

基于 DSP 的红外车载防撞系统

梁洪波

(安徽交通职业技术学院, 安徽 合肥 230051)

摘要:汽车主动安全技术用以保证驾驶员及乘客能提前预知危险,并作出相应防范措施。利用红外光源的数字成像技术,结合基于 DSP 的图像处理,目标检测和追踪算法,实现对前方车辆位置、方向、相对速度等参数指标的实时获取,经处理后将参数输入专家决策系统,最终产生对汽车乘员的视觉及听觉预警报告,指导乘员作出应对措施。由于红外成像技术的广泛适应性,该系统可以应用于各种复杂的昼夜气候状况。

关键词:DSP;汽车安全;防撞

中图分类号:TP311 文献标识码:A 文章编号:1009-3044(2010)25-7084-03

Infrared Vehicle Collision Avoidance System Based on DSP

LIANG Hong-bo

(School of Computer & Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Active safety technology to ensure the driver and the passengers to anticipate danger and take appropriate precautionary measures. Digital imaging using infrared light technology, combined with DSP-based image processing, target detection and tracking algorithm, realizing the front vehicle location, direction and relative speed indicator parameters such as real-time access, and further parameters into expert collision avoidance system and eventually generate of the vehicle occupants with visual and auditory warning, guidance to the crew response. As the wide adaptability of infrared imaging technology, the system can be applied to complex weather conditions day and night.

Key words: DSP; vehicle safety; collision avoidance

现代社会中汽车已成为不可或缺的交通工具。随着车速的不断提高,汽车安全越来越重要。随着汽车工业的高度发展,被动防护的安全技术已逐渐普及,而能够提供预警功能的汽车主动安全技术正在兴起。基于红外光源的成像技术,可以在恶劣天气状况下提供给车载系统比人眼更远的视野,从而为雾天,雨雪,夜晚等天气情况下的汽车防撞预警提供了基础的数据来源。在基于 DSP 的防撞预警系统中,DSP 数字信号处理器负责处理红外成像数据,根据数据进行图像分析,判断,识别,计算前方危险物体的位置,相对速度及加速度信息,并提供给中央处理器系统进行显示及预警。

1 防撞预警系统概述

防撞预警系统总体上由红外成像子系统,处理器子系统,显示和预警子系统构成。

红外成像子系统包括:红外光源,普通黑白 CCD 图像传感器,图像视频采集模块组成。在系统开启的情况下,该子模块会向车辆前方发出多束红外光线,红外光线遇到前方物体后发生反射,CCD 图像传感器捕获反射回来的红外光线,由其后方的图像采集模块进行模数转换,提供给处理器子系统。

处理器子系统包含 DSP 数字信号处理器和通用微处理器两部分;在实际项目中,选择德州仪器集成 DSP 和 ARM 的 OMAP3530 芯片,在物理上虽然是单个芯片,但在逻辑上,仍然是 DSP 和通用微处理器两部分构成。DSP 将前端成像子系统的数数据一方面进行物体跟踪算法处理,产生的数据用作微处理器部分的软件逻辑数据来源;另一方面将数据进行基础的校正,测温和滤波处理后,传递给显示子系统展现给用户。

微处理器模块直接控制显示和预警子系统。微处理器模块中运行有防撞系统的核心软件:防撞专家决策分析系统。该系统以汽车防撞安全距离模型及汽车制动数据作为依据,将 DSP 处理后的数据作为输入,经过计算后,产生安全距离警示,并根据速度变化实时提前 4~5 秒进行预警。预警信息体现为显示警戒距离及声音报警。

