总结汇报

简易视觉里程计实现

小组成员

胡钧涵

陶新渝

徐博文

目录

CONTEXT

总结汇报

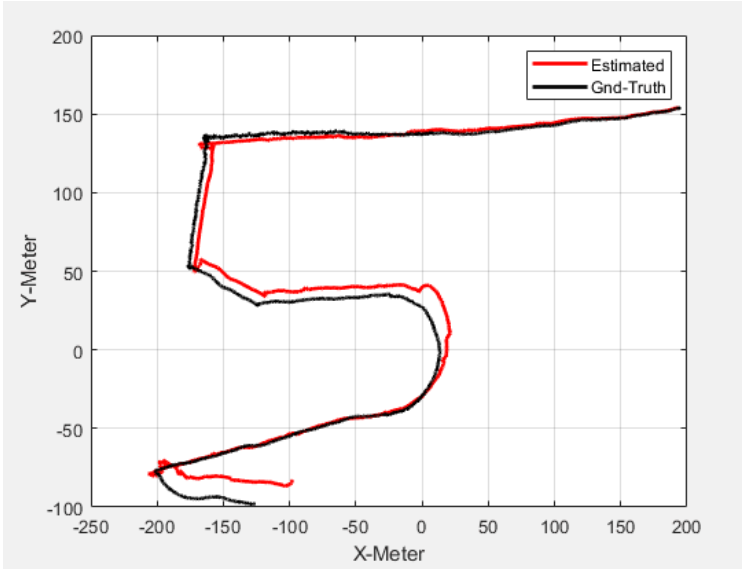
PART ONE

算法架构

总结汇报

1 任务介绍

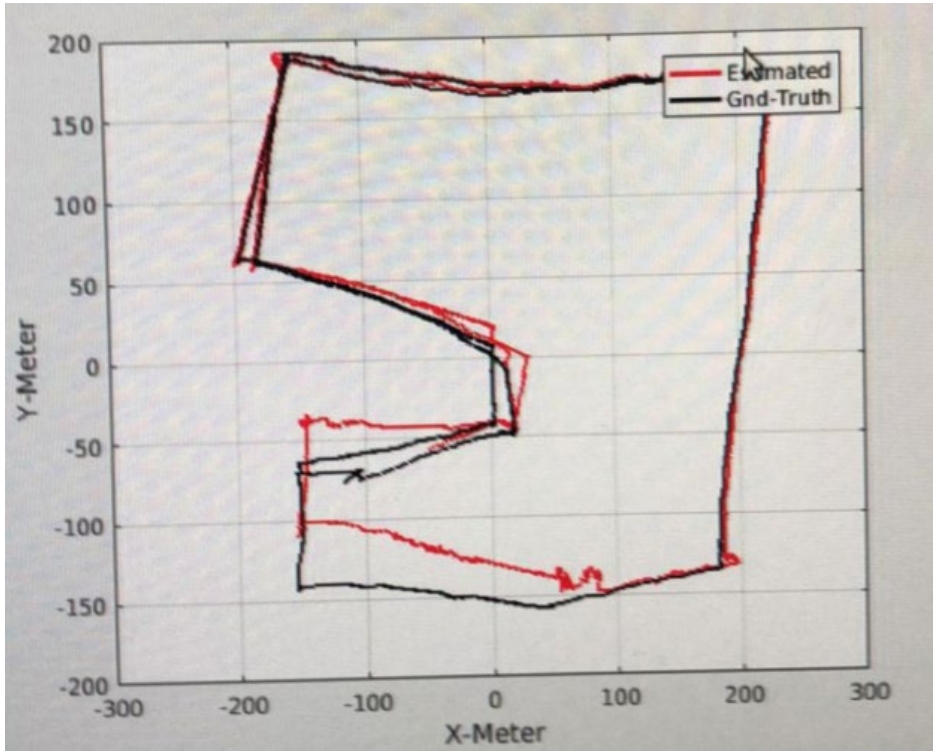
目标:完成一个简单的视觉里程计，传感器使用RGB-D相机，绘制轨迹并与全局摄像头的真值进行比较



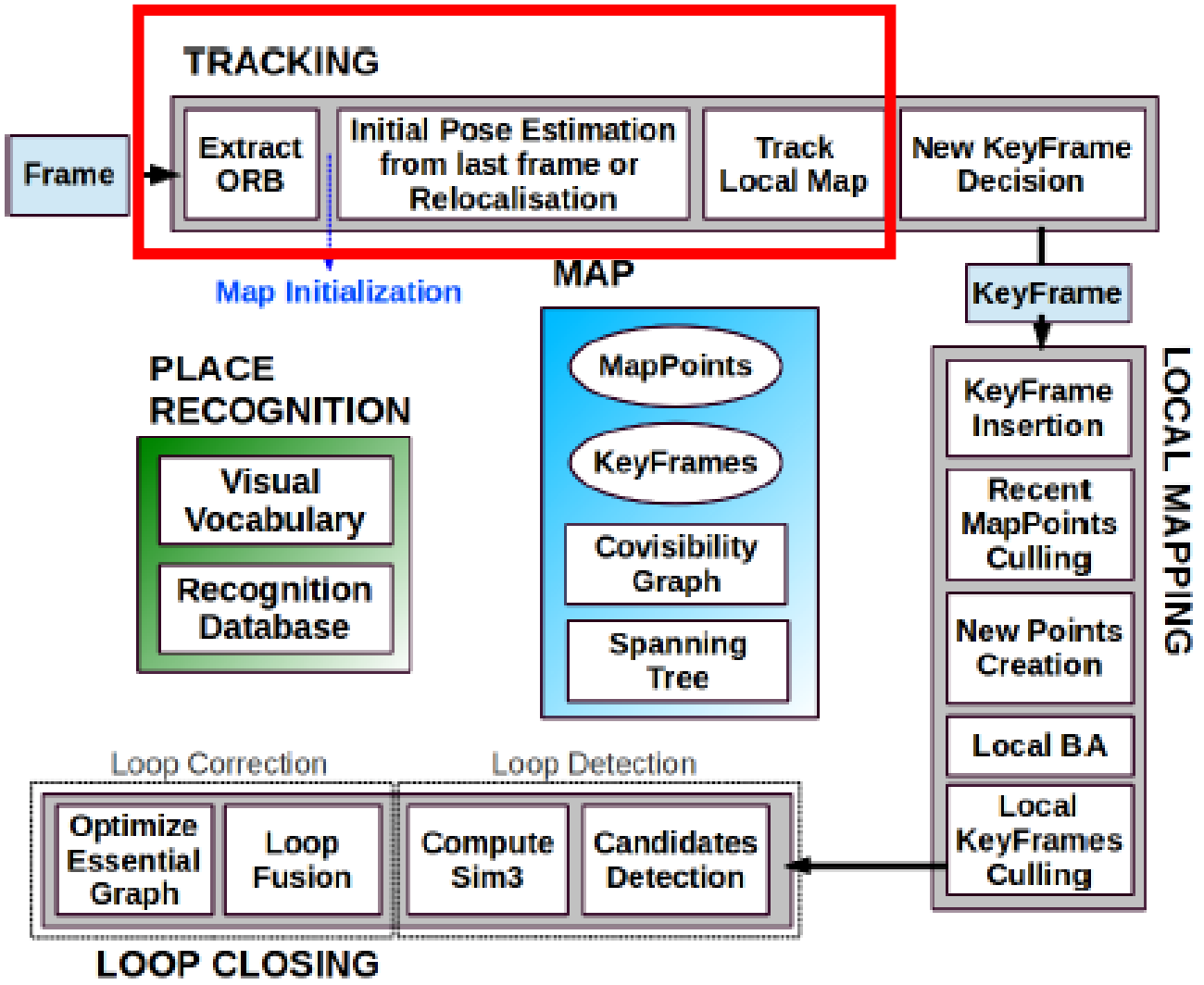
1 整体进度

熟悉相机	第一周
环境配置，运行ORBSLAM2程序	第二周
搭建简单的VO框架	第三周
数据集获取	第四周
特征匹配与位姿估计	第五周
通过Ceres进行后端优化	第六周
验收环节	第七周
报告撰写与展示	第八周

