

一、当前学习中遇到的问题

1. 关于 sicmp 算法不知道是什么，百度也查不到

Sicmp 是一种改进的 icp 方法，目的是减弱外点的影响。但实测效果看，在室外大规模点云问题匹配问题上效果并不好，课程里只是为了让大家写作业有一个代码参考。

2. 关于求雅可比时，旋转和位移分别求雅可比以后，怎么合并

直接按维度合并在一起

3. 做实验科研的话，用 ros1 是否够用，还是需要 ros2

一般 ros1 就够用了，ros2 的生态目前还不成熟，反而不如 ros1 方便

4. 多传感融合定位是否需要机器学习的介入，不用可以吗

工程上有一些应用，但是都比较简单，比如把语义的特征拿来用(superpoint)，作为融合的约束之一，基本都是使用结果就够了。初学阶段可不用过多关注这方面问题，掌握融合的基本原理再去接触这些，会容易很多。

5. 想请教下任老师，用机器人跑建图时候，想一边跑一边实时的看效果，但是到后期 rviz 显示会变卡，有没有什么办法或者其他可视化方案去解决这个问题？

这种往往是因为要显示的东西越来越多，可以只显示当前时刻附近的点云，其他的一律不显示

6. 建图的时候，转弯的过程中 ndt 比 icp 更鲁棒，那么我们建图的时候 都是两种算法混用的嘛，我们是怎么来确定现在是处于转弯状态或者是有大幅度变化的

Ndt 在初值不好或者环境有部分变化的情况下，比 icp 效果更好，但是当没有这

些缺点时，icp 精度更高。所以实际使用时，用哪种方法取决于车上的组合导航设备精度，精度好时，推荐用 icp，反之，推荐用 ndt。(这个精度好坏没有严格界限，一般四五万元以上的设备可以认为是精度好的)

7. 能否讲解下 ceres 内部是如何使用传入的残差和雅克比来实现优化问题求解，流程是怎样的？看 ceres 源码也有点糊涂没看明白。

可以看一下这个系列教程 <https://blog.csdn.net/wzheng92?t=1>

8. floam(<https://github.com/wh200720041/floam>) 中 定 义 的 PoseSE3Parameterization 类在 ceres 里是如何起作用的？这个类里的 ComputeJacobian 和 plus 函数又起到了什么作用？其中 ComputeJacobian 这个函数定义的是四元数对 se3 的雅克比矩阵，为什么在 floam 里面给的是个单位阵？

这是 ceres 里的 localparameterization 的用法，核心原因是四元数是四维，而实际优化时使用的是 3 维的误差(李代数)，详细介绍可参考 <https://blog.csdn.net/hzwwpgmwy/article/details/86490556>

那个地方之所以是单位阵，是因为它把这个地方的雅可比乘在了别的地方(意思是，链式求导有两步，他把“四元数对 se3 的雅克比矩阵”乘在了第 1 步里，所以这个地方就只剩下单位阵了)，这种做法也是 vins 里使用的做法

9. 第三章作业中，将参数块定义成四元数 (4) 和平移 (3) 两部分与定义成一个完整 7 个参数的数组有什么区别？这两种不同的参数块对雅克比的推导和 PoseSE3Parameterization 这个类的有什么影响。

没有什么区别，本质上都是一样的。拆成两部分可能代码写起来更方便，做 localparameterization 时不用带着平移(但仍然区别没有那么大)

10. 第三章视频和 PPT 里求雅可比，对旋转矩阵数偏导不一致，分别为 $-(R_p + t)^\wedge$ 和 $-(R_p)^\wedge$ ，不清楚这两个具体的区别，什么情况下应该用哪种结果？

以 ppt 为准，视频里有时候有些错误，后来更改的时候只在 ppt 里改了

11. 第二章作业里的 SICP 算法，参照那个方法跑出来的结果后面就发散了，不太清楚是为什么

Sicp 不是给室外大规模点云用的，比较难调，只是写代码的参考，可以不必花过多精力去调试

12. 关于点云滤波的问题：我看 voxel_filter 中 leaf_size 设置得并不小，如 $1.3 \times 1.3 \times 1.3$ ，对于这样的滤波会不会使点云或者地图的精度大大降低，以及影响定位。

