雾膜软件

惯性IMU超宽带测距UWB组合导航仿真Matlab代码包

版本 20250424

1. 概述

本代码包的主要功能是计算惯性导航和uwb测距的组合导航。开发语言MATLAB。

运行creatdata.m生成仿真数据。仿真数据包括陀螺仪数据、加速度计数据、测距数据、参考位置、参考速度。基站位置、误差等均可根据需要修改。现在的基站位置是

```
pbase=[-5,30,0;
    -5,-30,0;
    10,10,5;
    20,-30,0]';
```

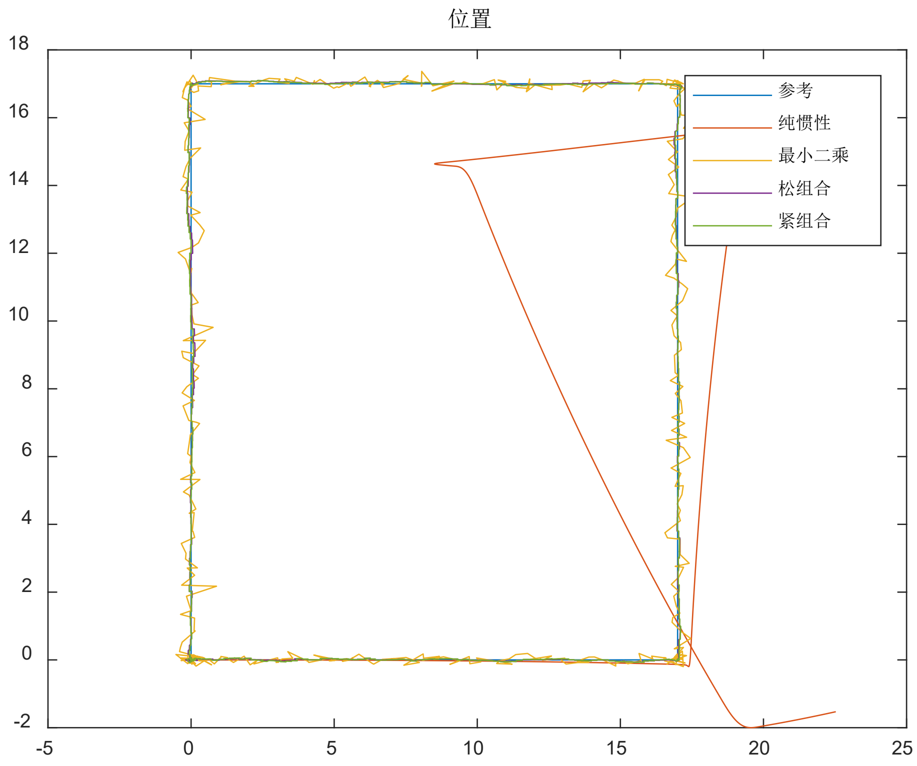
运行instance1.m解算纯惯性导航。运行instance2.m解算纯uwb导航，采用非线性最小二乘法。运行instance3.m解算惯性uwb松组合导航，即采用uwb解算的位置作为卡尔曼滤波的观测量。运行instance4.m解算惯性uwb紧组合导航，即采用uwb测距作为卡尔曼滤波的观测量。运行instance5.m绘图比对。