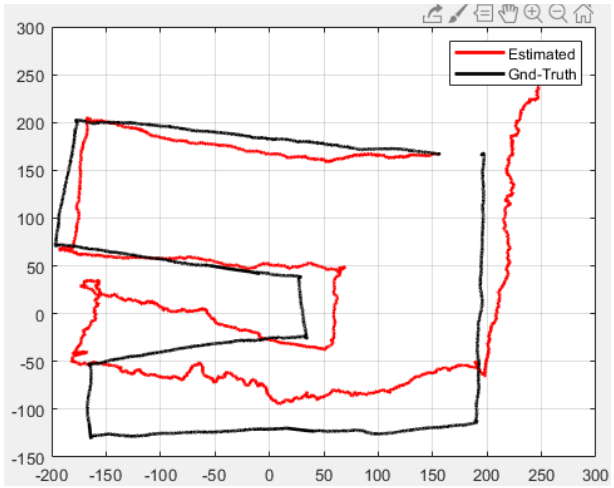
ORMSLAM算法简介



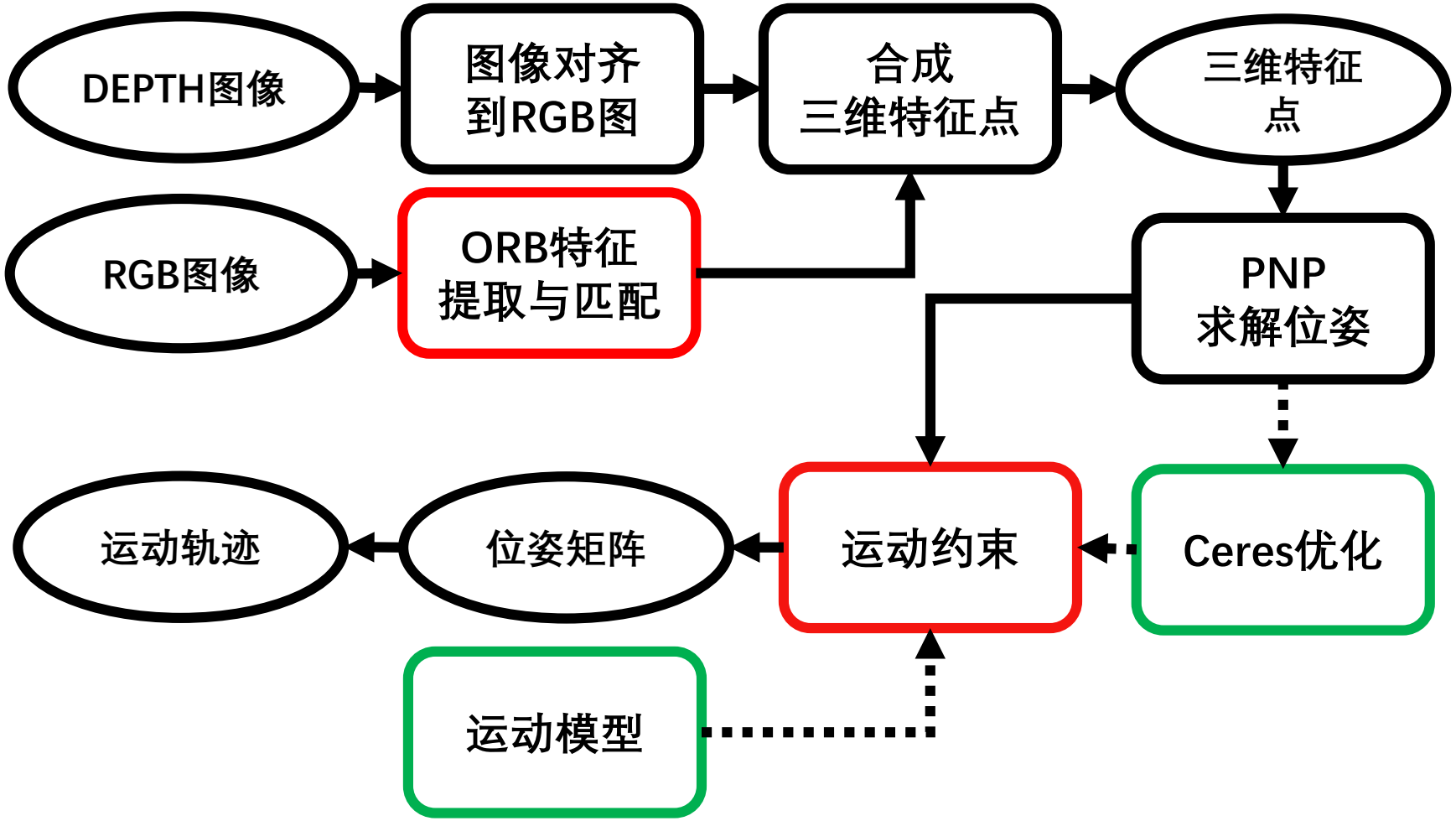
误差为11cm



程序结构



误差为30cm



PART TWO

调试过程

1 相机介绍

```
//声明realsense管道，
rs2::config pipe_config;
pipe_config.enable_stream(RS2_STREAM_DEPTH, 640, 480, RS2_FORMAT_Z16, 30);
pipe_config.enable_stream(RS2_STREAM_COLOR, 640, 480, RS2_FORMAT_BGR8, 30)

rs2::align align_to_depth(RS2_STREAM_DEPTH);
rs2::align align_to_color(RS2_STREAM_COLOR);
rs2::pipeline_profile profile = pipe.start(pipe_config);

rs2::frameset data = pipe.wait_for_frames();//等待下一帧
data = align_to_color.process(data);

rs2::frame depth = data.get_depth_frame();//获取深度图，加颜色滤镜
rs2::frame color = data.get_color_frame();

//创建OPENCV类型 并传入数据
cv::Mat depth_image(cv::Size(640, 480), CV_16UC1, (void*)depth.get_data(),
cv::Mat color_image(cv::Size(640, 480), CV_8UC3, (void*)color.get_data(),
```

API调用

深度图像噪声多，边缘处误差大

深度图像需要与RGB图像对齐

分辨率640×480，帧数30

24位BGR图，16位深度图

```
# RGB Camera calib
Camera.fx: 615.325
Camera.fy: 615.457
Camera.cx: 318.138
Camera.cy: 241.882

Camera.k1: 0
Camera.k2: 0
Camera.p1: 0
Camera.p2: 0
Camera.k3: 0
```

