

工程实践与科技创新 III -F

结题报告

项 目 名 称 : 基于树莓派小车的巡线和标志识别

姓 名 : 阮正鑫

学 号 : 516021910587

联 系 电 话 : 18205953938

电 子 信 箱 : ruanzhengxin@sjtu.edu.cn

合作人姓名 : 徐双捷 张海淼

2019 年 6 月

（一）研究内容综述

在开题报告中，我们在确定了题目的要求之后，明晰了这个项目的几大目标。

1、小车在静止状态下识别不同的标志，准确率大于 90%。2、在布置有标志牌的场地上行驶，小车根据左转、右转的标志牌分别实行相应动作，最终到达终点。3、巡线完成时间在 60s 以内。4、能够识别斑马线，并识别后在路口停车 3 秒。在之后的自选项目中，我们选做了人脸识别跟车的任务。

并且根据这几大指标确定的了这个项目的几大研究内容。

1、树莓派的基本操作与相应的基础代码的编写。由于树莓派自带的系统为一个 Linux 系统。在做这个项目之前，除了学习过 Ubuntu 系统的一些基本操作外，对于 Linux 系统并没有很好的掌握。为了开发这个项目，我个人查阅了许多树莓派的开发文档，学习了一些基本命令，为之后的项目开发打好了基础。同时，配置好了小车开发中应用的 python3 的 opencv 以及一些相关的库，使得 python3 能够成功的导入 opencv，以进行之后的图像处理工作。这一部分的研究内容是项目的基础，经过开始几周的努力，我们较好的完成了这部分的内容。

2、巡线部分。根据题目要求，小车要能够跟随地面上的黑色车道线，并且有一定的时间要求。基于这个目标我们确定的巡线部分的两大研究内容，一个是小车车前方的图像处理部分，为了能够从图像中获取前方车道线的信息以进行巡线，另一个是根据图像处理获得的信息，通过算法得到小车的控制量，以对小车的电机与舵机进行控制。这一部分研究内容由我来完成，经过许多次的尝试以及积累的一些失败的经验，我最终确定了以二值化为基础的图像处理算法和以 PD 控制为基础的小车控制算法。通过二值化后的图像，计算小车车头的方向与前方黑线目标点的角度偏差，作为 error 输入 PD 控制器获得小车的控制量。经过我的许多尝试，最终完成了较好的巡线算法，完成了这部分的研究内容。

3、斑马线识别部分。指标中要求小车能够在巡线过程中识别到斑马线，并且在斑马线前停车。这一研究内容由我来完成，首先我与巡线部分的思路相结合通过车前方的图像处理，识别二值化图像中是否有黑色条纹并且同时判断车前方二值化图像中黑色像素的个数黑色像素值达到一个较大阈值时判断为斑马线保证了能够识别斑马线，并控制小车停下。这一部分研究内容经过实验达到了较好的效果。但是存在的问题有，停车过后小车如何过斑马线。开始时我设计的是一个开环控

制直行一定时间穿过斑马线。实验中发现存在问题，解决方法是继续使用巡线方法，利用斑马线的对称性可以穿过斑马线，但是小车会有一定的抖动。本部分的研究内容虽然不算完成的完美，但也基本达到预期。

4、标志识别部分。本部分主要由徐双捷与张海森同学完成。主要是获取图像中的蓝色部分然后与已有的标志图标进行匹配，使用的 pHash 算法进行匹配。该算法具有较高的准确性以及灵敏度，在小车上实验具有不错的效果。本部分的研究内容基本较好的完成了。

5、识别与巡线结合部分。本部分的研究主要是基于巡线部分以及标志识别部分的融合，使得小车能够识别巡线场地中的标识并做出动作。本部分由我与徐双捷同学共同完成。在调试过程中遇到了许许多多的问题，在助教的帮助下，我们都成功的解决了，成功完成了本部分研究的内容。

6、附加的人脸识别部分。本部分的研究内容是基于较为成熟的人脸识别算法，通过 opencv 中的 haarcascade_frontalface_default 的模型，识别出画面中的人脸并确定位置，控制小车进行跟随。本部分的研究内容由我完成，达到了预期的效果。

经过一个学期的相关理论知识的学习、代码的编写以及实地的调试后，我们小组基本完成了在开题时确定的这四个研究指标。现在我们的车能够完成的功能有：1、小车能够较为准确的跟随在地面上划定的黑线，且没有较大的误差。在助教要求的场地中，能够顺利的完成一圈的巡线且巡线时间能够控制在 60s 以内。2、能够识别巡线过程中遇到的画定的斑马线，并且在斑马线前面停车 3s，之后再通过斑马线。3、小车能够在静止状态下识别直行、左转、右转三种标志物且识别的准确率能够超过 90%。4、将标志识别与巡线结合过后，小车能在巡线过程中做出正确的识别并进行动作。5、能够完成人脸识别跟随

（二）研究方案

本部分我将会详细叙述在项目进行的过程，包括其中研究过程、原理、实验设计与实验分析、遇到的问题以及相应的解决方法。对于我本人完成的部分我将会进行较为详细的叙述，队友完成的部分我会简略的叙述。

