

基于单目视觉测距的车辆自动刹车辅助系统设计

孙 轴

(大连职业技术学院 信息工程学院, 辽宁 大连 116035)

摘要: 针对红外测距与超声波测距探测距离与真实距离差异大, 刹车控制智能性不强的问题, 设计并实现了基于单目视觉测距的车辆自动刹车辅助系统, 系统硬件主要由图像采集模块、图像处理模块、以及电子制动模块组成; 通过基于单目视觉测距算法实现软件编程, 并在 Matlab 平台上完成测试, 实验中车辆以 35 km/h 驶向障碍物, 使在 20~70 m 的实际距离进行仿真测距, 单目摄像头俯仰角测定在 88°~90°之间, 对前方实时车距进行测量, 并通过与汽车电子控制单元之间的数据交换对车辆制动进行辅助控制; 实验结果表明: 在实测距离和系统介入距离均在 70 m 以内时, 算法相对误差平均在 2% 左右, 车辆停止地点距障碍物在 4.5 m 左右, 说明系统满足车辆智能化辅助制动的实时性要求。

关键词: 单目视觉; 实时测距; 电子制动

Based on Monocular Vision Ranging Automatic Vehicle Brake Assist System Design

Sun You

(College of Information Engineering, Dalian Vocational and Technical College, Dalian 116035, China)

Abstract: For infrared distance and ultrasonic detection range and the actual distance difference is big, the problem of intelligent brake control is not strong, was designed and implemented based on monocular vision range of vehicle brake assist system, the system hardware is mainly composed of image acquisition module, the embedded microcontroller processor, and the composition of electronic brake module. By ranging algorithm based on monocular vision software programming, and complete the test on the Matlab platform, the experiments of vehicle to 35 km/h to obstacles, make in 20 ~ 70 m for the calculation of the actual distance range, monocular camera pitching Angle measurement between 88°~90°, and for real-time measuring distance ahead, and through the data exchange between auto electronic control unit for auxiliary control of vehicle brake. The experimental results show that the measured distance and system in distance were within 70 m, the arithmetic average relative error is around 2%, the vehicle stop location away from obstacles in 4.5 m or so, this system meet the real-time requirement the vehicle intelligent auxiliary brake.

Keywords: monocular vision; real time measurement; electronic brake

0 引言

据统计, 在城市所有交通事故中追尾事故占到了其中的 75%, 为了降低这种意外追尾事故发生的机率, 就需要对车辆自动刹车系统进行深入的研究。目前的自动刹车技术控制中, 大多及于距离的准确定位。常用的红外测距与超声波测距探测距离与真实距离差异大, 刹车控制智能性不强。本文利用单目视觉测距技术来实时监测本车与前方障碍物的距离可以为汽车智能化纵向控制提供输入参数, 从而实现车辆自动刹车辅助控制^[1-2]。

1 系统构成

系统由图像采集模块、图像处理模块、汽车控制单元、电子制动模块、汽车刹车片模块组成, 系统总体架构如图 1 所示, 系统通过安装在车头相应位置的摄像传感器对行驶中车辆前方场景进行图像采集, 微处理器在对图像进行处理后得出与前方物体的实时距离, 并将其作为参数输入到车辆电子控制单

元, 结合当前车辆行驶速度, 系统在发现车辆与前方物体的距离快速减少, 而驾驶员并未主动采取刹车行动的时候, 系统会立刻启动电子制动模块对车辆进行主动刹车动作。

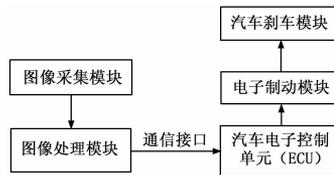


图 1 自动刹车系统结构

图像采集模块将前置摄像机拍摄到前方场景图像传送到嵌入式微处理器 LPC2131 进行处理, 通过单目视觉测距数学模型计算出前方障碍物实时距离, 并与数据库进行信息交互, 处理后的数据通过端口传送到汽车电子控制单元 ECU, 经过对车辆行驶速度的分析, 系统控制电子制动模块的启动时机, 从而实现智能化汽车自动刹车辅助控制。