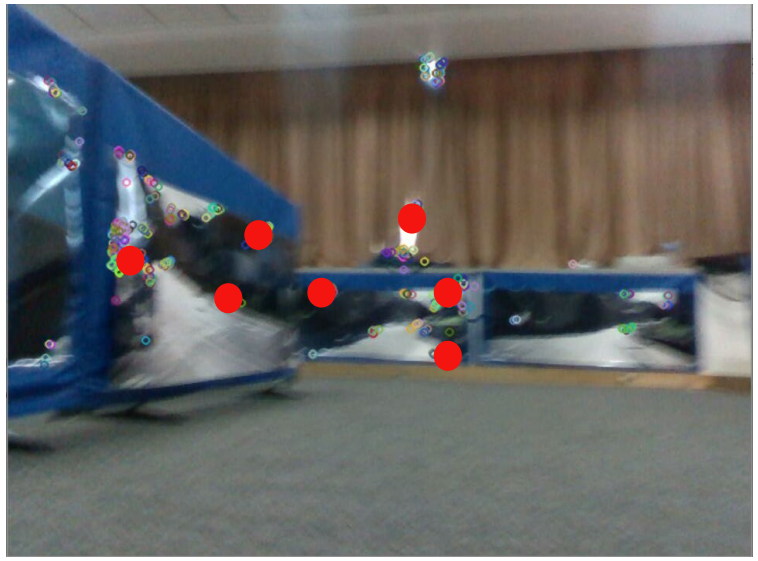
RGB相机内参

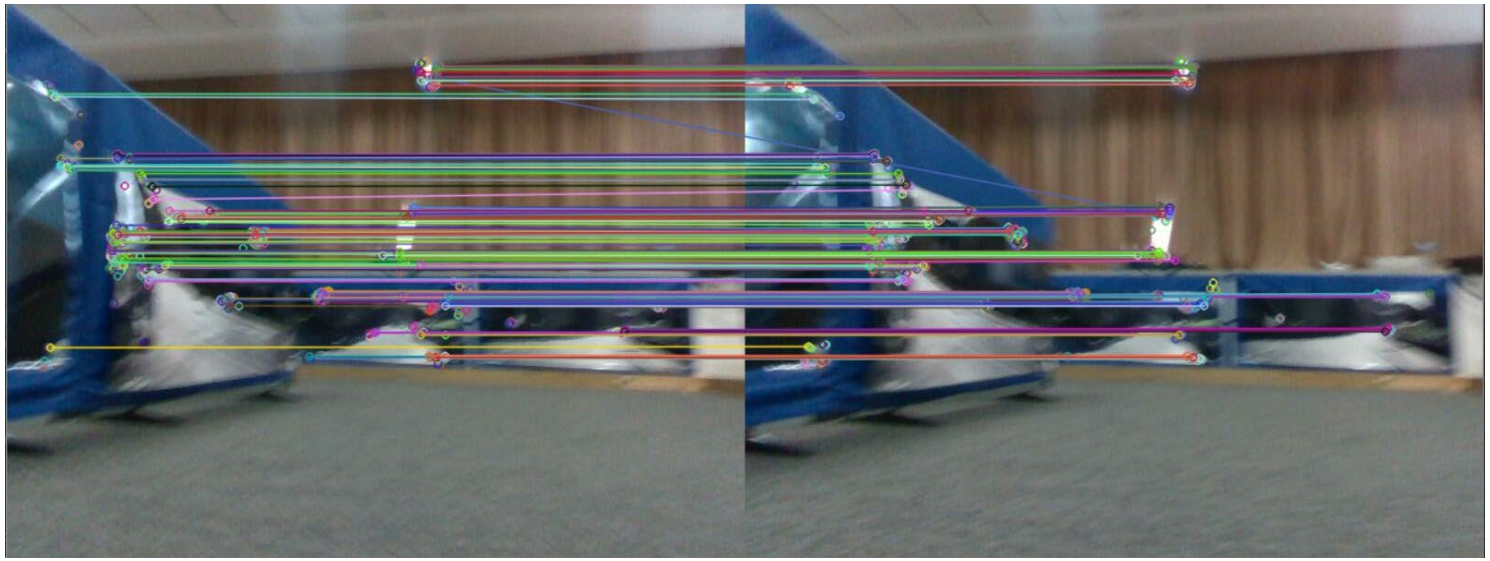
```
# Depth Camera ca
Camera.fx: 387.146
Camera.fy: 387.146
Camera.cx: 318.267
Camera.cy: 241.754

Camera.k1: 0
Camera.k2: 0
Camera.p1: 0
Camera.p2: 0
Camera.k3: 0
```

Depth相机内参

1 特征匹配





特征点的选择：

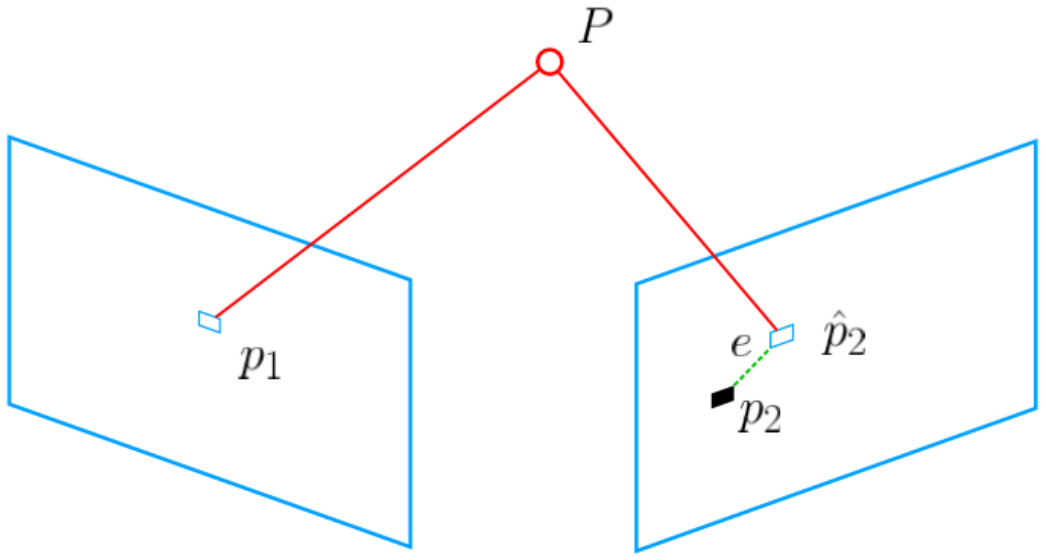
1.太多会带来错误匹配

2.太少会造成运动估计误差变大

3.应让摄像头面对信息丰富的空间，使得数量不至于太少；特征匹配时加上约束，

如汉明距离，使得匹配的特征点质量更高

1 位姿估计3D-2D



把 PnP 问题构建成一个非线性最小二乘问题

使用Ceres进行优化计算

优化对象是位姿和空间位置

优化目标是最小化重投影误差

其他位姿估计方式：

2D-2D：对极几何

3D-3D：ICP

选择PNP原因：

1.实现简单

2.深度数据存在误差，ICP误差大

3.对极几何尺度不确定性较大

PART THREE 结果分析

1 调试说明

通过PNP计算得到的R，t矩阵，可以计算小车的线速度和角速度

$$s = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$$

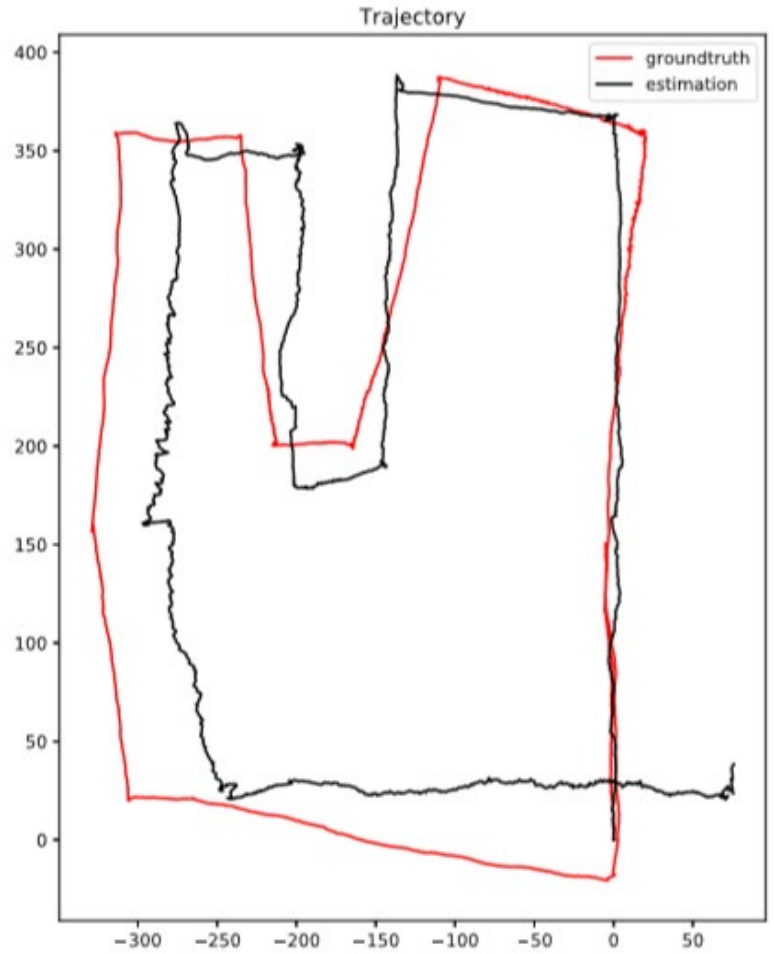
$$\theta_y = \operatorname{atan2}\left(-r_{31}, \sqrt{r_{32}^2 + r_{33}^2}\right)$$

