

Lesson1

rrison

1 VIO文献阅读

阅读VIO相关综述文献，回答以下问题：

视觉与IMU进行融合之后有何优势？

IMU快速响应(100-2000Hz),不受成像质量影响,角速度估计准确,可估计绝对尺度(加速度计有物理意义)。适合短时间、快速的运动；

摄像头不产生漂移。适合长时间慢速的运动。

在快速转动时，摄像头容易跟丢，IMU可以帮助估计瞬时姿态；

摄像头可以回环检测，抑制IMU纠正漂移。

有哪些常见的视觉+IMU融合方案？有没有工业界应用的例子？

- MSCKF是基于卡尔曼滤波器的双目视觉里程计。把多帧图像的相机位姿加入卡尔曼状态向量中，MSCKF维护一个位姿的FIFO，按照时间顺序排列，可以称为滑动窗口，一个特征点在滑动窗口的几个位姿都被观察到的话，就会在这几个位姿间建立约束，从而进行KF的更新。MSCKF的优点在于鲁棒性高，计算复杂度低，缺点是无法用到全局的信息进行全局的优化，没有回环检测。
- VINS-mono是基于优化和滑动窗口的VIO，使用IMU预积分构建紧耦合框架。并且具备自动初始化，在线外参标定，重定位，闭环检测，以及全局位姿图优化功能。
- OKVIS利用非线性优化一个滑窗内的关键帧，其损失函数包括带权重的投影差和带权重的惯导误差。OKVIS的前端是利用多尺度Harris提取特征点，并用BRISK作为描述子。OKVIS的后端是利用Google Ceres完成的，通过非线性优化完成状态估计。

VIO工业界产品有Google tango手机，Apple的ARKit，Qualcomm骁龙XR1平台。

在学术界，VIO研究有哪些新进展？有没有将学习方法用到VIO中的例子

- CVI-SLAM – Collaborative Visual-Inertial SLAM, Marco Karrer, Patrik Schmuck, Margarita Chli. 用多个机器人同步更新地图
- VINet: Visual-Inertial Odometry as a Sequence-to-Sequence Learning Problem. VINet利用FlowNet+RNN结合来做VIO。它的整个网络可以分为三部分。CNN部分通过一个FlowNet来得到相邻帧

间图像间的光流运动特征(1024维)。接着用LSTM来处理IMU的原始数据, 得到IMU数据下的运动特征。最后, 对视觉运动特征和IMU运动特征做一个结合, 送入另一个LSTM网络进行特征融合和位姿估计。

- Online Temporal Calibration for Monocular Visual-Inertial Systems. 时间戳标定。算法假设IMU和相机之间的延迟是常数, 将IMU和相机之间的时间延迟, 变成图像平面特征检测的位置的延迟。

2 四元数和李代数更新

见rotate/

程序输出结果:

```
→ build ./rotate
Before rotation q0:
1 0 0
0 1 0
0 0 1

Before rotation r0:
1 0 0
0 1 0
0 0 1

After rotation q0:
0.99935 -0.0298895 0.0201429
0.0300895 0.9995 -0.00969661
-0.0198431 0.0102964 0.99975

After rotation r0:
0.99935 -0.0299 0.02015
0.0301 0.9995 -0.0097
-0.01985 0.0103 0.99975
```

3 使用右乘, 推导以下导数 $\frac{d(R^{-1}p)}{dR}$, $\frac{d\ln(R_1 R_2^{-1})^\vee}{dR_2}$

$$\begin{aligned}
 & \frac{d(R^{-1}p)}{dR} \\
 &= \lim_{\phi \rightarrow 0} \frac{(Re^{\phi^\wedge})^{-1}p - R^{-1}p}{\phi} \\
 &= \lim_{\phi \rightarrow 0} \frac{e^{-\phi^\wedge} R^{-1}p - R^{-1}p}{\phi} \\
 &= \lim_{\phi \rightarrow 0} \frac{(I - \phi^\wedge R^{-1})p - R^{-1}p}{\phi} \\
 &= \lim_{\phi \rightarrow 0} \frac{-\phi^\wedge R^{-1}p}{\phi} \\
 &= \lim_{\phi \rightarrow 0} \frac{-\phi^\wedge R^{-1}p}{\phi} \\
 &= \lim_{\phi \rightarrow 0} \frac{(R^{-1}p)^\wedge \phi}{\phi} \\
 &= (R^{-1}p)^\wedge
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{dln(R_1R_2^{-1})^\vee}{dR_2} \\
&= \lim_{\phi \rightarrow 0} \frac{\frac{ln(R_1(R_2e^{\phi^\wedge})^{-1})^\vee - ln(R_1R_2^{-1})^\vee}{\phi}}{\frac{ln(R_1e^{-\phi^\wedge}R_2^{-1})^\vee - ln(R_1R_2^{-1})^\vee}{\phi}} \\
&= \lim_{\phi \rightarrow 0} \frac{\frac{ln(R_1R_2^{-1}R_2e^{-\phi^\wedge}R_2^{-1})^\vee - ln(R_1R_2^{-1})^\vee}{\phi}}{\frac{ln(R_1R_2^{-1}e^{(-R_2\phi)^\wedge})^\vee - ln(R_1R_2^{-1})^\vee}{\phi}} \\
&= \lim_{\phi \rightarrow 0} \frac{\frac{ln(R_1R_2^{-1} + J_r^{-1}(ln(R_1R_2^{-1})^\vee)(-R_2\phi) - ln(R_1R_2^{-1})^\vee}{\phi}}{\phi}} \\
&= -J_r^{-1}(ln(R_1R_2^{-1})^\vee)R_2
\end{aligned}$$

已知

$$ln(Re^{\phi^\wedge})^\vee = ln(R)^\vee + J_r^{-1}\phi$$

$$J_r^{-1}(\theta\omega) = \frac{\theta}{2}cot(\frac{\theta}{2})I + (1 - \frac{\theta}{2}cot(\frac{\theta}{2}))\omega\omega^T + \frac{\theta}{2}\omega^\wedge$$

$$R^Te^{\phi^\wedge}R = e^{(R^T\phi)^\wedge}$$