其中，组合导航的主要工作流程为：

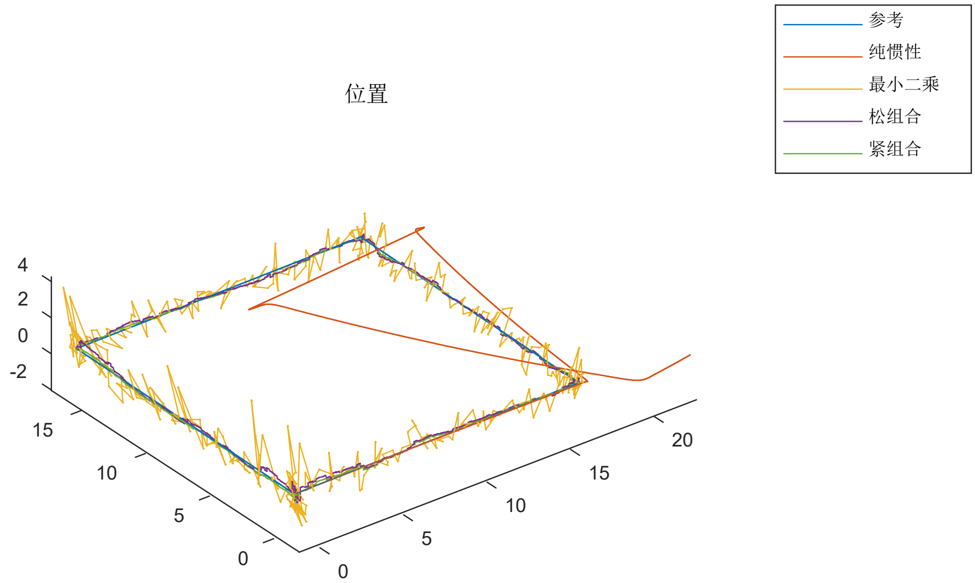
```
初始化
while(1)
{
    惯性导航
    更新状态方程
    if(收到uwb测距数据)
    {
        计算ekf
        补偿误差
    }
    存储数据
}
```

