



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112033405 B

(45) 授权公告日 2022.06.17

(21) 申请号 202010794600.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2020.08.10

G01C 21/20 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G01C 21/18 (2006.01)

申请公布号 CN 112033405 A

G01C 21/16 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.12.04

G01C 21/08 (2006.01)

(73) 专利权人 北京摩高科技有限公司

G01C 21/06 (2006.01)

地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥中路18

G01C 21/00 (2006.01)

号18幢二层北228室

G01C 25/00 (2006.01)

G01C 17/38 (2006.01)

(72) 发明人 薛原 黄雄 张挺 刘宇 刘善涛

审查员 张靓

孟来泉 张南 张韵 孟腾飞

姜伟

(74) 专利代理机构 北京知联天下知识产权代理

事务所(普通合伙) 11594

专利代理师 张陆军 张迎新

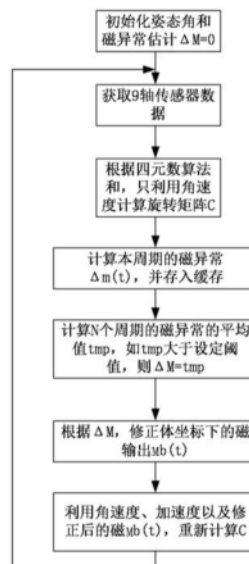
权利要求书3页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种室内环境磁异常实时修正与导航方法及装置

(57) 摘要

本发明提出一种室内环境磁异常实时修正与导航方法及装置,其中方法包括以下步骤:确定t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$;根据所述t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$ 对地磁矢量进行修正,获得t时刻的地磁矢量修正量 $Mb_{修正}(t)$;利用所述t时刻的地磁矢量修正量 $Mb_{修正}(t)$ 确定旋转矩阵 $C(t)$;根据旋转矩阵 $C(t)$ 确定航向。本发明对磁异常进行在线估计,并实时对磁异常进行补偿,因而在磁异常区域也可利用磁场强度输出对航向进行修正,避免了以往算法在室内磁异常情况下的航向发散问题。



1. 一种室内环境磁异常实时修正与导航方法,其特征在于,所述方法包括:

确定t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$;

根据所述t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$ 对地磁矢量进行修正,获得t时刻的地磁矢量修正量 $Mb_{\text{修正}}(t)$;

利用所述t时刻的地磁矢量修正量 $Mb_{\text{修正}}(t)$ 确定旋转矩阵 $C(t)$;

根据旋转矩阵 $C(t)$ 确定航向;

所述方法中还包括对MEMS传感器中加速度计的修正方法,所述对MEMS传感器中加速度计的修正方法包括以下步骤:

步骤e1、判断加速度是否异常,当三轴加速度计模值 $\sqrt{ax^2+ay^2+az^2}$ 与 $1g$ 相差较大时,则不进行加速度计修正,其中, $1g$ 表示一个重力加速度;

步骤e2、加速度归一化, $A=[ax \ ay \ az]^T$, $A_{\text{新}}=A/\text{norm}(A)$, 其中, ax 表示为x轴的加速度, ay 表示为y轴的加速度, az 表示为z轴的加速度, norm 表示矩阵范数;

步骤e3、计算加速度偏差 $Ea=A_{\text{新}} \times V$, 其中, $V=C^T[0 \ 0 \ 1]^T$ 表示为重力加速度在体坐标系的投影;

所述方法中还包括对MEMS传感器中磁力计的修正方法,所述对MEMS传感器中磁力计的修正方法包括以下步骤:

步骤f1、磁力计归一化: $M=[mx \ my \ mz]^T$, $M_{\text{新}}=M/\text{norm}(M)$, 其中, mx 表示为x轴的磁力计, my 表示为y轴的磁力计, mz 表示为z轴的磁力计;

步骤f2、计算磁场偏差 $Em=M_{\text{新}} \times W$, 其中, $W=C^T M_e(t)$ 表示为磁力计在体坐标系的投影;

所述方法中包括对人体姿态捷联解算的修正方法,所述对人体姿态捷联解算的修正方法包括以下步骤:

步骤g1、初始化四元数 q , 并初始化陀螺偏差 $\delta=[\delta_x \ \delta_y \ \delta_z]^T=[0 \ 0 \ 0]^T$, 其中, δ_x 表示为x轴的陀螺偏差, δ_y 表示为y轴的陀螺偏差, δ_z 表示为z轴的陀螺偏差;

步骤g2、计算xyz三轴的修正速率, $w=w_0+\delta$, 其中, $w_0=[wx \ wy \ wz]^T$, 表示为三轴角速率, wx 表示为x轴的角速率, wy 表示为y轴的角速率, wz 表示为z轴的角速率;

步骤g3、计算修正后的 \dot{q} , $\dot{q} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & -wx & -wy & -wz \\ wx & 0 & wz & -wy \\ wy & -wz & 0 & wx \\ wz & wy & -wx & 0 \end{bmatrix} q$ 其中 $q=[q_0 \ q_1$

$q_2 \ q_3]^T$ 。

2. 根据权利要求1所述的室内环境磁异常实时修正与导航方法,其特征在于,所述方法具体包括以下步骤:

步骤a、将MEMS传感器静止,利用磁输出 $Mb(0)$ 确定初始航向,利用加速度计输出确定初始横滚和俯仰,其中, $Mb(0)$ 表示为地磁矢量在体坐标的投影,即MEMS传感器在初始时刻的磁输出值;

步骤b、通过基本四元数积分算法,计算t时刻磁异常量 $\Delta m(t)$;

步骤c、对t时刻的地磁矢量进行修正得到修正后的地磁矢量 $Mb_{\text{修正}}$, $Mb_{\text{修正}}(t) = Mb(t) - C^T$

(t) ΔM_t , 其中, $C(t)$ 表示为 t 时刻只利用陀螺数据计算的旋转矩阵, $C^T(t)$ 表示 $C(t)$ 在 t 时刻的转置矩阵, $M_b(t)$ 表示为地磁矢量在体坐标的投影, 即 MEMS 传感器在 t 时刻的磁输出值, ΔM_t 表示为大于设定阈值的 N 个周期磁异常的平均值;

步骤 d、利用修正后的地磁矢量 $M_{b_{修正}}(t)$, 结合加速度输出、陀螺输出, 重新计算旋转矩阵 $C_{新}(t)$, 确定航向。

3. 根据权利要求 2 所述的室内环境磁异常实时修正与导航方法, 其特征在于, 所述步骤 b 中 t 时刻磁异常量 $\Delta m(t)$ 计算包括以下步骤:

步骤 b1、计算初始时刻的地磁矢量 $M_e(0) = C(0) * M_b(0)$, 并置磁异常量 $\Delta M = 0$, 其中, $C(0)$ 表示为初始时刻从体坐标系到大地坐标系的旋转矩阵, 所述初始时刻从体坐标系到大地坐标系的旋转矩阵 $C(0)$ 通过四元数获取;

步骤 b2、获取 9 轴传感器数据, 计算 t 时刻大地坐标下的磁矢量 $M_e(t) = C(t) * M_b(t)$, $C(t)$ 表示为 t 时刻只利用陀螺数据计算的旋转矩阵, $M_b(t)$ 表示为地磁矢量在体坐标的投影, 即 MEMS 传感器在 t 时刻的磁输出值;

步骤 b3、计算 t 时刻磁异常量 $\Delta m(t) = M_e(t) - M_e(0)$, 并存入缓存。

4. 根据权利要求 2 所述的室内环境磁异常实时修正与导航方法, 其特征在于, 所述 N 个周期磁异常的平均值 $tmp = \sum_{i=t-N}^t \Delta m(i) / N$, 若 tmp 大于设定阈值, 则更新磁异常 $\Delta M_t = tmp$ 。

5. 根据权利要求 3 所述的室内环境磁异常实时修正与导航方法, 其特征在于: 所述 9 轴传感器数据包括 MEMS 传感器获得的体坐标系下的 xyz 三个轴的角速度、加速度和磁矢量, 其中, xyz 三个轴的角速度称为陀螺数据;

