**多足机器人状态估计（EIL）**

融合IMU、腿式里程计Leg Odometry (LO)和外部位置传感器的多足机器人的机身位置状态估计

1. **状态预测模型**

系统状态变量为：

，

其中分别表示机身绝对位置，机身绝对线速度和足末端绝对位置（为腿分支数量）。

状态方程为：



其中为离散化周期时间，，，为当前绝对坐标系下线加速度（IMU）。

噪声其中分别表示预测模型的机身位置、机身速度和腿分支末端的噪声系数。

1. **状态观测模型**

系统观测变量：



其中表示外部位置传感器测量的位置和线速度，和分别表示腿分支末端的绝对速度和绝对高度

观测模型：



1）是可以通过机器人单腿正运动学得到。

2）是通过机器人单腿正运动学得到，该观测量是希望通过支撑腿得到机身绝对速度，所以在摆动状态应该是无观测。

3）

所以：

其中

噪声其中分别表示相对机身位置、末端速度和末端高度的噪声系数。

1. **模型优化**

多足机器人行走过程中单腿是否支撑地面对状态估计影响巨大。根据步态设计和腿分支运动设计一个支撑置信参数，理想条件下支撑状态置信参数为1，摆动状态置信参数为0。

协方差和观测变量根据置信参数调整：

1. 观测变量的优化

对观测的机身相对于足末端速度（机身绝对速度）在摆动状态，机身速度不准确，根据腿分支观测的机身速度优化为：其中为腿分支观测的机身速度。

当机器人支撑状态，足末端的绝对高度不打滑条件下不变：其中为腿末端最近一次触地高度。特别的，当在平地行走时，可设置。

1. 协方差的优化

当腿分支末端处于支撑状态基本所有状态预测和观测可信度高，摆动状态预测的末端位置置信度低，其次观测的末端速度和高度置信度都很低。

假设一个定长大噪声，构建一类常用矩阵：



则两个噪声优化可以表示为





1. **卡尔曼滤波**

预测过程：



更新参数：



**四足轮腿机器人状态估计Wheeled-Legged Odometry (WLO)**

多足轮腿机器人的结构在多足机器人分支末端增加了一个轮的转动自由度，与地面接触成一个非完整性约束。

1. **状态预测模型**

为了更好的描述四足轮腿机器人的机身位置状态，将机身的绝对位置分解为由于腿式运动累计的绝对位置和轮式运动累计的绝对位置，所以选取状态变量为：



其中表示机身的绝对位置和线速度，表示腿分支触地点的绝对位置，表示轮行运动产生和腿式运动产生的运动状态部分。

根据定义可以得到轮腿行运动累计的绝对位置和线速度：



采用IMU传感器测量的机身加速度为预测模型的输入：



其中为IMU测量线加速度，为重力加速度常量。

离散化的预测模型可以表示为：



其中，



分别表示各自相关的噪声系数。

1. **观测模型设计**

观测变量的设计如下：



其中表示外部位置传感器测量的位置和线速度，。

1. 可以通过机器人单条轮腿分支的正运动学获得。
2. 表示由支撑轮腿分支的腿和轮里程计运动观测到的机身速度，摆动时观测无效。腿里程计可以通过单腿分支正运动学得到，轮里程计和可以通过轮的角速度和单腿运动学得到。

观测方程可以写成



其中

噪声其中分别表示各自的噪声系数。

1. **模型优化**

多足机器人行走过程中单腿是否支撑地面对状态估计影响巨大，根据步态设计和腿的运动设计一个支撑置信参数，理想条件下支撑状态置信参数为1，摆动状态置信参数为0。

观测参数和协方差根据置信参数调整：

* 1. 观测参数的优化

对观测的机身相对于足末端速度（机身绝对速度）在摆动状态，机身位置不准确，采用机身速度认为相对速度：



其中为上一次的机身速度的轮行和腿式运动产生的变量部分。

* 1. 协方差的优化

当腿分支末端处于支撑状态基本所有状态预测和观测可信度高，摆动状态预测的末端位置置信度低，其次观测的末端速度和高度置信度都很低。

假设一个定长大噪声，构建一类常用矩阵：



则两个噪声优化可以表示为





1. **卡尔曼滤波**

预测过程：



更新参数：