2. 运行结果

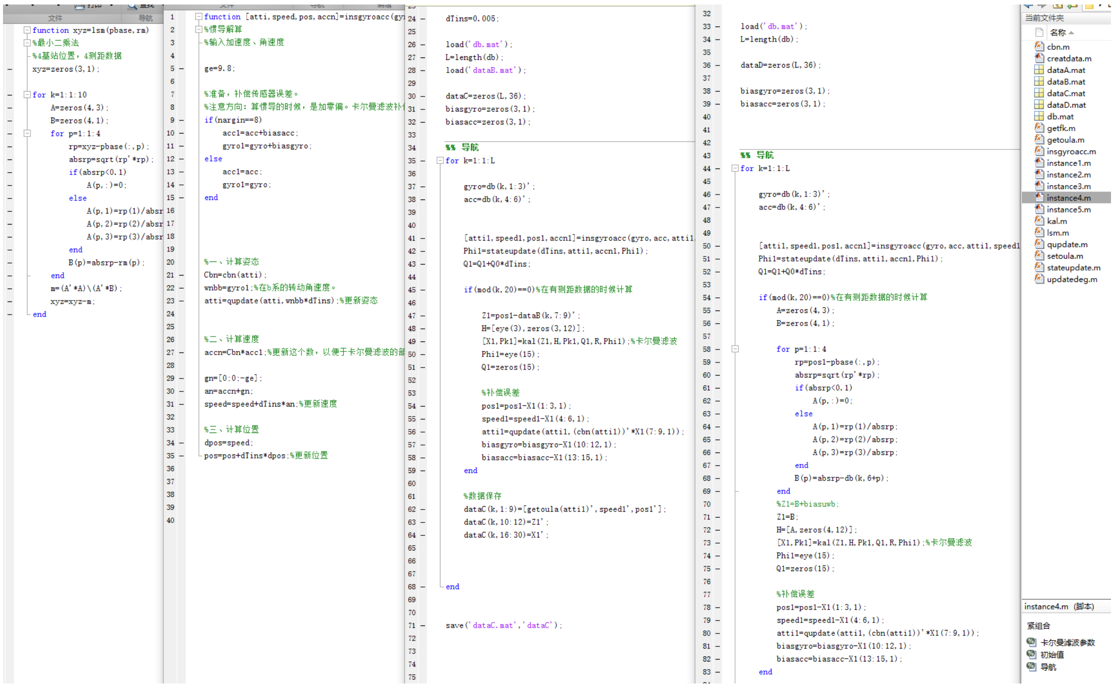
2.1. 输出曲线



本代码包的算法为三维定位算法。但是仿真的路线位于一个平面。



2.2. 部分代码截图



3. 惯性导航原理

3.1. 坐标系

载体系 b 定义为与载体固定连接的坐标系，不妨取 *xyz* 轴为右前上。

地理系 t 定义为与载体处地面重合的坐标系，不妨取 *xyz* 轴为东北天。

导航坐标系 n 是表示导航结果的坐标系。在航海、航空领域中，为了避免船只、飞机通过南北极附近时 n 系快速旋转导致导航结果异常，n 系会与 t 系有一定的夹角。在普通导航系统中，可以不虑载体通过南北极的情况，因此选取 n 系与 t 系重合以使导航算法简化。

平台坐标系 p，是平台式导航系统中传感器的指向，或者是捷联式导航系统中数学换算后的传感器的指向。理想情况下 p 系与 n 系重合；但是由于陀螺仪误差等因素，真实的 p 系与 n 系有误差角。捷联式导航系统希望把加速度换算到 n 系中，但是实际上是换算到了 p 系中。在一般的导航计算中，不必刻意区分 p 系和 n 系，但是在分析误差时需要引入 p 系。

地球坐标系 e，是和地球固连的坐标系，不妨规定 *z* 轴沿着南北极方向指向北，*x* 轴指向 0 经度方向。

惯性参考系 i。惯性参考系主要用于描述概念。惯性导航中一般不需要真正地在惯性参考系中投影，所以不必在惯性参考系中规定坐标系。

3.2. 方向和单位

惯性测量单元为 3 轴陀螺仪和 3 轴加速度计。定义 x 向东、y 向北、z 向天为姿态 0 位置。旋转方向和角速度方向满足右手法则，即右手握住坐标轴，大拇指位于坐标轴正向，则其余四个手指指向旋转正向。姿态的欧拉角旋转顺序定义为依次绕 z、x、y 旋转。

如果无特殊说明，一般采用国际单位制。角度单位为 rad，角速度单位为 rad/s，速度单位 m/s，加速度单位 m/s/s。

3.3. 坐标变换

完整地描述角速率、姿态、加速度、速度、位移等需要 3 个坐标系。坐标系 β 相对于坐标系 α 的变化量 $\boldsymbol{x}$ 在坐标系 γ 的投影表示为$\boldsymbol{x}_{\alpha\beta}^{\gamma}$。例如，地球自转在地理系的坐标为

$$\boldsymbol{\omega}_{\mathrm{ie}}^{\mathrm{t}} = \begin{bmatrix} 0 \\ \omega_e \cos L \\ \omega_e \sin L \end{bmatrix} \tag{3-1}$$

其中ω_e是地球自转角速率，L 是纬度。这是地球系 e 相对于惯性系 i 的转动在地理系 t 的投影。在这种表示方法下，一些简单的计算规则如下：

同一个坐标系内表示的变量符合向量加法规则，即

$$\boldsymbol{x}_{AB}^{\gamma}+\boldsymbol{x}_{BC}^{\gamma}=\boldsymbol{x}_{AC}^{\gamma} \tag{3-2}$$

同一个变量在不同坐标系的换算可以用矩阵表示。

$$\boldsymbol{x}_{\alpha\beta}^{\mu}=\boldsymbol{C}_{\gamma}^{\mu}\boldsymbol{x}_{\alpha\beta}^{\gamma} \tag{3-3}$$

坐标变换矩阵表示旋转关系。例如二维的坐标变换矩阵为

$$\boldsymbol{C}_{\mathrm{n}}^{\mathrm{b}}=\begin{bmatrix}\cos\theta & \sin\theta\\ -\sin\theta & \cos\theta\end{bmatrix} \tag{3-4}$$

三维的坐标旋转有 3 个自由度，可以看作是类似形式矩阵相乘。

坐标变换矩阵是正交矩阵，逆矩阵是原矩阵的转置

$$\boldsymbol{C}_{\mu}^{\gamma}=\left(\boldsymbol{C}_{\gamma}^{\mu}\right)^{-1}=\left(\boldsymbol{C}_{\gamma}^{\mu}\right)^{\mathrm{T}} \tag{3-5}$$

