奖项：2019.4 第八届上海交通大学“思源杯”交通科技大赛二等奖

参赛项目：基于路侧激光雷达阵列的无人驾驶车辆定位系统开发

项目做了啥：

个人贡献：双激光雷达标定。利用一个圆盘，两个激光雷达打在上面，分别提取两个激光雷达坐标系下面圆盘的圆心，则找到一组对应点。移动圆盘多次，得到多组对应点，利用SVD奇异值分解，得到旋转平移矩阵。

2019.10 “以创新.致未来美的开放式创新大赛2019上海站”特等奖

参赛项目：DeepWind厨房空调

个人贡献：参与调试

2020.4-2020.11

安徽海博智能科技无人矿车研发

团队：实验室团队负责采矿平台的无人驾驶以及仿真平台搭建。采矿车分为三个阶段：卸料口到采矿平台、采矿平台的规划控制、采矿平台到卸料口。本团队主要负责采矿平台的规划控制，当无人矿卡寻迹到采矿平台的时候。

**个人贡献**：

融合融合激光雷达和组合导航数据， 实现了特征稀少的矿区点云地图构建， 并生成了 opendrive 格式的高精度地图用于导航。最开始考虑到矿区特征稀少，所以直接将组合导航数据作为激光雷达的位姿估计，将所有点云进行融合，得到点云地图。不过

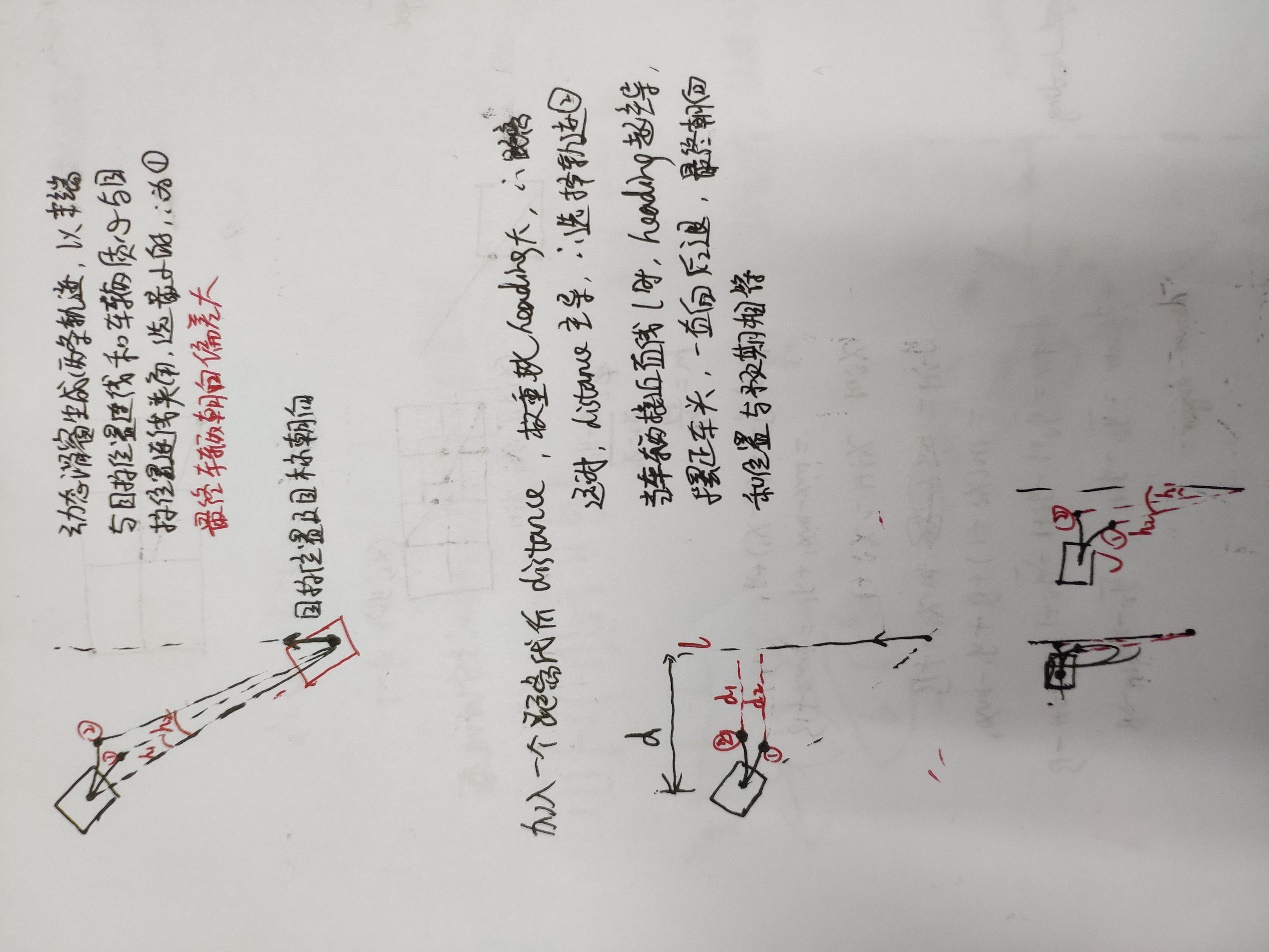
利用激光雷达建立栅格地图，供dwa路径规划使用。这里使用的是高程差算法建图，可以避免在地面不平以及车辆抖动较大的情况下拟合路面，地面点去除更加干净。因为矿区车辆振动频率较高，10Hz扫描频率的激光雷达在一圈内可能都会抖出波浪形，导致用RANSAC拟合平面误差较大，有很多地面点不能去除，如果阈值调高又会将低矮的障碍物滤除

