

基于智能视觉的车辆事故预警监控系统设计

尹新富, 袁雪霞

(郑州经贸职业学院, 郑州 450006)

摘要: 针对车辆行驶中驾驶员视觉盲区或注意力不集中而造成的交通事故问题, 提出采用智能视觉技术对车辆行驶过程中四周的异常物体进行视频监控, 对动态视频场景中的运动目标进行检测、识别与实时测距, 通过车辆智能视频监控系统最大程度的为驾驶员提供更多预警信息, 预防交通事故的发生; 文中介绍了车辆智能视觉监控系统的硬件设计方法与软件工作流程, 并研究了运动目标检测算法与单目视觉测距算法, 通过仿真实验, 验证了该智能视觉车辆监控系统对于运动目标进行检测、识别与智能测距判断的实验结果。

关键词: 目标识别; 智能视觉; 车辆监控

Vehicle Accident Early Warning Monitoring System Based on Intelligent Vision

Yin Xinfu, Yuan Xuexia

(Zhengzhou Economic and Trade Vocational College, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: This paper describes the hardware and software design workflow of vehicle intelligent visual surveillance system and to study the moving target detection algorithm with monocular vision locating algorithm, the simulation results validate the vision of the intelligent vehicle monitoring system to detect moving objects, experimental results shows its capability of ranging recognition and intelligent judgment.

Keywords: target recognition; intelligent vision; vehicle monitoring

0 引言

近年汽车的快速增加使得城市道路日渐拥堵, 车辆两侧与后方的场景驾驶员通常会通过后视镜进行观测, 而车辆前后及两侧仍存在着很大的盲区, 驾驶员在行驶过程中受到视野或注意力不集中等客观条件的影响, 极易发生交通事故, 带来不必要的损失^[1]。因此, 有必要构建以基于智能视觉的数字化、网络化车辆视频监控系统, 车辆智能视觉监控系统能够发现并识别监控画面中靠近车辆的不同物体和异常情况, 并能以最快的方式对驾驶员发出预警信息, 从而可以有效的协助驾驶员处理交通事故危机, 且可以记录存储行车途中的视频画面, 最大程度保障驾驶员的利益。有别于传统系统只能记录视频监控画面, 本车辆智能视觉监控系统的关键技术是实现了运动目标检测与跟踪, 基于单目视觉测距技术对靠近本车辆前方、后方、左侧、右侧的异常物体进行实时测距, 系统在显示界面智能化显示车辆实时监控数据, 并提供智能化危险预警提示。

1 系统总体结构设计

1.1 系统分布结构

如图1所示智能视觉车辆监控系统主要由以下几部分组成: 前置摄像头、后置摄像头、左侧摄像头、右侧摄像头; 嵌入式主控制系统; 视频显示、数据输出显示屏。分别在车身四周的广角摄像头可以全景捕捉车辆周围的视频影像, 通过图像处理软件与算法对图像进行修正滤波, 将4个摄像头的画面进行融合拼接成车辆的全景俯视图, 从而将车辆四周的真实视频

