

一种新型智能交通违章信息采集器的研究与设计

朱二喜¹ 徐敏²

(江苏信息职业技术学院物联网工程系 无锡 214153)¹

(江苏信息职业技术学院电气工程系 无锡 214153)²

摘要 该采集器采用物联网技术来实现视频设备、微处理器、WIFI 网络模块和信号灯获取模块的连接,利用 Ada-boost 算法和 Mean Shift 算法实现视频图像中机动车目标的识别与跟踪,记录车辆的行驶轨迹,利用轨迹来判断车辆的多种违章类型,利用 WIFI 网络实现违章信息上传。该采集器无需额外辅助设备,可靠性高,安装方便。

关键词 Adaboost, Mean Shift, 行驶轨迹, WIFI

中图分类号 TP23 文献标识码 A

New Research and Design of Intelligent Information Collector of Traffic Violation

ZHU Er-xi¹ XU Min²

(Department of Internet of Things & Engineering, Jiangsu Institute of Information Technology, Wuxi 214153, China)¹

(Department of Electrics & Engineering, Jiangsu Institute of Information Technology, Wuxi 214153, China)²

Abstract The collector realizes the connection of video equipment, microprocessor, WIFI network module and signal acquisition module by using the technology of the Internet of things, realizes the recognition and tracking of vehicle targets in video image by using Adaboost algorithm and Mean Shift algorithm, records the running track of the vehicle, judges many types of violation with running track, uploads the violation information by WIFI network. The collector needs no additional auxiliary equipment and has high reliability and convenient installation.

Keywords Adaboost, Mean shift, Running track, WIFI

1 引言

随着物联网技术不断地在智慧交通领域中应用,提高了交通非现场执法效率。数字化、小型化、网络化和智能化已成为智能交通系统的主要发展趋势。目前,智能交通系统功能相对单一,只能检测单一违章项目,如闯红灯、压黄线等,无法做到单套设备的功能复用,且检测行为依赖于额外的辅助设备^[1-3],如传感线圈、雷达探测、FRID 等,增加成本开销以及破坏路面,安装不方便;在违法举证时,证据没有说服力。采用直接处理交通视频图像^[4-6]是目前智能交通系统的发展方向。通过摄像机对道路交通进行持续视频采集,利用模式识别技术和目标跟踪技术,在视频图像中对机动车目标进行识别和跟踪,记录机动车目标的行驶轨迹;然后对行驶轨迹进行分析和处理,判断机动车目标违章是否和违章类型,从而达到监测交通违章行为的目的。对视频流的处理还处在对计算机的依赖,所以大多数的交通设备需要工控机等处理设备的辅助。本文给出了的利用物联网技术实现的智能化交通违章信息采集器,给出了装置的嵌入式设计及图形处理的主要算法。该装置不需要额外的辅助设备,降低了设备成本;装置具有安装简便、不破坏路面、不受天气影响、设置灵活、监测项目多、覆盖范围广、检测精度高等优势。

2 系统结构

该装置是基于物联网技术实现的一种嵌入式设备,包括利用数字高清摄像头获取交通视频流,传送至高效率的 RAM 芯片上进行处理,同时结合信号灯的信号及视频中识别和跟踪机动车的行驶轨迹判断车辆的违章与否及违章类型,同时将违章的车辆的信息及截取的违章视频片段进行数据处理,通过 WIFI 网络传送至交通指挥中心。该装置的粗略设计如图 1 所示。

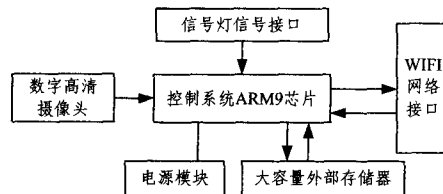


图 1 装置设计

该采集器采用的芯片为 S3C2410,它是三星公司设计的 32 位 RISC 嵌入式处理器,为手持设备和一般性应用提供了一个高性价比、低功耗、高性能的解决方案。该芯片基于 ARM920T 内核,采用五级流水线 and 哈佛结构;具有全性能的内存管理单元 MMU、独立的 16kB 指令和数据 Cache 以及高速 AMBA 总线接口;同时集成了众多的常用资源,例如:LCD

