

# 一种无人驾驶避障系统的设计

徐海铭 谢锦涛

(广东财贸职业学院 广东 广州 510445)

**摘要:** 本文从实际出发,探讨一种无人驾驶避障系统的设计。设计主要分为感知层、决策层和控制层。其中,通过 HSI 空间转换完成对交通标识的图像颜色分割,基于 OpenCV 库完成霍夫变换及 Canny 边缘检测实现车道检测,通过设置滑动窗口的目标监测子图车辆,结合激光雷达栅格化图实现障碍物的感知。决策层则基于基础文件数据完成顶层、亚层和子层的设计。控制层则基于前两者完成车辆速度、方向的控制。最终通过障碍物栅格图完成避障流程的设计。

**关键词:** 无人驾驶;图像处理;避障

## 0 引言

无人驾驶是当前智能汽车研究的重点,行驶环境的复杂成为当前无人驾驶研究的难点,特别是城市道路环境的环境信息量大、复杂多变,城郊道路环境的道路曲折、路况不佳,高速道路环境的车速快、危险性高等。早在上个世纪 50 年代,美国已开始对无人驾驶车辆进行研究,但是在 2007 年才完成能够 6 小时内行驶 97km 的任务。我国无人驾驶研究虽起步较晚,但是发展迅速,2013 年 10 月举办的智能车未来挑战赛中,国内主流科研院校参与了比赛,完成了包括 18km 的城郊道路测试和 5km 的城区道路测试。无人驾驶的最关键在于如何避让车辆运动障碍物,本文从实际出发,探讨无人驾驶车辆运动避障系统,为相关研究抛砖引玉。

## 1 总体架构

系统主要分为导航定位及姿态参考模块、环境感知模块以及障碍物监测模块。导航定位及姿态参考模块主要负责对车辆的航迹进行定位及预测,环境感知模块用于车辆监测和交通标志识别,障碍物监测模块用于全向障碍物监测及道路边缘监测。总体设计上分为感知层、决策层和控制层。

### 1.1 感知层

针对不同的交通环境,对传感器进行合理的配置,通过集成不同传感器的环境信息,对道路环境进行建模,主要用于感知交通标识、车道线、道路边缘、车辆、障碍物等。

#### 1.1.1 交通标识的感知

交通标识的感知主要有图像/视频输入、基于颜色及形状信息的标识检测、基于特征提取及分类识别的识别结果输出、实验数据库和训练样本数据库等步骤。交通信号灯识别则主要有图像/视频输入、信号灯检测、交通信号灯状态识别(包括圆型及箭头型信号灯)、基于颜色及方向的状态识别结果输出等步骤。实现上需要完成基于颜色分割的图像二值化处理、基于形状检测的 ROI 提取、进行 SVM 分类识别。系统主要采用 HSI 颜色空间模型进行分割。HSI 可以实现饱和度和亮度信息的独立分开处理,系统可以将 RGB 色彩空间转换为 HSI 空间,将图像的饱和度和

强度都放大,分割出红色像素(以红色圆形交通标识牌为例)。其次,完成图像的中值滤波、形态学处理、图像填充及轮廓检测等。此过程,可以对检测区域的宽高比、面积大小进行限制以获取更好的降噪。最后,以圆形算法检测为例,通过  $C=4\pi S/L^2$  公式完成简单的数学约束,其中 S 为圆的面积, L 为圆的周长, C 为圆度。在实际中圆度越接近 1,则表示该图形与圆形的契合程度越高。实验证明,圆度大于 0.5 时,可以筛选出巨大部分的圆形。最终,基于此完成 SVM 训练。

#### 1.1.2 车道的检测与识别

车道的检测与识别则主要通过传感器获取图像进行车道线位置和方向的识别。主要识别出虚实车道线和黄色车道线,以供控制层控制车辆避免跨越实线、逆向行驶等。针对路面破损、车道线不完整的情况,系统采用路面二值化图像进行逆透视投影,获取路况信息及真实的几何信息。主要流程包括:一是采用高斯平滑板对图像进行平滑;二是对图像进行二值化处理,适应光照分布的不均匀;三是对二值化图像进行分析,分类归纳路况;四是对不同路况进行检测和识别。此处主要采用的是霍夫变换。霍夫变换是一种特征检测,被广泛应用在图像分析、计算机视觉以及数位影像处理。经典的霍夫变换是侦测图片中的直线,将传统的图像从 x y 轴坐标体系变换到参数空间 (m, b) 或者霍夫空间 (Hough space) 中,通过在参数空间 (parameter space) 或可称为累加空间 (accumulator space) 中计算局部最大值从而确定原始图像直线或圆所在位置。实现上,首先需要将彩色图像从三通道图像 RGB 转为单通道图像,可以将这一步视为一个信息提取操作或简化操作,系统采用 OpenCV 库中 cv.cvtColor 函数,这一函数作用为颜色空间转换,这需要用到两个参数:src 输入图像,code 颜色转换代码,其中 RGB 图像转灰度图的转换代码为 cv.COLOR\_RGB2GRAY;其次,采用高斯滤波进行高频噪声去除,在 OpenCV 中的函数为 cv.GaussianBlur,其参数大致有 src 输入图像,Size 为高斯核大小,即高斯滤波器的尺寸,高斯标准差设置为 0;再之,采用 Canny 边缘检测算法进行信息提取算法,将原本复制的灰度图最大