在基于地图定位时，这个参数还好，影响不大，在建图时，这个参数确实偏大

13. 第三章课件(14 页)中给出的面特征残差是没有取模的，但自身是个标量，而作业里是取了模的，请问取模与否是不是不影响计算结果呢？作业里取模是为了保证结果为正嘛？实际工程中我们又会用哪种形式呢？

取模和不取模效果在理论上是一样的，这里做区分就是为了设计作业用，让打家掌握雅可比推导方法

14. 第三章提供了 aloam.launch 和 loam.launch 两个 SLAM 解决方案，但我运行 loam.launch 应该是少了一部分的（是从 github 拉取后直接编译，编译成功后运行、评估，结果只有 2700 个点）。请问这是代码的问题（比如 skip 了一定的 frame，或者开头和结尾有空窗期？还是我自己的操作有误呢？

这个我找葛垚解答一下，让他在群里回复大家

二、其他需要交流的问题

1. 想了解关于多传感融合的最新融合策略和主流的研究方向趋势，另外在机器人领域（非自动驾驶领域）的主流研究趋势方向。

- 1) 目前主要的融合思路就是把 RTK、IMU(预积分)、点云匹配结果(或点云特征)、视觉匹配结果(或特征)进行融合，在高精地图、自动驾驶等领域会加上语义信息(车道线、杆、牌等)
- 2) 目前融合模型比较固定(在后端把各个约束对应的因子加上就行)，唯一有区分的地方是视觉与激光融合时候的紧密度问题，一种是“视觉+imu”、“激光+imu”分别融合，然后再对结果进行二次融合，另一种是“视觉+激光+imu”直接融合，后一种是趋势，但发展还不完善，尤其在工程上，融合越紧密，出问题的时候越不好查，所以现在工程上第一种反而居多。
- 3) 机器人领域与自动驾驶领域在融合理论上区别不大，主要区别在传感器上，比如机器人很多用单线雷达，自动驾驶有更多的语义信息等

2. 百度的 apollo3.0 以后好像就不再使用 ros 通讯了，它自己写了一个 cyber 模块，那么请问下老师，cyber 和 ros 相比有什么优势吗？改进在哪里？

就是百度版 ros。。。

3. 在图优化的时候，那个回环边，该怎么去添加，才能优化到自己想要的？

没理解这个问题，回环边在后端中的添加方法已经在框架代码中给出了

4. 对于已经工作了几年，没有过 slam 相关工作经验只有学习经验的人，能否有机会转入 slam 或者多传感器融合定位领域，企业对这样的人的知识储备要求和工程能力要求一般是什么标准？

去大公司不会要，考虑先去小公司过渡一下，然后转大公司

5. 融合定位在实际工程中如果遇到定位效果不好的时候一般是如何进行 debug 和优化的? 需要什么样的问题分析工具? 以及能否简单讲解几种业内常见的问题以及相应的解决方法? 还有多传感器融合定位如何应对在自动驾驶中, 存在大规模数据时如何高效的进行数据分析和迭代?

- 1) 一般就是写 log, 比如一个算法分 5 步, 当遇到第 5 步执行完之后效果不好的情况时, 通过 log 看一下第 1、2、3、4 步的输出是否和预期输出一致, 就可以大致定位是哪一步有问题
- 2) 一般是问题驱动, 大数据带来的意义 badcase 更多, 更容易暴露问题。一般好的场景都不会过多关注, 只会关注 badcase, 所以分析数据本质上就是分析 badcase, 如果进行数据分析和迭代问题本质上也是如果去分析 badcase 的问题。解决 Badcase 的核心有两点, 一是归类, 即在分析成因的基础上去按成因合并同类项; 二是解题, 即按照成因找出成本最小的方法解决问题。

6. 在多传感器融合定位中用到的图优化的方法有没有可能用到感知融合的多目标跟踪领域内? 请问老师有没有见过这样的论文或者资料可以推荐?

