

# 全国大学生智能汽车竞赛

## 讯飞-智慧餐厅

# 技 术 报 告

参赛学校 华南农业大学

队伍名称 Taurus

领队老师 漆海霞

指导老师 漆海霞

参赛学生 梁乐彬 吴耿潜 梁重轩 申国豪

二零二一年

## 关于技术报告使用授权的说明

本人完全了解 2021 全国大学生智能汽车竞赛创意组分赛关于保留、使用技术报告的规定，即参赛作品著作权归参赛者本人所有，比赛组委会和科大讯飞（苏州）科技有限公司可以在相关主页上收录并公开参赛作品的技术报告以及参赛作品的视频、图像资料，并将相关内容进行编纂收录。

参赛队员签名: 梁乐彬 梁重轩 申国豪

指导老师签名: 漆海霞

日期: 2021.3.17

# 目录

第 1 章 项目背景及意义.....	3
第 2 章 项目方案设计.....	3
2.1 定位.....	4
2.2 建图.....	4
2.3 全局规划.....	4
2.4 局部规划.....	5
第 3 章 项目算法功能.....	6
3.1 AMCL 定位算法.....	6
3.2 A*全局规划算法.....	6
3.3 TEB 局部规划算法.....	7
3.4yolo 神经网络.....	7
3.5 扩展卡尔曼滤波 EKF.....	8
第 4 章 项目实施过程.....	8
4.1 具体实施.....	8
4.2 方案实施困难与解决方案.....	9
第 5 章 项目数据分析.....	12
第 6 章 项目作品总结.....	12
参考文献.....	14

## 第 1 章 项目背景及意义

近年来，人工智能这一科技浪潮正在深刻改变着世界，智能机器人作为人工智能的一个综合性载体已经开始渗透进日常生活的方方面面。2020 年由于新冠疫情的影响，以智能移动服务机器人实现的无接触餐饮配送服务极大地避免了人与人之间的接触。在减少病毒传播风险的同时，智能移动服务机器人有利于提高餐饮配送服务自动化水平，降低劳动力成本，因此得到了大规模推广。本次项目通过实现无人车完成定点导航与动态规划任务，并结合图像识别、语音识别等技术，提供一种拓展性强，性能优越的智能移动服务机器人解决方案。

## 第 2 章 项目方案设计

项目中要求我们使用讯飞 U-CAR 晓 mini 版本车型实现通过语音启动使小车从 A 区启动，通过定点导航与自主避障到达 B 区后识别二维码领取任务，再到 C 区对人物模型进行识别并分析戴眼镜、长头发（过肩），最后到达 D 区中指定位置并播报任务及戴眼镜和长头发的人物数量。小车上有机体、上位机 Jetson Nano 处理器、麦克风阵列、IMU 惯导模块、单目摄像头、激光雷达、下位机 STM32F4 控制器、电机、麦克纳姆轮 1 套、电源。

## 2.1 定位

在小车定位方面，由于单纯使用里程计作为小车定位，误差会随着累积。所以我们采用 AMCL 功能包实现对小车位于全局地图的位姿定位，功能包需要时间逐渐订阅由激光雷达发布到 /scan 与由差速轮小车编码器解算得出的小车轮距话题 /odom，并最终输出小车轮距坐标系 odom 与 map 坐标系的 tf 变换。

## 2.2 建图

在构建地图方面，我们使用 gmapping 功能包进行仿真地图构建，功能包订阅由传感器节点发布的 /scan 与 /odom 话题。通过 teleop 控制节点，手动控制小车在仿真地图内行进，最终由得到由目标环境的二维栅格地图<sup>[1]</sup>。为了解决传感器误差对地图精确度的影响，我们使用了 ps 工具对地图进行修改，增加地图分辨率，使地图更加精确。

## 2.3 全局规划

在全局规划方面，我们使用 `move base` 导航包，提供 A\*算法，利用 `map_server` 所提供的由小车通过激光雷达所创建出来的地图和小车当前自身的位置以及目标的位置等数据来规划出一条最优的路径。

## 2.4 局部规划

在局部路径规划算法方面，考虑到在竞速这个任务背景下，Timed-Elastic-Band 算法<sup>[2]</sup>（下简称为 TEB 算法）相较于 Dynamic Window Approaches 算法（下简称为 DWA 算法）更加适合该方案，在任务初期，膨胀系数较小，导致小车靠墙行驶，为使得小车与障碍保持安全距离，由此调大障碍物膨胀半径，调整后小车靠近于路径中心行驶，但由于膨胀半径的调大，使得 DWA 算法向前模拟的路径代价都较大，使得小车非常容易陷入困境，需要花费大量时间调整自身的姿态以逃出困境，故我们小队转而选择 TEB 算法作为局部规划的算法。

