1、 VIO 文献阅读

1）视觉与 IMU 进行融合之后有何优势?

整体上，视觉和 IMU 定位方案存在一定互补性质。

IMU 适合计算短时间、快速的运动，可以为视觉提供快速运动时的定位；

视觉适合计算长时间、慢速的运动，可利用视觉定位信息来估计 IMU 的零偏，减少 IMU 由零偏导致的发散和累积误差。

2）有哪些常见的视觉+IMU 融合方案？有没有工业界应用的例子?

a. 视觉+IMU 融合方案：

- MSF：松耦合。
- MSCKF：紧耦合，前端 Fast+光流，后端基于 EKF 滤波。
- ROVIO：紧耦合，前端 Fast+光度，后端基于 EKF 滤波。
- OKVIS：紧耦合，前端 Fast+BRISK 描述子，后端使用 ceres 进行非线性优化。
- VINS-Mono：紧耦合，前端 Fast+光流，通过非线性优化一个滑窗内的 KF。
- ICE-BA：紧耦合，前端 Fast+光流，后端基于优化
- ORB-SLAM3：紧耦合

b. 工业界应用：

- ARKit
- ARCore
- HoloLens
- PICO

3）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?

a. 新进展

- 加入新的传感器进行融合增强鲁棒性，激光雷达、轮速计、GNSS 等，如：LVI-SAM，GVINS，R3LIVE。

b. 深度学习+VIO

- VINet 首次使用深度学习来求解 VIO，第一个端到端可训练的方法
- SuperPoint 替换特征提取模块
- SuperGlue 替换回环检测模块
- 语义 SLAM

2、四元数和李代数更新

```
root@zhilong-ubuntu:/home/zhilong/vio_homework/ch1/build# ./check_update
R:
6.12323e-17          -1           0
          1 6.12323e-17           0
          0           0           1

q:
       0        0 0.707107 0.707107

so3:
     0      0 1.5708

SO3 hat:
    0 -0.03  0.02
 0.03     0 -0.01
-0.02  0.01     0

SO3 updated:
 -0.030093    -0.9995  0.0096977
   0.99935  -0.029893  0.0201453
-0.0198454  0.0102976    0.99975

Quaterniond updated:
-0.0300895    -0.9995 0.00969661
   0.99935 -0.0298895  0.0201429
-0.0198431  0.0102964    0.99975

diff:
           1  3.49927e-06 -2.33284e-06
-3.49926e-06            1  1.16643e-06
 2.33285e-06 -1.16642e-06            1
```

3、其他导数

a.

$$
\begin{aligned}
\frac{d\left(R^{-1}p\right)}{dR} &= \lim_{\varphi\to 0}\frac{\left(R\cdot\exp\left(\varphi^{\wedge}\right)\right)^{-1}\cdot p - R^{-1}p}{\varphi} \\
&= \lim_{\varphi\to 0}\frac{\left(\exp\left(\varphi^{\wedge}\right)\right)^{-1}R^{-1}\cdot p - R^{-1}p}{\varphi} \\
&= \lim_{\varphi\to 0}\frac{\exp\left(-\varphi^{\wedge}\right)\cdot R^{-1}\cdot p - R^{-1}p}{\varphi} \\
&= \lim_{\varphi\to 0}\frac{\left(I-\varphi^{\wedge}\right)\cdot R^{-1}\cdot p - R^{-1}\cdot p}{\varphi} \\
&= \lim_{\varphi\to 0}\frac{\left(I-\varphi^{\wedge}\right)\cdot R^{-1}\cdot p - R^{-1}\cdot p}{\varphi} \\
&= \lim_{\varphi\to 0}\frac{-\varphi^{\wedge}R^{-1}p}{\varphi} \\
&= \lim_{\varphi\to 0}\frac{\varphi\cdot\left(R^{-1}p\right)^{\wedge}}{\varphi} \\
&= \left(R^{-1}p\right)^{\wedge}
\end{aligned}
$$

其中，最后一步使用了 a^b = -b^a 的性质

b.

$$
\begin{aligned}
\frac{d \ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}}{d R_2} &= \lim_{\varphi_2 \to 0} \frac{\ln\left(R_1\left(R_2 \cdot \exp\left(\varphi_2^{\wedge}\right)\right)^{-1}\right)^{\vee} - \ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}}{\varphi_2} \\
&= \lim_{\varphi_2 \to 0} \frac{\ln\left(R_1 \cdot \exp\left(-\varphi_2^{\wedge}\right) \cdot R_2^{-1}\right)^{\vee} - \ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}}{\varphi_2} \\
&= \lim_{\varphi_2 \to 0} \frac{\ln\left(R_1 \cdot R_2^{-1} \cdot R_2 \cdot \exp\left(-\varphi_2^{\wedge}\right) \cdot R_2^{-1}\right)^{\vee} - \ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}}{\varphi_2} \\
&= \lim_{\varphi_2 \to 0} \frac{\ln\left(R_1 \cdot R_2^{-1} \cdot \exp\left(\left(-R_2 \varphi_2\right)^{\wedge}\right)\right)^{\vee} - \ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}}{\varphi_2} \\
&= \lim_{\varphi_2 \to 0} \frac{\ln\left(R_1 \cdot R_2^{-1} \cdot \exp\left(\left(-R_2 \varphi_2\right)^{\wedge}\right)\right)^{\vee} - \ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}}{\varphi_2} \\
&= \lim_{\varphi_2 \to 0} \frac{\ln\left(\exp\left(\ln\left(\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}\right) \cdot \exp\left(\left(-R_2 \varphi_2\right)^{\wedge}\right)\right)^{\vee} - \ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\mathrm{V}}}{\varphi_2} \\
&= \lim_{\varphi_2 \to 0} \frac{\ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee} + J_r\left(\ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}\right)^{-1} \cdot \left(-R_2 \varphi_2\right) - \ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}}{\varphi_2} \\
&= -J_r\left(\ln\left(R_1 R_2^{-1}\right)^{\vee}\right)^{-1} \cdot R_2
\end{aligned}
$$