本文受几何问题几何化及计算稳定性研究(61073086)资助。

朱二喜(1981-),男,硕士,讲师,主要研究方向为信息技术、几何计算,E-mail:erxi666@163.com。

控制器、NANDFlash 控制器、SDRAM 控制器、系统片选逻辑以及一些常用的通讯接口等资源。在该芯片上嵌入裁剪后的 Linux 操作系统,为视频分析和处理的算法程序植入提供了保证。该装置工作流程如图 2 所示。

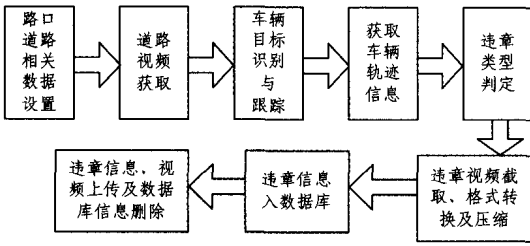


图 2 装置的工作流程

3 主要模块

交通违章信息采集器主要模块包括视频流中机动车目标的识别、机动车目标的跟踪、记录机动车目标的行驶轨迹并判断违章类型、违章车辆信息处理及上传。下面分别介绍几个模块的具体实现过程及主要算法原理。

3.1 利用 Adaboost 算法实现机动车目标识别

Adaboost 算法是一种迭代算法,其核心思想是针对同一个训练特征集训练不同的弱分类器,然后把把这些弱分类器采用一定方式集合起来,构成一个强大的强分类器。该装置中的机动车识别过程是在视频图像中提取机动车的 Harr-like 特征,采用 AdaBoost 算法训练出机动车的多个特征模型,即所谓的机动车模板分类器,将训练的多个分类器组成级联方式,构成强分类器。在该采集器中判断摄像头获取的视频流中图像帧是否含有机动车,如果有,则返回机动车的位置和大小等参数,并继续搜索下一帧图像帧。机动车识别算法主要包括训练机动车样本生成分类器、机动车识别 2 个过程。

3.1.1 训练机动车样本及特征计算

AdaBoost 检测训练算法主要包含特征值选取和特征计算两个方面。机动车识别选取的特征是 Harr-like 特征,采用的计算方法是积分图像计算。如图 3 所示,a 部分列举了 Harr-like 特征的 5 种特征;b 部分为本装置用到的机动车训练特征模板。

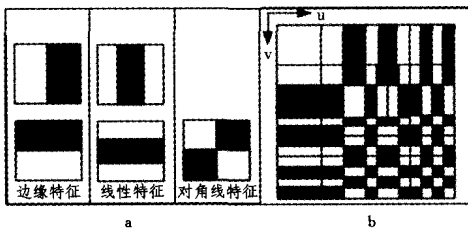


图 3 Harr-like 特征及机动车特征模板

机动车的特征定义为:黑色区域的所有像素之和减去白色区域的所有像素之和,所以整个特征模板的特征值为所有这些黑色矩形的像素减去所有白色矩形的像素。通过积分图像^[3]可以获得图 3 中 b 部分所示的特征模板的 Harr-like 特征。图 4 示出演示特征的计算, s_1 点的值为区域 a 的灰度级总和,记为 a ; s_2 点的值为 $a+b$; s_3 点的值为 $a+c$; s_4 点的值为 $a+b+c+d$; 于是由 s_1, s_2, s_3, s_4 围成的矩形区域 d 的灰度级总和可以表示为 $s_1 + s_2 + s_3 + s_4$ 。对于每个特征可表示为:

$$featureI = \sum_{i \in I} \{1, 2, 3, \dots, N\} \omega_i Recsum(r_i) \quad (1)$$