（中间遇到的问题就是矿卡运行时粉尘很大，导致激光雷达误识别，开始想利用粉尘变化很快，利用聚类和ICP匹配来实现灰尘剔除，如果相邻帧相邻类的物体匹配误差大，则表示为灰尘，后来发现不行，因为短时间里面灰尘变化也没那么大，如果间隔几帧检测延时又太大，最后融合了毫米波雷达数据，将粉尘的干扰去除，具体做法是首先将两种传感器标定到车辆坐标系，然后对激光雷达去除地面点，聚类，如果类中检测到毫米波雷达目标，则表示此类有真实障碍物，因为灰尘不会被毫米波检测到）。

利用激光雷达和组合导航写了一个简易的RTK-SLAM，将激光雷达数据注册到惯导坐标系下，生成高精度地图。

改进了DWA局部路径规划实现矿车在装料平台的路径规划，并能精准地将矿车倒至指定位置和指定角度（误差5°以内），解决了传统DWA算法无法精准控制车辆在终点位置的朝向问题。因为传统的DWA算法是用在可以原地旋转的小车，所以对终点朝向的要求不高，而我们的乘用车不能原地旋转，所以需要解决这个问题。

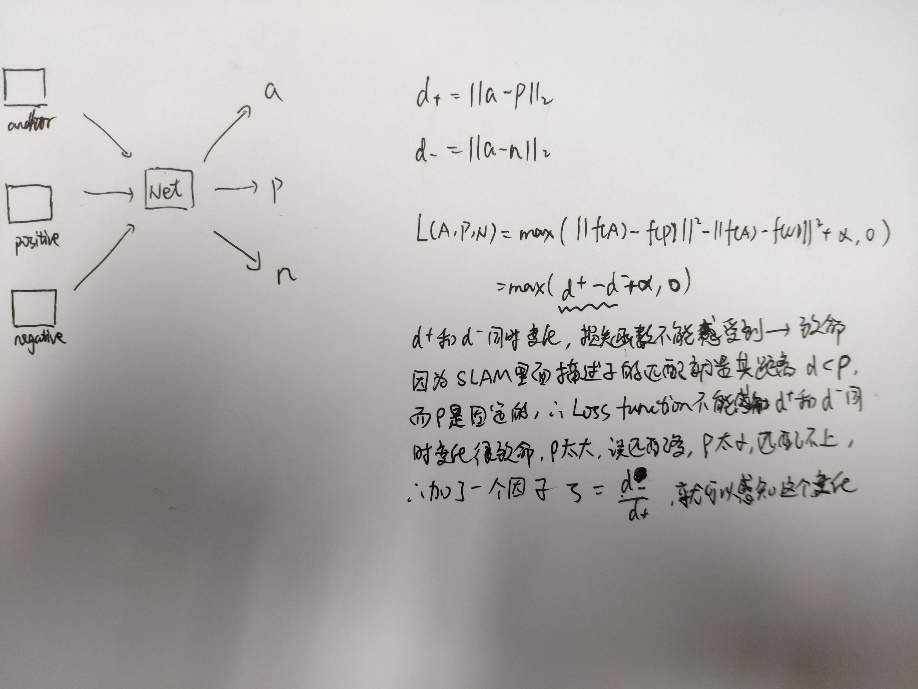
论文里面给的DWA算法只有heading代价和与障碍物的距离代价，但是我们这里考虑场地没有障碍物，所以不进行避障，所以与障碍物的距离代价写了，但没用。但是我们发现heading代价最终只能让车辆到达那个指定位置，但是朝向偏差大。最后我们就想，能不能让heading和最终的朝向一开始就一样呢？所以就加了一个车辆与目标位置朝向的直线的距离。即让这个距离权重大一些，在开始距离较远时，将车辆拉到这个直线附近，然后此时这个距离较近，距离代价较小，heading起作用，则可以让车辆在这条直线附近将车头摆正，最后停到指定位置。



2020.09：二进制描述子

自己利用triplet loss得到深度学习描述子，并进行二进制化，得到了精度和效率较高的描述子，并利用ORB-SLAM2框架，将自己设计的描述子应用到SLAM系统中，建图定位精度提高。

