

# 基于惯性信息多级辅助的视觉导航方法

古翠红 高泰恒

(山东协和学院 山东 济南 250200)

摘要：由于视觉/惯性组合导航系统的 IMU 精度较差，加速度计的零偏较大，本文使用了基于惯性信息多级辅助的视觉导航方法。采用足部惯性测量组件进行行人定位时，由于航向角误差的可观测性很差，视觉/惯性组合导航系统通过相机图像读取、视觉里程计、后端优化和回环检测等步骤后可以获得比较准确的航向角。且系统采取了紧耦合的非线性优化方式耦合惯性信息，通过行人足部运动信息进行零速检测触发基于卡尔曼滤波的零速修正，补偿导航系统误差，从而获得比较准确的位置信息。

关键词：INS 与 VINS；惯性导航系统；机器学习；步态识别；虚拟 IMU

由于视觉/惯性组合导航系统的 IMU 精度较差，加速度计的零偏较大，如果简单的将加速度零偏加入到重力加速度的估计中将会很可能导致系统为病态的系统，其产生的误差造成初始化过程中重力变量不收敛，造成初始化失败。为了解决上述问题，本文围绕足部安装的惯性导航系统 (Inertial Navigation System, INS) 和躯干安装的视觉/惯性组合导航系统(Visual/Inertial integrated Navigation System, VINS)提出了以下方案。

## 一、惯性信息多级辅助的 ORB SLAM 方案设计

同时定位与地图构建技术(Simultaneous Localization and Mapping, 简称SLAM)。是在没有了解环境情况下通过传感器对自身运动信息进行估计。

采用足部惯性测量组件进行行人定位时，由于航向角误差的可观测性很差，卡尔曼滤波器不能精确的将航向角误差估计出来，由于陀螺仪的漂移，导致航向角最终会发散，故该方案仅适用于短时轨迹跟踪。利用磁力计获取航向角的方法会由于磁力计存在误差且易受干扰，易将误差扩散至俯仰角与横滚角，从而影响整个姿态角的解算精度[2]。视觉/惯性组合导航系统通过相机图像读取、视觉里程计、后端优化和回环检测等步骤后可以获得比较准确的航向角。

另外，视觉/惯性组合导航系统的IMU[3][4]多为低精度传感器，其加速度偏差较大。IMU初始化阶段，若忽略加速度偏差，将其加到重力加速度中，容易导致重力加速度发散，进而导致初始化失败，视觉/惯性组合导航系统不仅无法获得准确的初始位姿，还会为非线性优化带来错误的IMU约束，IMU的器件误差很有可能导致视觉/惯性组合导航系统无法定位。

针对以上问题，本文研究了基于惯性信息多级辅助的视觉导航方法。具体方案如下图1所示。

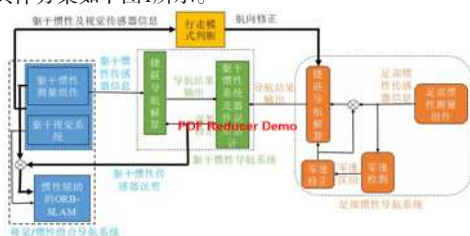


图1 基于INS和VINS相互辅助的定位系统工作流程图

蓝色部分为视觉/惯性组合导航系统。由安装于躯干的惯性测量组件和视觉传感器分别采集惯性信息、视觉图像信息。该系统采用紧耦合的非线性优化方式耦合惯性信息，包含了五个功能模块，分别是：数据预处理、初始化、后端非线性优化，闭环检测，以及闭环优化。黄色部分为足部惯性导航系统，该系统以捷联惯性导航为主提供导航信息，通过行人足部运动信息进行零速检测触发基于卡尔曼滤波的零速修正，补偿导航系统误差，从而获得比较准确的位置信息。

为了提高视觉/惯性组合导航系统中的IMU器件精度，本文以躯干惯导误差方程作为状态方程，其状态量与足部INS相同。行人行进过程中每当系统输出位置信息，以足部INS位置信息作为基准，将VINS中的惯性信息捷联解算得到的位置与足部INS位置信息作差值即为位置误差观测量，建立卡尔曼滤波器。

针对足部惯性导航系统的航向角精度差的问题，本文通过视觉/惯性组合导航系统的图像信息和惯性信息判断行人的行走方式，当

行人为直线行走时，用视觉/惯性组合导航系统的精度较高的航向角替代足部惯性导航系统的低精度航向角。

## 二、惯性/视觉导航改进方案的性能验证实验

为验证上述行人导航方案的在行人导航定位系统中应用的可行性，将惯性测量组件XSENS MTI-300安装于行人足部，视觉惯性传感器小觅S1000-120-ir安装于行人躯干部位。由于本文所研究的行人导航系统主要应用于电力巡检和消防员定位等特定领域。电力巡检时的一些障碍或设备所处的环境与地下车库的复杂环境类似，所以，本文选取了地下车库的环境做实验。为了获取足部惯性导航系统的定位误差，本文在某地下车库选取了一条闭合路线并使实验起点和终点重合，实验总路程约230m，其中行人常规步行速度约1m/s，行进总时间约230s，除了拐弯处，其他路段均保持直线行走。为了验证单目VINS的IMU器件误差被修正后的导航系统在复杂环境条件下的定位鲁棒性，本文设置的环境条件为行人行进过程中一直有人在视觉传感器前面晃动，并且在A段路程下环境特征点较少，为了验证本文所提出的修正躯干IMU的加速度计零偏误差的方法是否有效，画出躯干IMU的加速度计零偏误差曲线。行人导航系统定位结果如图2所示。为了验证本文修正足部惯性导航系统航向角方案的有效性，本文以数字地图记录的航向角为基准，记录实验过程中的足部航向角误差变化曲线、视觉传感器的航向角误差变化曲线

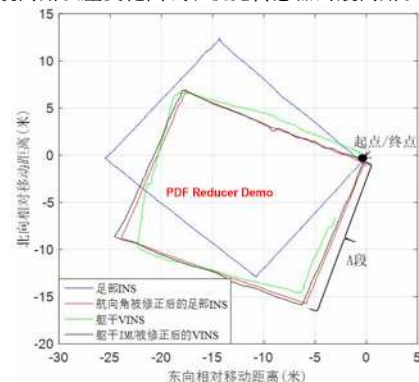


图2 各行人导航方案结果对比图

由图2可知，绿色曲线为VINS的定位曲线，由于单目VINS的器件误差较大，导致初始化失败，初始化阶段无法获得准确的初始位姿，非线性优化阶段的IMU约束为单目VINS带来较大的误差，在行进过程中，在视觉摄像头前面一直有行人在晃动，容易出现特征点误匹配，并且在A段路线特征点较少，无法实现相邻的两帧图像的特征点的匹配，最大的定位误差为10米，占总行进路程的4.3%。以足部惯性导航系统的位置信息为观测量，估计VINS中的IMU的加速度计零偏，加速度计零偏逐渐收敛，说明本文所提出的方案可以有效估计加速度计零偏。VINS中的加速度计零偏被扣除后，加速度计的精度得到提高，定位曲线如图2中黑色曲线所示，即使在环境特征点较少和存在物体晃动的情况下，单目VINS仍能够靠惯性信息实现短时间定位，最大定位误差为3米，占总行进距离的1.3%。说明本文所提出的航向角修正方法可有效提高足部惯性导航系统的航向角精度。

## 参考文献：

[1] 郑威, 彭刚. 基于惯性/磁力传感器的行人 3 维轨迹跟踪技术[J]. 机器人, 2016, 38(04): 444-450.