2 硬件设计

2.1 刹车距离图像采集模块

本模块主要由摄像机、图像采集卡组成, 主要作用是实时

收稿日期: 2014 - 03 - 14; 修回日期: 2014 - 04 - 20。

作者简介: 孙 轴 (1977 -), 男, 辽宁盘锦人, 硕士, 副教授, 主要从事计算机软件方向的研究。

采集前方图像。摄像机的镜头为 Color CCD Camera，其电路结构如图 2 所示，其光学镜头为 8 倍数字变焦，16 倍光学变焦共 128 倍变焦，分辨率为 1/4 inch^[3]；摄像机的垂直视野角为 32°，摄像机的水平视野角为 47°；图像采集卡为 DH2CG300，其硬件设计如图 3 所示，其分辨率为：768 × 576 × 24 bit。摄像机功能包括：窗口化、行镜像变换、左右和上下图像翻转、电子旋转快门（ERS）、列镜像变换已被直接集成到芯片上，从而减少了 CCD 通常需要的额外组件，最大程度地缩小了产品尺寸和主板空间。其变量功能如可编程增益、帧频和曝光控制等可以在默认模式操作，也可以由最终用户通过一个简单的两线 I²C 接口进行编程。

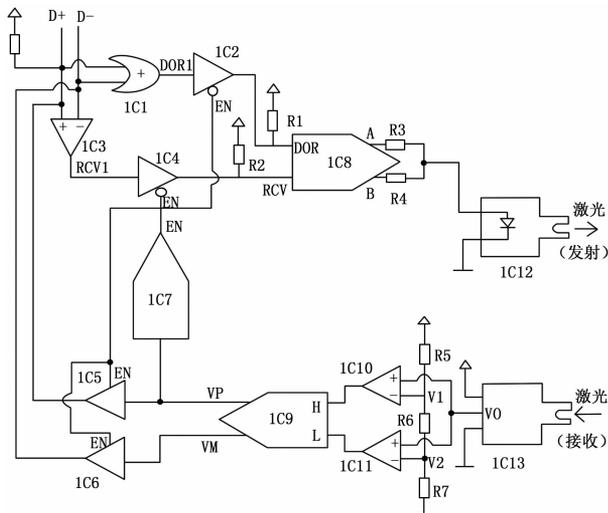


图 2 摄像机的镜头的硬件设计电路图

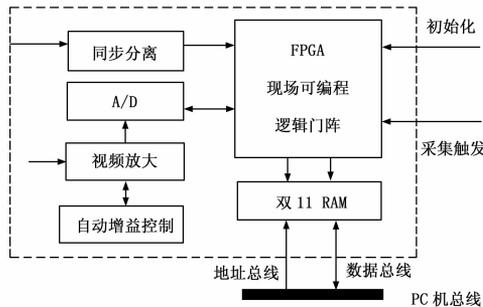


图 3 图像采集卡 DH2CG300 的硬件设计

2.2 图像处理模块与汽车 ECU

图像处理模块的核心部件是嵌入式微处理器，该模块的主要作用是实时的处理采集到的图像。采集到的图像信息经过微处理器的分析处理，从而得出可供汽车 ECU 电路识别的数据格式，每个汽车的 ECU 数据格式不同，要根据不同车型对通信协议进行修改。微处理器选用 PHILIPS 公司的 LPC2131 微控制器芯片作为处理核心，它是基于高端 32 位 ARM 处理器，具备很强的信号处理能力，以及实时图像数据处理数据能力。微处理器控制电路如图 4 所示。

2.3 电子制动模块的硬件设计

电子制动模块主要作用是当遇到危险情况，驾驶员无作为时的紧急制动。电子制动模块的硬件设计如图 5 所示，当控制电路测算的前方车距小于报警距离时，系统首先触发报警信号