难点：损失函数设计。深度学习描述符的设计其实已经有很多了，但是不适用于SLAM系统，因为他们没有考虑到描述子的尺度问题。现在描述子生成一般使用三元组损失triplet loss, 而里面有一个正样本和anchor样本描述子距离与负样本和anchor样本描述子距离的差，所以两者同时变化的时候，损失不变，这对于SLAM系统来讲比较致命。因为我们需要对两张图的描述子进行匹配，所以需要计算相似描述子的距离，距离小于一定阈值则属于同一个描述子。比如这里我们要将anchor样本和正样本的描述子聚成一类，则根据他们两者的距离来进行判断。而因为尺度问题，损失函数里面是没法确定这个距离的大小的。所以这个阈值就没办法很好的确定。因此必须要让损失函数观测到这个变化，于是我在损失函数里面加了一个尺度因子。这样当两者距离变化时，损失函数能观测到这个变化。



评价指标：

2019.10：参加苏州智能驾驶技术创新大赛，获得环卫车组应用创新奖。

自己主要负责车辆控制和反馈CAN消息的编码和解析，激光雷达利用高程差算法构建栅格地图。我们主要是使用的组合导航进行定位，加上纯跟踪寻迹，以及利用激光雷达识别路沿，保证车辆能够对路沿进行贴边清扫。所以我们需要提前采集路径数据，加上路沿识别进行对车辆定位进行纠正，保证贴边清扫。因为我们采集的路径数据就是靠近路边的，所以也会对路沿的识别进行一定限制，防止误识别，偏离道路太远。

2020.12：

1. 负责伯镭无人驾驶车辆的智能化改造，主要负责车辆控制和反馈CAN信息的编码和解析，基于高程差算法的激光雷达占据栅格地图的生成，RRTStar算法的局部路径规划避障。

利用激光点云数据和高程差算法建立平面占据栅格地图，用于路径规划和AEB。高程差算法可以防止车辆抖动太大，或者地面不平，导致RANSAC拟合地面不准，导致地面点去除不完整，造成刹车。

并且我也根据点云有时会因为阳光反射在地面上出现少量噪声，导致出现误判的情况，改进了高程差算法，只会当超过高程差阈值区域的点云对数量超过一定数目时，才判定此栅格为障碍物占据。具体做法是先一次遍历，找出每个栅格的激光点云的z值最小值，然后二次遍历栅格，记录比z值最小值大height\_diff阈值的点云数量HigherThanMinZNum。最后统计每个栅格的HigherThanMinZNum,如果大于一定数量，则表示此栅格被占据。

3.改进栅格地图构建策略配合基于目标的RRT星路径规划算法实现循迹中的局部路径规划

循迹过程中，如果循迹路径在车前5米以内出现障碍物，则触发AEB，如果5-9米出现障碍物，则以14米处点为重点，进行RRT星路径规划。车辆在循新的路径的时候，如果路径上再次遇到障碍物，则再次触发RRT\*路径规划。RRT星路径规划的速度非常快，在10ms以内，所以可以进行快速的路径规划。RRT算法也能引导算法向终点搜索（随机点有一定概率选到终点）

RRT\*算法过程：

1）首先随机选点，为了能快速搜索到终点，所以给定一定概率选择终点

2）在已经搜索得到的树结构中为随机点找到一个最近点，得到连线，并在连线上离最近点step\_size处得到新的节点，然后判断两个点连线在栅格地图中是否有碰撞（**Bresenham**算法），如没有碰撞，则生成新的树枝节点newNode。

2）为newNode重新选择父节点：找到newNode周围radius范围的圆内的所有点，计算以他们为父节点后的路径代价，选择一个代价更小的父节点，这样可以防止路径太多小的曲折，不光滑

3)重布线随机树：判断newNode周围radius的圆内的点是否能以newNode作为父节点，减少各个点的路径代价

4）结束规划：当newNode与goal的距离小于step\_size,且连线无障碍物时，则路径规划完成。

***遇到的问题***：传统的栅格地图会多次触发RRT星的重规划：

改进栅格地图：在进行路径规划时，为了不考虑规划路径的车辆模型，首先将栅格地图以车辆的尺寸进行膨胀，则可以将车辆的路径规划当成点来进行。为了解决障碍物稍微运动，就会重新触发RRT\*算法的弊端。我在原来膨胀的基础上再膨胀一圈，作为路径规划的边界。

首先有一个inscribed的小圈和一个planning的大圈。触发RRT\*路径规划的条件是循迹或者已经规划好的路径点连线在inscribed圈内，然后路径规划时节点是否有障碍物的判断是首先以planning圈为标准，则可以将规划路径远离障碍物，障碍物少量运动不会重复触发RRT\*算法，如果规划不了路径，则再以inscribed圈为标准进行规划。

***后续改进：***

针对路径规划时候激光雷达检测路沿的距离较近，RRT\*规划可能超出路沿，我们可以使用路沿的高精度点云地图制作栅格地图来作为规划限制

简历中自己还需要好好理解的项目：ORB-SLAM2，LOAM、cartographer

图优化和滤波器SLAM优缺点：滤波器SLAM只能估计xt，如果前面估计错误，就无法纠正；而图优化估计的是x0:t,整条路径的位姿，后面可以利用回环检测对于前面估计的位姿进行修正。

图优化原理：非线性最小二乘。节点表示位姿，边表示两个位姿空间约束，形成环之后就产生了误差。找到各节点的位姿最优值，让里程计预测与观测的误差最小(x0:t)

cartographer：