场景显示在车载屏幕上, 嵌入式主控制系统能根据单目测距算法对行车过程中的碰撞危险发出预警提示。

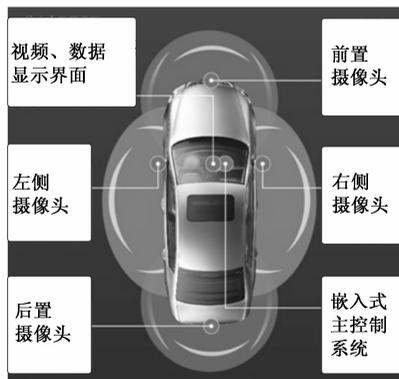


图1 车辆智能视觉监控分布结构

1.2 系统模块设计

如图2所示系统硬件模块包括CMOS图像传感器、视频

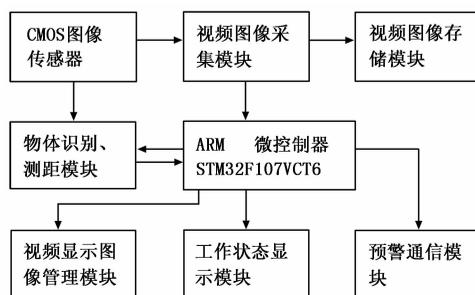


图2 系统硬件模块组成

收稿日期: 2014-05-23; 修回日期: 2014-11-03。

基金项目: 河南省教育厅规划课题(12B520057)。

作者简介: 尹新富(1973-), 男, 河南驻马店人, 硕士, 副教授, 教务处副处长, 主要从事智能仪器仪表方向的研究。

图像采集模块、存储模块、运动目标测距模块、预警通信模

块、24 位彩色液晶显示屏、ARM 微控制器 STM32F107VCT6 等。安装在车辆前后左右的摄像头将图像帧通过视频采集模块送入 ARM 微控制器, 经过图像应用软件的处理后, 在车载显示屏上标注出车上四周靠近物的距离和道路标线等数据, 根据相对车速以及车身与障碍物之间的安全间距等参数可以判断车辆发生交通事故的危险等级, 系统根据不同等级发出不同的预警提示音。系统首先对实时采集到的图像序列进行处理, 检测并跟踪视觉影像中的道路行车线, 对出现在视觉影像内的运动目标物体进行跟踪识别, 对于靠近的异常危险物体进行测距与相对速度判断, 并根据事故危险等级发出相应的预警信号。系统控制电路在车载显示屏上实时显示车身四周的视频图像, 实时输出监测数据供驾驶员参考。

2 系统核心硬件设计

本系统基于 ST 公司的 STM32F107VCT6 微处理器进行设计, 其拥有最高 72 MIPS 的执行速度; 近 30 个通用 I/O, 用户可自由定义功能; 1 个 USB2.0 主机接口通信, 可读写 U 盘; 1 个 USB2.0 从机接口通信; 1 个 SD 卡读写接口, 可以用于视频图像的存储, 其硬件连接电路如图 3 所示; 1 个 10/100 m 自适应以太网网络接口; 内置独立看门狗, 确保系统永远不死机。

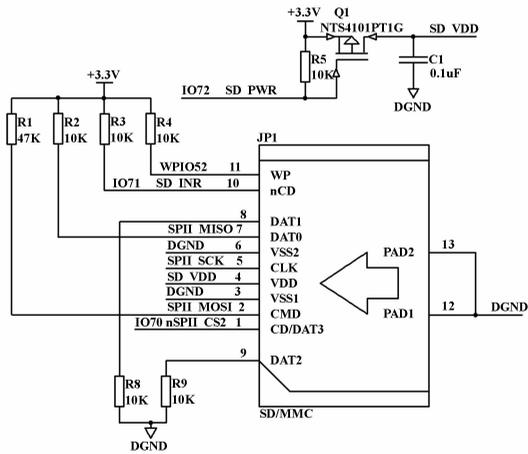


图 3 SD 存储卡模块电路

其智能视觉图像采集模块设计如图 4 所示。电路由 CMOS 摄像头电路、摄像缓存控制逻辑电路、SRAM 存储器和 32 位嵌入式系统总线接口等部分组成。系统摄像缓存控制逻辑电路由可编程逻辑器件 EPM7128 s 实现^[2-3]。设计方案是由一片可编程逻辑器件来与 MT9V011 接 IZL, 控制图像数据缓存到一片 SRAM 中, 然后通知处理器读取数据。由可编程逻辑器件 CPLD 片内的控制逻辑电路完成读取图像数据并缓存到 SRAM 中, 系统中 CPLD 的时钟采用 40 MHz, 经过 10 分频以后的时钟做为 CMOS 图像传感器的时钟。这样可以降低图像输出的速率, 从而减轻 STM32F107VCT6 对图像数据处理的负担, 使处理器有空闲时间进行其它控制操作。

3 系统软件设计

3.1 系统软件工作流程

基于智能视觉的车辆监控视频应用软件工作流程为: 1) 首先将超广角摄像头获取视频模拟信号解析为图像数据; 2) 然后根据不同坐标系的转换算法, 确定世界坐标与图像坐标的