基于 DSP 的红外车载防撞系统组成如图 1 所示。

2 系统设计

2.1 红外成像子系统设计

红外成像部分,实验模型中红外光源选择了基于 LED 的可调功率发光组件。相对于卤素灯,LED 具备寿命长的特点,利用散列方式排放的 LED,使

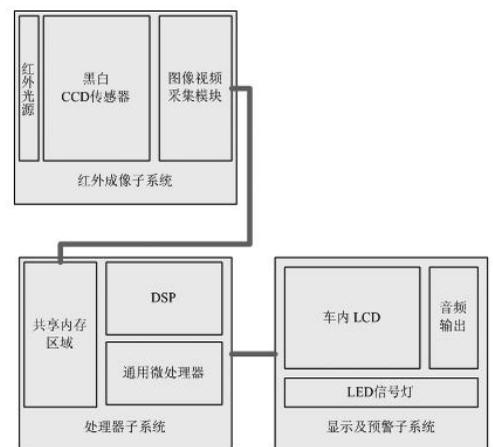


图 1 基于 DSP 的红外车载防撞系统组成图

收稿日期:2010-06-10

基金项目:安徽省高等学校青年教师科研资助计划(2008jq1164)

作者简介:梁洪波(1977-),女,安徽六安人,讲师,硕士,主要研究方向为计算机网络,DSP 算法,机器视觉等。

用 850nm 的波长, 可以做到 100—150 米范围内的物体监测, 满足车辆运行的基本要求。通过调整 LED 发光组件的功率, 可以提高其距离。同时, 由于该组件和 CCD 模块没有必然联系, 在特殊的场合, 可以配置成熟的卤素灯红外照明方案。

红外光属于不可见光。而黑白 CCD 图像传感器具有更宽的感光光谱范围, 对波长为 760—1100nm、人眼不可见的近红外光也有一定的光谱响应。利用此特性, 可以在夜间无可见光照射的情况下, 利用物体对红外光源照明的反射, 可以使 CCD 图像传感器清晰地成像。

图像和视频采集模块选用 CPLD 和视频编码器 SAA7114H 构成。CCD 传感器输出的 PAL 制模拟信号, 通过视频编码器, 转换为数字信号, 然后通过 CPLD 转换相应的时序, 接入到处理器的数字摄像头接口。

2.2 处理器及显示子系统设计

处理器选择了 TI 公司最新出品的 OMAP3530 芯片, 该芯片具备 600MHz 的 cortex-A8 架构的 ARM 内核和一个 430MHz 的 C64x DSP。由于其超标量的架构设计, 其主 CPU 可以提供 1200MIPS 的运算性能, 同时该处理器集成 2D 和 3D 图形加速引擎, 可以提供高速流畅的图形显示能力。其主体架构如图 2 所示。

在基于 OMAP3530 的硬件子系统中, 外部引出 3 个 USB 主接口, 用于为此系统提供加载 U 盘功能, 软件更新功能; 引出 3 个串口, 用于系统调试及外接 GPS 等装置的扩展。同时, 该芯片为低功耗设计, 可以使用 5V 的供电电路。

OMAP3530 内置 LCD 控制器, 此处选用 OLED 的 7 寸液晶屏作为显示终端, 并配置支持多点触控的电容触摸屏。同时, 引出标准数字音频接口, 用以输出告警音。

2.3 软件系统设计

该系统采用基于 Linux 2.6.32 的最新内核构建, 使用基于硬件 2D/3D 加速模块的 Qt/e 4.6 跨平台图形系统。基于 2.6.32 的 Linux 系统, 在构建内核时选择了相关的实时选项, 做的对外部事件和中断的快速响应, 并保证图形, 声音预警的及时播报。

系统启动后, 首先初始化硬件外设, 加载运行参数及专家知识库, 显示主菜单, 等待用户启用预警系统。用户通过菜单启用预警系统后, 系统通知红外成像子系统开始采集数据, 然后进行逻辑计算, 最后由专家决策系统根据情况进行判断。其软件运行流程如图 3 所示。

图形显示部分, 采用基于 C++ 的跨平台图形库 Qt 来完成。该系统中的图形绘制由统一名为 DisServer 的程序完成。DisServer 接受外部模块传入的参数和数据, 命令, 根据命令要求显示不同的数据, 命令协议定义表 1 所示。