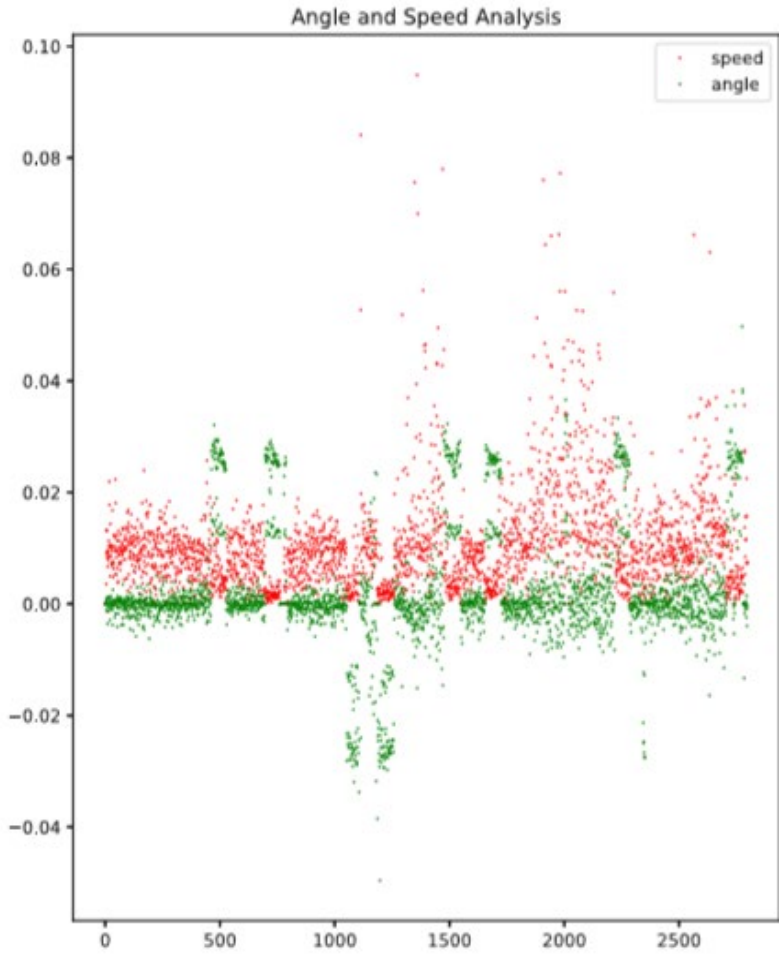
实验结果中描绘了旋转和平移的大小分布，红色代表位移，绿色代表旋转

通过添加不同的运动约束对位姿矩阵进行实时优化

实验0

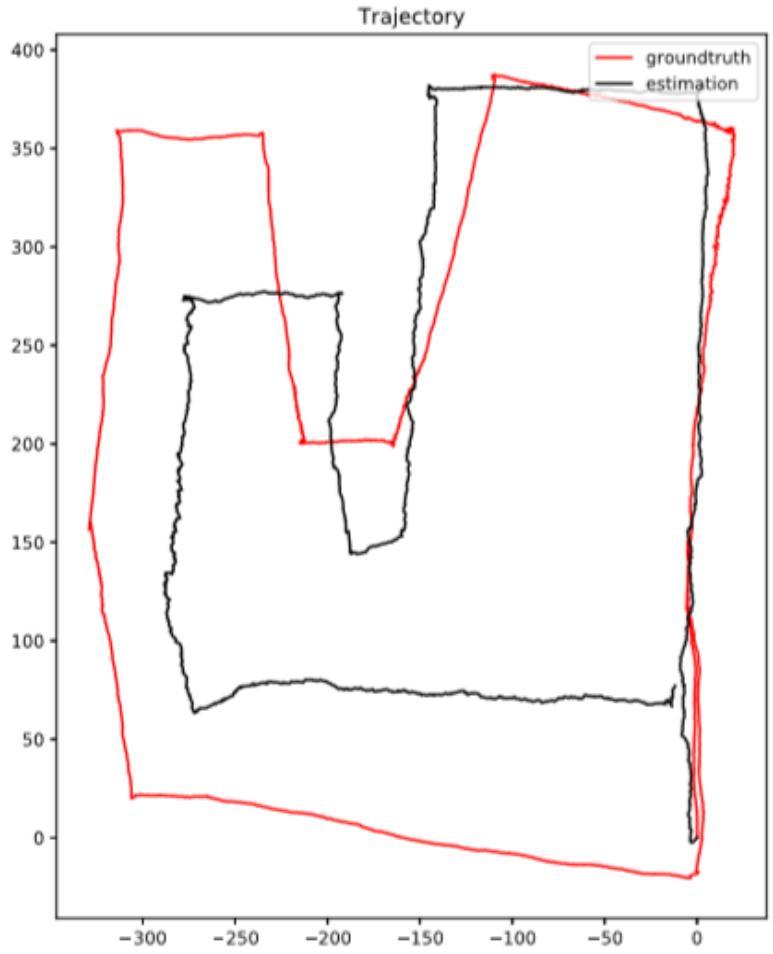
无运动约束

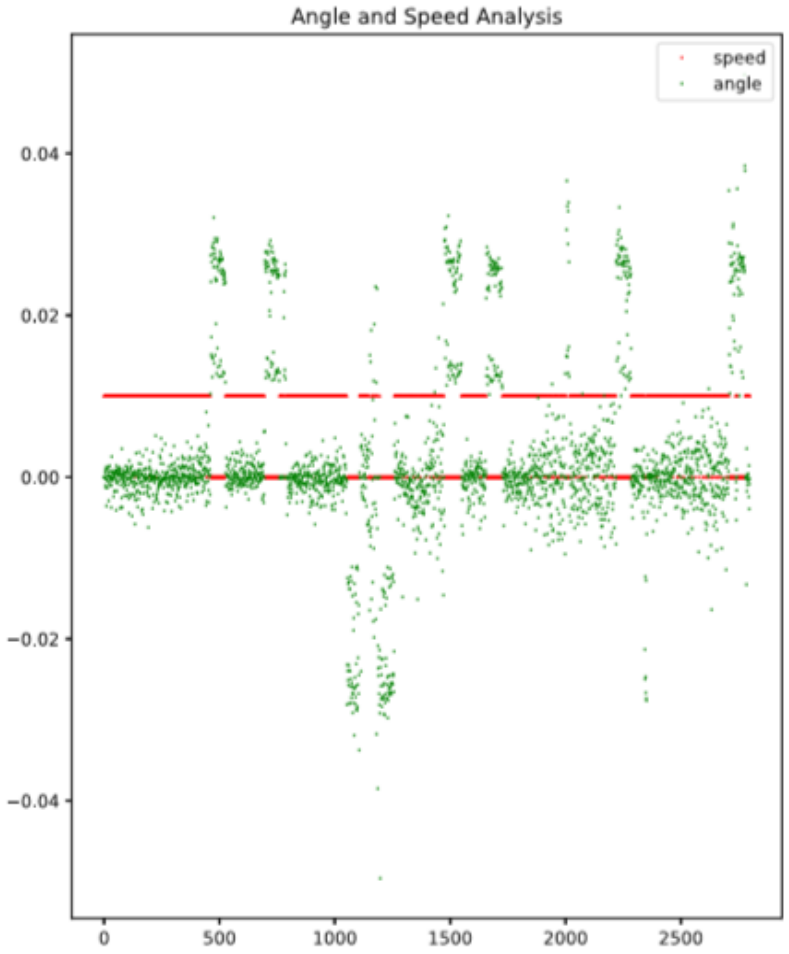

Trajectory
groundtruth
estimation
400
350
300
250
200
150
100
50
0
−300
−250
−200
−150
−100
−50
0
50