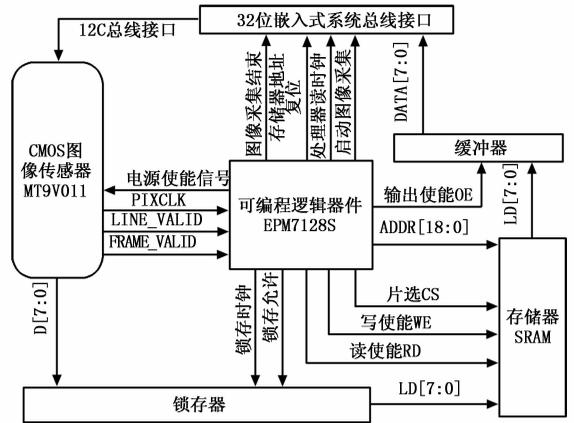


图 4 视频图像采集模块

关系; 3) 对摄像头内、外参数进行标定; 4) 根据成像灰度值的关系, 对图像进行修正滤波; 5) 对所有视频图像进行智能拼接融合; 6) 优化系统算法, 在显示屏全景显示车辆环视监控图像。系统软件工作流程结构如图 5 所示。

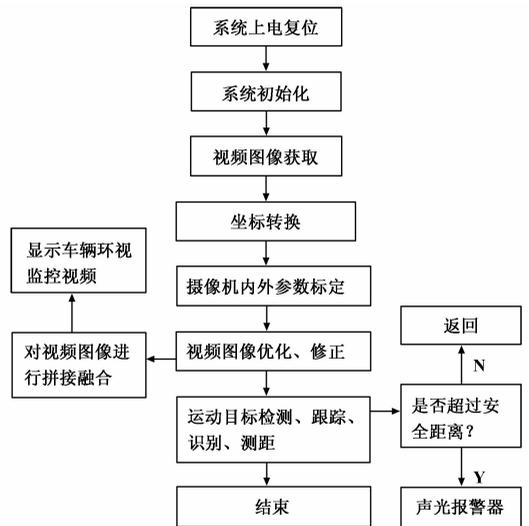


图 5 系统软件工作流程结构

3.2 运动目标检测跟踪

通常对视频图像中运动目标的检测方法是对称性测度验证, 其缺点是运算量过大, 且对复杂背景中的目标检测效果不佳。因此, 需引入一种基于边缘灰度二值化图像的验证算法, 通过对目标边缘灰度值的提取进行计算^[4]。假设视频图像中运动目标物体左边缘的坐标为 $(X_1 - Y_1)$, 右边缘的水平坐标为 $(X_2 - Y_2)$ 。则检测函数为:

$$g(u) = \sum_{x=x_1-y_1}^{u+1} \sum_{y=x_1-w/2}^{Y_1} f(x, y) \quad (1)$$

其中: w 为目标物体的宽度; 点 (x, y) 的灰度值为 $f(x, y)$ 。在 $(X_1 - \frac{w}{4}, X_1 + \frac{w}{4})$ 区间内搜索目标物体左边缘水平坐标 X_1 对于 $g(u)$ 的最大值点, 同时搜索右边缘对应右边缘水平坐标 X_2 对应的区间上 $g(u)$ 的最大值点, 如果左右边缘的 $g(u)$ 值均大于某阈值, 则检测出视频图像中的运动目标物体。

3.3 行驶中运动目标的智能视觉测距

假设摄像头与图像中目标物体的真实距离为 d_r ，目标障碍物底边中点的图像坐标为 (u_1, v_1) ，采集图像的底边中点图像坐标为 (u_2, v_2) 。利用几何关系推导出路面坐标 (x_a, y_a) 与图像坐标 (x_b, y_b) 之间的对应关系，如下：

$$y_a = h \cdot k_1 \cdot y_b \cdot \frac{1 + k_2^2}{1 - k_2 \cdot k_1 \cdot y_b} \quad (2)$$

$$x_a = \frac{UG + y_a}{UG \cdot k_3 \cdot x_b \cdot k_4} \quad (3)$$

$$y_b = \frac{y_a / k_1}{h + h \cdot k_2^2 + y_a \cdot k_2} \quad (4)$$

$$x_b = \frac{UG \cdot x_a}{k_3 \cdot k_4 \cdot (UG + y_a)} \quad (5)$$

其中：

$$k_1 = \frac{2\text{tg}(\alpha_0)}{H} \quad (6)$$

$$k_2 = \text{tg}(\gamma_0) \quad (7)$$

$$k_3 = \frac{h}{\cos(\gamma_0)} \quad (8)$$

$$k_4 = \frac{2\text{tg}(\beta_0)}{W} \quad (9)$$

$$UG = \frac{h \cdot (\text{tg}(\gamma_0) - \text{tg}(\gamma_0 - \alpha_0)) \cdot \cos(\gamma_0 - \alpha_0)}{\cos(\gamma_0 - \alpha_0) - \cos(\gamma_0)} \quad (10)$$

