



多传感器融合定位

第4章 基于滤波的融合方法

补充材料

主讲人 任 乾

北京理工大学本硕
自动驾驶从业者





目录



1. 滤波器使用方法



2. kitti工程中加入滤波器思路



3. 可观测度分析作业思路



4. 参考资料



目录



1. 滤波器使用方法



2. kitti工程中加入滤波器思路



3. 可观测度分析作业思路



4. 参考资料



滤波器使用方法

1. 基于导航信息的滤波器

此模式下，流程较简单，没有需要清零或重置的变量。

第五章的作业是基于导航信息滤波的，此处直接给出该方法的论文和代码。

论文题目GPS-aided INS Solution for OpenPilot

代码见[参考资料->基于导航信息的滤波](#)，滤波器核心代码往往百行左右，并且与公式的对应较为直观，因此不做讲解。



滤波器使用方法

2. 基于误差状态的滤波器

常见疑问点:

- 1) 为了保证误差状态始终为小量，每次估计得到后验值后，会把它补偿到导航信息上去，然后把状态量清零。
- 2) 清零等同于是把状态的均值移放在0的位置，并不影响方差(不严谨但可行)，因此方差按正常kalman的进行进行迭代，不做额外处理。
- 3) 导航解算时所补偿的陀螺仪和加速度计的bias，是所有历史时刻估计的bias的累加和。
- 4) imu精度较好时，不用每次清零，可定时清零一次，清零时同样按以上三点执行。

此处给出参考代码(代码简短且清晰，同样不做解释)，参考代码[见参考资料->ins-gps-ekf-master.zip](#)。



目录



1. 滤波器使用方法



2. kitti工程中加入滤波器思路



3. 可观测度分析作业思路



4. 参考资料



kitti中加入滤波器思路

这是核心内容！！因为整个课程就三件事：
把图建好，把定位做好；定位两个方法：1滤波 2优化

1. 模型及框架

模型：直接选用 eskf 的方案，基于导航信息的滤波方案常见于以前的无人机领域。

框架思路有两种选择

1 每个功能1个节点，前端一个节点，后端一个节点，数据预处理一个节点，地图匹配一个节点

1) 新建一个节点文件，订阅imu、激光匹配位姿等信息，该节点专门用来做滤波。

按“高内聚、低耦合”的原则，该方案更优，但工作量略大一些。

2) 在matching节点中直接增加kalman滤波函数，进行融合。

工作量较第一种方法略小。

高阶功能考虑

问题：激光匹配需要时间，因此融合后的位姿是有延时的；

解法：增加一个新的节点文件，订阅imu信息和融合后的位姿，当新融合后的位姿未到来时，使用imu做位姿预测进行输出。



目录



1. 滤波器使用方法



2. kitti工程中加入滤波器思路



3. 可观测度分析作业思路



4. 参考资料



可观测度分析作业思路

1. 思路

分析可观测度需要：

- 1) 状态矩阵：可利用imu解算的位姿计算；
- 2) 观测矩阵：只有位置(或位置和速度)观测时是固定的；
- 3) 观测量：由导航解算的值减去真值得到。

因此，理论上只需要导航解算就可以，但是imu的误差会发散，影响分析结果，简单办法是仿真高精度imu数据，使发散减小。



可观测度分析作业思路

2. 示例作业

除仿真高精度imu这一种思路外，还有另外一种思路，即在仿真过程中一直使用滤波器做估计，除了抑制误差的发散外，正好也提供了收敛速度的证明。

特殊说明

观测度分析是组合导航里的常见技术，但是与本课程以KITTI建图、定位为主的任务关联不大，因此为了满足对该部分内容不感兴趣，或作业量太大导致时间不够的同学，推出以下方案：

- 1) 此处给出一份优秀作业案例([见参考资料->第四章优秀作业文件夹](#)，感谢@imagoodsong)，把其中代码跑一遍，在作业文档中体现结果的，判定为及格；
- 2) 对结果做出一些分析的，判定为良好；
- 3) 题目只要是自己写的，且结果合理，即判定为优秀。



可观测度分析作业思路

3. 补充材料

可观测度分析，除了课程PPT中所介绍的方法外，还有以下3种方法

- 1) 对系统做kalman滤波，根据多次迭代以后，后验方差矩阵的特征值来分析(文献[1])
- 2) 直接根据 $Q_{so}^T Q_{so}$ 的特征值做分析(文献[2])
- 3) 针对SVD的缺点，结合惯导实际模型，做一些特殊的改进(文献[3])

参考文献([见参考资料->可观测度分析参考论文文件夹](#)):

- [1] Observability, Eigenvalues, and Kalman Filtering
- [2] 观测度及其在卡尔曼滤波器设计中的应用
- [3] 可观测度的探讨及其在捷联惯导系统可观测性分析中的应用

需强调的是：

此处讨论的是能够给出每个状态量各自的可观测度的方法，而不是只能给出整个矩阵观测度强弱的方法，因为分析的目的是为了找出组合导航模型在特定场景下不可观的状态量，并把它从滤波器里删除，形成新的可用模型。



目录



1. 滤波器使用方法



2. kitti工程中加入滤波器思路



3. 可观测度分析作业思路



4. 参考资料



参考资料

1. 参考资料

1) 关于惯性导航与组合导航

严恭敏：《捷联惯导算法与组合导航原理》 一本足够，且无法学有余力的同学不要看

严恭敏：《惯性仪器测试与数据分析》

2) 关于滤波、优化、四元数、李代数、运动模型

高翔，谢晓佳：《机器人学中的状态估计》

Joan Sola：《Quaternion kinematics for the error-state Kalman filter》([见参考资料](#))

高翔：《视觉SLAM十四讲》

3) 关于工程实践(常见优秀slam方案)

定期关注github上推出的新开源方案(搜索关键词)

知乎、博客等途径接触新的学术方案

不建议时间不充足的自己去扫论文，多数优秀工作都会很快在社群里引起讨论

感谢聆听 !
Thanks for Listening

