



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110243363 A
(43)申请公布日 2019.09.17

(21)申请号 201910593352.5

(22)申请日 2019.07.03

(71)申请人 西南交通大学

地址 610031 四川省成都市二环路北一段
111号西南交通大学科技处

(72)发明人 邹益胜 罗焕 王爽 蔡玮 张剑

(74)专利代理机构 成都信博专利代理有限责任
公司 51200

代理人 刘凯

(51) Int. Cl.

G01C 21/16(2006.01)

H04W 4/02(2018.01)

H04W 4/33(2018.01)

H04W 4/40(2018.01)

H04W 4/80(2018.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种基于低成本IMU与RFID技术结合的AGV
实时定位方法

(57)摘要

本发明公开一种基于低成本IMU与RFID技术结合的AGV实时定位方法,首先进行补偿传感器误差:对低成本IMU传感器进行零加速检测和误差修正,包括对加速度和航偏角的误差进行补偿;然后去除采集数据噪声:通过卡尔曼滤波位姿更新算法对IMU采集的数据进行噪声去除,得到滤波后的AGV速度与位移更新,得到AGV的实时位置;最后RFID进行位置校正:通过RFID阅读器采集的信号与惯性传感信息进行组合定位,在特定参考节点进行位置信息的校正,进而获得AGV的实时精确位置信息。本发明成本低廉,能够达到实际定位要求,较单纯使用INS稳定性和可靠性更高,定位精度提高31%,适用于室内AGV实时定位。



1. 一种基于低成本IMU与RFID技术结合的AGV实时定位方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:补偿传感器误差:对低成本IMU传感器进行零加速检测和误差修正,包括对加速度和航偏角的误差进行补偿;

步骤2:去除采集数据噪声:通过卡尔曼滤波位姿更新算法对IMU采集的数据进行噪声去除,得到滤波后的AGV速度与位移更新,得到AGV的实时位置;

步骤3:RFID进行位置校正:通过RFID阅读器采集的信号与惯性传感信息进行组合定位,在特定参考节点进行位置信息的校正,进而获得AGV的实时精确位置信息。

2. 根据权利要求1所述的基于低成本IMU与RFID技术结合的AGV实时定位方法,其特征在于,所述步骤1中对加速度误差的补偿具体为:对静止时的加速度数据进行采集和分析,得到对IMU在X方向和Y方向的加速度补偿值,据此对加速度值进行补偿;对航偏角误差的补偿具体为:对AGV的直线运动进行测量,得到角度偏转的误差数据,将AGV运行速度作为输入,利用支持向量机方法对角度偏转误差进行训练与测试,得出AGV运行速度与角度偏差的模型,根据模型对AGV的角度偏差依据不同运行速度进行实时补偿。

3. 根据权利要求1所述的基于低成本IMU与RFID技术结合的AGV实时定位方法,其特征在于,所述步骤2的具体过程包括:

步骤21:进行坐标变换

定位模型中,以AGV为载体坐标系b系,以地理坐标系为导航坐标系n系,利用惯性导航系统量测的AGV在载体坐标系b系下k时刻的X方向和Y方向加速度信息 $a_{k,x}^b$ 、 $a_{k,y}^b$ 和偏转角 φ_k ,根据姿态解算方法得到AGV在导航坐标系n系下的加速度信息以及角度偏转信息:

$$a_k^n = \begin{bmatrix} \cos \varphi_k & -\sin \varphi_k \\ \sin \varphi_k & \cos \varphi_k \end{bmatrix} a_k^b \quad (1)$$

式中: a_k^b 为b系下k时刻的加速度信息, a_k^n 为n系下k时刻的加速度信息, φ_k 为AGV在k时刻的偏转角度;

通过以上变换,将b系下的加速度信息转换到n系下;

步骤22:进行位姿更新

在惯性导航系统中,由b系下的传感器获得的信息得到n系下AGV的位置和速度更新,其模型为:

$$\left. \begin{aligned} S_{k,x} &= S_{k-1,x} + \Delta T * v_{k-1,x} + \frac{\Delta T^2}{2} * a_{k-1,x} \\ S_{k,y} &= S_{k-1,y} + \Delta T * v_{k-1,y} + \frac{\Delta T^2}{2} * a_{k-1,y} \\ v_{k,x} &= v_{k-1,x} + \Delta T * a_{k-1,x} \\ v_{k,y} &= v_{k-1,y} + \Delta T * a_{k-1,y} \\ a_{k,x} &= a_{k-1,x} + \Delta T * j_{k-1,x} \\ a_{k,y} &= a_{k-1,y} + \Delta T * j_{k-1,y} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中:下标x和y分别表示X方向和Y方向; j_{k-1} 为k-1时刻的加加速度, a_k 和 a_{k-1} 分别为n系

