

论文:

Dubé R, Dugas D, Stumm E, et al. **SegMatch: Segment based loop-closure for 3D point clouds**[J]. arXiv preprint arXiv:1609.07720, 2016.

作者来自 Ethz_asl 实验室

相关 YouTube 视频: <https://www.youtube.com/watch?v=iddCgYbgpiE>

相关开源代码: <https://github.com/ethz-asl/segmatch>

一. 背景介绍

SLAM 里面很重要也很具有挑战性的一环是闭环检测。闭环检测可以使移动机器人真正地理解环境的结构[1], 而不是简单的里程累积。机器人的重定位 (relocalization) 也可以看作是闭环检测的一个特例, 比如机器人被绑架到已有地图之外, 回到原有地图则需要有闭环检测的功能。

移动机器人利用视觉的 Bag of Words[2]可以检测闭环, 2D 激光也可以通过 ICP 等 scan matching 算法来强行匹配二维点云数据。但是 3D 激光点云数据量更大, 几何信息量更丰富, 如果直接 ICP 等算法来检测闭环计算量会很大, 也不准确。

该论文里提出目前在 3D 点云里主要有三类方法:

- a. 基于新进来的点云 (简称新点云, new scan) 的局部特征。类似于图像的 SURF 特征点等等, 激光点云也可以提取出 Gestalt 特征[3]等等。通过特征点匹配与投票等方法, 可以大致检测到机器人已经进入形式过的区域。
- b. 基于新点云的全局特征。比如, 记录每簇点云在全局坐标系下的直方图特征, 比如高度、密度、角度等。当地图上某段点云与新点云很相似时, 再通过 ICP 等匹配算法计算位姿关系。
- c. 基于平面或物体特征。此类方法可以利用平面等物体特征来检测闭环, 但有时对环境的单一性要求比较高。

二. SegMatch 算法

SegMatch 算法可以分为四个模块: 分割 (Segmentation)、特征提取 (Descriptor extraction)、匹配 (Matching) 以及几何验证 (Geometric Verification)。如论文中所示:

三. 个人想法

SegMatch 方法是 16 年 9 月发布的，应该是最新的基于 3D 激光点云来检测闭环的方法。个人认为该方法其实是糅合了基于特征点和物体的检测方法，但是有以下两个问题：

1. 从 Ethz-asl 实验室发布的视频以及 Wiki 来看，提取出来的物体基本是三类：树、汽车以及墙。如果环境发生了缓变（比如汽车开走了），那么闭环检测就会有可能受到影响。而墙的长度有可能大于激光的探测范围而被当作两个物体，分割聚类的中心也估计不准，可能对闭环检测产生影响。
2. 通过机器学习训练分类器来匹配物体是一个很好的 idea，但是投入实物使用要采集大量样本，而且实物运行的时候会影响闭环检测的速度。如果环境比较单一（比如停车场或者农田），其实对物体模型有很容易的估计，可以不用随机森林分类器而使问题简单化。

此外，该论文大量篇幅在论述实验方法与结果，而对 SegMatch 具体方法描述很淡，带有明显的 Ethz-asl 的风格。

相关文献：

- [1] Cadena C, Carlone L, Carrillo H, et al. Simultaneous Localization And Mapping: Present, Future, and the Robust-Perception Age[J]. 2016, 32(6).
- [2] Filliat D. A visual bag of words method for interactive qualitative localization and mapping[C]//Robotics and Automation, 2007 IEEE International Conference on. IEEE, 2007: 3921-3926.
- [3] Bosse M, Zlot R. Place recognition using keypoint voting in large 3D lidar datasets[C]//Robotics and Automation (ICRA), 2013 IEEE International Conference on. IEEE, 2013: 2677-2684.
- [4] Douillard B, Underwood J, Kuntz N, et al. On the segmentation of 3D LIDAR point clouds[C]//Robotics and Automation (ICRA), 2011 IEEE International Conference on. IEEE, 2011: 2798-2805.
- [5] Weinmann M, Jutzi B, Mallet C. Semantic 3D scene interpretation: a framework combining optimal neighborhood size selection with relevant features[J]. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2014, 2(3): 181.
- [6] <http://www.cvlibs.net/datasets/kitti/>