式中, ω_i 为矩形的权, $Recsum(r_i)$ 为矩形所围图像的灰度积分, N 是组成 $featureI$ 的矩形个数。

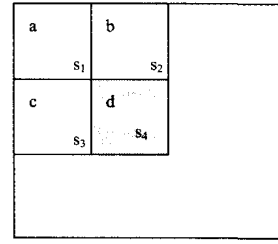


图 4 4 个分割区域

3.1.2 Adaboost 算法训练分类器

Adaboost 算法^[1-3]的思想是提高已有的弱学习算法的性能,并将弱分类器提升为强分类器。弱分类器 h_j 由特征 f_j 、阈值 θ_j 和控制不等式方向的 p_j 组成,如下所示:

$$h_j(x) = \begin{cases} 1, & p_j f_j < p_j \theta_j \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

算法的具体描述如下:给定机动车样本图像集 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, 其中 $y_i = 0, 1$ 分别对应负样本和正样本。其中负样本为图像中不含机动车,正样本为图像中含有车辆。初始化权重, $y_i = 0$ 时, $\omega_{1,i} = 1/2m$, $y_i = 1$ 时, $\omega_{1,i} = 1/2l$, 其中 m 和 l 分别为负样本与正样本的数量。对于每个 $t = 1, 2, \dots, T$, 有:权重归一化, $\omega_{t,i} \leftarrow \omega_{t,i} / \sum_j \omega_{t,j}$, ω_t 为概率分布。对于每个特征 j , 生成对应的弱分类器 h_j , 计算相对与当前权重的 ω_t 的错误率 $\epsilon_j = \sum_i \omega_{t,i} |h_j(x_i) - y_i|$, 选择分类器 h_t , 使得 ϵ_j 最小。更新权重, $\omega_{t+1,i} = \omega_{t,i} \beta_i^{-\epsilon_i}$, 如果式中第 i 样本 x_i 被正确分类, 则 $\epsilon_i = 0$, 反之 $\epsilon_i = 1, \beta_i = \epsilon_i / (1 - \epsilon_i)$ 。最后得到的强分类器为

$$h(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^T \alpha_i h_i(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \alpha_i \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

式中, $\alpha_i = \log \frac{1}{\beta_i}$ 。

3.1.3 车辆识别

车辆识别^[4,5]过程如图 5 所示,将弱分类器采用串联方式形成一个级联的强分类器。整个过程是采集交通视频流,进行视频图像预处理,而后依据车辆特征模板在图像中的尺寸选择一个子窗口,将其与级联分类器比较,依次遍历输入视频图像帧。级联的分类器的上一级输出是下一级的输入,被拒绝的则跳出循环。各级必须保证很高的检测率,但可以容忍较高的误检率。当检测到车辆模板的两个子窗口重叠部分超过当前窗口大小的 1/2 时,取平均值合并重叠的子窗口,最后合并的子窗口即为该图像的车辆模板。

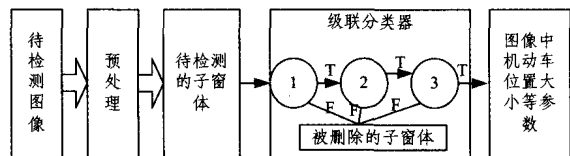


图 5 车辆检测过程

3.2 利用 Mean Shift 算法实现车辆跟踪

Adaboost 算法在视频流图像帧中识别机动车目标并定位,利用 Mean Shift 算法实现机动车目标在视频流中的跟踪。Mean shift 算法计算核函数加权下的搜索窗口的直方图分

布;并用同样的方法计算当前帧对应窗口的直方图分布;以两个分布的相似性最大为原则使搜索窗口沿密度增加最大的方向移动目标的真实位置。跟踪过程如下:给当前帧中机动车模板设置一个序列号,然后比较当前帧与下一帧同一车道的机动车模板,如果发现特征匹配度大于某个阈值,则认为是同一辆车,该帧的车辆序列号与上一帧相同。根据相同的序列号,计算当前帧和下一帧在车辆模板上中心位置的坐标,然后连接这两个点。依次比较并连接所有序列号相同的车辆模板对应的坐标,直到车辆离开监测区域,从而实现记录车辆跟踪的行驶轨迹。当前帧的目标模型为:

$$\hat{q}_u = c \sum_{i=1}^n k \left(\left\| \frac{x_0 - x_i}{h} \right\|^2 \right) \delta [b(x_i) - u] \quad (4)$$