3.4. 姿态更新

三维空间有 3 个旋转自由度。类似式(3-4)，依次绕三个坐标轴旋转，则坐标变换矩阵为

$$\boldsymbol{C}_{\mathrm{n}}^{\mathrm{b}}=\begin{bmatrix}\cos\theta_y & 0 & -\sin\theta_y\\ 0 & 1 & 0\\ \sin\theta_y & 0 & \cos\theta_y\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\theta_x & \sin\theta_x\\ 0 & -\sin\theta_x & \cos\theta_x\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\cos\theta_z & \sin\theta_z & 0\\ -\sin\theta_z & \cos\theta_z & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix} \tag{3-6}$$

把坐标变换矩阵表示为绕坐标轴分别旋转三次，三次旋转的角度即为欧拉角。旋转的 顺序并不是唯一的，也可以定义旋转顺序不同的欧拉角。同一个坐标变换矩阵，在不同的旋转顺序定义下，有不同的欧拉角角度；同样的旋转角度，按照不同的坐标轴顺序旋转，会得到不同的坐标变换矩阵；这个性质称为姿态角的不可交换性。所以使用欧拉角描述姿态时必须规定清楚旋转顺序。本书中欧拉角定义为：初始状态右前上（*xyz*）三轴位于东北天方向，依次绕上轴旋转偏航角，绕右轴旋转俯仰角，绕前轴旋转横滚角。

如果每次旋转的角度很小，则坐标变换矩阵近似为

$$\mathrm{d}C=\begin{bmatrix}1 & 0 & -\mathrm{d}\theta_y\\ 0 & 1 & 0\\ \mathrm{d}\theta_y & 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & \mathrm{d}\theta_x\\ 0 & -\mathrm{d}\theta_x & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1 & \mathrm{d}\theta_z & 0\\ -\mathrm{d}\theta_z & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix} \tag{3-7}$$

略去二阶小量，则有

$$\mathrm{d}C=\begin{bmatrix}1 & \mathrm{d}\theta_z & -\mathrm{d}\theta_y\\ -\mathrm{d}\theta_z & 1 & \mathrm{d}\theta_x\\ \mathrm{d}\theta_y & -\mathrm{d}\theta_x & 1\end{bmatrix} \tag{3-8}$$

上式表示了坐标旋力矩阵与旋转角度的关系。如果旋转角度很小，则不必考虑旋转顺序。为了表示的方便，引入角增量反对称矩阵

$$[\boldsymbol{\theta}]=\begin{bmatrix}0 & -\theta_z & \theta_y\\ \theta_z & 0 & -\theta_x\\ -\theta_y & \theta_x & 0\end{bmatrix} \tag{3-9}$$

那么姿态矩阵更新公式为

$$\boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{i}}(t+T)=\boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{i}}(t)\lim_{k\to+\infty}\left(\boldsymbol{I}+\frac{\left[\boldsymbol{\theta}_{\mathrm{ib}}^{\mathrm{b}}\right]}{k}\right)^{k}=\boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{i}}(t)\exp\left(\left[\boldsymbol{\theta}_{\mathrm{ib}}^{\mathrm{b}}\right]\right) \tag{3-10}$$

其中 exp 表示自然常数 e 为底数的指数函数。$\boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{i}}(t)$是上一时刻的姿态矩阵，$\boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{i}}(t+T)$是下一时刻的姿态矩阵。上式即姿态更新公式。

利用麦克劳林公式，能得到更便于计算的如下公式

$$\exp([\boldsymbol{\theta}]) = \boldsymbol{I} + \frac{\sin|\theta|}{|\theta|}[\boldsymbol{\theta}] + \frac{1-\cos|\theta|}{|\theta|^2}[\boldsymbol{\theta}]^2 \tag{3-11}$$