所述角速度数据通过陀螺仪获得, 所述加速度数据通过加速度计获得, 所述磁矢量数据通过磁力计获得, 所述磁力计为磁传感器。

6. 根据权利要求 1 所述的室内环境磁异常实时修正与导航方法, 其特征在于: 所述方法中包括对姿态四元数非线性互补修正, $\delta_{修正} = K_p * e + K_I \int e dt$, 其中, $e = E_m + E_a$, K_p 表示为 PID 控制中的 P 项系数, 即比例项系数, K_I 表示为 PID 控制中的 I 项系数, 即积分项系数。

7. 一种室内环境磁异常实时修正与导航装置, 其特征在于, 所述装置包括:

磁异常量确定单元, 用于确定 t 时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$;

地磁矢量修正量确定单元, 用于根据所述 t 时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$ 对地磁矢量进行修正, 获得 t 时刻的地磁矢量修正量 $M_{b_{修正}}(t)$;

旋转矩阵 $C(t)$ 确定单元, 用于利用所述 t 时刻的地磁矢量修正量 $M_{b_{修正}}(t)$ 确定旋转矩阵 $C(t)$;

航向确定单元, 用于根据旋转矩阵 $C(t)$ 确定航向;

所述装置还用于对 MEMS 传感器中加速度计的修正, 所述对 MEMS 传感器中加速度计的修正包括以下步骤:

步骤 e1、判断加速度是否异常, 当三轴加速度计模值 $\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ 与 $1g$ 相差较大时, 则不进行加速度计修正, 其中, $1g$ 表示一个重力加速度;

步骤 e2、加速度归一化, $A = [a_x \ a_y \ a_z]^T$, $A_{新} = A / \text{norm}(A)$, 其中, a_x 表示为 x 轴的加速度,

a_y 表示为y轴的加速度, a_z 表示为z轴的加速度, $norm$ 表示矩阵范数;

步骤e3、计算加速度偏差 $Ea=A_{\text{新}} \times V$,其中, $V=C^T[0 \ 0 \ 1]^T$ 表示为重力加速度在体坐标系的投影;

所述装置还用于对MEMS传感器中磁力计的修正,所述对MEMS传感器中磁力计的修正包括以下步骤:

步骤f1、磁力计归一化: $M=[m_x \ m_y \ m_z]^T$, $M_{\text{新}}=M/norm(M)$,其中, m_x 表示为x轴的磁力计, m_y 表示为y轴的磁力计, m_z 表示为z轴的磁力计;

步骤f2、计算磁场偏差 $Em=M_{\text{新}} \times W$,其中, $W=C^T Me(t)$ 表示为磁力计在体坐标系的投影;

所述装置还用于对人体姿态捷联解算的修正,所述对人体姿态捷联解算的修正包括以下步骤:

步骤g1、初始化四元数 q ,并初始化陀螺偏差 $\delta=[\delta_x \ \delta_y \ \delta_z]^T=[0 \ 0 \ 0]^T$,其中, δ_x 表示为x轴的陀螺偏差, δ_y 表示为y轴的陀螺偏差, δ_z 表示为z轴的陀螺偏差;

步骤g2、计算xyz三轴的修正速率, $w=w_0+\delta$,其中, $w_0=[w_x \ w_y \ w_z]^T$,表示为三轴角速率, w_x 表示为x轴的角速率, w_y 表示为y轴的角速率, w_z 表示为z轴的角速率;

步骤g3、计算修正后的 \dot{q} , $\dot{q}=\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & -w_x & -w_y & -w_z \\ w_x & 0 & w_z & -w_y \\ w_y & -w_z & 0 & w_x \\ w_z & w_y & -w_x & 0 \end{bmatrix} q$ 其中 $q=[q_0 \ q_1$

$q_2 \ q_3]^T$ 。

一种室内环境磁异常实时修正与导航方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于室内导航技术领域,特别涉及一种室内环境磁异常实时修正与导航方法及装置。