## 2.5 语音启动

在语音启动方面，我们调用麦克风阵列，使用讯飞开放平台的语音唤醒功能，识别成功后通过话题的方式发出启动指令，使小车开始启动。

## 2.6 人物识别

在人物识别方面：本方案使用 Darknet 深度学习框架，该框架较为轻便，在需要考虑硬件并且是单机运行的情况下更加适合其他框架，本方案使用该框架提供的 yolov3 深度学习算法对人物进行目标

识别以及特征识别。在考虑到小车摄像头分辨率和拍摄视角不够大的限制，并不能通过在远处进行拍照并识别，故而在实现本任务时，我们设计了两种思路，一种是让小车在人物牌的中点处拍摄多张照片，并对多张照片使用图像拼接算法进行拼接，另外一种是让小车可以找到人物牌所在的位置，并对人物进行拍照，后对图片分别进行目标识别和特征识别。

## **2.7 语音播报**

在语音播报方面，本方案预先使用文字合成语音 MP3 文件，在接收到识别结果后播报对应文件。

# **第 3 章 项目算法功能**

## **3.1 AMCL 定位算法**

在机器人定位上，使用 AMCL(adaptive Monte Carlo Localization)自适应蒙特卡洛定位包<sup>[3]</sup>。其原理是在地图中布置粒子，后获取机器人的运动来移动粒子，并使用每个粒子所处位置模拟一个传感器信息跟观察到的传感器信息作对比，从而赋给每个粒子一个概率。之后根据生成的概率来重新生成粒子，概率越高的生成的概率越大。在迭代有限次之后，所有的粒子会收敛到一起，最终机器人的确切位置被推算出来。

## **3.2 A\*全局规划算法**

在全局路线规划上，使用全局规划器 global Planner 所提供的

A\*算法求解出最短路径，通过下一节点距离上一点的代价，以及下一节点距离终点的预计代价的总和作为综合代价<sup>[4]</sup>。通过每次选取综合代价最小点作为下一个等待遍历的节点，在有限次的迭代后最终求解出最有的全局规划路径。

### 3.3 TEB 局部规划算法

在局部规划上我们使用 Timed-Elastic-Band 算法，在全局规划路径已经给出的前提下，以此给出以执行时间最短为目标函数，并将跟随路径和避障约束、速度和加速度约束等条件作为目标约束函数求解出规划的最优解作为小车的局部规划的路径。

在小车为完成竞速的目标下，我们基本沿用 `teb_local_planner` 软件包提供的算法和源码，并结合小车的模型对 TEB 算法的参数进行优化。

### 3.4yolo 神经网络

人物牌的路径规划及人物识别实现：在人物识别上主要是使用 darknet 提供的 yolov3 的算法对人物牌进行目标识别和特征识别，在依据两种跟踪人物牌和找中点固定位置拍照的方法分别调整网络的大小，在跟踪上先订阅了局部代价地图的话题并获取相应小车附近的局部地图，并基于小车的坐标系反算出障碍点的坐标系点，并对障碍的坐标系点使用聚类算法对障碍坐标系点进行聚类实现障碍点分类到具体的人物板上，并对分类好的障碍点按每个类进行线性回归拟合，并基于距离公式和垂直公式获取到

小车应到的目标点，并基于目标点和计算出小车的朝向角度从而实现小车对人物牌的跟踪。

### 3.5 扩展卡尔曼滤波 EKF

为提高定位精度，我们通过扩展卡尔曼滤波器对 imu、里程计 odom 进行融合，来估计平面移动机器人的真实位置姿态，输出 odom\_combined 消息。

## 第 4 章 项目实施过程

### 4.1 具体实施

#### 1. 分析任务目标，制定方案的实施方向

任务目标为实现小车通过语音启动使小车从 A 区启动，通过定点导航与自主避障到达 B 区后识别二维码领取任务，再到 C 区对人物模型进行识别并分析戴眼镜、长头发（过肩），最后到达 D 区中指定位置并播报任务及戴眼镜和长头发的人物数量。需要搭建基于 ROS 机器人操作系统的软件框架，其中包含小车模型控制器，小车位姿定位，全局路径规划，局部路径规划，语音唤醒，人物与二维码识别，语音播报。

#### 2. 按照官方资料配置任务环境并开始搭建整体框架

① 烧录小车镜像

② 创建工作空间



- ③ 根据样例代码包中 README.md 文件安装所需依赖及功能包
  - ④ 搭建地图并启动小车建图
  - ⑤ 使用 move base 导航包、teb\_local\_planner 软件包和 AMCL 定位算法实现小车定点导航与自主避障功能。
  - ⑥ 使用 xf\_mic\_asr\_offline 功能包实现语音启动功能
  - ⑦ 使用 easy\_aruco 功能包实现二维码识别功能
  - ⑧ 使用 yolo 神经网络实现人物模型特征识别功能
  - ⑨ 编写 py 文件对上述功能进行整合并实现全部功能
3. 对小车在实现任务的过程中出现的问题进行分析并解决，并对任务的评定指标有方向性的优化算法参数