其中， H 为场景图像的高度， W 为图像的宽度； h 为摄像头距离地面的高度； $2\beta_0$ 为摄像头的水平视野角； $2\alpha_0$ 为摄像头的垂直视野角； γ_0 为摄像机的俯仰角。通过式 (2) ~ 式 (5) 可以推导出图像特征中点在路面坐标系中的坐标分别为 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) 。则推导出 d_r 为：

$$d_r = \sqrt{(v_1 - v_2)^2 + (u_1 - u_2)^2} \quad (11)$$

车辆与车辆周围运动目标的安全临界距离 S 的计算公式为：

$$S = 0.36 V_r + 0.33 V_b + \frac{V_r(2V_b - V_r)}{259} \quad (12)$$

其中， V_b 为本车的车速， V_r 为本车与运动物体的相对速度，系统根据 S 的大小来判断目标物体对于本车造成安全交通事故危险的等级，等级越高发出的预警提示音越急促。

4 仿真实验与分析

首先通过系统应用软件将前置、后置、左侧、右侧部署的摄像头采集到的图像进行拼接融合，然后显示在车载显示屏上，如图 6 所示，驾驶员可以看到车辆周围的全景俯视智能视频图像，系统自动检测视频图像中靠近车身的运动物体，通过智能分析根据不同交通事故发生的危险等级做出预警提示，通过系统测试，验证了硬件电路与应用软件工作的稳定性，连续工作无死机现象。

在 Boiland C++ Builder 6 环境下对系统程序与核心算法进行调试与编译。在基于安全前提的公路上进行动态车辆实验，采集不同环境光照下多组视频图像进行实验。实验中摄像头的拍摄速率为为 25 帧/秒，并在车身周围对不同的固定或者移动的障碍物进行实时测距，测量结果如表 1 所示。



图 6 图像拼接融合后显示图

表 1 智能视觉目标距离测量结果

序号	实际距离/m	检测距离/m	绝对误差/m	相对误差/(%)
1	6	5.76	0.24	4
2	10	9.68	0.32	3.2
3	15	15.22	0.22	1.5
4	19	19.55	0.55	2.9
5	32	32.12	0.12	0.4
6	46	45.68	0.32	0.7
7	68	68.25	0.25	0.4
8	88	88.26	0.26	0.3
9	99	98.85	0.15	0.2

通过表 1 的测试结果可以看出，本系统对于靠近车身的障碍物的实时测距相对误差小于 5%，完全可以满足系统对于车辆智能事故预防实时测距的需求，如果车身距离障碍物的距离为安全距离的 1.5 倍左右，系统判定为三级交通事故威胁，系统发出均匀间隔的报警音，并提示车身周围障碍物的方位与距离；如果车身距离障碍物的距离为安全距离的 1~1.5 倍之间，系统认定为二级交通事故威胁，会发出较急促的报警音，提示驾驶员采取避让措施；如果车身距离障碍物的距离小于安全距离，系统认定为一级交通事故威胁，系统会发出长鸣报警音，提示驾驶员采取制动措施。

5 结语

本文设计的基于智能视觉的车辆事故预警监控系统采用在车辆前、后、左、右位置部署广角摄像头对车辆周围进行全景视频监控的方式，通过对视频画面中运动目标的检测、跟踪、识别以及实时测距来预防车辆之间距离过近、追尾、刮蹭等意外事故的发生。通过系统仿真实验验证了该系统的准确性与稳定性，并且对于不同环境具有较好的适应性。

参考文献：

[1] 吉书鹏, 张桂林, 丁晓青. 地面复杂场景图像相关跟踪算法研究 [J]. 激光与红外, 2002, 3 (6): 428-430.
 [2] 沈庭芝, 等. 数字图像处理及模式识别 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2005.
 [3] 杨世兴, 郭秀才. 监测监控系统原理与实用设计 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
 [4] 岑 银. 基于 OpenCV 的智能视频监控设计 [J]. 电子元器件应用, 2010, 12 (7): 47-48.