对感知不了解, 但我个人认为可行性不大, 优化的本质是参数拟合, cnn 也是, 它能干的事情神经网络已经干了。

7. 传感器融合相关的学习资料推荐

从几个开源系统入手, 简单的有 vins、lins 等, 稍微复杂些的有 lio-mapping、gvins、R3live、lvi-sam 等

8. 想请教关于 kitti 数据 IMU 帧率问题, lidar 是 10 帧每秒, IMU 是 100hz 高频数据, 理论上一帧 lidar 数据应该对应 10 帧 imu 数据, 但同步的数据中, 一帧 lidar

数据只有一帧对应的 imu 数据，这样做融合的话能发挥出 imu 的性能吗？谢谢老师！

做图优化是可以的(这是前三章的内容)，后面做紧耦合就不行，做紧耦合时 imu 时 100hz 的

9. 想请老师讲一讲技术怎么在工程中落地。

- 1) 明确基本需求（比如建一个点云地图，然后在地图上定位）
- 2) 在基本需求下，实现一个初步方案（比如前三章就是一个初步的建图和定位方案，后面几章会有基于融合的建图和定位方案）
- 3) 在实际场景中，不断测试，从测试出的问题出发，逐渐完善方案

这里面的核心在于从“问题出发”，而不是从想象，所有算法的增加都是有问题做依据的，不要想当然，更不要因为想加而加。

“先实现一个简单的功能，然后在实测中不断去迭代它”，按照这个逻辑，可以解决绝大部分工程问题。

10. 请问一下像 loam 系列构建的点云地图可以用来做什么？生成地图的目的是什么？

目的是基于地图做定位

11. 老师您好！每次面对课程代码时都会比较局促，感觉代码量太多，想看又不知道改从什么地方看起，老师可以讲讲您阅读代码的经验技巧吗？

按照代码工作的流程，先弄清楚各个模块的功能，再弄清楚各个函数的功能，最后再看各个函数是怎么实现的，不要一下子就进入细节里去，容易摸不清头脑

12. 需要一些自动驾驶工程化相关的东西，希望老师讲一讲这些技术具体怎么落地。

同 9

13.面试经验交流，学习资料推荐，slam 与自动驾驶感知的共同处与区别

- 1) 面试的核心是向别人证明你能做成事，过去成过事，且知道为什么成
- 2) 同 7
- 3) Slam 与感知是两个不同的东西，虽然有一些共性（比如 slam 有时也用语义，感知有时也会多帧拼接），但毕竟是两类任务，讨论共同点必要性不大

14.任老师的职业经历丰富，呆过国企，初创公司，以及大厂，请问应届生如何再这三者之间选择，周围都劝去大厂，社招跳槽时又分别需要具备哪些条件。尤其是从初创到阿里，任老师跳过去职级应该挺高的（手动狗头）。谢谢。

应届生建议去大厂或头部创业公司

社招最看重的就是过去成过事，并且知道为什么成

15.激光 SLAM 目前还有哪些值得研究的细分领域吗？个人感觉激光 SLAM 技术现在很成熟了，但迟迟不见成熟的整车解决方案大量投入使用，具体的技术瓶颈是什么呢？另外现在工程上/企业里对激光 SLAM 的开发还有哪些亟待攻克的难题吗？

- 1) 激光 slam 已经成熟了
- 2) 车上已经在大量用，不过是在 L4 级的车上，L3 及以下在逐渐用，主要是成本和车规
- 3) 激光方面已经没有太多难题了，更多的是工程问题（badcase）

16.未来 3-5 年进入企业的话，肯定掌握多传感器融合技术的，请问是以研究激光 SLAM 为主，还是以视觉 SLAM 为主呢？请问有没有面试经验交流社群或者学

习资料推荐呢？

- 1) 都掌握比较好，目前这个领域的，做的好的，都是两方面都懂
- 2) 面试交流找一下班主任，有群
- 3) 学习资料同 7

17.目前的 dataset 中只有少部分提供了 groundtruth，而且新的数据集大多关注的是目标检测(行人/车辆检测)任务,很少有关关注 odometry 任务&发布 odometry groundtruth 的了，是不是因为 odometry 已经是一个 solved problem 呢？如果想了解这些细分领域的最新进展，有哪些合适的渠道呢？

- 1) odometry 确实很难提高了，而且一味提高精度，对工程意义也不大
- 2) 同 7，多看论文就行