Angle and Speed Analysis
speed
angle
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
−0.02
−0.04
0
500
1000
1500
2000
2500

实验1

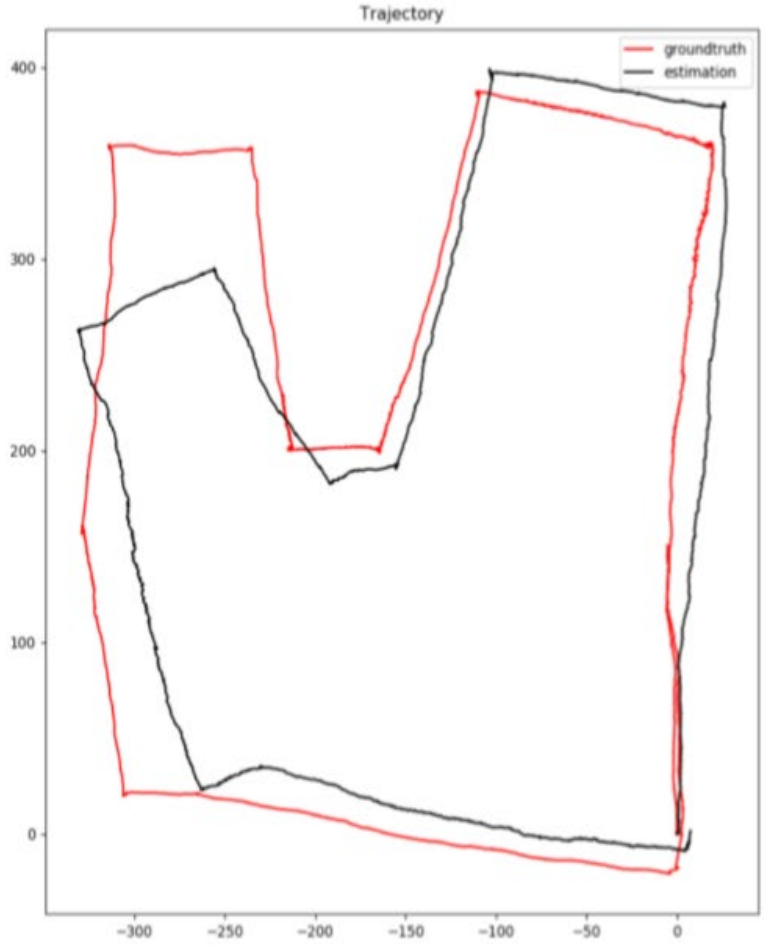
速度二值化

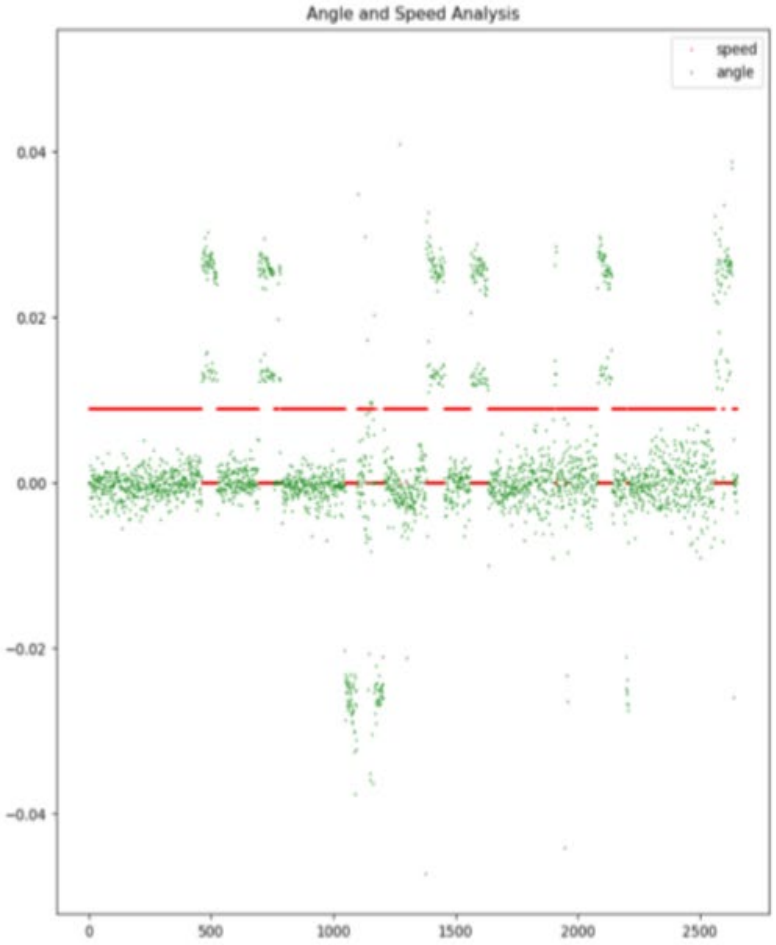

Trajectory
groundtruth
estimation
400
350
300
250
200
150
100
50
0
−300
−250
−200
−150
−100
−50
0


Angle and Speed Analysis
speed
angle
0.04
0.02
0.00
−0.02
−0.04
0
500
1000
1500
2000
2500

