

一、当前学习进度中遇到的问题

1. 调参的问题。第 6、7、8 章都遇到了相同的情况，得出的数据，误差分析都不理想；不知道该调哪些参数，首先是对于参数理解不透彻，另一个是没有调试的方向，乱调没有效果；希望老师多讲讲这方面经验，推荐一些相关的资料。

调参就是根据融合结果的现象调观测(RTK、组合导航、点云和地图匹配)和预测(IMU、轮速记)的权重，所以首要问题是根据现象来判断权重是高了还是低了。

一般观测是有噪声的，但没有累计误差，预测是平滑的，但有累积误差，所以当融合后轨迹太离散时，就是观测权重过高了，一般轨迹虽然很平滑，但是和观测有明显的非噪声性偏离，就是预测权重过高了。

调参后仍然效果不好：

- 1) 数据不好
- 2) 传感器质量不好(imu)

2. 第七章作业里的融合定位结果与 laser 的路径接近，但是和 gnss 的 ground_truth 路径相差一小段，正常这三者结果应该相近，请问是什么原因，用的是之前第四章的初始化方法，基于 gnss 和基于 scancontext 的都试过，后面把代码里的地图 pcd 文件改成第四章自己生成的就可以了，会不会是因为数据集的原因？

这是数据集的原因，KITTI 数据集的组合导航结果精度较低（有米级误差），具体表现是，同一条路，走两次时，轨迹不重合，但是建图时为了点云没有重影，同一条路走两次时，会做回环修正，所以建图融合后的位姿已经和组合导航的位姿不一致了，而定位时，又以点云和地图匹配为先验观测，因此就会导致与雷达接近，与 ground_truth 不接近的情况

3. 在第六章的三维运动微分性质这一节中, $\dot{r}^b = -w^b_{wb} \times r^b$ 这个式子怎么推导? 为什么前面有个负号? 其中 w^b_{wb} 这个角速度变量的下标 wb 代表什么含义?

$\dot{r}^b = -w^b_{wb} \times r^b$ 这是大学物理基础的动力学公式, w^b_{wb} 代表 imu 测量的角速度, 它三个上下标代表的含义是 b 系相对于 w 系的旋转角速度在 b 系下的表示, 可以理解为 imu 测量的自身旋转。

这个动力学公式的原版是没有负号的 $\dot{r}^b = w^b_{bw} \times r^b$, 注意角速度下标发生了变化, 因为原版公式里要求的角速度是以自身(b 系)为不动系的, 即 w^b_{bw} , 而实际测量的都是以 w 系为不动系, 所以就有了一个负号

4. 现实中, GPS 存在多路径效应等信号不稳的情况, 想向老师请教一下: (1) 这类效应对融合算法会有什么样的影响? (2) 如何模拟这种多路径效应对 MSF 的影响?

多路径会导致融合有偏差, 一般在没有底图点云做定位时容易出现这个问题, 包括绝对位姿和相对位姿 (指平滑性), 因为此时的先验观测只有 gps, 一般的解法是增加里程计 (可以是轮速计, 也可以是 slam) 保持平滑性, 同时采集多趟数据融合来提高绝对精度。

可以在 gps 里加误差, 但多路径很难模拟得很真实, 建议去容易出现多路径的区域采集一些真实数据做分析。

5. 在惯性导航解算, 2.姿态更新 2)基于四元数的姿态更新 这一节 ppt 中如何从左边第二个公式推导到第三个公式? e 是怎么来的? 解微分方程得到的不应该是 $q_{wb} = e^{\{1/2\theta\}}$?

对于一阶齐次线性微分方程：

$$\frac{dy}{dx} + P(x)y = 0$$

其通解形式为：

$$y = Ce^{-\int P(x)dx}$$

$$\dot{\mathbf{q}}_{wb} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 \\ \boldsymbol{\omega} \end{bmatrix}_R \mathbf{q}_{wb}$$

同样按照解微分方程的方法，并对指数项做积分，可以得到

$$\dot{\mathbf{q}}_{wb} = e^{\frac{1}{2}\boldsymbol{\Theta}} \mathbf{q}_{wb}$$

确实有问题，此处对应的应改为 $\mathbf{q}_{wb}(t) = e^{\frac{1}{2}\boldsymbol{\Theta}} \mathbf{q}_{wb}(t_k)$ ($t > t_k$),

此处 $t = t_{k+1}$ ，因此有 $\mathbf{q}_{wb}(t_{k+1}) = e^{\frac{1}{2}\boldsymbol{\Theta}} \mathbf{q}_{wb}(t_k)$

二、其他方面想要了解的问题

1. 建议推荐一些工程中可以用的 IMU，雷达的型号，最好是对比几家的产品优点；

国内自动驾驶早期最常用的是组合导航，其中诺瓦泰 pp7 用的最多(17-19 万)，后期多用国产组合导航，便宜些(3-5 万)，效果也差些。再到后期就直接用 imu 做融合，常用的 imu 品牌有 ADI、博士、新纳等，精度范围太广，所以型号太多，不一一列举，网上很容易找到这些品牌的型谱。

激光雷达，机械的有禾赛、速腾、镭神等，固态的大疆 livox 应用较广

2. 轨道交通场景下，在露天场景下，比如机车，建图定位有哪些方案，在隧道场景下，比如地铁，又有哪些可行的方案，还有就是轨道场景有没有回环检测的

方法？

轨道交通露天场景用 gnss+imu 就行，是否需要建图由场景定，比如有没有 gnss 容易遮挡的场景，建图方案用课程中所讲融合方案就行。隧道不了解，没接触过，一般光用雷达不太行，要加视觉。

3. apollo 用 RTK 和 LiDAR 作为观测，但是具体的融合算法没有开源。如果想把本次课程实现的融合算法替接入 apollo，替换原算法，应该怎么做？

把课程框架中 ros 发布的融合结果，转成 apollo cyber 系统的格式发布出去，具体方法没详细了解过

4. apollo 发布了自己的的路采数据包(demo-3.5.record)，如果想自己在某个路段录制类似的轨迹，应该怎么做？

没用过 apollo，sorry