下k时刻和k-1时刻的加速度, v_k 和 v_{k-1} 分别是k时刻和k-1时刻的速度, s_k 和 s_{k-1} 分别为k时刻和k-1时刻的位移, ΔT 为采样时间间隔;

$$\text{UKF状态方程: } \hat{X}_k = A\hat{X}_{k-1} + B_k u_k \quad (3)$$

$$\text{UKF量测方程: } Z_k = HX_k + V_k \quad (4)$$

其中, A 为状态变换矩阵, u_k 为k时刻系统控制输入, B_k 为k时刻状态控制矩阵, H 为观测矩阵, V_k 为k时刻观测噪声, \hat{X}_{k-1} 为k-1时刻系统状态变量估计, \hat{X}_k 为k时刻系统状态变量估计; Z_k 为k时刻观测变量;

$$\text{k时刻状态变量 } X_k = [s_{k,x} \ s_{k,y} \ v_{k,x} \ v_{k,y} \ a_{k,x} \ a_{k,y}]'$$

由位姿更新模型和状态方程知, 状态转移矩阵

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T & 0 & \frac{T^2}{2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T & 0 & \frac{T^2}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

此处不考虑控制矩阵 B_k ; 由量测方程知, 观测矩阵 $H = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1]$;

应用卡尔曼滤波基本方程:

$$\left. \begin{aligned} \hat{X}_k^- &= A\hat{X}_{k-1}^- + B_k u_k \\ P_k^- &= AP_{k-1}^- A^T + Q \\ K_k &= P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-2} \\ \hat{X}_k &= \hat{X}_k^- + K_k (Z_k - H\hat{X}_k^-) \\ P_k &= (I - K_k H)P_k^- \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中, \hat{X}_{k-1}^- 为k-1时刻系统状态先验估计; \hat{X}_k^- 为k时刻系统状态先验估计; P_k^- 为k时刻先验估计误差协方差矩阵; P_k 和 P_{k-1} 分别为k时刻和k-1时刻后验估计误差协方差矩阵; Q 为过程噪声协方差矩阵; R 为测量噪声协方差矩阵; I 为单位矩阵; K_k 为卡尔曼增益或混合因数;

最终得到滤波后的AGV速度与位移更新, 得到AGV的实时位置 (X, Y) 。

一种基于低成本IMU与RFID技术结合的AGV实时定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及AGV实时定位技术领域,具体为一种基于低成本IMU与RFID技术结合的AGV实时定位方法。

背景技术

[0002] 随着智能制造的提出,中国工业生产将进一步朝着智能化、柔性化和高度集成化的方向发展,AGV(Automated Guided Vehicle自动导引运输车)作为智能工厂中实现物料自动运输的移动机器人,对其进行实时定位是物料精准配送的关键。

[0003] 近年来,基于红外线、超声波、蓝牙、无线射频(RFID)、超宽带(UWB)等技术的各种室内定位方法不断兴起,被广泛应用于智能家居等领域,并且具有较高的定位精度。以上定位技术均表现出独立性弱、有视距传输要求等问题,需要借助外界设备装置进行辅助,并通过这些硬件设备进行数据传输,一旦外界环境无法满足条件,定位方法也将失效。针对复杂的工厂加工环境,以上方法难以实现精准定位,而基于自身传感器进行定位的惯性导航定位方法成为解决问题的关键。

[0004] 惯性定位是不依赖外部信息,也无需辐射能量,因其独立性好,面对复杂的室内环境,具有绝对优势。但市面上成熟的惯性导航器件成本都很高,若使用低成本传感器,会出现采集到的数据静止加速度零偏严重,运动加速度噪声偏大,不同测量速度下测得偏转角度精度不同以及计算所得位移漂移严重等问题;另外,单独使用惯性定位方法解算AGV的位置,得到的误差会存在随时间的累积效应,一定时间后,定位误差将会超出可接受范围,定位也将失去意义。

[0005] 惯性导航系统(Inertial Navigation System,INS)的主要误差来源是低成本传感器自身精度不高,系统误差大,加速度计和陀螺仪存在零位误差且计算结果随时间漂移严重。

发明内容

[0006] 针对上述问题,本发明的目的在于提出一种基于低成本IMU与RFID技术结合的AGV实时定位方法,首先对IMU进行误差修正再将RFID技术与惯性定位相组合的定位方法在特定参考节点进行位置信息的校正,进而获得AGV的实时精确位置信息。技术方案如下:

[0007] 一种基于低成本IMU与RFID技术结合的AGV实时定位方法,包括以下步骤:

[0008] 步骤1:补偿传感器误差:对低成本IMU传感器进行零加速检测和误差修正,包括对加速度和航偏角的误差进行补偿;

[0009] 步骤2:去除采集数据噪声:通过卡尔曼滤波位姿更新算法对IMU采集的数据进行噪声去除,得到滤波后的AGV速度与位移更新,得到AGV的实时位置;

