EKF扩展卡尔曼滤波姿态解算

一、四维卡尔曼滤波

对于姿态解算系统而言，其状态是当前载体旋转的姿态，为了避免欧拉角万向节死锁的问题，我们采用四元数描述系统的状态:



根据四元数的微分方程：



上式中，表示三个坐标轴的旋转量。对于姿态解算而言其表示陀螺仪三个轴的数值。表示四元数的微分； 是四元数的乘法。

通过四元数的微分方程可以得到四元数的更新公式：



将四元数微分方程1.2展开，并按照四元数的乘法计算：



因此，将四元数更新过程写为函数形式：



显然，从公式1.5可以知道四元数状态更新是非线性的，利用泰勒展开可以近似的将非线性的函数线性化。由于卡尔曼滤波器是针对线下系统的，对于很多的非线性的系统卡尔曼滤波器并不适用，因此可以将非线性的函数通过泰勒展开近似的线性化，使得非线性的系统也可以使用卡尔曼滤波器进行最优预测。

因此，对公式1.5一阶泰勒展开：

即：



因此，姿态解算系统的状态转移方程为：



在确定了状态转移矩阵之后，我们就可以计算协方差矩阵，根据卡尔曼滤波器公式：



从公式1.8可以看出要确定协方差矩阵先要确定状态变量噪声矩阵。对于姿态解算而言，表征的是陀螺仪的噪声（零偏和随机游走）。假设陀螺仪没有随机游走漂移，只有零偏。设陀螺仪的零偏为：



由于我们的系统变量是四元数，而陀螺仪的零偏是角速度，不能直接用陀螺仪的零偏表示噪声。令：



因为陀螺仪零偏一般比较小，所以利用四元数微分方程，可以将陀螺仪零偏转为四元数的微分，令：



因此，公式1.11提供了一种将零偏误差转为四元数误差的一种表达方式。由于噪声矩阵表示的状态量的平方差，因此：



通过公式1.12确定了t时刻的噪声矩阵后，即可通过公式1.8确定协方差矩阵。要计算增益矩阵之前，我们需要先计算观测矩阵。假设当前的状态为，那我们理论上的观测值为：



类似的，对求偏导，得到：



在确定H矩阵之后，就可以更新扩展卡尔曼滤波器状态，增益更新：



更新协方差：



最佳状态预测：



二、七维卡尔曼滤波

七维卡尔曼滤波和四维卡尔曼是类似的。相对四维的来说多了3维的陀螺仪零5偏。除此之外Q矩阵相对四维的也复杂一些。那么七维的EKF姿态更新如下：