3 算法和决策系统设计

3.1 运动跟踪的关键算法实现

该系统的算法包括图像识别, 过滤, 区域分割, 运动图像跟踪等技术。其中, 运动图像跟踪是其中的要点, 运动图像跟踪, 是通过传感器拍摄到的图像序列进行分析, 在图像中检测出前方运动的车辆, 并在随后各图像帧中估计目标在图像中的位置。在车辆预警系统中, 重要的不仅是需要跟踪车辆的运动轨迹, 而且要监测车辆的位置变化信息和速度信息。

运动跟踪首先应该解决目标的确认问题, 在此项目中即对车辆的特征识别。在机器视觉领域, 模拟人力视觉的模型, 需要对特征物体总结其特征模型, 公路上行驶在前方的汽车具有的特征(后视)如下:

- 1) 大致为正梯形, 宽度在 1 米到 2 米之间, 高度在 1 米到 3 米之间;
- 2) 红外图像中车牌, 车身, 保险杠, 后车窗呈现明显的边界特点;

在实际项目中, 我们借鉴了 OpenCV 项目中一些成果, 使用光流法来计算物体移动的速度。光流指的是运动物体在观测成像面上像素运动的瞬间速度。而光流场是指图像灰度模式的表面运动。其原理要点是首先在一帧图像中找到一些特征评估点, 然后再后续图像中找到相同的特征评估点; 在采集的图像 P_1 中, 若存在有特征点 $[\delta_x, \delta_y]^T$; 在其下一帧图像 P_2 中, 对应的特征点为 $[\mu_x + \delta_x, \mu_y + \delta_y]^T$, 使 ω 最小, 则有:

$$\omega(\delta_x, \delta_y) = \sum_{x=\mu_x - \delta_x}^{\mu_x + \delta_x} \sum_{y=\mu_y - \delta_y}^{\mu_y + \delta_y} (P_1(x, y) - P_2(x + \delta_x, y + \delta_y))$$