[0010] 步骤3:RFID进行位置校正:通过RFID阅读器采集的信号与惯性传感信息进行组合定位,在特定参考节点进行位置信息的校正,进而获得AGV的实时精确位置信息。

[0011] 进一步的,所述步骤1中对加速度误差的补偿具体为:对静止时的加速度数据进行

采集和分析,得到对IMU在X方向和Y方向的加速度补偿值,据此对加速度值进行补偿;对航偏角误差的补偿具体为:对AGV的直线运动进行测量,得到角度偏转的误差数据,将AGV运行速度作为输入,利用支持向量机方法对角度偏转误差进行训练与测试,得出AGV运行速度与角度偏差的模型,根据模型对AGV的角度偏差依据不同运行速度进行实时补偿。

[0012] 更进一步的,所述步骤2的具体过程包括:

[0013] 步骤21:进行坐标变换

[0014] 定位模型中,以AGV为载体坐标系b系,以地理坐标系为导航坐标系n系,利用惯性导航系统量测的AGV在载体坐标系b系下k时刻的X方向和Y方向加速度信息 $a_{k,x}^b$ 、 $a_{k,y}^b$ 和偏转角 φ_k ,根据姿态解算方法得到AGV在导航坐标系n系下的加速度信息以及角度偏转信息:

$$[0015] \quad a_k^n = \begin{bmatrix} \cos \varphi_k & -\sin \varphi_k \\ \sin \varphi_k & \cos \varphi_k \end{bmatrix} a_k^b \quad (1)$$

[0016] 式中: a_k^b 为b系下k时刻的加速度信息, a_k^n 为n系下k时刻的加速度信息, φ_k 为AGV在k时刻的偏转角度;

[0017] 通过以上变换,将b系下的加速度信息转换到n系下;

[0018] 步骤22:进行位姿更新

[0019] 在惯性导航系统中,由b系下的传感器获得的信息得到n系下AGV的位置和速度更新,其模型为:

$$[0020] \quad \left. \begin{aligned} S_{k,x} &= S_{k-1,x} + \Delta T * v_{k-1,x} + \frac{\Delta T^2}{2} * a_{k-1,x} \\ S_{k,y} &= S_{k-1,y} + \Delta T * v_{k-1,y} + \frac{\Delta T^2}{2} * a_{k-1,y} \\ v_{k,x} &= v_{k-1,x} + \Delta T * a_{k-1,x} \\ v_{k,y} &= v_{k-1,y} + \Delta T * a_{k-1,y} \\ a_{k,x} &= a_{k-1,x} + \Delta T * j_{k-1,x} \\ a_{k,y} &= a_{k-1,y} + \Delta T * j_{k-1,y} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

[0021] 式中:下标x和y分别表示X方向和Y方向; j_{k-1} 为k-1时刻的加加速度, a_k 和 a_{k-1} 分别为n系下k时刻和k-1时刻的加速度, v_k 和 v_{k-1} 分别是k时刻和k-1时刻的速度, s_k 和 s_{k-1} 分别为k时刻和k-1时刻的位移, ΔT 为采样时间间隔;

$$[0022] \quad \text{UKF状态方程: } \hat{X}_k = A\hat{X}_{k-1} + B_k u_k \quad (3)$$

$$[0023] \quad \text{UKF量测方程: } Z_k = HX_k + V_k \quad (4)$$

[0024] 其中,A为状态变换矩阵, u_k 为k时刻系统控制输入, B_k 为k时刻状态控制矩阵,H为

[0025] 观测矩阵, V_k 为k时刻观测噪声, \hat{X}_{k-1} 为k-1时刻系统状态变量估计, \hat{X}_k 为k时刻系

[0026] 状态变量估计; Z_k 为k时刻观测变量;

[0027] k时刻状态变量 $X_k = [S_{k,x} \ S_{k,y} \ v_{k,x} \ v_{k,y} \ a_{k,x} \ a_{k,y}]'$

[0028] 由位姿更新模型和状态方程知,状态转移矩阵

$$[0029] \quad A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T & 0 & \frac{T^2}{2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T & 0 & \frac{T^2}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0030] 此处不考虑控制矩阵 B_k ；由量测方程知，观测矩阵 $H = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1]$ ；

[0031] 应用卡尔曼滤波基本方程：

$$[0032] \quad \left. \begin{aligned} \hat{X}_k^- &= A\hat{X}_{k-1}^- + B_k u_k \\ P_k^- &= AP_{k-1}^- A^T + Q \\ K_k &= P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-2} \\ \hat{X}_k &= \hat{X}_k^- + K_k (Z_k - H\hat{X}_k^-) \\ P_k &= (I - K_k H)P_k^- \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