如果旋转角度较小，同时为了避免分母为 0，可以采用如下近似公式

$$\exp([\boldsymbol{\theta}]) \approx \boldsymbol{I} + [\boldsymbol{\theta}] \tag{3-12}$$

根据上述若干公式，使用陀螺仪数据计算得到姿态。

实际导航系统中，为了防止计算误差导致姿态矩阵失去正交性，也为了减少计算量，往往采用四元数代替姿态矩阵进行姿态更新。四元数定义为

$$\boldsymbol{q} = \left[\cos\frac{\theta}{2} \quad u_x\sin\frac{\theta}{2} \quad u_y\sin\frac{\theta}{2} \quad u_z\sin\frac{\theta}{2}\right]^{\mathrm{T}} \tag{3-13}$$

其中θ是旋转的角度，$[u_x \quad u_y \quad u_z]^{\mathrm{T}}$是旋转轴的单位向量。

四元数也可以表示为

$$\boldsymbol{q} = \cos\frac{\theta}{2} + \boldsymbol{A}\sin\frac{\theta}{2} \tag{3-14}$$

其中 $\boldsymbol{A}$ 是旋转轴的单位向量。

四元数姿态微分方程为

$$\dot{\boldsymbol{q}} = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 0 & -\omega_x & -\omega_y & -\omega_z \\ \omega_x & 0 & \omega_z & -\omega_y \\ \omega_y & -\omega_z & 0 & \omega_x \\ \omega_z & \omega_y & -\omega_x & 0 \end{bmatrix}\boldsymbol{q} \tag{3-15}$$

引入 4 维的角增量矩阵

$$[\boldsymbol{\theta}] = \begin{bmatrix} 0 & -\theta_x & -\theta_y & -\theta_z \\ \theta_x & 0 & \theta_z & -\theta_y \\ \theta_y & -\theta_z & 0 & \theta_x \\ \theta_z & \theta_y & -\theta_x & 0 \end{bmatrix} \tag{3-16}$$

四元数更新姿态的公式为

$$\boldsymbol{q}(t+T) = \left(\cos\frac{|\theta|}{2}\boldsymbol{I} + \frac{\sin\frac{|\theta|}{2}}{|\theta|}[\boldsymbol{\theta}]\right)\boldsymbol{q}(t) \tag{3-17}$$

3.5. 速度和位置更新

采用低精度三维惯性导航算法。与原版惯性导航算法相比，忽略了地球的自转和曲率，以局部直角坐标代替经纬度表示位置。

原版的姿态计算公式

$$\boldsymbol{\omega}_{\mathrm{nb}}^{\mathrm{b}} = \boldsymbol{\omega}_{\mathrm{ib}}^{\mathrm{b}} - \boldsymbol{C}_{\mathrm{n}}^{\mathrm{b}}(\boldsymbol{\omega}_{\mathrm{ie}}^{\mathrm{n}} + \boldsymbol{\omega}_{\mathrm{en}}^{\mathrm{n}}) \tag{3-18}$$

简化为

$$\boldsymbol{\omega}_{\mathrm{nb}}^{\mathrm{b}} = \boldsymbol{\omega}_{\mathrm{ib}}^{\mathrm{b}} \tag{3-19}$$

原版的速度计算公式

$$\dot{\boldsymbol{V}}_{\mathrm{en}}^{\mathrm{n}} = \boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{f}_{\mathrm{b}} - 2\boldsymbol{\omega}_{\mathrm{ie}}^{\mathrm{n}} \times \boldsymbol{V}_{\mathrm{en}}^{\mathrm{n}} - \boldsymbol{\omega}_{\mathrm{en}}^{\mathrm{n}} \times \boldsymbol{V}_{\mathrm{en}}^{\mathrm{n}} + \boldsymbol{g} \tag{3-20}$$

简化为

$$\dot{\boldsymbol{V}}_{\mathrm{en}}^{\mathrm{n}} = \boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{f}_{\mathrm{b}} + \boldsymbol{g} \tag{3-21}$$