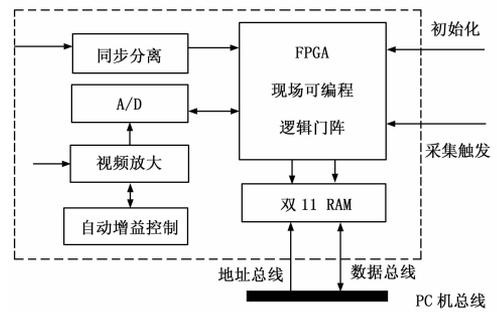


图 4 微处理器控制电路的硬件设计

给予提示，在系统所监测的车速大于 30 km/h，且所测前方车距小于最小安全距离驾驶员依然没有采取制动措施时，自动刹车辅助主动介入，汽车电子控制单元向电子制动模块发送制动信号，同时获取汽车的实时速度与刹车片的状态信号，然后微处理器根据回送参数以及相应的控制策略计算并输出电子制动压力指标值，电子制动辅助模块通过控制比例继动阀、ABS 电磁阀、LSD 限滑差速器、桥控调节器等，从而控制前后轮的制动。当车辆趋于抱死时，电子控制单元通过调节制动气室压力开始循环控制，使车辆滑移率保持在最佳值，同时电子制动模块可通过 CAN 总线与其他电子模块进行通信与数据交换^[4-5]。

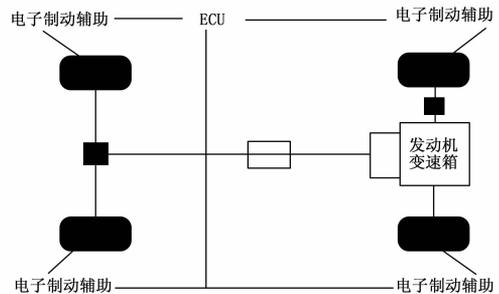


图 5 电子制动辅助装置硬件设计图

2.4 汽车刹车模块的硬件设计

汽车刹车模块的核心部件是汽车刹车片，该模块的主要作用是：当制动模块发出信号时，及时启动，使汽车快速地停下来。本系统采用 QS681 系列汽车刹车片，此类刹车片由钢板、粘接隔热层和摩擦块构成，钢板要经过涂装来防锈，涂装过程用 SMT-4 炉温跟踪仪来检测涂装过程的温度分布来保证质量。其中隔热层是由不传热的材料组成，目的是隔热，刹车效果好，误差低，QS681 汽车刹车片硬件设计结构如图 6 所示。

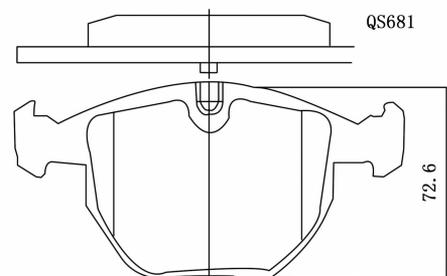


图 6 汽车刹车片 QS681 硬件设计结构图

3 软件设计

3.1 单目视觉测距算法介绍

基于单目视觉的实时测距算法采用对应点标定法来获取图像的深度信息，对应点标定法是指通过不同坐标系中对应点的坐标通过几何推导来得到路面坐标系和图像坐标系之间的关系。假设车辆与前方障碍物的真实距离为 d_r ，摄像机最近视野到本车前端的距离为已知数据 d_1 ，由场景图像中得出的最近视野与障碍物的距离为 d_2 ，基于单目视觉测距算法得出的车头与前方障碍物之间的实时距离为 d_c 。

3.2 基于单目视觉的视觉距离测试

通过摄像机获取前方障碍物图像如图 7 所示。

求得障碍物底边中点的图像坐标为 (u_1, v_1) ，采集的图像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：

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

$$x_a = \frac{UG + y_a}{UG \cdot k_3 \cdot x_b \cdot k_4} \quad (2)$$

$$y_b = \frac{y_a/k_1}{h + h \cdot k_2^2 + y_a \cdot k_2} \quad (3)$$

$$x_b = \frac{UG \cdot x_a}{k_3 \cdot k_4 \cdot (UG + y_a)} \quad (4)$$

其中：

$$k_1 = \frac{2 \tan(\alpha_0)}{H} \quad (5)$$

$$k_2 = \tan(\gamma_0) \quad (6)$$

$$k_3 = \frac{h}{\cos(\gamma_0)} \quad (7)$$

$$k_4 = \frac{2 \tan(\beta_0)}{W} \quad (8)$$

$$UG = \frac{h \cdot (\tan(\gamma_0) - \tan(\gamma_0 - \alpha_0)) \cdot \cos(\gamma_0 - \alpha_0)}{\cos(\gamma_0 - \alpha_0) - \cos(\gamma_0)} \quad (9)$$