[0033] 式中， \hat{X}_{k-1}^- 为 $k-1$ 时刻系统状态先验估计； \hat{X}_k^- 为 k 时刻系统状态先验估计； P_k^- 为 k 时刻先验估计误差协方差矩阵； P_k 和 P_{k-1} 分别 k 时刻和 $k-1$ 时刻后验估计误差协方差矩阵； Q 为过程噪声协方差矩阵； R 为测量噪声协方差矩阵； I 为单位矩阵； K_k 为卡尔曼增益或混合因数。最终得到滤波后的AGV速度与位移更新，得到AGV的实时位置 (X, Y) 。

[0034] 本发明的有益效果是：本发明针对低成本IMU与RFID技术的组合定位方法进行研究，针对低成本IMU测量数据的误差特征，提出实时定位误差修正方法，通过卡尔曼滤波算法对INS位置进行解算，并与RFID电子标签信息进行结合，推导出组合定位的位置更新方程，获得室内AGV位姿信息；并通过实测实验验证以上方法的正确性，结果表明，基于低成本IMU与RFID技术的实时定位方法能够达到实际定位要求，较单纯使用INS稳定性和可靠性更高，定位精度提高31%，适用于室内AGV实时定位。

附图说明

[0035] 图1为IMU/RFID组合定位流程图。

[0036] 图2为静止加速度补偿前后对比图：(a)为原始加速度；(b)为补偿加速度。

[0037] 图3为运行速度与角度偏差曲线。

[0038] 图4为直线测试结果。

[0039] 图5为曲线测试结果。

[0040] 图6为误差与位移曲线。

具体实施方式

[0041] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明。本发明的主要内容包括两个部分：一是提出一套基于低成本IMU(Inertial Measurement Unit惯性测量单元)的实时定位误差修正方法，缓解低成本惯性传感器在试验中测量误差大等问题，使定位结果满

足工业室内定位的要求；二是参考轨道交通中广泛应用的应答器方法，利用RFID技术对惯性导航定位进行位置校正，通过两种方法数据的组合解算AGV位置，解决惯性导航累计误差的问题。具体过程如下：

[0042] 步骤1：补偿传感器误差：对低成本IMU传感器进行零加速检测和误差修正，包括对加速度和航偏角的误差进行补偿。

[0043] 低成本IMU在应用中存在一些问题，在采集数据前传感器存在一定的误差，包括加速度和偏航角度，需要对采集数据进行预处理。

[0044] 对加速度误差的补偿具体为：对静止时的加速度数据进行采集和分析，得到对IMU在X方向和Y方向的加速度补偿值，据此对加速度值进行补偿。

[0045] 本实施例以200Hz为采样频率对传感器静止时的数据进行采集，并对其结果进行误差的补偿。为解决加速度的初始偏移问题，对静止时的加速度数据进行分析，得知需要对IMU的加速度补偿值为X方向-0.0253，Y方向0.0137。误差补偿前后的加速度对比图如图2所示，实验发现未进行补偿处理的数据严重偏移，加速度值在0.025附近波动，补偿后的结果如图(b)，比较符合实际情况。

[0046] 对航偏角误差的补偿具体为：对AGV的直线运动进行测量，得到角度偏转的误差数据，将AGV运行速度作为输入，利用支持向量机方法对角度偏转误差进行训练与测试，得出AGV运行速度与角度偏差的模型，根据模型对AGV的角度偏差依据不同运行速度进行实时补偿。

[0047] 零加速检测目的是对采集的数据进行模糊处理，对于在AGV运动中采集到数据(加速度和偏转角度)，若两次采集的数据变化量小于指定阈值，则认为其加速度为零或角度偏转为零。通过对实验数据进行分析总结，认为当加速度变化量小于0.002时认为其没有发生变化。角度偏转误差变化比较复杂，在下面进行说明。

[0048] 实验中发现，IMU在不同运行速度下的角度偏转误差有所不同，针对这一问题做了一系列实验并提出改进方法。实验对AGV运行速度为0~6000mm/min的直线运动进行测量，得到60组角度偏转的误差数据，将AGV运行速度作为输入，利用支持向量机(Support Vector Machine, SVM)方法对角度偏转误差进行训练与测试，得出AGV运行速度与角度偏差的模型，根据模型可对AGV的角度偏差依据不同运行速度进行实时补偿。图3给出了运行速度与角度偏转误差的关系曲线。