实验2

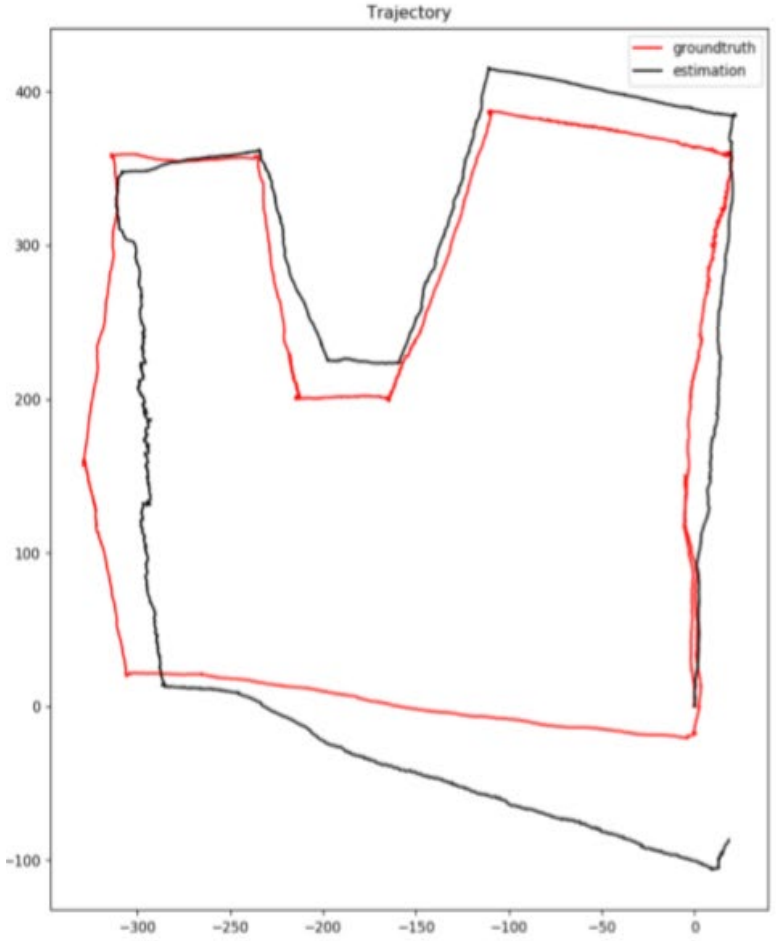
减少特征点

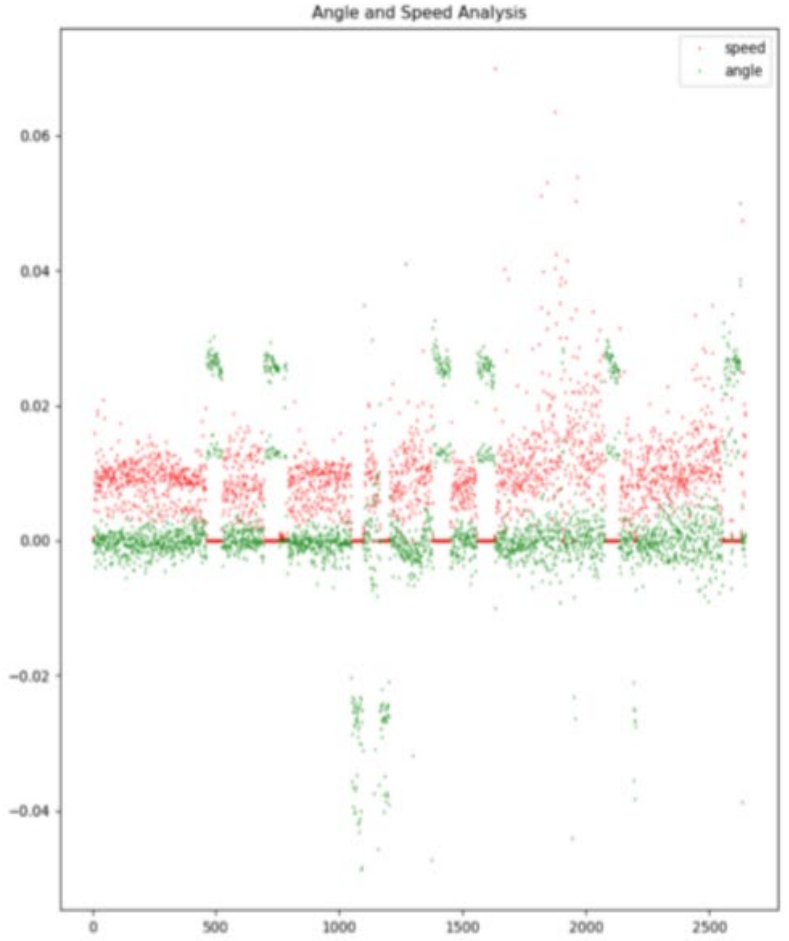

Trajectory
groundtruth
estimation
400
300
200
100
0
−300
−250
−200
−150
−100
−50
0


Angle and Speed Analysis
speed
angle
0.04
0.02
0.00
−0.02
−0.04
0
500
1000
1500
2000
2500

实验3

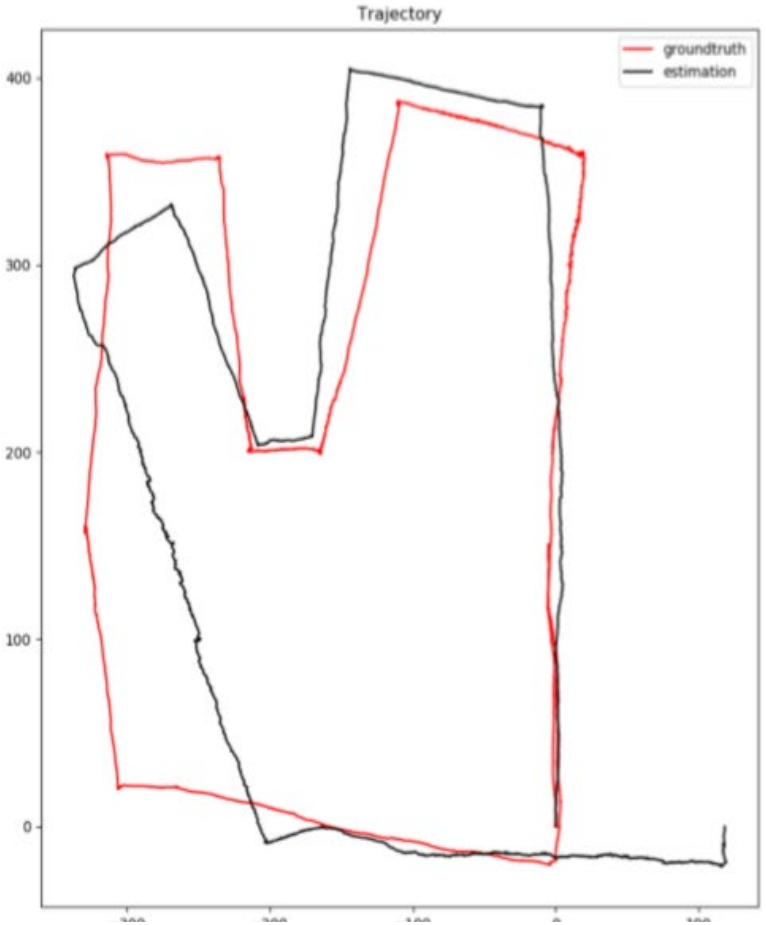
增加右转幅度

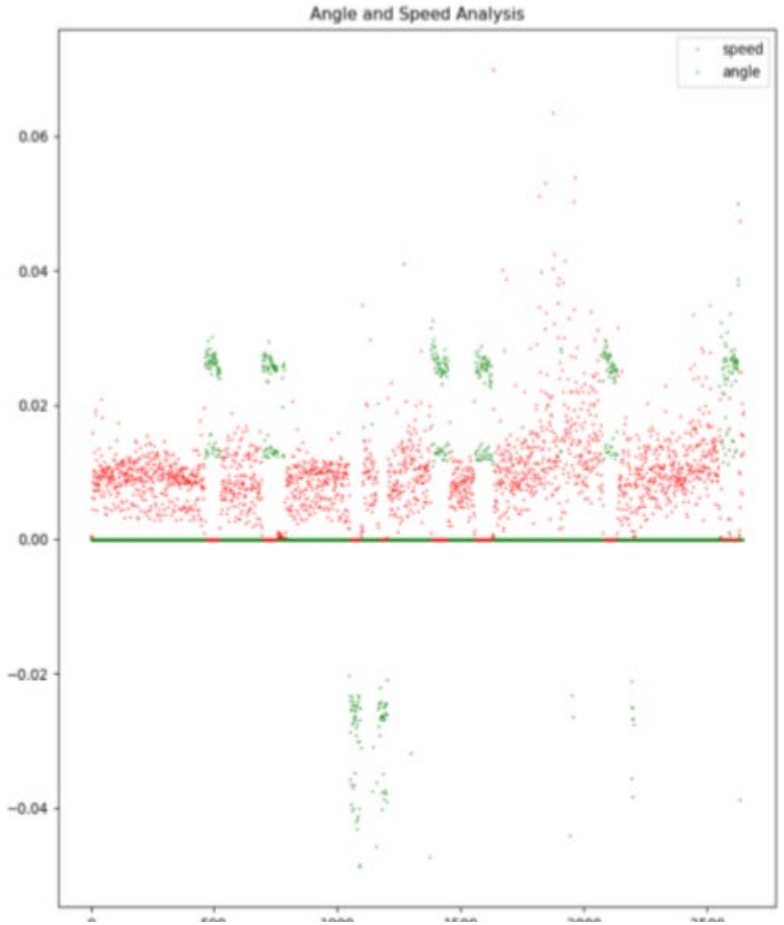

Trajectory
groundtruth
estimation
400
300
200
100
0
−100
−300
−250
−200
−150
−100
−50
0


Angle and Speed Analysis
speed
angle
0.06
0.04
0.02
0.00
−0.02
−0.04
0
500
1000
1500
2000
2500

