**机电系统实验结题报告**

组员：秦立昌 于航 周炎亨

2022年春季学期

1. 需求分析

随着中国的工业生产逐步由密集劳动力阶段走入自动化阶段，机器人技术在生产企业中的应用也愈发广泛，其中由以仓储物流环节的运用为主。以仓储运输为例，为了提高机器人的适用性，使其能在不同的工作环境中都能正常工作，为机器人增加外部感知能力的传感器必不可少，其中避障传感器和视觉传感器最为常用。前者的作用主要是为了避免与人员发生碰撞，其核心器件以基于超声波或红外线进行测距的传感器为主。而后者则为机器人提供在场地中进行精确导航和运动的能力，核心器件是摄像头或者CCD。由于仓储运输环境高度结构化的特点，大部分强调泛用性的基于神经网络的视觉识别算法的识别效果与传统算法相比差距不大，但其在价格、体积和使用方式上并不占优势，因此在简单运用中常采用的CCD线列传感器。

本次课程实验将以物流运输的工作环境为参照，以导引线指示移动路径，途中布置若干障碍物模拟实际工作条件中的干扰因素，并基于该场景设计与制造一台通过CCD线列传感器进行巡线，使用超声波传感器进行障碍物检测与避障的智能小车。

1. 系统总体设计

车辆驱动结构设计采用“前置两主动轮+后置滚珠”形式。在驱动方式上，两主动轮相比四主动轮结构更加简单且不存在打滑问题；前置主动轮相比后置布置更加简单、打滑后果小，但是可能占用传感器空间，考虑到车辆不需要向下布置的红外传感器，这一缺陷可以被避免；从动装置选用滚珠相对于万向轮而言转向更加灵敏，但是滚珠摩擦力相对较大。

在单片机方面，因为小车的传感器件与执行器件较多，因此对引脚数量有一定需要，且考虑到高性能单片机的价格较高，因此选用实验室现有的STM32F103VET作为中控板。

在电机选型方面，由于车辆重量较小，且高速运动更多受限于传感器而非电机，选用更轻但是驱动能力稍弱的25GA370直流电机。

对于巡线传感器，由于场地结构化的特点，并且为了提高转弯时的灵敏性，选用可以提供128位数据的CCD线列传感器。

对于避障传感器，为了减小环境因素对障碍物判断的影响，选用使用场景较为广泛的HC-SR04超声波传感器，并且为了弥补传感器波束范围较窄的缺陷，采用SG90舵机与其进行搭配，使传感器具备在一定的角度内进行扫描的能力。

1. 结构详细设计与分析

**图示, 工程绘图

描述已自动生成**图示, 工程绘图

描述已自动生成图示

描述已自动生成图示

描述已自动生成

图 1 小车结构建模图（下列分别为正、侧、上视图）

结构设计中，依据技术方案，将传感器、电机、舵机主要布置于车的前端，电池布置于中部，各种电路板、调试版置于后部，整体形状为方形，长宽高尺寸约为240mm x 210mm x 180mm。小车的主要结构为亚克力板材，各部分主要依靠螺钉螺母进行固定，在局部使用了榫卯结构。

在传感器布置方面，考虑到ccd和旋转超声均需要指向前方，故为ccd设计了一可以调整高度、角度的支架，在让ccd避开超声装置的同时允许ccd调整视场，便于调试。

在驱动装置设计方面，为后方滚轮设计了一支承装置，便于保证车辆的水平，同时，在车辆结构上设计穿线孔，便于布置线材。

在电路布置方面，为保证结构紧凑，充分利用板材空间，将stm32、电源模块、电机控制板、蓝牙芯片等在不影响接线的情况下密集布置。电池布置于中部主要是考虑到车辆重心问题