背景技术

[0002] 在室内环境中,建筑结构会对地磁场强度和磁偏角造成一定的、较稳定的影响。这种影响的来源通常有:家用电器、钢筋、电线等。由于地磁强度相对较小,因而室内磁异常经常会导致无法对航向进行修正,造成MEMS导航在航向通道的发散。

[0003] 现有技术通常在磁异常存在情况下,不对航向做修正,因此,长时间处于磁异常环境,会导致航向发散。本专利针对这种问题,在长时间处于室内磁异常环境时,也能有效利用修正后的磁矢量对航向进行修正,从而极大地减缓航向发散的速度。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明提出一种室内环境磁异常实时修正与导航方法,所述方法包括以下步骤:

[0005] 确定t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$;

[0006] 根据所述t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$ 对地磁矢量进行修正,获得t时刻的地磁矢量修正量 $Mb_{修正}(t)$;

[0007] 利用所述t时刻的地磁矢量修正量 $Mb_{修正}(t)$ 确定旋转矩阵 $C(t)$;

[0008] 根据旋转矩阵 $C(t)$ 确定航向。

[0009] 进一步的,所述方法具体包括以下步骤:

[0010] 步骤a、将MEMS传感器静止,利用磁输出 $Mb(0)$ 确定初始航向,利用加速度计输出确定初始横滚和俯仰,其中, $Mb(0)$ 表示为地磁矢量在体坐标的投影,即MEMS传感器在初始时刻的磁输出值;

[0011] 步骤b、通过基本四元数积分算法,计算t时刻磁异常量 $\Delta m(t)$;

[0012] 步骤c、对t时刻的地磁矢量进行修正得到修正后的地磁矢量 $Mb_{修正}$, $Mb_{修正}(t) = Mb(t) - C^T(t) \Delta M_t$, 其中, $C(t)$ 表示为t时刻只利用陀螺数据计算的旋转矩阵, $C^T(t)$ 表示 $C(t)$ 在t时刻的转置矩阵, $Mb(t)$ 表示为地磁矢量在体坐标的投影,即MEMS传感器在t时刻的磁输出值, ΔM_t 表示为大于设定阈值的N个周期磁异常的平均值;

[0013] 步骤d、利用修正后的地磁矢量 $Mb_{修正}(t)$, 结合加速度输出、陀螺输出,重新计算旋转矩阵 $C_{新}(t)$, 确定航向。

[0014] 进一步的,所述步骤b中t时刻磁异常量 $\Delta m(t)$ 计算包括以下步骤:

[0015] 步骤b1、计算初始时刻的地磁矢量 $Me(0) = C(0) * Mb(0)$, 并置磁异常量 $\Delta M = 0$, 其中, $C(0)$ 表示为初始时刻从体坐标系到大地坐标系的旋转矩阵,所述初始时刻从体坐标系到大地坐标系的旋转矩阵 $C(0)$ 通过四元数获取;

[0016] 步骤b2、获取9轴传感器数据,计算t时刻大地坐标下的磁矢量 $Me(t) = C(t) * Mb$

(t), C(t) 表示为t时刻只利用陀螺数据计算的旋转矩阵, Mb(t) 表示为地磁矢量在体坐标的投影, 即MEMS传感器在t时刻的磁输出值;

[0017] 步骤b3、计算t时刻磁异常量 $\Delta m(t) = M_e(t) - M_e(0)$, 并存入缓存。

[0018] 进一步的, 所述N个周期磁异常的平均值 $\text{tmp} = \sum_{i=t-N}^t \Delta m(i) / N$, 若tmp大于设定

阈值, 则更新磁异常 $\Delta M_t = \text{tmp}$ 。

[0019] 进一步的, 所述9轴传感器数据包括MEMS传感器获得的体坐标系下的xyz三个轴的角度、加速度和磁矢量, 其中, xyz三个轴的角度称为陀螺数据; 所述角度数据通过陀螺仪获得, 所述加速度数据通过加速度计获得, 所述磁矢量数据通过磁力计获得, 所述磁力计可为磁传感器。

[0020] 进一步的, 所述算法中还包括对MEMS传感器中加速度计的修正方法, 所述方法包括以下步骤:

[0021] 步骤e1、判断加速度是否异常, 当三轴加速度计模值 $\text{sqrt}(a_x^2 + a_y^2 + a_z^2)$ 与1g相差较大时, 则不进行加速度计修正, 其中, 1g表示一个重力加速度;

[0022] 步骤e2、加速度归一化, $A = [a_x a_y a_z]^T$, $A_{\text{新}} = A / \text{norm}(A)$, 其中, a_x 表示为x轴的加速度, a_y 表示为y轴的加速度, a_z 表示为z轴的加速度, norm表示矩阵范数;

[0023] 步骤e3、计算加速度偏差 $E_a = A_{\text{新}} \times V$, 其中, $V = C^T [001]^T$ 表示为重力加速度在体坐标系的投影。

[0024] 进一步的, 所述算法中还包括对MEMS传感器中磁力计的修正方法, 所述方法包括以下步骤:

[0025] 步骤f1、磁力计归一化: $M = [m_x m_y m_z]^T$, $M_{\text{新}} = M / \text{norm}(M)$, 其中, m_x 表示为x轴的磁力计, m_y 表示为y轴的磁力计, m_z 表示为z轴的磁力计;

[0026] 步骤f2、计算磁场偏差 $E_m = M_{\text{新}} \times W$, 其中, $W = C^T M_e(t)$ 表示为磁力计在体坐标系的投影。

[0027] 进一步的, 所述算法中中包括对人体姿态捷联解算的修正方法, 所述方法包括以下步骤:

[0028] 步骤g1、初始化四元数q, 并初始化陀螺偏差 $\delta = [\delta_x \ \delta_y \ \delta_z]^T = [0 \ 0 \ 0]^T$, 其中, δ_x 表示为x轴的陀螺偏差, δ_y 表示为y轴的陀螺偏差, δ_z 表示为z轴的陀螺偏差;

[0029] 步骤g2、计算xyz三轴的修正速率, $w = w_0 + \delta$, 其中, $w_0 = [w_x \ w_y \ w_z]^T$, 表示为三轴角速率, w_x 表示为x轴的角速率, w_y 表示为y轴的角速率, w_z 表示为z轴的角速率;

[0030] 步骤g3、计算修正后的 \dot{q} , $\dot{q} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & -w_x & -w_y & -w_z \\ w_x & 0 & w_z & -w_y \\ w_y & -w_z & 0 & w_x \\ w_z & w_y & -w_x & 0 \end{bmatrix} q$ 其中 $q = [q_0$

$q_1 \ q_2 \ q_3]^T$ 。

[0031] 进一步的, 所述算法中包括对姿态四元数非线性互补修正, $\delta_{\text{修正}} = K_p * e + K_I \int e dt$, 其

中, $e = E_m + E_a$, K_p 表示为PID控制中的P项系数, 即比例项系数, K_I 表示为PID控制中的I项系数, 即积分项系数。

[0032] 进一步的, 本发明还提供一种室内环境磁异常实时修正与导航装置, 其特征在于, 所述装置包括:

[0033] 磁异常量确定单元, 用于确定t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$;

[0034] 地磁矢量修正量确定单元, 用于根据所述t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$ 对地磁矢量进行修正, 获得t时刻的地磁矢量修正量 $Mb_{修正}(t)$;

[0035] 旋转矩阵 $C(t)$ 确定单元, 用于利用所述t时刻的地磁矢量修正量 $Mb_{修正}(t)$ 确定旋转矩阵 $C(t)$;

[0036] 航向确定单元, 用于根据旋转矩阵 $C(t)$ 确定航向。

[0037] 本发明的室内环境磁异常实时修正与导航方法及装置, 通过对磁异常进行在线估计, 并实时对磁异常进行补偿, 因而在磁异常区域也可利用磁场强度输出对航向进行修正, 避免了以往算法在室内磁异常情况下的航向发散问题; 同时, 本发明采用两次惯导算法计算, 第一次只利用基本四元数积分算法, 目的是求出磁异常矢量, 考虑到短时间内, 利用基本四元数法, 可以获得较高的姿态精度, 这是可行的。利用第一次导航算法, 解算磁异常。随后, 利用已知的磁异常信息, 对地磁信号进行补偿, 然后再重新利用9轴导航算法, 更新旋转矩阵 C , 确定航向。