[0049] 因此，在定位算法中，对不同运行速度的AGV需要按照角度偏差曲线动态的采取不同的角度补偿值，使定位算法更加符合实际，同时提高定位算法精度。

[0050] 步骤2：去除采集数据噪声：通过卡尔曼滤波位姿更新算法对IMU采集的数据进行噪声去除，得到滤波后的AGV速度与位移更新，得到AGV的实时位置。

[0051] 步骤21：进行坐标变换

[0052] 定位模型中，以AGV为载体坐标系b系，以地理坐标系为导航坐标系n系，利用惯性导航系统量测的AGV在载体坐标系b系下k时刻的X方向和Y方向加速度信息 $a_{k,x}^b$ 、 $a_{k,y}^b$ 和偏转角 φ_k ，根据姿态解算方法得到AGV在导航坐标系n系下的加速度信息以及角度偏转信息：

$$[0053] \quad a_k^n = \begin{bmatrix} \cos \varphi_k & -\sin \varphi_k \\ \sin \varphi_k & \cos \varphi_k \end{bmatrix} a_k^b \quad (1)$$

[0054] 式中： a_k^b 为b系下k时刻的加速度信息， a_k^n 为n系下k时刻的加速度信息， φ_k 为AGV在k时刻的偏转角度。

[0055] 通过以上变换，将b系下的加速度信息转换到n系下。

[0056] 步骤22:基于卡尔曼滤波进行位姿更新

[0057] IMU采集到的数据掺杂噪声，对AGV的实时定位要求算法能够实时对产生的数据进行处理，普遍使用的滤波算法对实时性无法保证，卡尔曼滤波算法(Unscented Kalman Filter,UKF)作为一种纯时域的估计算法很好的解决了这个问题。

[0058] 位姿更新模型:在INS定位系统中，由b系下的传感器获得的信息得到n系下AGV的位置和速度更新，其模型为:

$$\left. \begin{aligned}
 S_{k,x} &= S_{k-1,x} + \Delta T * v_{k-1,x} + \frac{\Delta T^2}{2} * a_{k-1,x} \\
 S_{k,y} &= S_{k-1,y} + \Delta T * v_{k-1,y} + \frac{\Delta T^2}{2} * a_{k-1,y} \\
 v_{k,x} &= v_{k-1,x} + \Delta T * a_{k-1,x} \\
 v_{k,y} &= v_{k-1,y} + \Delta T * a_{k-1,y} \\
 a_{k,x} &= a_{k-1,x} + \Delta T * j_{k-1,x} \\
 a_{k,y} &= a_{k-1,y} + \Delta T * j_{k-1,y}
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

[0060] 式中:下标x和y分别表示X方向和Y方向; j_{k-1} 为k-1时刻的加加速度, a_k 和 a_{k-1} 分别为n系下k时刻和k-1时刻的加速度, v_k 和 v_{k-1} 分别是k时刻和k-1时刻的速度, s_k 和 s_{k-1} 分别为k时刻和k-1时刻的位移, ΔT 为采样时间间隔。

$$[0061] \quad \text{UKF状态方程: } \hat{X}_k = A\hat{X}_{k-1} + B_k u_k \quad (3)$$

$$[0062] \quad \text{UKF量测方程: } Z_k = HX_k + V_k \quad (4)$$

[0063] 其中,A为状态变换矩阵, u_k 为k时刻系统控制输入, B_k 为k时刻状态控制矩阵,H为

[0064] 观测矩阵, V_k 为k时刻观测噪声, \hat{X}_{k-1} 为k-1时刻系统状态变量估计, \hat{X}_k 为k时刻系

[0065] 状态变量估计; Z_k 为k时刻观测变量;

[0066] k时刻状态变量 $X_k = [S_{k,x} \ S_{k,y} \ v_{k,x} \ v_{k,y} \ a_{k,x} \ a_{k,y}]'$

[0067] 由位姿更新模型和状态方程知,状态转移矩阵

$$[0068] \quad A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T & 0 & \frac{T^2}{2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T & 0 & \frac{T^2}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0069] 此处不考虑控制矩阵 B_k ;由量测方程知,观测矩阵 $H = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1]$;

[0070] 应用卡尔曼滤波基本方程：

$$\left. \begin{aligned}
 & \hat{X}_k^- = A\hat{X}_{k-1}^- + B_k u_k \\
 & P_k^- = AP_{k-1}^- A^T + Q \\
 [0071] \quad & K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-2} \\
 & \hat{X}_k = \hat{X}_k^- + K_k (Z_k - H\hat{X}_k^-) \\
 & P_k = (I - K_k H)P_k^-
 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

[0072] 式中， \hat{X}_{k-1}^- 为k-1时刻系统状态先验估计； \hat{X}_k^- 为k时刻系统状态先验估计； P_k^- 为k时刻先验估计误差协方差矩阵； P_k 和 P_{k-1} 分别k时刻和k-1时刻后验估计误差协方差矩阵； Q 为过程噪声协方差矩阵； R 为测量噪声协方差矩阵； I 为单位矩阵； K_k 为卡尔曼增益或混合因数。

[0073] 该部分计算由MATLAB实现，最终得到滤波后的AGV速度与位移更新，得到AGV的实时位置(X,Y)。

[0074] 步骤3:RFID进行位置校正:通过RFID阅读器采集的信号与惯性传感信息进行组合定位,在特定参考节点进行位置信息的校正,进而获得AGV的实时精确位置信息。