设计完成后的小车结构较为稳定，转向灵活。但是依然有部分问题：

1. 小车宽度过大，造成了避障困难，往往需要在赛道外侧一段距离偏置行驶。
2. 小车ccd支架过于强度不足，导致在安装过程中发生断裂。

图片包含 游戏机, 桌子, 电路, 绿色

描述已自动生成

图 2 小车实物图

1. 巡线避障算法设计

寻线避障算法主要可以分为三个部分：速度控制、巡线策略、避障策略。

速度控制主要依托PID算法的基础上，能够实时根据转弯半径规划各个电机对应转速，由以下方程可以根据需要的线速度和转弯半径计算得到各轮线速度。

其中、为两轮速度，为车辆线速度（按中轴线计算），为转弯半径、为车辆轮距。在实际程序设计实现下，该算法可以较为灵活准确的控制车辆的转向、行走速度。

在速度控制的基础上，依托巡线策略，完成巡线。巡线主要分为寻单线、寻双线两种。在拍摄得到灰度值后，先根据相对阈值（）进行二值化，再从上一次拍照计算得到的赛道中点向两侧扫描，在两侧分别得到至多两条黑线（防止赛道密集处拍摄到多条黑线，或曲率变化过大上次拍照中点偏离赛道）。在寻双线时，选择距离中线最近的两处黑线，并取坐标均值作为本次赛道坐标；在寻单线时，选择距离中线最近的一处黑线，作为赛道坐标。

获取赛道坐标后，与设定的偏移值（默认为0即在赛道正中行驶）进行做差，根据差值运用PID控制得到转弯曲率，换算为转弯半径，完成对于巡线的闭环控制。

避障策略依托巡线，完成全闭环的避障。当摇摆的超声传感器检测到允许距离内有障碍物时，根据舵机方向确定障碍物的位置，并将小车的巡线策略由双线变为一侧单线。在过渡状态下，将检测目标设定为无障碍物一侧的最外侧线条，随后转为常规单线巡线，并施加一定的偏置以完全避开障碍物。当数次舵机摆动发现无障碍物后，再逐渐过渡偏置到赛道内侧，并转换为常规双线巡线。

在实际测试中，避障算法稳定性依然不高，这主要是由于舵机摆动速度不足容易错过障碍物，车辆过宽需要在巡线同时偏置行走等原因造成的。

1. 硬件设计

智能小车的硬件设计可以分为5个模块，分别是传感模块，处理模块，执行模块，通讯模块，以及电源模块。

传感模块负责小车对外界环境进行感知，其组成包括CCD线列传感器与超声波测距传感器。与红外与灰度传感器仅能实现单点测量不同，CCD线列传感器的优点是实现了多点测量，提供了一条线上的128位数据，通过各数据点之间的对比可以实现导引线的精准定位，因此得到选用。而超声波测距传感器则是根据声波发射与返回的时间差实现距离测量，因此测量的精度较高，且误判概率小，使小车可以实现根据障碍物的距离不同而采取不同的半径进行转弯规避，因此本次实验选用了HC-SR04超声波测距传感器。

处理模块负责对传感器回传的数据进行处理，并且将对应的执行方案发送给执行模块。本次实验中选用了STM32F103VET作为处理模块，其优点在于引脚的数量较多，定时器数量为8，因此适用于其余模块数量较多且工作频率各不相同的场合。除此之外，STM32经常在机电DIY中得到应用，因此相关的函数库以及功能包较多，简化了本次实验的软件开发。

执行模块除了负责小车本体在场地中的移动以外，还负责了传感器的转动，其组成包括电机、驱动板和以及舵机。对于电机，基于小车重量和实际场地工况的考虑，我们选用了更轻但是驱动能力稍弱的25GA370直流电机，并且采用L298N驱动板对电机进行控制。对于负责转动超声波测距传感器以提高其检测范围的舵机，由于传感器自身的重量较轻，因此选择出力较小的SG90小型舵机。

通讯模块负责实现远程对小车进行控制，并且将运行过程中的重要参数进行回传，以方便监控和调试。在本次实验中，考虑到使用手机进行调试的方便性，我们选用了HC-05蓝牙模块，其具备全双工模式，可以实现在发送运行数据的同时接受来自手机的控制信号。

电源模块负责给其余各模块进行供电。考虑到各模块所需要的电压不同，分别为电机所需的9V，超声波传感器与蓝牙模块所需的5V，以及其余传感器和单片机所需的3.3V，并且所需的电源线较多，因此选用LM2596电源模块。

1. 软件设计与调试方法

软件设计主要包含以下文件及功能函数



在调试时，对于各个单元的基础功能，先单独进行调试和程序编写，完成后进行汇总和策略编写调试。在实际调试时，先完成了行走功能测试，然后完成了巡线功能和变道策略，最后完成避障整体测试。

1. 小组分工

秦立昌：结构设计、电机调试、子系统整合

于航：硬件设计、ccd部分

周炎亨：总体规划、超声部分