实验4

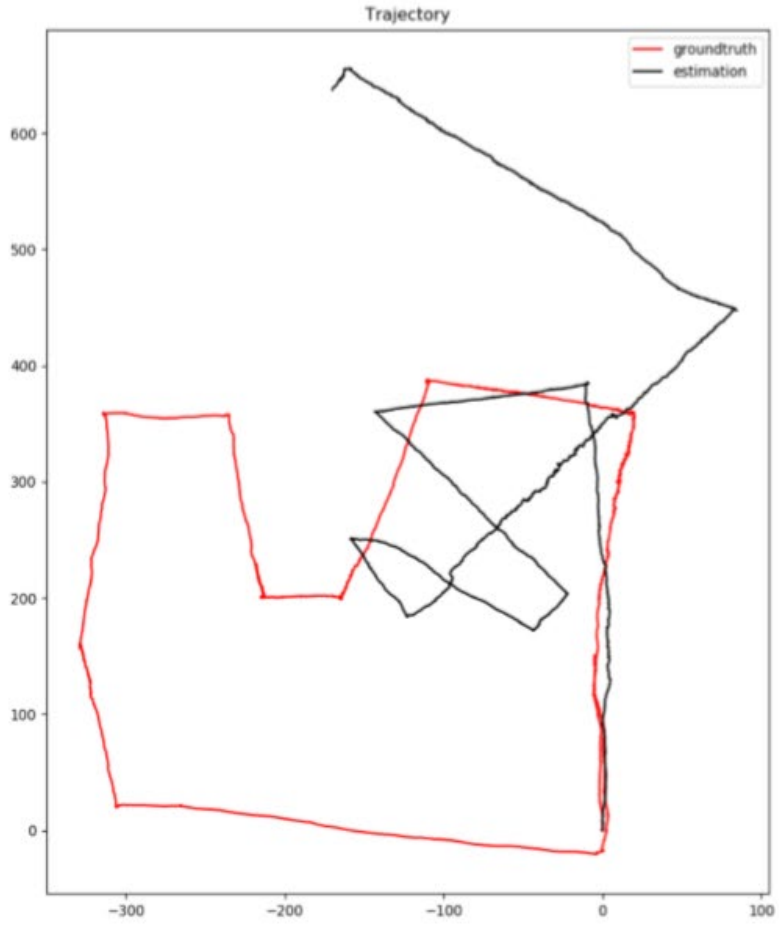
状态约束

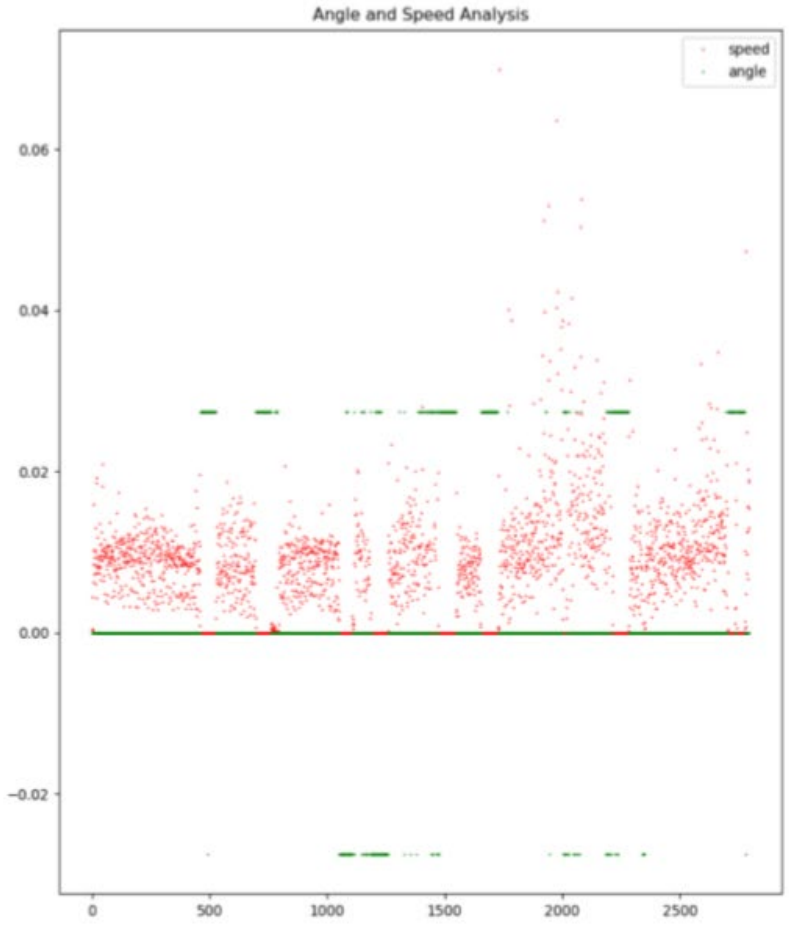

Trajectory
groundtruth
estimation
400
300
200
100
0


Angle and Speed Analysis
speed
angle
0.06
0.04
0.02
0.00
−0.02
−0.04

实验5

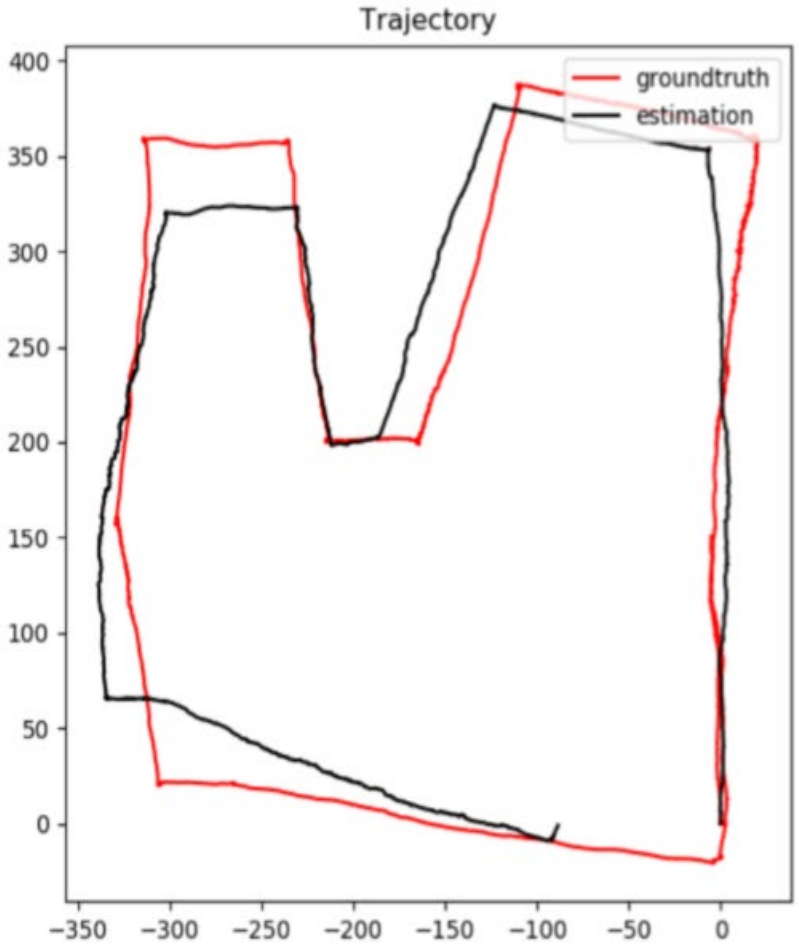
状态约束+旋转速度归一化

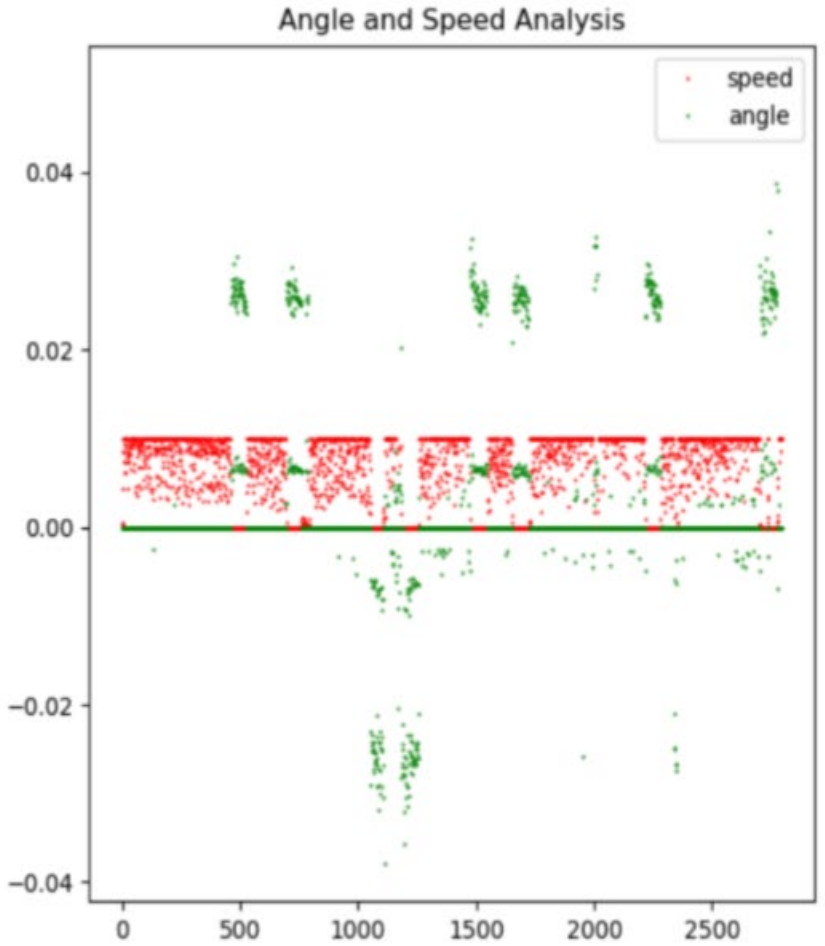




实验6

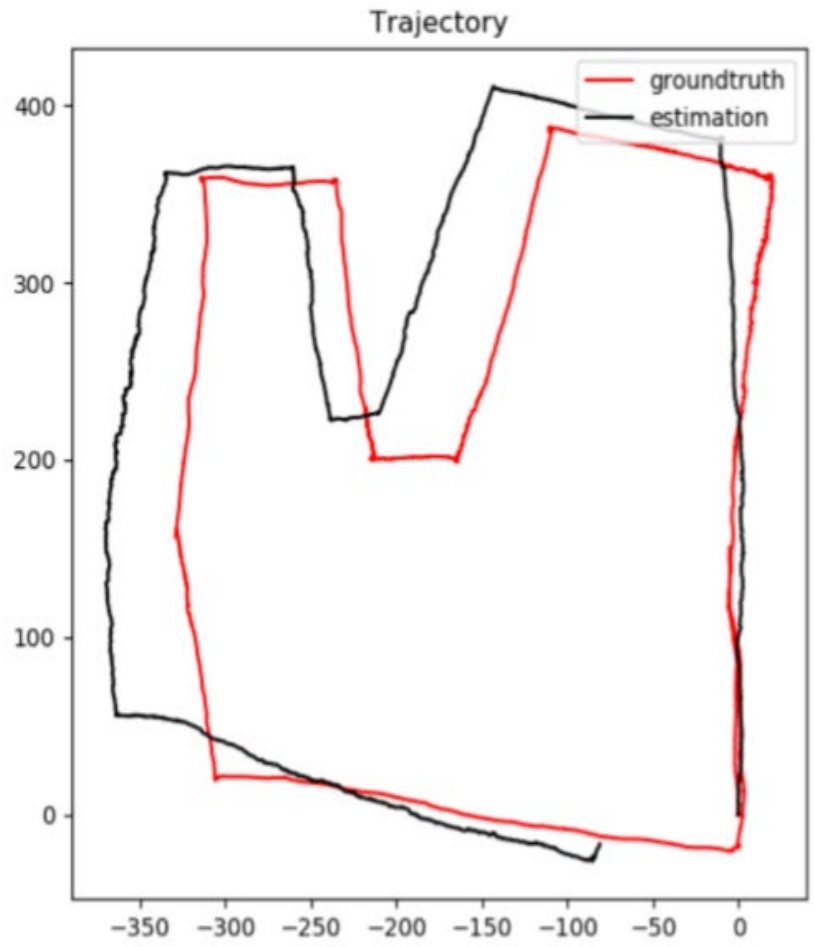
状态约束+旋转速度二值化

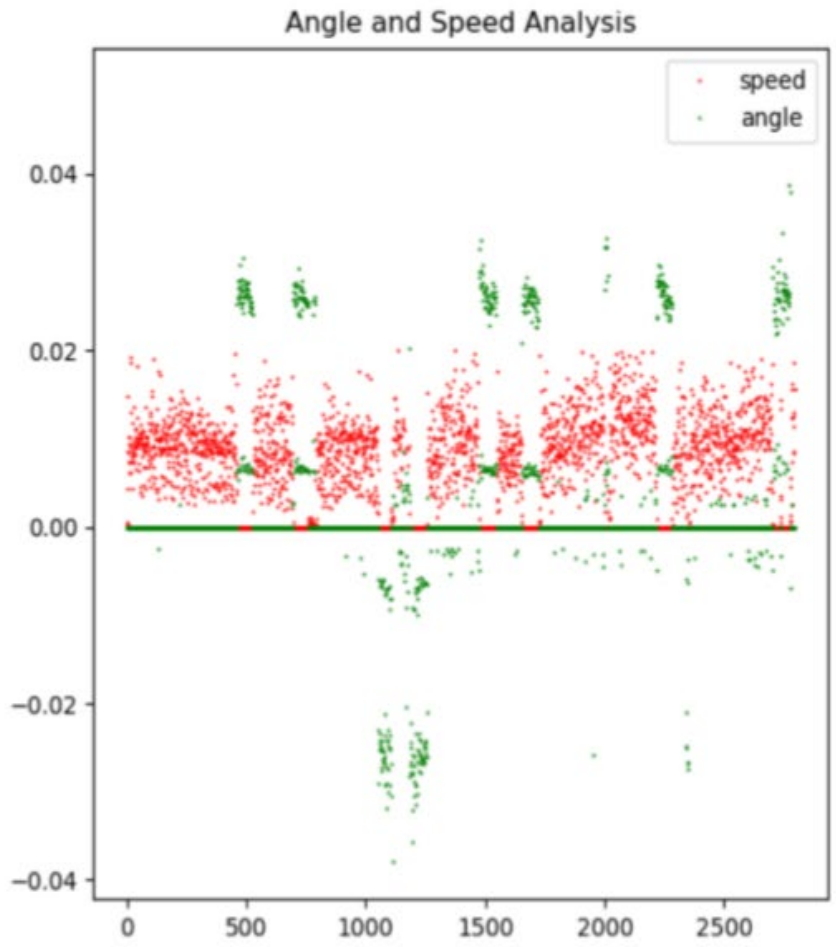




实验7

状态约束+异常速度取平均值





1 调试结果

未处理	速度二值化	减少特征点	增加右转幅度	状态约束	状态约束+旋转速度归一化	状态约束+旋转速度二值化	状态约束+旋转速度二值化
40.19cm	52.47cm	38.71cm	29.56cm	37cm	112.1cm	25.83cm	30.21cm

结论：