原版的位置计算公式

$$\dot{L} = V_y/R_{\mathrm{m}} \tag{3-22}$$

$$\dot{\lambda} = \frac{V_x}{R_{\mathrm{p}}\cos L} \tag{3-23}$$

简化为

$$\dot{\boldsymbol{p}} = \boldsymbol{v} \tag{3-24}$$

4. 非线性最小二乘法

根据测距值算位置的方法是非线性最小二乘法。

考虑一个方程数比未知数个数更多的线性方程组

$$\boldsymbol{A}\boldsymbol{x} = \boldsymbol{b} \tag{4-1}$$

最小二乘法的解为

$$\boldsymbol{x} = (\boldsymbol{A}^T\boldsymbol{A})\backslash(\boldsymbol{A}^T\boldsymbol{b}) \tag{4-2}$$

为了求解非线性过约束方程组，将最小二乘法和牛顿法合并使用，即得到非线性最小二乘法：通过偏微分，用线性关系逼近非线性关系，然后迭代计算最小二乘法。

距离为

$$r_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} \tag{4-3}$$

非线性最小二乘法需要利用偏导数矩阵，代替线性最小二乘法的系数矩阵。

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} \frac{\partial r_1}{\partial x} & \frac{\partial r_1}{\partial y} & \frac{\partial r_1}{\partial z} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial r_i}{\partial x} & \frac{\partial r_i}{\partial y} & \frac{\partial r_i}{\partial z} \end{bmatrix} \tag{4-4}$$

根据上述公式迭代多次即可求解。

5. 组合导航

5.1. 原理概述

连续计算惯性导航；当检测到 uwb 测距数据时，采用扩展卡尔曼滤波修正导航误差。

卡尔曼滤波可以理解为：根据方差求权重，做加权平均。

原始的卡尔曼滤波适用于线性系统。因为导航系统不是线性的，所以采用扩展卡尔曼滤波。扩展卡尔曼滤波的主要方法是，选用误差量，利用一阶微分近似为线性系统。滤波得到误差量估计值后，立刻补偿误差。

5.2. 卡尔曼滤波

比较复杂的系统中，一方面系统具有多个自由度，另一方面被测量随着时间而变化。因此用状态空间方程的形式描述系统的关系，并把上述的加权平均数计算方法用矩阵表示，则得到卡尔曼滤波。

系统表示为：

$$\boldsymbol{x}_k = \boldsymbol{\Phi}\boldsymbol{x}_{k-1} + \boldsymbol{w}_{k-1} \tag{5-1}$$

$$\boldsymbol{z}_k = \boldsymbol{H}\boldsymbol{x}_k + \boldsymbol{v}_k \tag{5-2}$$

其中是$\boldsymbol{x}$状态量，是希望获得而又难以准确测量的量。第一个公式描述了被测量的变化关系，这里是离散形式。$\boldsymbol{z}$表示量测量，是能测量得到但是包含随机误差的量。第二个公式描述了量测量与状态量的关系。$\boldsymbol{w}$和$\boldsymbol{v}$是随机噪声。有的系统中$\boldsymbol{w}$和$\boldsymbol{v}$会乘以系数矩阵，但是对于普通的组合导航系统，$\boldsymbol{w}$和$\boldsymbol{v}$可以不乘以系数矩阵。

状态量的变化也可以描述为连续方程

$$\dot{\boldsymbol{x}}_k = \boldsymbol{F}\boldsymbol{x}_{k-1} \tag{5-3}$$

如果采样间隔足够小，离散方程与连续方程的关系为

$$\boldsymbol{\Phi} = \boldsymbol{I} + \boldsymbol{F}T \tag{5-4}$$

其中 T 为采样间隔，$\boldsymbol{I}$为单位矩阵。

卡尔曼滤波的解算过程就是根据$\boldsymbol{z}$估计$\boldsymbol{x}$，具体方法如下：

如果不考虑误差，前后时刻的$\boldsymbol{x}$具有关系

$$\widehat{\boldsymbol{X}}_{k|k-1} = \boldsymbol{\Phi}\widehat{\boldsymbol{X}}_{k-1} \tag{5-5}$$