限度保留信息的情况下转换为二值图像;最后,生成 Mask 掩模,降低计算量。

#### 1.1.3 道路边缘检测模块

将道路路面与周围环境图像分开,快速检测出道路。此处主要采用 Velodyne 激光雷达,激光点能够在三维空间中进行扫描,得到大范围的场景数据信息,并且在不受光照影响下可以快速检测出树木、花草以及路牙等障碍。

#### 1.1.4 车辆检测模块

车辆检测模块主要通过图像处理将车辆从环境中识别出来,通过设置滑动窗口的目标检测,在多尺度空间中对图像进行放大和缩小,在每一个尺度上平滑检索,获得不同尺度的不同位置的子图,对每个子图进行判别,最终结合每个子图的类别信息,综合得出结果。

#### 1.1.5 障碍物检测

基于激光雷达返回的数据,进行栅格化处理,投影到  $512 \times 512$  的栅格地图中实现障碍物检测。

#### 1.2 决策层

决策层主要用于规划、行为决策以及运动决策。基于基础文件(包括路网文件、任务文件和定位信息)完成在交通规则条件下的,科学合理的最优路径驾驶行为。

##### 1.2.1 规划

获取基础文件中各个路网文件中路点之间的联通性,根据任务文件获得任务点,计算一条合理、最优的全局路径,该路径将供控制层进行路点序列的排序。

##### 1.2.2 行为决策

根据上述获得的不同交通场景、任务要求和环境特征,系统将驾驶行为分为三个层次,分别为顶层、亚层和子层。顶层主要基于上述路况归类分为城郊、城市和高速。亚层则在顶层的基础上细化为区域、路上、路口等。子层则用于判断具体行为,包括左换道、右换道、停车、跟车等。

##### 1.2.3 运动决策

运动决策则根据控制层发送的目标点及环境信息得出可以安全行驶的路径并将轨迹控制序列反馈给控制层。

#### 1.3 控制层

控制层主要控制汽车的方向、速度。方向控制上,系统通过控制程序对方向盘进行控制输入,执行机构接口程序接收消息后进行执行,通过 GPS/IMU 完成车辆航向和位置的获取。此过程,为满足实际使用,系统控制车辆速度在  $120\text{km/h}$  以内,硬件航向角误差  $2^\circ$  以内,速度误差  $2\text{km/h}$  以内。一般研究认为,车辆控制执行部分的核心任务是,通过纵向和横向控制系统的配合,使汽车能够按照决策部分规划的轨迹稳定行驶,并且同时能够实现避让、保持车距、超车等动作,主要包括纵向控制(车辆的驱动与制动控制)和横向控制(方向盘角度的调整以及轮胎力的控制)。车辆纵向控制是在行车速度方向上的控制,即

车速以及本车与前后车或障碍物距离的控制。驱动与制动控制都是典型的纵向控制,在系统的实现上可通过基于感知层的信息处理实现对电机驱动、发动机、传动和制动系统的控制,为实现控制一体化,系统采用纯电控制的电子机械制动系统(EMB)进行纵向控制,由电机产生制动力,控制制动器制动,通过接受计算机提供的制动信号来提供制动力(线控系统)。横向控制的实现则通过转向系统、电动机和刹车系统分别完成线控转向、电机控制、制动控制,同时通过决策层对车辆状态的判断通过传感器完成整车的控制,此过程需要感知层提供目标状态。

#### 2 障碍物识别流程

在动态障碍物的识别处理上,系统通过 HDL 获取原始激光数据预处理后完成障碍物聚类 and 跟踪后识别运动障碍物列表的建立,结合 IBEO 获取障碍物信息,获取最终障碍物列表并完成位置校正。最终结合静态障碍物列表获取全局障碍物列表。基于此,实现碰撞预测和时空障碍物栅格图的处理。时空障碍物栅格图将提供给决策层的行为决策模块及运动决策模块。

其中,时空障碍物栅格图通过定义当前时刻为 0 时刻对汽车周围固定大小的环境建立时空坐标系,如果时空坐标系中的一个位置点  $A(x,y,t)$  满足  $T(A)=1$ ,表示在  $t$  时刻,栅格  $(x,y)$  会被障碍物占据,反之则表示不会被障碍物占据。此处如果存在预测碰撞点,并无法表示车辆一定会与运动障碍物发生碰撞,而是表示如若汽车往碰撞点行驶则会发生碰撞。因此,时空障碍物栅格图更多的是表示所有安全和危险区域的信息。

#### 3 结语

本文基于无人驾驶的设计目标,探讨了一种无人驾驶避障系统的设计,从环境感知到决策控制,系统基于图像处理和激光雷达辅助,完成了包括交通标识检测、车道检测、车道边缘检测、车辆检测等环境感知。通过时空障碍物栅格图完成障碍物检测的流程设计。本文可以为无人驾驶避障相关系统的设计提供一种参考,也可以为相关车辆环境感知的算法设计提供一种思路。

#### 参考文献:

- [1] 孙赫阳.基于滑模变结构的无人驾驶车辆轨迹跟踪控制方法研究[D].吉林:长春工业大学,2021.
- [2] 张帆,张从旺.基于无人驾驶平台的主被动障碍物检测分析对比[J].铁道车辆,2021(04).
- [3] 高扬,王晨,李昭健.基于深度学习的无人驾驶汽车车道线检测方法[J].科学技术与工程,2021(24).

**作者简介:** 徐海铭(1988.02-),男,汉族,广东潮州人,本科,讲师,研究方向:汽车技术;谢锦涛(1988.11-),男,汉族,广东茂名人,硕士,讲师,研究方向:汽车技术。