式中, $k(\|x\|^2)$ 是核函数,随着样本点与目标中心处的距离越远,对最终结果产生的影响将越小, h 表示核函数的带宽, x_i 是目标模型中各像素点位置,函数 $\delta[b(x_i) - u]$ 用来判断 x_i 颜色值是否属于特征值 u , c 是满足所有特征值 u 的概率和为 1 的标准化常量系数。类似式(4), x_i 是候选目标中归一化像素点位置,当前帧图像中的中心点在 y_0 处时,采用同样的核剖面函数 $k(\|x\|^2)$, 宽带为 h , 特征概率 u , 则候选目标模型为:

$$\hat{p}_u(y_0) = c_h \sum_{i=1}^n k \left(\left\| \frac{y_0 - x_i}{h} \right\|^2 \right) \delta [b(x_i) - u] \quad (5)$$

用当前目标和候选目标模型间的距离来定义其相似度,相似函数为:

$$\hat{\rho}(y) = \rho[\hat{p}(y), \hat{q}] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y) \hat{q}_u} \quad (6)$$

为使 $\hat{\rho}(y)$ 最大,在 y_0 域内寻找局部目标最优位置 y 。对式(6)在 $\hat{\rho}(y_0)$ 处进行泰勒展开,相似性函数可近似为:

$$\rho[\hat{p}(y), \hat{q}] \approx \frac{1}{2} \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(y_0) \hat{q}_u} + \frac{c_h}{2} \sum_{i=1}^n \omega_i k \left(\left\| \frac{y - x_i}{h} \right\|^2 \right) \quad (7)$$

其中, $\omega_i = \frac{\delta[b(x_i) - u]}{\sqrt{\hat{p}_u(y_0) \hat{q}_u}}$ 为权值,对式(7)求极值就

能实现目标最优匹配,得到新的位置为: $\hat{y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \omega_i g \left(\left\| \frac{\hat{y}_0 - x_i}{h} \right\|^2 \right)}{\sum_{i=1}^n \omega_i g \left(\left\| \frac{\hat{y}_0 - x_i}{h} \right\|^2 \right)}$, 通过对 Mean shift 算法反复迭代最后得到在当前帧目标的最优位置 y 。

3.3 利用机动车行驶轨迹判断违章行为

交通违法行为比较多,比如闯红灯、违章逆行、违章变道等,该采集器依据机动车行驶轨迹来判断车辆是否违章及违章类型。交通事件检测的算法比较多,例如 Fernyhough^[7]、Mohnhaupt^[8]、Kumar^[9]、伍友龙^[10]等都有检测方法描述。本文提出了一种通过视频分析和处理记录车辆轨迹的交通事件自动检测方法,研究了机动车违章逆行、停驻、掉头、倒退、变道等多种具有潜在危险的交通(违章)事件。

由于机动车模式识别和跟踪过程中可能伴随有遮挡等不利噪音,获取的轨迹有时是不完整的,这都会影响轨迹分类和识别、行为分析和理解等,因此,有必要进行轨迹的预处理。这里采用均值滤波的方法进行轨迹预处理,每隔 15 帧取一个平均值作为车辆中心点坐标。