$\widehat{\boldsymbol{X}}_{k-1}$是前一时刻$\boldsymbol{x}$的估计值，$\widehat{\boldsymbol{X}}_{k|k-1}$是推算的后一时刻的$\boldsymbol{x}$。但是因为误差的存在，这个推算并不准确，需要根据$\boldsymbol{z}$修正，因此取

$$\widehat{\boldsymbol{X}}_k = \widehat{\boldsymbol{X}}_{k|k-1} + \boldsymbol{K}_k(\boldsymbol{z}_k - \boldsymbol{H}\widehat{\boldsymbol{X}}_{k|k-1}) \tag{5-6}$$

其中$\boldsymbol{K}_k$是反映权重的滤波增益。这个增益由如下方法计算

$$\boldsymbol{P}_{k|k-1} = \boldsymbol{\Phi}\boldsymbol{P}_{k-1}\boldsymbol{\Phi}^{\mathrm{T}} + \boldsymbol{Q} \tag{5-7}$$

$$\boldsymbol{K}_k = \boldsymbol{P}_{k|k-1}\boldsymbol{H}^{\mathrm{T}}\left(\boldsymbol{H}\boldsymbol{P}_{k|k-1}\boldsymbol{H}^{\mathrm{T}} + \boldsymbol{R}\right)^{-1} \tag{5-8}$$

$$\boldsymbol{P}_k = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{K}_k\boldsymbol{H})\boldsymbol{P}_{k|k-1}(\boldsymbol{I} - \boldsymbol{K}_k\boldsymbol{H})^{\mathrm{T}} + \boldsymbol{K}_k\boldsymbol{R}\boldsymbol{K}_k^{\mathrm{T}} \tag{5-9}$$

其中$\boldsymbol{P}$、$\boldsymbol{Q}$、$\boldsymbol{R}$分别是$\widehat{\boldsymbol{X}}$、$\boldsymbol{w}$、$\boldsymbol{v}$的方差矩阵。

上述公式给出了线性系统的卡尔曼滤波方法。非线性系统可以局部微分而近似为线性系统，采用扩展卡尔曼滤波方法解算。扩展卡曼滤波中的$\boldsymbol{x}$是误差量，扩展卡尔曼滤波获得误差量后，及时修正，使得误差量总维持在较小范围内；在误差量较小时，局部微分得到的线性系统与原始的非线性系统基本一致，卡尔曼滤波能取得较好效果。

代码包采用闭环反馈校正的方式，滤波后修正惯导误差，所以标准卡尔曼滤波中的$\widehat{\boldsymbol{X}}_{k-1}$取 0，简化后的计算公式为

$$\widehat{\boldsymbol{X}}_k = \boldsymbol{K}_k\boldsymbol{z}_k \tag{5-10}$$

用扩展卡尔曼滤波进行组合导航的步骤是：1.进行惯性导航解算。2.有测距信息时，比较惯性导航与测距的结果偏差，即$\boldsymbol{z}$。3.用卡尔曼滤波计算$\boldsymbol{x}$。4.根据$\boldsymbol{x}$修正惯性导航的结果，并返回步骤 1。

5.3. 状态方程

取扩展卡尔曼滤波的状态量$\boldsymbol{x}$为 15 维向量，包含位置误差、速度误差、姿态误差、陀螺仪零偏、加速度计零偏各 3 各自由度

简化版的惯性导航的矩阵 $\boldsymbol{F}$ 如下。

$$\boldsymbol{F} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{I}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 \\ \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{F}_{\mathrm{av}} & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{n}} \\ \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & -\boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{n}} & \boldsymbol{O}_3 \\ \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 \\ \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 & \boldsymbol{O}_3 \end{bmatrix} \tag{5-11}$$

