## 移动机器人导论HW3

## 理论部分

叉车的运动模型可以表示为

$$egin{aligned} \dot{\xi}_I &= R( heta)^{-1} \dot{\xi}_R = r \dot{\phi} egin{bmatrix} \cos heta & -\sin heta & 0 \ \sin heta & \cos heta & 0 \ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} egin{bmatrix} \sin eta \ 0 \ -rac{\cos eta}{L_2} \end{bmatrix} \ &\Longrightarrow egin{bmatrix} \dot{x}_I \ \dot{y}_I \ \dot{ heta}_I \end{bmatrix} = r \dot{\phi} egin{bmatrix} \cos heta \sin eta \ \sin heta \sin eta \ -rac{\cos eta}{L_2} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

对于平面移动的机器人、位姿可以用以下向量来表示

$$p = egin{bmatrix} x \ y \ heta \end{bmatrix}$$

对于叉车机器人来说,其未知可以从一个已知位置开始,并将运动进行积分来进行估计。假设时间增量内叉车的输入变化为 $\Delta \beta$ , $\Delta s$ ,那么行走的增量可以表示为

$$\Delta heta = -\Delta s rac{\cos(eta + \Delta eta/2)}{L_2} \ \Delta x = \Delta s \sin(eta + \Delta eta/2) \cos( heta + \Delta heta/2) \ \Delta y = \Delta s \sin(eta + \Delta eta/2) \sin( heta + \Delta heta/2)$$

由此我们可以得到更新过的位置p'

$$p' = f(x,y, heta,\Delta s,\Delta eta) = egin{bmatrix} x \ y \ heta \end{bmatrix} + egin{bmatrix} \Delta s \sin(eta + \Delta eta/2) \cos( heta - \Delta s rac{\cos(eta + \Delta eta/2)}{2L_2}) \ \Delta s \sin(eta + \Delta eta/2) \sin( heta - \Delta s rac{\cos(eta + \Delta eta/2)}{2L_2}) \ -\Delta s rac{\cos(eta + \Delta eta/2)}{L_2} \end{bmatrix}$$

接下来建立p'的误差模型,已得到里程表位置估计的协方差矩阵 $\Sigma_{p'}$ 。对于运动增量 $(\Delta s; \Delta \beta)$ ,我们假定协方差矩阵 $\Sigma_{\Lambda}$ 

$$\Sigma_{\Delta} = covar(\Delta s; \Delta eta) = egin{bmatrix} k_s |\Delta s| & 0 \ 0 & k_b |\Delta eta| \end{bmatrix}$$

其中 $\Delta s$ 是驱动轮运动的距离, $\Delta \beta$ 是转向的角度, $k_s, k_b$ 分别为误差常数。我们做出以下假设

- 驱动轮的转动和角度变换是独立的
- 误差的方差正比于各自运动的角度。

假定位置p和系统输入 $\Delta_{sb}=(\Delta s;\Delta\beta)$ 不相关。我们用一阶泰勒展开近似函数f的微分,由误差传播定律

$$\Sigma_{p'} = 
abla_p f \Sigma_p 
abla_p f^T + 
abla_{\Delta sb} f \Sigma_{\Delta} 
abla_{\Delta sb} f^T$$

我们计算两个雅克比矩阵, $F_p = 
abla_p f$  和 $F_{sb} = 
abla_{\Delta sb} f$ 

$$F_p = 
abla_p f = 
abla_p (f^T) = egin{bmatrix} rac{\partial f}{\partial x} & rac{\partial f}{\partial y} & rac{\partial f}{\partial heta} \end{bmatrix} = egin{bmatrix} 1 & 0 & -\Delta s \sin(eta + \Delta eta/2) \sin(eta - \Delta s rac{\cos(eta + \Delta eta/2)}{2L_2}) \ 0 & 1 & \Delta s \sin(eta + \Delta eta/2) \cos(eta - \Delta s rac{\cos(eta + \Delta eta/2)}{2L_2}) \ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

设
$$b = \beta + \Delta \beta / 2$$

$$F_{sb=}\begin{pmatrix} \cos\left(\theta-\frac{\Delta s\,\cos(b)}{2\,L_2}\right)\,\sin(b)+\frac{\Delta s\,\sin\left(\theta-\frac{\Delta s\,\cos(b)}{2\,L_2}\right)\,\cos(b)\,\sin(b)}{2\,L_2} & \Delta s\,\cos\left(\theta-\frac{\Delta s\,\cos(b)}{2\,L_2}\right)\,\cos(b)-\frac{\Delta s^2\,\sin\left(\theta-\frac{\Delta s\,\cos(b)}{2\,L_2}\right)\,\sin(b)^2}{2\,L_2}\\ \sin\left(\theta-\frac{\Delta s\,\cos(b)}{2\,L_2}\right)\,\sin(b)-\frac{\Delta s\,\cos\left(\theta-\frac{\Delta s\,\cos(b)}{2\,L_2}\right)\,\cos(b)\,\sin(b)}{2\,L_2} & \Delta s\,\sin\left(\theta-\frac{\Delta s\,\cos(b)}{2\,L_2}\right)\,\cos(b)+\frac{\Delta s^2\,\cos\left(\theta-\frac{\Delta s\,\cos(b)}{2\,L_2}\right)\,\sin(b)^2}{2\,L_2}\\ -\frac{\cos(b)}{L_2} & \Delta s\,\sin(b)-\frac{\Delta s\,\sin(b)}{L_2} \end{pmatrix}$$

因此可以推出误差协方差矩阵的更新函数。

## 实验部分