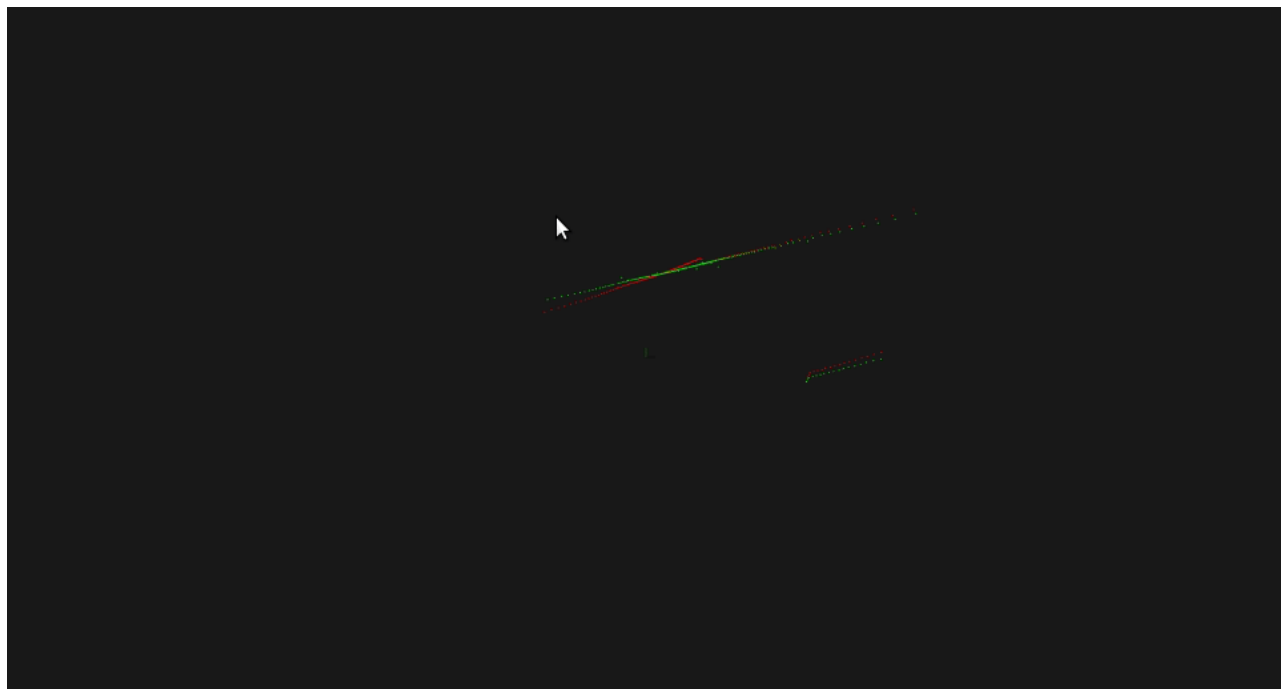


## 1. 补充去除激光雷达运动畸变模块的代码;

去畸变效果如下:



代码中额外使用了Eigen库，假如编译失败请检查Eigen库的安装！

LidarMotionUndistortion.cpp Line: 220 - 234

```
// 求Base在Odom坐标系下的位姿, 及转换矩阵T(Base to Odom)
double base_yaw = tf::getYaw(frame_base_pose.getRotation());
tf::Vector3 base_XYZ = frame_base_pose.getOrigin();
double base_x = base_XYZ.x();
double base_y = base_XYZ.y();

double cos_base = cos(base_yaw);
double sin_base = sin(base_yaw);

Eigen::MatrixX<double> Tob(3,3);
Tob << cos_base, -sin_base, base_x, \
      sin_base, cos_base, base_y, \
      0, 0, 1;

Eigen::MatrixX<double> Tbo = Tob.inverse();
```