[0038] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述, 并且, 部分地从说明书中变得显而易见, 或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0039] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图是本发明的一些实施例, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0040] 图1示出了本发明实施例中室内环境磁异常实时修正与导航方法流程的示意图;

[0041] 图2示出了本发明实施例中四元数 q 的坐标图;

[0042] 图3示出了本发明实施例中室内环境磁异常实时修正与导航装置的示意图。

具体实施方式

[0043] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚, 下面将结合本发明实施例中的附图, 对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地说明, 显然, 所描述的实施例是本发明一部分实施例, 而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例, 本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例, 都属于本发明保护的范围。

[0044] 本发明主要针对室内MEMS导航的需求。通常MEMS传感器放置于人身上, 用于测量人体姿态。当人在室内活动时, 各个地点磁场矢量不同, 在此情况下, 无法引入磁场测量对算法进行修正, 因而航向会逐渐发散。

[0045] 本发明通过9轴MEMS传感器测量3轴加速度、3轴角速度意见3轴磁矢量。利用角速

度积分可以获得空间的欧拉角。MEMS陀螺的特性为：短期内精度较高，可通过积分获得姿态角；而长时间积分会由于零点漂移，导致发散。因而同时利用加速度计和磁强计，对横滚、俯仰和航向三个姿态角进行修正，可以避免积分发散的问题。同时考虑到室内磁异常变化相对缓慢，而人在室内行走时速度不会太快。基于此种原则，我们提出在线修正磁异常的算法，可实时监测室内磁异常；发现异常后，进行补偿处理，处理后的磁矢量仍可对MEMS传感器进行航向修正。这样，避免了室内磁异常导致的航向发散问题。

[0046] 一种室内环境磁异常实时修正与导航方法，包括以下步骤，如图1所示：

[0047] 步骤(1)、将MEMS传感器静止，利用磁输出 $M_b(0)$ 确定初始航向，利用加速度计输出确定初始横滚和俯仰，其中， $M_b(0)$ 表示为地磁矢量在体坐标的投影，即MEMS传感器在初始时刻的磁输出值；

[0048] 步骤(2)、计算初始时刻的地磁矢量 $M_e(0) = C(0) * M_b(0)$ ，并置磁异常量 $\Delta M = 0$ ，其中， $C(0)$ 表示为初始时刻从体坐标系到大地坐标系的旋转矩阵；

[0049] 步骤(3)、获取9轴传感器数据，计算t时刻大地坐标下的磁矢量 $M_e(t) = C(t) * M_b(t)$ ， $C(t)$ 表示为t时刻只利用陀螺数据计算的旋转矩阵， $M_b(t)$ 表示为地磁矢量在体坐标的投影，即MEMS传感器在t时刻的磁输出值；

[0050] 步骤(4)、计算t时刻磁异常量 $\Delta m(t) = M_e(t) - M_e(0)$ ，并存入缓存；

[0051] 步骤(5)、计算N个周期磁异常的平均值 $tmp = \sum_{i=t-N}^t \Delta m(i) / N$ ，若tmp大于设定

阈值，则更新磁异常 $\Delta M_t = tmp$ ；

[0052] 步骤(6)、对t时刻的地磁矢量进行修正， $M_{b_{修正}}(t) = M_b(t) - C^T(t) \Delta M$ ，其中， $C^T(t)$ 表示 $C(t)$ 在t时刻的转置矩阵；

[0053] 步骤(7)、利用修正后的磁矢量 $M_{b_{修正}}(t)$ ，结合加速度输出、陀螺输出，重新计算旋转矩阵 $C_{新}(t)$ ；

[0054] 步骤(8)、在t+1时刻，跳转到步骤(3)重新进行算法的运算。

[0055] 本发明还提供一种室内环境磁异常实时修正与导航装置，如图3所示，所述装置包括：

[0056] 磁异常量确定单元，用于确定t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$ ；

[0057] 地磁矢量修正量确定单元，用于根据所述t时刻的磁异常量 $\Delta m(t)$ 对地磁矢量进行修正，获得t时刻的地磁矢量修正量 $M_{b_{修正}}(t)$ ；