在该采集器的设置界面中也会对道路的数据进行设置,比如车道和车道的方向等信息的设置。下面以一张模型图(如图 6 所示)来描述车辆违章类型判定。

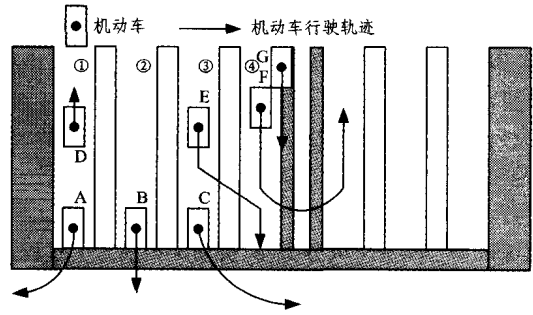


图 6 车辆违章类型模型图

本装置可以检测的违章事件如表 1 所列。

表 1 交通违章事件的判断

事件	违章类型	检测原理与方法
事件 A	违章转向	依据车辆的随时间的坐标点序列,形成车辆的行驶轨迹,如果行驶轨迹形成图 A 的轨迹,但此车道限制右转,造成违章转向。
事件 B	闯红灯	在②车道上,直行车道,获取信号灯的状态,当信号灯为红灯时,车辆的坐标点为同一点,处于静止状态,或者车辆的坐标点未超过黄线并在车道范围内。
事件 C	违章行驶	在③车道上,直行车道,当信号灯为绿时,车辆行驶,但车辆行驶的轨迹形成图 C 的轨迹,造成违章行驶。
事件 D	违章逆行	在车道上,如果车辆的行驶轨迹的方向与车道的行驶方向相反,造成违章逆行。
事件 E	违章变道	③车道为直行车道,④车道为左转车道,车辆行驶到规定的区域,车辆的车道发生变化,造成违章变道。
事件 F	违章掉头	④车道为左转车道,某些路口规定在固定区域可以掉头,或者禁止掉头,当车辆的行驶轨迹方向发生改变,且车道发生改变,且没有在固定区域,造成违章掉头。
事件 G	压黄线	如果车辆的矩形包围盒与黄线的数据区域有重合,造成车辆压黄线

3.4 信息管理与上传

采集器除在图像中进行机动车辆的识别和跟踪运算外,下一步就是判断违章车辆信息进行记录,及车辆违章举证。采集器对车辆违章行为判定之,对车辆违章视频进行截取、格式转换、压缩等操作,将违章信息、违章视频数据存放在数据库中,等待信息管理模块通过网络接口上传至交通指挥中心;当上传成功之后,数据库中的违章信息自动删除。其中违

章信息包括车牌号码、违章地点、违章时间、违章类型以及截取的违章视频举证。网络接口模块采用适用传递数据量大的 WIFI 网络接口设计和协议。

4 系统的运行及测试情况

在经过设计及测试调试之后,本装置运行于路口一定时间,装置运行稳定,图 7 所示为装置运行情况。



图7 装置运行情况

结束语 本文设计了一种基于视频的智能交通违章信息采集器,该采集器的设计基于 AdaBoost 的检测与 Mean Shift 跟踪技术,在视频中捕获机动车目标并跟踪目标,记录机动车目标的行驶轨迹,利用行驶轨迹判断车辆的违章类型,实现违章机动车的违章信息和违章视频通过 WIFI 网络模块上传。该采集器完全代替了传统的交通违章信息采集技术,采用视频分析技术,提高了违章信息采集的可靠性和有效性;此外,该采集器对环境适应性好,不需要额外的辅助设备,安装方便,运行稳定,在实际工作中得到了较为理想的效果。

参考文献

[1] 熊锐,周纯杰,等.基于 ARM9 的交通违章抓拍系统的开发[J].

计算机工程与应用,2006,27(5):96-99

[2] 孙长江,随顺科,滕春阳.基于 DSP 和 MSP430 双核交通监控终端的设计[J].技术应用,2011(7):46-50

[3] 温雯,高歌.基于 RFID 射频识别技术的道路交通管理系统设计与开发[J].制造自动化,2011,33(4):151-153

[4] 张爱科,黄力.基于模式匹配的道路违章自动监测系统[J].制造业自动化,2009,4(31):81-84

[5] 佟守愚,程三伟,李江,等.基于视频技术的交通违章处理系统的设计与实现[J].计算机测量与控制,2005,13(10):1105-1107

[6] 王夏黎,朱晓冬,周明全,等.交通违章视频检测管理系统的设计与实现[J].长安大学学报:自然科学版,2005,25(2):77-81

[7] Kamijo S, Matsushita Y, Ikeuchi K M, et al. Traffic monitoring and accident detection at intersections[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2000, 1(2):108-118