## Workspace Directory Structure

```
LaserUndistortion
├── .vscode
│   ├── c_cpp_properties.json      # VScode ROS库配置
│   └── settings.json
└──
```

```

├── .catkin_workspace
├── bag                                # 数据集
│   └── ...
├── devel
│   └── ...
└── src
    ├── champion_nav_msgs            # 自定义消息
    │   └── ...
    ├── LaserUndistortion            # 作业代码
    │   └── ...
    └── CMakeLists.txt

```

## 2. 阅读论文 Least-Squares Fitting of Two 3-D Points Sets,推导并证明已知对应点的 ICP 求解方法;

首先有目标函数:

$$\Sigma^2 = \sum_{i=1}^n \|q'_i - Rq_i\|^2$$

求旋转矩阵 R 使  $\Sigma^2$  最小, 有:

$$\Sigma^2 = \sum_{i=1}^n (q_i^t q_i + q_i^t q_i - 2q_i^t Rq_i)$$

问题转化为求以下式的最大值:

$$F = \sum_{i=1}^n q_i^t Rq_i = \text{Trace}\left(\sum_{i=1}^n q_i q_i^t\right) = \text{Trace}(RH)$$

这里:

$$H = \sum_{i=1}^n q_i q_i^t$$

使用SVD:

$$H = U\Lambda V^t$$

当  $R = VU^t$  时, 且  $\det(R) = 1$ , 有  $\text{Trace}(RH)$  为最大值。

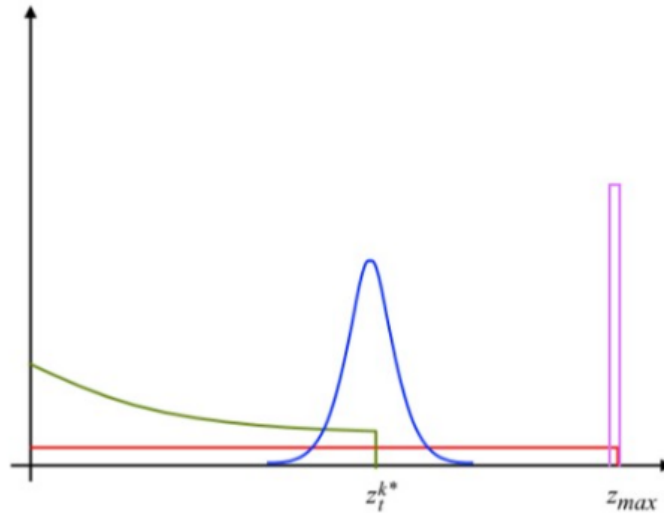
因为有公理使  $\text{Trace}(RH) \geq \text{Trace}(BRH)$ , 这里B也为任意旋转矩阵。

## 3. 阅读论文 Precise indoor localization for mobile laser scanner 前两章,回答问题。

(1) 根据第二章内容,简述激光雷达测距原理;

激光雷达测距原理主要有2种方法,一种是通过TOF (time-of-flight), 通过测量发出和接收激光时间之差来计算距离; 另一种是测量相位差来计算距离, 通过发出和接收幅值连续变化的光波, 测量发出和接收时的相位差, 计算距离。

(2) 简要介绍一下右图的含义。



图中为激光束测量4种不同情形的概率密度函数图，分别对应正常击中目标的高斯分布，碰到障碍物，random noise, 和没有击中任何物体。

4. 简答题,开放性答案:设计使用 IMU 去除激光雷达运动畸变的方法并回答问题。

(1) 仅用 IMU 去除运动畸变可能会有哪些不足之处?

IMU 自身存在误差，并且会一直累计。

(2) 在仅有 IMU 和激光雷达传感器的情况下,你会如何设计运动畸变去除方案(平移+旋转),达到较好的畸变去除效果?

在运算资源充足的情况下结合ICP进行迭代匹配，此时可以合理假设 IMU 是线性误差，假设每 $dt$ 后，IMU 测量出现固定的角度误差和位移误差，即可使用ICP方法记性迭代直至收敛。