到对目标进行跟踪的目的。目前常用的目标跟踪算法被分为以下三类:点跟踪^[10]、核跟踪、剪影跟踪^[11]。其中最常用的是核跟踪算法,其中智能化程度较高的 CamShift 算法是比较常用的,它是建立在 MeanShift(均值漂移)算法的基础之上的。在介绍 CamShift 算法之前,我们需要先了解 MeanShift 算法的工作原理。

MeanShift 算法是一种高效的应用模板匹配实现跟踪的算法,目前已经广泛运用于视频跟踪的算法设计中。对于自动出现的目标区域进行特征分析作为匹配依据,再对候选区域进行同样的特征分析,使用巴氏距离的最大值作为 MeanShift 向量判断候选区域与目标的差异大小,最后利用迭代方式求解 MeanShift 向量直到找到目标的真实位置。通常情况下,MeanShift 算

法求得的特征值与色彩相关,所以具有较好的适应目标形变的能力。MeanShift 算法需要绘制色彩直方图(如图5),具体步骤如下:

(1) 一般图像使用 RGB 色彩空间描述,在绘制色彩直方图时需要转化为 HSV 空间,降低 RGB 色彩空间对光线变化敏感对跟踪结果的影响。

(2) 将已经转化为 HSV 色彩空间的图像中的 H 分量作直方图,其高度表示概率分布。

(3) 进行反向投影,即把图像中的像素值用该色才出现的概率表示,替换后的图像是灰度图。

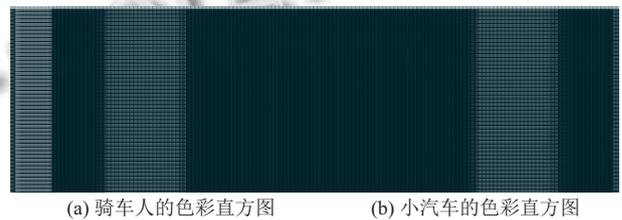


图5 两种色彩直方图对比

CamShift 算法是将 MeanShift 算法扩展到连续的视频帧中去的一种应用,其主要算法步骤为:

(1) 搜索窗的位置与大小的初始化;

(2) 绘制目标概率直方图;

(3) 运行 MeanShift 算法,确定目标位置,并记录搜索窗位置更新;

(4) 采集下一帧图像,循环此程序,搜索窗为更新后位置。

CamShift 算法由于使用了色彩直方图作为目标特征,因此对于目标发生的形变与遮挡具有良好的适应能力^[12]。为了更好地进行跟踪,我们在背景减法的基础上运行 CamShift 算法使得背景对目标的影响降低到最小。在外界环境变化缓慢的情况下基本可以做到准确跟踪,在目标较近的时候我们可以看到窗口较大,随着目标的远离,窗口缩小,可见 CamShift 算法具有较强的适应能力。跟踪效果如图6所示。

4 实例分析

青岛市黄岛区某道路是交通主干道,车流量大。本文将此道路作为实验路段进行算法验证。选取一个接近十字路口的过街天桥,按照摄像机架设标准安装摄像机,将摄像机与开发板连接,收集检测数据和道路画面,采集时间是 15:00-19:00,采集周期是 10 分钟,为

三天的实验中共得到 72 组数据, 随机抽取 30 组数据进行结果分析, 如图 7 所示, 可以得到整体跟踪计数的误差为 4%, 取得了较为理想的跟踪结果.



(a) 第367帧 (b) 第384帧

图 6 CamShift 跟踪效果图



图 7 实验结果对比

5 结语

本文结合道路车辆特征的检测, 使用背景差分的方式实现车辆的跟踪, 为得到更好的跟踪效果, 设计使用了一种新的镂空式均值算法来实现背景的更新获得了更为纯净的背景模型为目标检测提供了良好的运算条件, 同时采用 HSV 色彩空间阴影检测算子实现阴影检测, 较好的解决了目标粘连的问题, 得到了较小的漏检率, 同时嵌入式的系统设计为未来实际工程的应用提供了更为便捷安装和使用方式, 具有较好的应用前景.

参考文献

- 刘冬梅. 智能交通系统(ITS)体系框架开发方法研究[硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2004.
- 邱茂林, 马颂德, 李毅. 计算机视觉中摄像机定标综述. 自动化学报, 2000, 26(1): 43-55.
- Huang SC. An advanced motion detection algorithm with video quality analysis for video surveillance systems. IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, 2011, 21(1): 1-14. [doi: 10.1109/TCSVT.2010.2087812]
- 于成忠, 朱骏, 袁晓辉. 基于背景差法的运动目标检测. 东南大学学报(自然科学版), 2005, 35(S2): 159-161.
- Tan M, Hu ZF, Wang BY, *et al.* Robust object recognition via weakly supervised metric and template learning. Neurocomputing, 2016, 181: 96-107. [doi: 10.1016/j.neucom.2015.04.123]
- Barron JL, Fleet DJ, Beauchemin SS. Performance of optical flow techniques. International Journal of Computer Vision, 1994, 12(1): 43-77. [doi: 10.1007/BF01420984]
- Wren CR, Azarbayejani A, Darrell T, *et al.* Pfister: Real-time tracking of the human body. Photonics East. International Society for Optics and Photonics. 1996. 780-785.
- Haritaoglu I, Harwood D, Davis LS. W⁴: Who? When? Where? What? A real time system for detecting and tracking people. Proc. of the 3rd International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition. Nara, Japan. 1997. 222.
- 王小俊, 刘旭敏, 关永. 基于改进 Canny 算子的图像边缘检测算法. 计算机工程, 2012, 38(14): 196-198, 202.
- 侯穆. 基于 OPENCV 的运动目标检测与跟踪技术研究[硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学, 2012.
- 赵春晖, 潘泉, 梁彦, 等. 视频图像运动目标分析. 北京: 国防工业出版社, 2011.
- 闫庆森, 李临生, 徐晓峰, 等. 视频跟踪算法研究综述. 计算机科学, 2013, 40(S1): 204-209.