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 (1) ~ (4) 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) 。由此可以得出 d_2 为：

$$d_2 = \sqrt{(y_1 - y_2)^2 + (x_1 - x_2)^2} \quad (10)$$

由于 d_1 为已知数据，从而可以得出车辆前端与障碍之间的实测距离为 $d_c = d_1 + d_2$ 。

3.3 软件流程设计

整个系统的软件工作设计流程如图 8 所示。

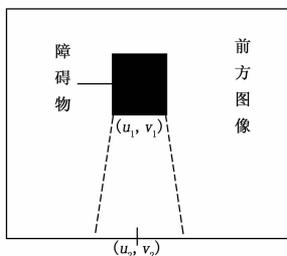


图 7 采集图像对应中点标定

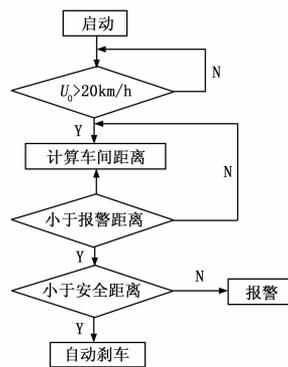


图 8 软件工作流程设计

4 实验与分析

为了验证本文系统的性能，特进行实验。如图 9 所示进行车辆动态模拟试验。

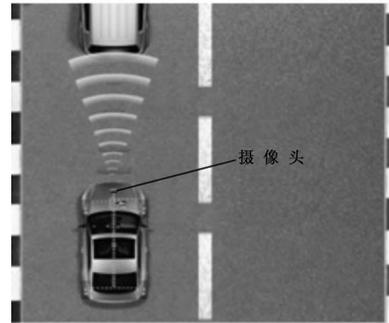


图 9 前方场景图像采集

图 9 中，令前方障碍物为静止状态，车辆以 35 km/h 驶向障碍物，使用 Matlab 分别在 20~70 m 的实际距离进行仿真测距，并触发电子制动装置对车辆进行刹车动作，测距结果如表 1 所示。在实验中，单目摄像头俯仰角测定在 $88^\circ \sim 90^\circ$ 之间。

表 1 测距结果

实际距离(m)	系统介入距离(m)	相对误差(%)	车辆停止距障碍物距离(m)
20	20.38	1.9	3.12
30	30.31	1.0	3.89
40	39.55	1.1	4.12
50	50.59	1.2	4.56
60	59.86	0.2	5.23
70	70.22	0.3	5.45

实验结果显示，车辆与前方障碍物的实际距离在 20~70 m 的范围内，其测距误差在 2% 之内，且在触发主动刹车系统后，车辆在制动后距离前方障碍物的距离在要求范围内，并未与障碍物发生碰撞，因此，本系统的单目测距算法可以满足车辆对于实时测距要求，并实现了稳定安全的自动刹车动作，完成了设计要求。

5 结束语

本文设计的车辆自动刹车辅助系统通过单目视觉测距技术获取图像深度信息来对本车与前方障碍物之间的距离进行测量，并根据自动刹车距离算法模型对车辆电子制动介入时机进行控制，通过实验验证了该系统的稳定性以及对于前方障碍物之间距离测量的准确性，系统基本满足了车辆自动化辅助控制对于准确性与实时性的要求。

参考文献：

[1] 王 斌, 刘昭度, 何 玮, 等. 车用测距雷达研究进展 [J]. 传感器与微系统, 2006, 25 (3): 7-9.
 [2] 卢卫娜, 史忠科. 基于单目视觉的车道线和道路边界同步检测 [J]. 传感技术学报; 2007, 20 (5): 1171-1175.
 [3] 赵 岩. 超宽带天线中相互干扰问题去除算法的研究 [J]. 科技通报, 2013, 8: 157-159.
 [4] 郭 磊, 徐友春, 李克强, 等. 基于单目视觉的实时测距方法研究 [J]. 中国图象图形学报, 2006, 11 (1): 74-81.
 [5] 祝世平, 强锡富. 用于摄像机定位的单目视觉方法研究 [J]. 光学学报, 2001, 21 (3): 339-343.