其中每个子矩阵都是 3 阶方阵，$\boldsymbol{O}_3$表示 0 矩阵。

反映姿态误差对速度误差影响的子矩阵为

$$\boldsymbol{F}_{\mathrm{av}} = \begin{bmatrix} 0 & -f_{\mathrm{U}} & f_{\mathrm{N}} \\ f_{\mathrm{U}} & 0 & -f_{\mathrm{E}} \\ -f_{\mathrm{N}} & f_{\mathrm{E}} & 0 \end{bmatrix} \tag{5-12}$$

其中f_{E}、f_{N}、f_{U}是换算到 n 系的加速度计数值，即不扣除重力的比力信息。

$$\boldsymbol{f}_{\mathrm{n}} = \begin{bmatrix} f_{\mathrm{E}} \\ f_{\mathrm{N}} \\ f_{\mathrm{U}} \end{bmatrix} = \boldsymbol{C}_{\mathrm{b}}^{\mathrm{n}}\boldsymbol{f}_{\mathrm{b}} \tag{5-13}$$

导航计算机每次收到惯性数据时，要计算$\boldsymbol{F}$矩阵，并更新$\boldsymbol{\Phi}$矩阵。

5.4. 观测方程

5.4.1. 松组合

松组合的观测量即位置误差。

观测矩阵即裁剪的单位矩阵。

$$\boldsymbol{H} = [\boldsymbol{I} \quad \boldsymbol{O}] \tag{5-14}$$

5.4.2. 紧组合

紧组合观测量为距离。距离为

$$r_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} \tag{5-15}$$

观测矩阵即距离的偏微分，

$$\boldsymbol{H} = \begin{bmatrix} \frac{x_A - x_B}{r_{AB}} & \frac{y_A - y_B}{r_{AB}} & \frac{z_A - z_B}{r_{AB}} & \boldsymbol{O} \end{bmatrix} \tag{5-16}$$

6. 常见问题

6.1. 代码精度如何

实际实验的精度主要取决于硬件性能。本代码包是仿真程序，精度取决于仿真参数。减小传感器误差、调整基站位置和数量等，可以改变误差大小。

6.2. 代码能否处理实验数据

代码可以处理实验数据，但是需要针对数据修改，有一定的技术含量。

没有能力自己修改的客户，可以联系本店处理实验数据，但是需要额外收费。

7. 著作权和服务

7.1. 工作原理参考什么资料

参考实体书《组合导航应用笔记》，东南大学出版社，2025 年。

讲解视频，哔哩哔哩视频网搜索“大胡子刘师傅”。

7.2. 著作权声明

本店保留著作权。

电路、说明书、全部附属代码（以下简称本代码包）仅限于学习和研究用途的少量使用；包含改编文件、写入嵌入式系统的编译后程序，所有副本总计不得超过 5 份。

本代码包有偿使用。

严禁转卖或公开发布本代码包的全部或一部分。

大规模应用本代码包需要额外取得本店的授权。

对于违反上述要求的用户，本店有权要求停止销售、撤稿、赔偿损失等。

7.3. 服务内容

赠送 30 分钟语音答疑服务，用于解决较为复杂的疑问。

赠送长期文字答疑，用于解决简单的、零散的疑问。

答疑服务仅限直接购买人本人使用。答疑服务不能转让、不能共享。用户需要保留购买凭证截图；丢失购买凭证的，本店可以不提供答疑服务；不是从本店购买的，而是从其他渠道获得代码包的，不提供答疑服务。

本商品技术含量较高，本店不保证能在限时内解答所有疑问。有需要的用户，可以付费购买额外的语音答疑服务。

本店可提供少量的数据判读服务。但是大量的数据判读服务需要额外收费。较为复杂的数据处理，或者定制化修改代码，可能需要额外收费。

上述服务可能需要排队，本店不能保证服务的实时性。

7.4. 联系方式

西安市雁塔区雾膜软件开发站

销售、答疑、定制开发：

微信：（扫码）

雾膜软件

电子邮箱：braun@wmsoft.wang
网站：http://wmsoft.xyz