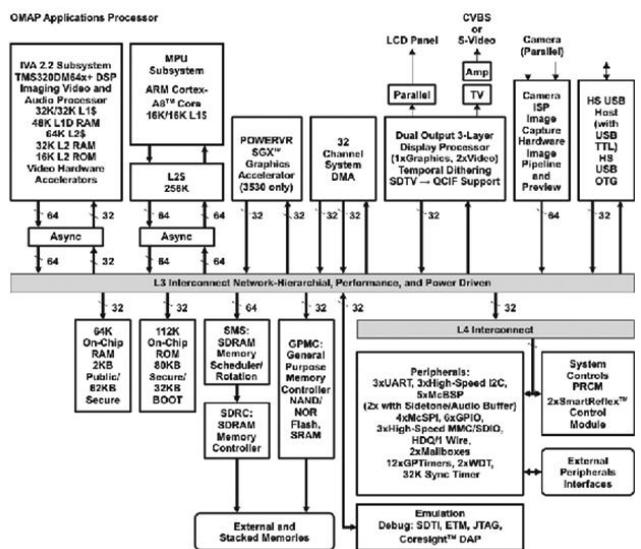


图 2 OMAP3530 模块框图

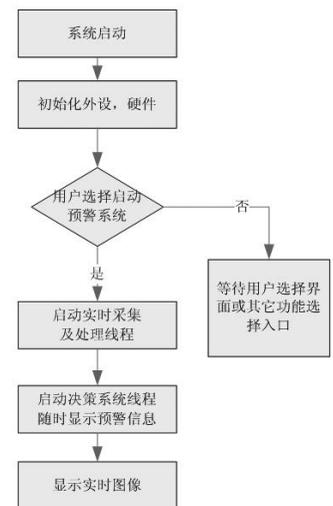


图 3 软件流程设计图

表 1 图形部分的命令协议

命令号	含义	对应数据
0x680	显示主菜单	内含的菜单控件, 按键发出
0x681	显示红外成像数据	DSP 滤波校正后的数据图像
0x682	播放前方物体速度突变告警音	内置 wav 或 mp3 格式声音文件
0x683	播放前方物体距离过近告警音	内置 wav 或 mp3 格式声音文件
0x684	播放其它预设的告警音	内置 wav 或 mp3 格式声音文件
0x685	显示加速度及速度信息	来自菜单命令和内部指令
0x686	显示采集模块连接断开警告	来自硬件检测中断通知
0x687	显示电池电量不足警告	来自硬件检测中断通知
0x688	显示系统故障信息	来自系统软件监控模块通知

其中, x, y 为红外成像中像素点的相对坐标。

根据此公式, 结合 DSP 进行红外图像光流算法实现, 就可以得到实际运行汽车的速度信息。

3.2 道路及障碍物检测算法

系统中除需要对车辆进行监控外, 也需要对道路和障碍物进行检测。障碍物可能包含静止的车辆或其它物体。在项目中, 确认障碍物, 其特征参考物为路面, 所以首先需要根据特征识别法识别路面区域, 主要的依据是:

- 1) 道路的颜色、纹理以及道路边缘的方向和长度;
- 2) 公路车道线的频谱特征。

运用特征检验方法, 首先预测当前的道路前方区域, 然后使用 Canny 边缘检测算法, Hough 参数的变换估计步骤, 即可完成道路信息的提取。

确定道路区域后, 运用光流法和区域特征算法对前方非道路区域进行扫描计算, 如果发现距离越来越近的物体靠近, 可认为障碍物, 并发出报警信息。

3.3 专家决策系统设计要点

专家决策系统是防撞预警系统的核心。DSP 经过对道路、障碍物的检测, 以及对前方车速度的计算后, 同时得到大量的数据。这些数据中包含的信息, 必须经过过滤和重叠的逻辑计算才能确认是否需要告警, 专家决策系统的主要功能就在于此。

专家决策系统的数据库中, 存在许多先验知识, 正是在这些先验知识的参考下, 决策系统对采集和计算后的数据进行判断, 确定告警内容及级别。

其中存在的先验知识库有如下内容:

- 1) 本车的制动过程数据, 包括制动时间, 制动方法, 制动距离计算等;
- 2) 各种路面类型的信息, 以及用户对当前路面的选择设置, 道路附着系数参数;
- 3) 预置的各种天气状况, 存放各种天气数据, 输入项由用户选择或从车内其它探测仪获取而来;
- 4) 车辆类型数据, 包含各种类型车辆的后视数据, 长宽及底盘高度等, 用以作为前方车辆类型的判别依据, 也可作为预警和提示驾驶动作的依据;
- 5) 红外光学系统的参数, 用以确定当前红外光源及 CCD 镜头的性能和参数信息, 作为预警提前量的参考数据。
- 6) 其它系统设置, 用户设置数据。

4 结论

项目实践证明, 使用 DSP 能够很好解决防撞预警系统中的各种算法实现, 特别是基于 OMAP3530 的多核架构, 能够在极低的功耗条件下提供强大的运算能力, 保证了红外图像采集, 图形及声音预警的实时性。而基于此构建的算法系统及决策系统, 应用视觉识别技术, 能较好的解决雾天及夜晚汽车高速行驶中的防撞预警, 具有较为广泛的应用推广前景。

参考文献:

- [1] 章毓晋. 图形理解与计算机视觉[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [2] 王荣本. 公路上基于车载单目机器视觉的前方车距测量方法的研究[J]. 公路交通科技, 2010, 6.
- [3] 陈胜勇, 刘盛. 基于 OpenCV 的计算机视觉技术实现[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [4] 候德鑫, 曹丽. 一种基于视频图像的道路检测方法[J]. 仪器仪表学报, 2006, 6.