1、在完成了小车基本操作的熟悉、以及相关环境的配置后，我开始了第一部分巡线的研究。我分析了摄像头获得的图像，如下所示



摄像头的图像是反置的，与巡线有关的只有上半部分，为了减少计算量，我只处理图像的一部分，如上有所示。

对该部分图像进行灰度化之后，大津法进行二值化，之后进行腐蚀去除斑点，得到图像如下

```
gray= cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# 大津法二值化
retval, dst = cv2.threshold(gray, 0, 255, cv2.THRESH_OTSU)
dst1 = cv2.erode(dst, None, iterations=3)
```



该图像已经具有巡线所需的所有信息了，之后就是对该图像进行信息提取。

最开始时我的想法是基于一些智能车竞赛中常用的简单巡线方法，首先将这个图像分为左右两块，计算这个图像的黑色像素点的个数，然后将它归一化到-1~1 之间简单判断小车相对于车道线的位置并进行调整。经过尝试后，我发现该算法控制效果很差，车的抖动十分厉害，最终被我放弃。

之后我选择了 PID 控制的思路。选择图像中第 30 行的黑色像素点的中心点位置，与中轴线进行比较，运用反三角函数得到小车朝向与车道线之间的夹角作为控制器输入的误差。关键点代码如下：

```
center = (black_index[0][black_count - 1] + black_index[0][0]) / 2
# 计算出 center 与标准中心点的偏移量
direction = (center - 150)/length
offset=math.atan(direction)
kp=0.45
kd=0
different=offset-delta_offset
```

```

control=kp*offset+kd*different
if control>1:
    control=1
if control<-1:
    control=-1
delta_offset=offset
d.setStatus(motor=0.1, servo=control, dist=0x00, mode="speed")

```

经过多次的调节，选定 K_p 为 0.45， K_d 为 2，作为伺服电机转向的 PID 控制参数。对于电动机的速度控制参数，我遵照直道加速过弯减速的常识，在巡直线即误差较小时，设定为 0.2，而误差较大即过弯时设定为 0.1。

对于该处理方法，我还进行了一些鲁棒性的改良。首先，有可能在处理得到的图像中没有车道线。这种情况一般出现在过弯时由于摄像头的视角盲区造成的。我使用了 try, except 的结构，当图像中无车道线时，控制量就追随上一时刻的控制量，直到弯转过来后重新获得车道线图像。其次，有可能由于光照或其他因素的影响，获取的图片在 30 行处没有车道线，即车道线出现断点。我的解决方法是由 30 行开始向 140 行遍历，直到找到断点过后的车道线。

完成了巡线的最终代码后，我在场地进行了多次调试，得到了效果最佳的参数，完成了此部分。

2、在完成了巡线部分后，我开始调试斑马线停车部分。由于这个部分是嵌在巡线部分中的，所以我对于巡线信息的图像进行处理。开始我，我的想法是斑马线都为竖条纹且有间隔，就可以在巡线的二值化图像中匹配竖条纹，但这个算法较为复杂。而我观察巡线部分的图像后发现，斑马线经过二值化后黑色像素值在图像中的占比很大，我决定采用计算黑色像素点个数的方法，较为简单实用。

调试中出现的问题是小车在停车后如何穿过斑马线继续巡线。我试过做开环控制，直接让小车穿过斑马线。但我发现由于小车识别到斑马线后停车的姿态不一定是正的，一旦开环控制可能冲出车道线。但是由于斑马线具有一定的对称性，且它是在直道部分，所以当识别到斑马线停车后，将小车状态置于巡线，可以通过斑马线，但会导致小车通过时出现一定程度的抖动。

3、标识识别部分。由我完成巡线部分时，我的两个队友进行小车标识识别的算法设计。我们经过测试后，最终选用的图像中蓝色提取方法，获得小车实时图像中的标识物，并按照长宽的条件进行选择，滤去图像中的其他蓝色。



使用 pHash 算法将获得的标识与标准标志物进行匹配得到对应的结果。该算法准确率高、复杂度低，适于在该项目中使用。

经过调试，最终我们的静态标志物识别的准确率高于 90%，达到研究目标

4、巡线与标志识别的结合。在我们分别完成了识别与巡线的设计之后，我们开始最后一部分的研究目标的设计，将巡线与标识识别相结合。这部分的设计与调试花费了我们较多的时间与精力。

由于场地中转向标志物都放置在十字路口处，我想到是否可以识别十字路口，然后停车调用标识识别的程序进行图像处理，然后根据所得信息再控制小车进行转向。虽然想法美好，但是现实中并不允许我这样的尝试。由于十字路口的识别是匹配那个路口的十字，但是这个方法十分之不稳定，小车在转向后是无法正对十字路口的，且每个路口姿态各异，难以准确的识别到十字路口。最终我放弃了这个美好的想法，改用每帧都对图像进行标识识别处理，用 0 代表没有转向标识继续巡线，用 1 代表右转，用 2 代表左转。处理当前一帧图像得到结果，将队列中的最早一帧的结果出队列，获得的结果进队列，当队列中多数判断为每个标识时，小车即进行转向。