[0075] 依据以上组合定位方法,在AGV上安装低成本IMU,本发明选择九轴姿态测量传感器。对于采集的加速度信号,经过坐标转换计算和姿态解算算法得到AGV的位置信息。针对常规惯性定位方法存在累积误差问题,通过RFID阅读器采集的信号与惯性传感信息进行组合定位,在特定参考节点进行位置信息的校正,进而获得AGV的实时精确位置信息。

[0076] 为了验证本发明提出的误差修正定位方法的准确性,进行了实测实验。本实验中,IMU需固定安装在AGV上,AGV在移动时具有轨迹,轨迹中设定位置已知的标签作为参考节点,阅读器去识别标签以确定当前位置。

[0077] 在实验中,采用JY9001姿态传感器,电压3.5V~5V,测量维度为加速度3维,磁场3维,角度3维,稳定性加速度为0.01g,角速度0.05°/s,数据输出频率0.1Hz~200Hz,数据接口为串口。

[0078] 实验中所使用的RFID设备为FY-2422R型无源读写器,电子标签为与之对应的无源电子标签。IMU安装在AGV上,通过蓝牙与上位机进行数据的传输,信号采集频率设为200Hz。本实验在AGV所在实验室中进行,AGV设定一个既定的轨迹,通信采用的是蓝牙。

[0079] 实验及结果分析:

[0080] 分别做了直线运动和任意轨迹运动的实验。采用常规二次积分解算方法以及改进后的误差修正方法对实验数据进行分析。图4给出了直线测试实验结果,实测直线运动下,采用常规方法与采用修正定位算法得到的定位轨迹对比图,常规方法X方向误差21.5%,Y方向误差5.5%,误差修正方法X方向误差4.1%,Y方向误差3.4%,因此本发明提出的误差修正算法表现更为优异。

[0081] 图5给出了任意轨迹的实测实验结果,实验结果表明,开始的直线运动修正定位方法与常规定位方法差别不大,随着时间的累积,常规定位方法的漂移愈发严重,位移2.5m后,已经难以达到精度要求,但是修正定位算法的优势明显。此实验中,常规方法误差达40%,修正定位方法定位误差最大9.75%,精度较常规方法提高31%。

[0082] 通过实验分析得知,在使用JY9001姿态传感器条件下,运动位移与实验误差之间

存在图6关系,用户可根据对AGV的实际定位精度要求选择适合的布局方式。以现有的AGV尺寸为考虑因素,若要求定位精度为0.5m,则参考节点每隔7.8米布置一次,若精度为1.0m,则参考节点每隔10m布置一次。利用以上方法进行系统位置校正,保证定位误差始终在可接受范围内。

[0083] 成本昂贵或定位精度低是室内复杂环境下AGV实时精准定位现阶段普遍存在的问题,综合考虑,本发明针对低成本IMU与RFID技术的组合定位方法进行研究。针对低成本IMU测量数据的误差特征,提出实时定位误差修正方法,通过卡尔曼滤波算法对INS位置进行解算,并与RFID电子标签信息进行结合,推导出组合定位的位置更新方程,获得室内AGV位姿信息。通过实测实验验证以上方法的正确性,结果表明,基于低成本IMU与RFID技术的实时定位方法能够达到实际定位要求,较单纯使用INS稳定性和可靠性更高,定位精度提高31%,适用于室内AGV实时定位。

