

深蓝学院激光 SLAM 第三期第六次作业

一·本次作业练习目标

熟悉了解基于优化的 SLAM 算法，并手写 SLAM 图优化代码，扩展更多的后端优化知识。

二·作业计分原则

满分为 12 分，10 分为优秀，8 分为良好，6 分为及格。

三·作业提交说明

需提供完整的 PDF 报告及代码。公式推导题可以手写照相粘进 PDF，也可以直接写进 PDF。

四·作业题目说明

1. 补充代码，实现高斯牛顿方法对 Pose-Graph 进行优化；（6 分）
2. 简答题，开放性答案：你认为第一题的优化过程中哪个环节耗时最多？是否有什么改进的方法可以进行加速？（2 分）
3. 学习相关材料。除了高斯牛顿方法，你还知道哪些非线性优化方法？请简述它们的原理；（2 分）
4. 将第一题改为使用任意一种非线性优化库进行优化（比如 Ceres, Gtsam 或 G2o 等）。（2 分）

五·作业提示与学习材料

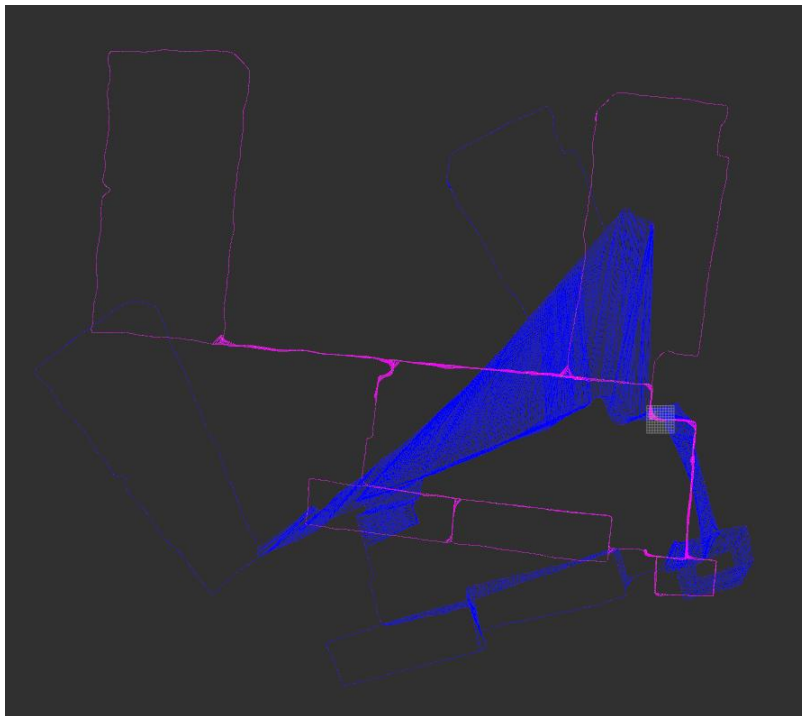
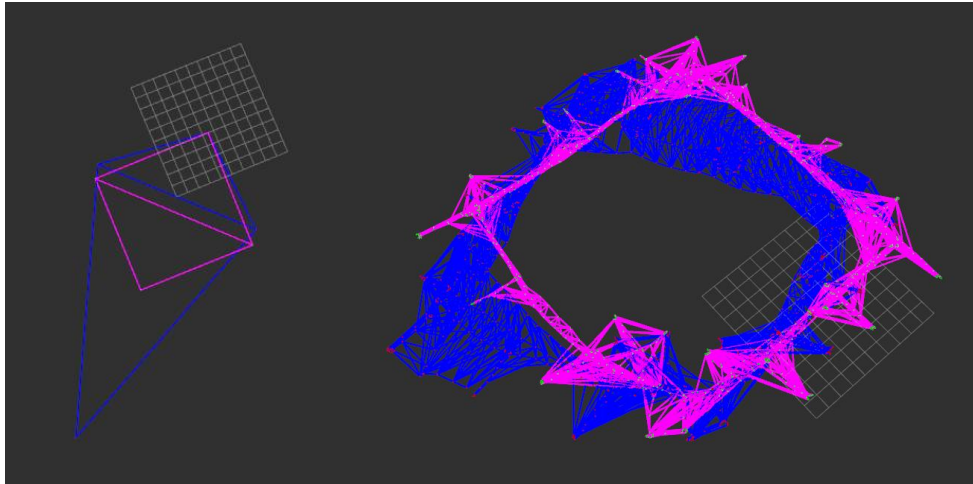
第一题代码说明：

1. 实现高斯牛顿方法来对一个 Pose-Graph 进行优化。
2. 给出的代码内部包含了可视化界面，大家可以用 RVIZ 的 MarkerArray 进行查看。优化前和优化后对应的 topic 为：/beforePoseGraph 和 /afterPoseGraph，注意 Fixed Frame 需要设置为 map。

本次程序的运行过程为：

1. 文件 main.cpp 中的 main 函数中，有文件路径设置，需要根据自己电脑的路径进行修改。
2. 实现代码中要求的实现的内容，并且编译通过。
3. 进入到 LSSLAMProject 目录下，运行：source devel/setup.bash。
4. 运行指令：启动 roscore 然后运行 rosrund ls_slam ls_slam 即可。
5. 在 rviz 中查看优化前后 PoseGraph 的区别。推荐首先选用 test_quadrat 数据进行计算，之后可以试下另外两个数据集。

参考结果：



推荐论文：

1. METHODS FOR NON-LINEAR LEAST SQUARES PROBLEMS 论文中介绍了几种常用的非线性优化方法，内容比较详细全面，可以作为不错的非线性优化学习材料。
2. Efficient Sparse Pose Adjustment for 2D Mapping 讲述 SLAM 后端的经典论文，其中 IV.小节 D 部分介绍了如何对 SLAM 问题的后端进行加速。
3. On the Comparison of Gauge Freedom Handling in Optimization-based Visual-Inertial State Estimation 虽然不是激光 slam 的论文，但文中讨论了在优化过程中如何固定坐标系的 3 种方法，与它们之间的效果差异，其中第二章方法就是我们代码中运用的对 H 矩阵+I_{3*3} 加入约束信息。有兴趣的同学可以阅读学习。

非线性优化库推荐：Ceres Gtsam G2o

其中 Ceres 资料最完善也相对稳定，是谷歌的非线性优化库，Google Cartographer 就是调用了该库。
<http://www.ceres-solver.org/tutorial.html> 既可以作为 Ceres 的学习材料，也可以作为非线性优化的

学习材料。

Gtsam 的学习可以观看深蓝的公开课：<http://www.shenlanxueyuan.com/open/course/28>

或者泡泡机器人的公开课：https://www.sohu.com/a/133646392_715754

视频链接: <https://pan.baidu.com/s/1b5T79k> 密码: xcbe

另外有一本书讲述 Gtsam 底层因子图的原理：《机器人感知：因子图在 SLAM 中的应用》。书比较难，感兴趣同学可以阅读一下。

g2o : A General Framework for Graph Optimization 为 g2o 的论文。

<https://blog.csdn.net/zyh821351004/article/details/46521319> 这篇博客对学习 g2o 与 graph slam 比较有帮助。