该部分由于参数较多，程序的集成较大调整难度大，在调参过程中问题也层出不穷。首先，我遇到的问题是小车在巡线状态下会出现奇怪的抖动，程序的逻辑我多次进行检查，也未发现问题。在助教的指导下，我了解到了是因为标识识别的时间复杂度还没达到最小，即程序对小车的控制不是实时的。为了较小复杂度，我将图像处理部分不再用函数封装，而是直接放在 while 循环当中，这样避免了一些调用函数时的重复运算。并且我限制了标识识别部分处理图像的区域，

不再是对整个图像进行处理，而是只处理图像的上半区的中间部分。最终将图像处理程序的运行时间压缩至接近实时控制。其次的一大问题，就是转向时刻的选定以及转向后小车回线继续巡线的问题。由于小车的转向时刻判断以及转向的控制都是开环的，我们就进行不断地调试。小车转向开始时刻的判断主要是由选择队列的长度以及标识相对于路口的摆放有关，经过调试我们找到了最好的标识摆放位置，并且确定了队列长度为 5 最为合适。转向开环控制是为了小车能够转向后回到线上，我们结合转向开始时刻对两个电机的控制参数以及转向时间进行调整，最终选定转向速度 $motor=0.075$ ，伺服电机转向都取最大值，转向时间延迟为 0.3s。经过我许多周的尝试，最终完成了该部分的设计。

5、人脸识别跟车部分。附加项目我选择了人脸识别跟车题目。Python—opencv 的人脸识别技术是一项较为成熟的技术，也有很多人做过这方面的尝试。经过在 CSDN 上博客中的搜索，我找到了较为高效准确的一个模型——haarcascade_frontalface_default 的模型，将他运用在小车中，取得了不错的效果。

以上就是这个项目的具体研究过程。总的来说，经过十几周的努力，解决了大大小小的各种问题，最终成功的完成了开题时设定的所有研究内容。

（三）研究成果

小车目前能够实现的功能有：1、小车能够较为准确的跟随在地面上划定的黑线，且没有较大的误差。在助教要求的场地中，能够顺利的完成一圈的巡线且巡线时间能够控制在 60s 以内。2、能够识别巡线过程中遇到的画定的斑马线，并且在斑马线前面停车 3s，之后再通过斑马线。3、小车能够在静止状态下识别直行、左转、右转三种标志物且识别的准确率能够超过 90%。4、将标志识别与巡线结合过后，小车能在巡线过程中做出正确的识别并进行动作。5、能够完成人脸识别跟随。这就是我们十几周研究这个项目获得的成果。

（四）研究总结

1. 除了代码及算法中的错误以外，我们在研究当中还出现了一些的问题：

前期：1、树莓派小车使用上存在问题。由于不是很了解树莓派小车工作原理，我们强制关机了几次导致 SD 卡损坏。而且对树莓派界面的操作也在逐渐学习和掌握。由于转接线的接头连接不牢固，小车的不断重启也加快了 SD 卡的损坏。

中期：小车程序在树莓派上运行卡顿，图像识别一出现就会较大卡顿，甚至出现转向错误。经过与助教的交流，初步认为是网络的问题，网络的卡顿导致 vnc 连接的卡顿。但是根据我在调车中出现的状况，我个人是更倾向于是这个树莓派系统的卡顿，可能是由于配置 python 库时误装了一些错误的库，导致图像化界面卡顿。

后期：主要还存在的问题就是程序鲁棒性的问题，目前我们还无法解决复杂光照条件下的各类问题。场地因素对于小车有较大的影响。

2. 感想与体会

经过这学期对这辆小车的调试，我对于小车的自动驾驶方面有了更为深刻与直观的理解，对于自动驾驶的巡线、标志识别部分有更为深入的学习。在调试过程中遇到的种种问题与思考解决对策的过程，我的能力获得了较大的提升，也积累了很多的经验。在项目过程中，小组同学的参与度不高，我承担了较多的设计与调试任务，这给项目增加了一定的难度。总的来说，项目最终还是顺利完成了，项目较为成功的完成给我带来了挺大的成就感。

最后感谢陕硕助教在实验中给予的许许多多指导与帮助。实验中我遇到了不少的问题，调试时陕硕助教给予了我许多指导，帮助我找到了问题的根源所在，指导我解决的方向。在硬件出现问题时，陕硕助教都是第一时间帮我解决，使得小车的调试过程更为顺利。

3. 意见与建议

由于在场地中进行过多次的调试，也遇到了不少的问题。我的建议是能够较早的确定场地的标准，包括场地的光照条件、巡线场地路线标志物放置位置等等。这样我们的调试过程能够更有针对性，能够集中精力更好的解决问题。以及场地中会有会有不少蓝色的玻璃贴纸，会给识别部分带来较大的影响。