

ASEN 6044 Project Idea

前言

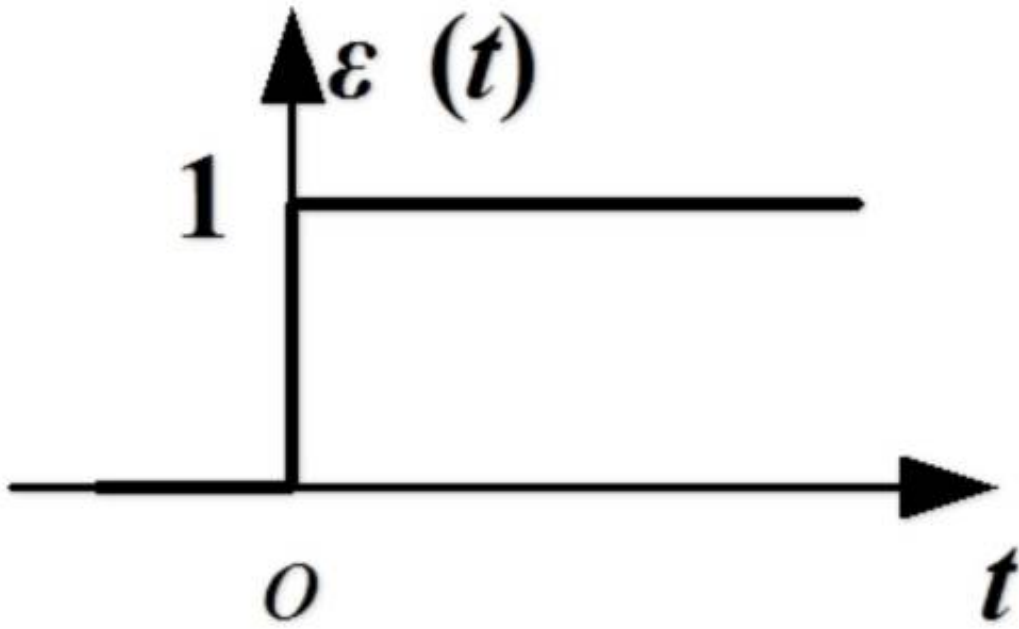
Particle Filter, Gaussian Mixture Filter, Gaussian Sum Filter, 以及后面的各种filter, 他们相较于经典的EKF/UKF, 最大的特点是能处理 non-smooth non-linear dynamics or measurements, non-Gaussian noise。所以我们需要一个这样的动力学方程或测量方程, 并添加非高斯的噪声。分工可以我们针对同一套动力学/测量方程用不同的filter, 最后对比效果。

背景

我有一套动力学方程是满足这个要求的, 是ASEN 5010课上的旋转动力学方程。从这个方程出发, 有一个可能的应用 topic: **利用XXX filter估计人造卫星内部结构变化**。卫星在运行中可能遇到各种扰动, 例如微小碎片撞击, 太阳风等, 可能会导致内部压力应力变化从而导致内部结构损坏, 但地面观测站无法直接观测到卫星内部的结构变化。从地面观测站可以获得卫星的运动状态信息 (姿态, range, range rate) 这些, 但卫星内部结构无法从观测中直接得到。但根据旋转动力学的欧拉方程, 卫星内部结构/质量分布是和姿态/旋转相互耦合的, 所以我们可以从姿态/旋转信息来估计卫星的内部结构/质量分布:

$$\dot{\alpha} = \begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sin \theta} \begin{bmatrix} \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ \cos \psi \sin \theta & -\sin \psi \sin \theta & 0 \\ -\sin \psi \cos \theta & -\cos \psi \cos \theta & \sin \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_l \\ \omega_i \\ \omega_s \end{bmatrix} \quad (4)$$
$$\dot{\omega} = \mathbf{I}^{-1} (-[\tilde{\omega}] \mathbf{I} \omega + \mathbf{L}_{cm})$$

这个旋转动力学方程是高度非线性的, 应该能满足这学期学的各种filter。其中 $\alpha = [\phi, \theta, \psi]$ 是欧拉角, 描述卫星的姿态, ω 是自转角速度, \mathbf{L}_{cm} 是地球引力带来的力矩。最后这个卫星内部结构/质量分布用刚体的惯量张量 \mathbf{I} 来表示, 如果卫星内部结构/质量分布没有变化, 矩阵 \mathbf{I} 的三个特征值会是一个常数 (i.e., 无论卫星姿态如何变化, 质量分布不变特征值就是固定的常数)。如果卫星内部结构发生变化, 我们可以用一个阶跃函数来模拟这个变化



这里既假设，在卫星受到扰动前，内部结构稳定没有变化，扰动后在短时间内进入一个新的稳定状态。所以我们可以设置状态量为，欧拉角，自转速度，质量分布，以及位置速度

$$X = [\alpha, \omega, I, r, v]^T \quad (5)$$

动力学方程用公式(1)，测量方程可以用个简单的，假设地面观测站直接能观测到欧拉角/姿态

$$y = \alpha = [1, 0, 0, 0, 0]X \quad (6)$$

具体操作

1. 生成观测数据。利用上面的动力学方程，加上一些非高斯噪声，直接模拟观测数据
2. filter求解扰动前和扰动后的质量分布 I
3. 比较不同filter的结果