

1. NDT Based
2. Collar Line Segments Based
3. GMM Based (Q.S. Lee)

对上述三种方法进行评估

## 一. 点云特征的选取与描述

点云特征的作用是描述点云的局部性质。

Collar Line Segments Based 的方法顾名思义，是基于线段特征，而在 3D 点云中提取线段不是一件容易的事情，作者巧妙地利用了 Velodyne 多线激光的特点，在 rings 之间随机生成线段并滤波，既保证了线段的数量，又保证了线段的质量。传统的 2D 激光点云提取直线线段有很多，但都是为了提取线段而提取，实质上对激光点云的配准帮助不大。而此方法显然避开了这点，在大规模 3D 点云上用随机的方法尽可能保留了点云的特征，在 KITTI 数据集上也得到了验证。

NDT 特征的特点是将空间分成若干个空间，然后统计子空间内的分布。这样将具体的点云转变成抽象的统计分布来处理。根据得到的统计展开得到空间内点云的大致形状（面、线等等）。NDT 特征被广泛用于闭环检测以及点云配准中。

GMM 方法在提取特征类似于 NDT 方法，只不过没有划分子空间，而是具体到点云中每个激光点。每一个激光点表示成为一个带权重的高斯分布，来描述该激光点的表面不确定度。这样的方法考虑的很仔细，当然也带了巨大的计算量，所以在快速移动的机器人或无人车上并不可取。

## 二. 匹配方法的差异

Line Segments Based 方法提取出了很多的线段，针对这些线段，作者只是提取了线段中心，并且用原始的 ICP 方法进行匹配。某些场合下匹配结果要优于 Generalized-ICP。

基于 NDT 特征的匹配方法，以及千山师兄的基于 GMM 方法，这两者的匹配与优化方法类似。一种具体思想是通过减小两个混合高斯分布模型的之间的  $L_2$  距离，来求得两堆点云的旋转位移量。具体优化  $L_2$  的推导可以参见 2012 年 IJRR 中一篇文章：Fast and accurate scan registration through minimization of the distance between compact 3D NDT representations。

GMM 方法中每个激光点根据曲率不同分成了三种形态，即圆形、椭球形以及点形，而且每个激光点就是一个高斯分布。然后将众多高斯分布分成 layers，layer 与 layer 之间建立数据关联然后进行优化。充分利用了混合高斯模型的特点，就是计算量较为庞大。