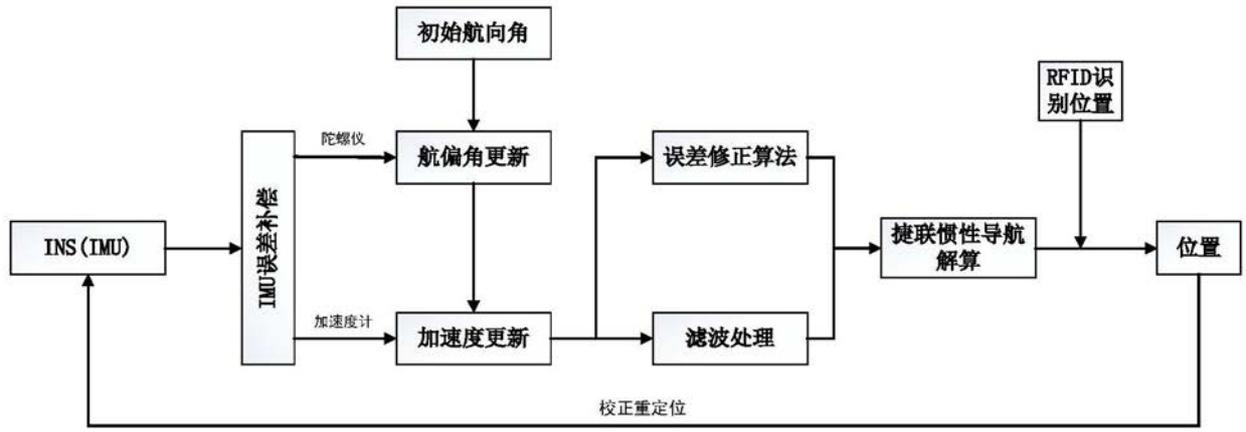
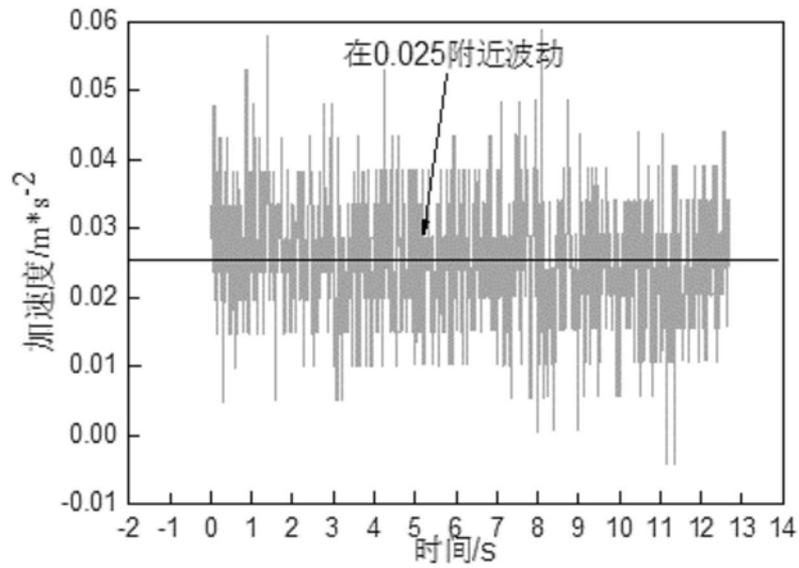
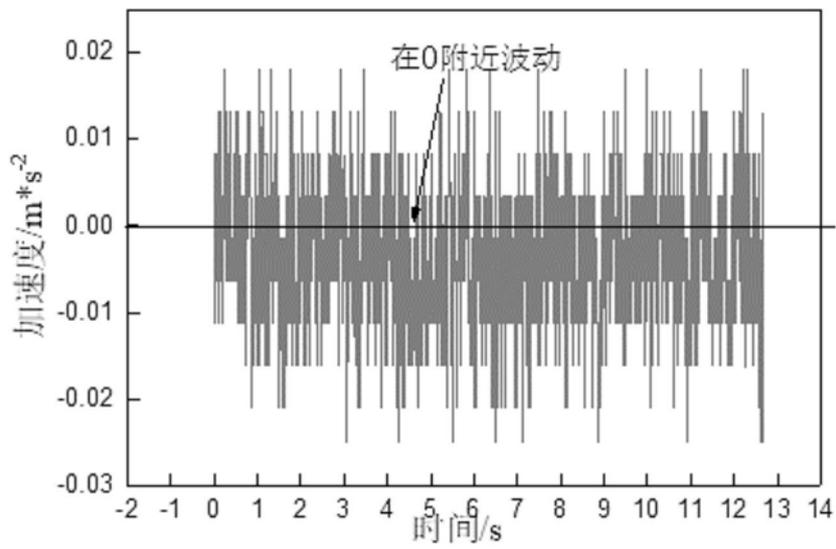


图1



(a)



(b)