## 4.2 方案实施困难与解决方案

- (1) 修改参数文件后测试小车导航效果，重复测试时操作繁琐：

随后我们使用 rqt 工具中的 rqt-reconfigure 可视化参数调整，更加方便参数调节。



(4) 由于小车定位误差及传感器误差，建立的地图与实际有一定的偏差，且分辨率较低，影响路径规划：

我们使用了 ps 工具对地图进行修改，增加了地图分辨率，使地图更加精确。为保证地图与实际尺寸相对应，我们将图片分辨率转为 160\*160，参数 resolution 设置为 0.025m/像素，根据实际场地对地图进行修改，提高地图精度。

(5) 传感器误差随时间积累导致定位飘移严重：

为提高定位精度，我们通过扩展卡尔曼滤波器对 imu、里程计 odom 进行融合，来估计平面移动机器人的真实位置姿态，减少误差。

(6) 调参过程中发现小车在经过较窄路段时经常卡住

我们尝试了关闭全局代价地图的更新，并增大其膨胀半径，优化了全局路径，小车能很好的完成导航任务，但避障效果不理想。经过我们多次尝试，发现在开启代价地图后，增大 teb 中参数 weight\_optimaltime 能较好的解决这个问题，且避障效果较好。

(7) 人物牌的路径规划及人物识别实现

1).首先通过对题目的分析确定出到底是使用用什么神经网络，在此阶段还要考虑到小车的性能能否运行所选择的网络，最终确定 yolov3 作为目标识别和人物特征识别的神经网络，并选用 darknet 框架作为实现的框架，该框架完全有 C/C++实现，相较于

其他框架该框架更加轻量化，方便在小车上布置。

2).基于训练出来的网络得到网络能够识别的距离，并基于此距离构建路径的规划，通过分析问题发现可以通过知道人物牌在地图上的位置反算出小车的目标点，并将目标点发送给/move\_base节点从而实现对人物牌进行跟踪，从而知道整个方案的难点在于如何知道人物牌在地图上的位置。

3).通过查阅相关文档知道动态的障碍物会在/move\_base/local\_map/costmap\_update 发布小车的局部地图，并通过小车的坐标将障碍点的局部坐标映射为对应的世界坐标，后通过官方给定的地图赛选出真正动态障碍的离散点，后对障碍点进行聚类，将障碍点分类到对应的障碍物上，并分别对每个障碍物的障碍点进行线性回归拟合，后利用距离公式和垂直公式即可算得到小车应到的坐标点后利用聚类中心及算出的坐标即可知道小车的角度。

## 第 5 章 项目数据分析

## 第 6 章 项目作品总结

本次比赛要求是语音启动后到达指定目标点，并在途中通过识别二维码获取菜品信息并播报，识别人物模型的特征并播报数量。本报告主要介绍了我们的技术方案：采用 AMCL 功能包，订阅 gazebo 仿

真节点中激光雷达与差分轮小车编码器发布的话题，实现对小车位于全局地图的位姿定位，使用 A\*算法进行全局的路径定点导航规划，TEB 算法进行局部路径规划实现动态避障，使用 yolo 神经网络进行人物模型识别，使用讯飞开放平台的语音识别功能实现语音启动，使用 easy\_aruco 功能包实现二维码识别功能。

在项目创新点上，与官方教程不同，我们采用 gmapping 进行地图构建，使用 teb 算法作为局部规划算法，更好地兼顾了保持安全距离与快速到达目标。在人物识别流程中，为了找到人物的位置，我们对障碍点进行聚类，将障碍点分类到对应的障碍物上，并分别对每个障碍物的障碍点进行线性回归拟合，后利用距离公式和垂直公式即可算得到小车应到的坐标点后利用聚类中心及算出的坐标即可知道小车的角度。

智能车竞赛讯飞智慧餐厅组是一场极具创新和挑战的比赛。人工智能是时代的大潮流，而无人驾驶技术又是人工智能领域的前沿阵地，特别是疫情期间，智能移动服务机器人降低劳动力和减少人口密集的优势更加显现，也必将是未来的一大趋势。

在后续比赛中，我们也将更加努力拼搏，相信在不久的赛场上，我们的小车会跑出别样的风采！

## 参考文献

- [1] 基于 Player 的室内服务机器人的地图构建和定位系统\_何武[J].
- [2] 基于改进 TEB 算法的阿克曼机器人运动规划系统\_郑凯林[J].
- [3] 一种改进的 AMCL 机器人定位方法\_王宁[J].
- [4] 王殿君. 基于改进 A\_算法的室内移动机器人路径规划\_王殿君[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2012, 52(8): 1085-1089.