[8] Mohnhaupt M, Neumann B. On the use of motion concepts for top-down control in traffic scenes[C]//Proc. Eur. Conf. Computer Vision. Antibes, France, 1990:598-600

[9] Kumar P, Ranganath S, Huang Wei-min, et al. Framework for real-time behavior interpretation from traffic video [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2005, 6(1):43-53

[10] 伍友龙.基于图像分析的高速公路交通事件检测算法研究[D].长沙:长沙理工大学,2005

(上接第 472 页)

切换进程;

实现该算法所需进程的数据结构如下:

Struct pcb

```

{
    char pname[5]; //进程名称
    char mode; //进程状态,就绪态(s),运行态(R),等待态(w)
    int pri; //进程优先数
    int runtime; //完成进程所需要占用的 CPU 时间
    int blocktime; //进程阻塞时间
    int CPUtime; //进程已运行时间
    struct pcb * next; //进程队列指针
}

```

该实验难度较前面两个实验要大一些,应循序渐进,使学生比较容易接受。

3.3 存储管理

对于存储器的管理有:界地址存储管理、页式存储管理、段式存储管理以及段页式存储管理。在 Linux 操作系统中,是以页(page)为单位来管理内存的,页面的置换算法选取的好坏会影响整个操作系统的效率;为了切合学生们的实际编程水平,同时提高学生们的编程能力以及加强对页面置换算法的理解,现设计如下实验:

实验内容:在 Linux 环境下,用 C 语言编写程序,初始化存储分配表,使用最佳适应算法来完成用户输入的请求。并动态更新存储分配表,将其在屏幕上进行显示。

分析:相比前面几个实验,该实验的难度更大,同时也符合我校的学生学习状况及 C 语言程序设计水平。首先需给出存储分配表结构,因采用一级页式存储管理,该结构如下:

Struct page

```

{
    Int num; //逻辑页号

```

Int size; //页框号

接着用最佳适应算法思想,实现存储分配。

结束语 本文从三本院校的学生实际水平出发,设计了一些实验,实验难度逐个增强,限于篇幅,只给出 4 个实验,在以后的文章中,我将继续给出更多的符合学生水平的实验,以激发学生的学习兴趣,使之掌握操作系统的基本原理,提高编程能力。

参考文献

[1] 左万历,周长林.计算机操作系统教程(第 3 版)[M].北京:高等教育出版社,2010

[2] 刘代旭.基于 Linux 的操作系统辅助教学研究[D].成都:四川大学,2006

[3] 孙良勇.嵌入式 Linux 内核研究[D].济宁:曲阜师范大学,2008

[4] 王洪辉.嵌入式系统 Linux 内核开发实战指南[M].北京:电子工业出版社,2009

[5] 肖亮.基于 Linux 的操作系统实验平台的设计与实现[D].长沙:中南大学,2013

[6] 邹恒明.操作系统实验中的五重奏哲学[J].计算机教育,2009(20):118-121

[7] 赵艳红,沈峰,段汉根.操作系统实验教学的研究与实践[J].河北北方学院学报,2010(2):68-71

[8] 荣彦,贺惠萍,张兰.基于虚拟机的网络操作系统实验设计[J].电脑知识与技术,2010(34):26-27

[9] 孙昌立,赵艳芹.以课程建设为目标的操作系统实验教学研究[J].中国电力教育,2014(6):131-132

[10] 宋钰,何小利,周喻杰.探讨操作系统实验课程现状与改进[J].电脑知识与技术,2010(16):4585-4586

[11] 袁红丽,李艳,谢志英.以计算思维为导向的计算机操作系统教学设计[J].计算机工程与科学,2014(A1):205-207

[12] 王雷.操作系统实验设计[J].计算机教育,2009(17):107-110