IMU数据仿真

2019年11月19日 20:56

- 思路 1：指定轨迹方程，求一阶导得到速度，角速度，求二阶导得到加速度。
- 思路 2：已有 pose 轨迹，不知道方程，利用 B-Spline 产生 IMU 数据。

旋转积分的几种形式：

① 四元数形式： $q_{wb'} = q_{wb} \otimes [1, \frac{1}{2}\omega\Delta t]$

② SO3 形式： $R_{wb'} = R_{wb} \cdot \exp(\omega \cdot \Delta t)$

③ 欧拉角形式： $\theta_{wb'} = \theta_{wb} + \boxed{E_{wb}}\, \omega \cdot \Delta t$

其中，$\theta = (\psi_{roll}, \theta_{pitch}, \phi_{yaw})^T$，$E_{wb}$ 表示将 IMU body 坐标系下的角速度转换成欧拉角速度 $E \in \mathbb{R}^{3\times3}$

在仿真更常用，可显式地指定轨迹

欧拉角：

Step 1. 绕着惯性坐标系的 z 轴旋转，得到新的坐标系 b'

$$x_b^1 = \begin{bmatrix} \cos\phi & \sin\phi & 0 \\ -\sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x_b^0 = R(\phi) x_b^0$$

Step 2. 绕着 $\boxed{\text{新坐标系 } b'}$ 的 y 轴旋转，得到坐标系 b^2。

$$x_b^2 = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} x_b^1 = R(\theta) x_b^1$$

Step 3. 绕着 b^2 的 x 轴旋转，得到坐标系 b^3，b^3 就是我们的 body 坐标系：

$$x_b^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\psi & \sin\psi \\ \cdots & \cdots & \cdots \end{bmatrix} x_b^2 = R(\psi) x_b^2$$

$$x_b^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\psi & \sin\psi \\ 0 & -\sin\psi & \cos\psi \end{bmatrix} x_b^2 = R(\psi)\, x_b^2$$

$$\Rightarrow \quad x_b = R(\psi) R(\theta) R(\phi)\, x$$

inertial frame 下的欧拉角速度怎么转到 body 坐标系下呢？

$$\omega = R(\psi) \cdot R(\theta) \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{d\phi}{dt} \end{bmatrix} + R(\psi) \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{d\theta}{dt} \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{d\psi}{dt} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

因为绕X轴旋转是最后一步，所以body X轴旋.

$$\omega_b = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & -\sin\theta \\ 0 & \cos\psi & \sin\psi\cos\theta \\ 0 & -\sin\psi & \cos\psi\cos\theta \end{bmatrix}}_{E} \begin{bmatrix} \frac{d\psi}{dt} \\ \frac{d\theta}{dt} \\ \frac{d\phi}{dt} \end{bmatrix} \qquad ①$$

对上式①取逆就能得到 body rate to euler rate 的变换:

$$\frac{d\psi}{dt} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & \sin\psi\tan\theta & \cos\psi\tan\theta \\ 0 & \cos\psi & -\sin\psi \\ 0 & \sin\psi/\cos\theta & \cos\psi/\cos\theta \end{bmatrix}}_{C} \vec{\omega}$$