图2

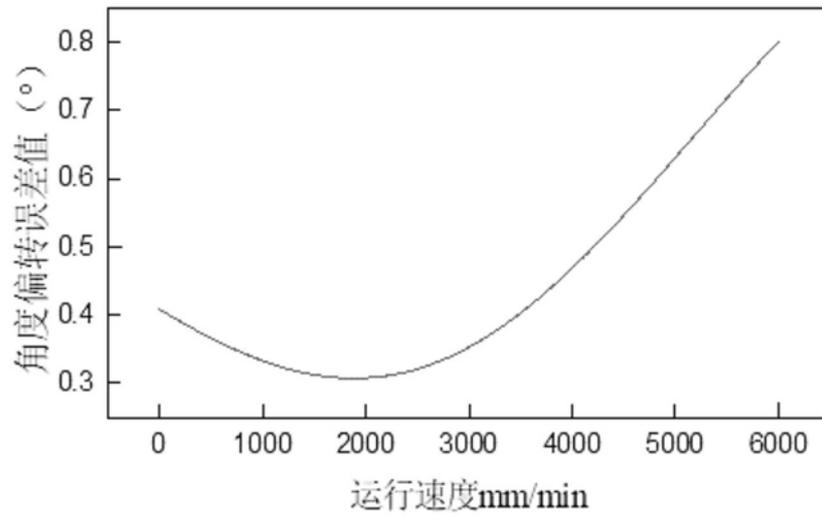


图3

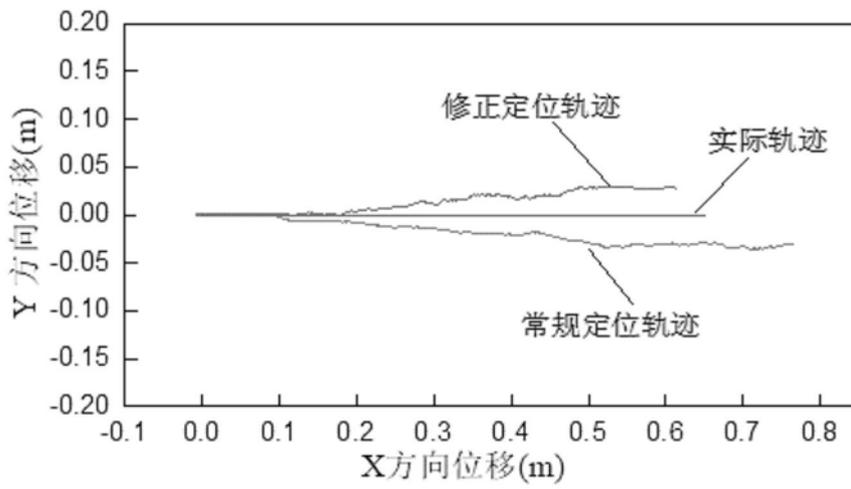


图4

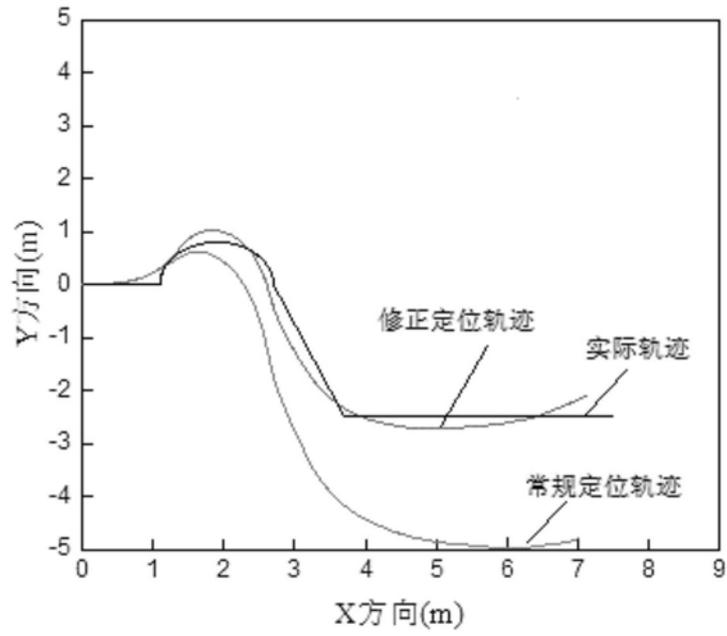


图5

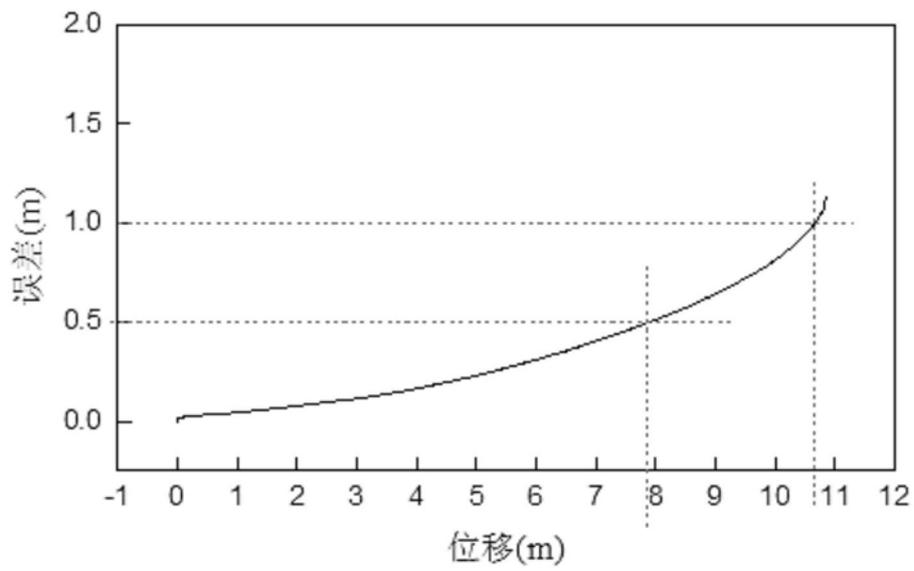


图6