纯旋转对状态的区分效果更好，可以通过旋转来判断运动状态

旋转过程中，旋转速度有两档，猜测与小车的的运动模型有关

特征点数量不足时，预测效果不佳

1 项目亮点

项目亮点：

1.搭建了一个视觉里程计的框架并完成测试

2.利用运动约束对位姿矩阵进行优化，减小误差

3.可以在小车上实时使用，并绘制出实时轨迹

1 项目经验

代码要优雅

- 好的工程项目需要确定好框架
- 通过代码减少一些重复的删除和新建的操作
- 参数与代码分离，减少编译次数
- 保持各个模块的低耦合度

数据很重要

- 采集数据时应包含尽可能多的信息，多余信息可以后期裁剪
- 采用通用的文件存储方式，有利于比较

暴力调参不可取

- 不鲁棒，在同一片场景不同光线下效果会有很大的区别
- 不容易从中寻找规律

1 后续计划

由于前期学习基础知识，配环境花了较长时间，很多探索工作没有进行，这些工作可以显著地提高视觉里程计地效果。

- 闭环检测，通过检测特征点的相似程度来确定是否回到起点，相当于多了一个终点位置的约束，令终点与起点位置相同，纠正R与t，显著地提高准确度。
- 建立运动模型，完善运动约束
- 后端优化，目前的优化仅限于两帧之间，可以建立关键帧，在多帧之间进行优化，效果会更好。
- 建图，在定位的同时进行建图，完善成一个SLAM问题，效果会更好。

THANKS

Q&A