[0058] 旋转矩阵 $C(t)$ 确定单元，用于利用所述t时刻的地磁矢量修正量 $M_{b_{修正}}(t)$ 确定旋转矩阵 $C(t)$ ；

[0059] 航向确定单元，用于根据旋转矩阵 $C(t)$ 确定航向。

[0060] 算法中包括对人体姿态捷联解算的修正方法，方法包括以下步骤：

[0061] 步骤g1、初始化四元数q，并初始化陀螺偏差 $\delta = [\delta_x \ \delta_y \ \delta_z]^T = [0 \ 0 \ 0]^T$ ，其中， δ_x 表示为x轴的陀螺偏差， δ_y 表示为y轴的陀螺偏差， δ_z 表示为z轴的陀螺偏差；

[0062] 步骤g2、计算xyz三轴的修正速率， $w = w_0 + \delta$ ，其中， $w_0 = [w_x \ w_y \ w_z]^T$ ，表示为三轴角速率， w_x 表示为x轴的角速率， w_y 表示为y轴的角速率， w_z 表示为z轴的角速率；

[0063] 步骤g3、计算修正后的 $\dot{q}, \dot{q} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 0 & -wx & -wy & -wz \\ wx & 0 & wz & -wy \\ wy & -wz & 0 & wx \\ wz & wy & -wx & 0 \end{bmatrix} q$ 其中 $q = [q_0$

$q_1 \ q_2 \ q_3]^T$ 。

[0064] 算法中还包括对MEMS传感器中加速度计的修正方法,方法包括以下步骤:

[0065] 步骤e1、判断加速度是否异常,当三轴加速度计模值 $\sqrt{ax^2+ay^2+az^2}$ 与 $1g$ 相差较大时,则不进行加速度计修正,其中, $1g$ 表示一个重力加速度;

[0066] 步骤e2、加速度归一化, $A = [ax \ ay \ az]^T$, $A_{\text{新}} = A / \text{norm}(A)$,其中, ax 表示为x轴的加速度, ay 表示为y轴的加速度, az 表示为z轴的加速度, norm 表示矩阵范数;

[0067] 步骤e3、计算加速度偏差 $Ea = A_{\text{新}} \times V$,其中, $V = C^T [001]^T$ 表示为重力加速度在体坐标系的投影。

[0068] 算法中还包括对MEMS传感器中磁力计的修正方法,方法包括以下步骤:

[0069] 步骤f1、磁力计归一化: $M = [mx \ my \ mz]^T$, $M_{\text{新}} = M / \text{norm}(M)$,其中, mx 表示为x轴的磁力计, my 表示为y轴的磁力计, mz 表示为z轴的磁力计;

[0070] 步骤f2、计算磁场偏差 $Em = M_{\text{新}} \times W$,其中, $W = C^T Me(t)$ 表示为磁力计在体坐标系的投影。

[0071] 算法中包括对姿态四元数非线性互补修正, $\delta_{\text{修正}} = K_p * e + K_I \int e dt$,其中, $e = Em + Ea$, K_p 表示为PID控制中的P项系数,即比例项系数, K_I 表示为PID控制中的I项系数,即积分项系数;含义是根据加速度计和磁强计的偏差,利用反馈控制的方式来修正陀螺零点。

[0072] 陀螺仪测量角速度,具有高动态特性,也就是说测量的是角度的导数,即角速度,要将角速度对时间积分才能得到角度。现代MEMS传感器通常同时测量3个轴的角速度;MEMS陀螺仪动态响应特性好(带宽较宽),但计算姿态时采用积分算法,会产生累积误差。磁传感器和加速度计测量姿态没有累积误差,但动态响应差(带宽较窄),且噪声相对较大。考虑到陀螺仪、磁传感器和加速度计在频域上的特性互补,可以采用互补滤波方式融合三种传感器数据,提高姿态测量精度。磁传感器很容易受到外界干扰,在室内磁场环境更为恶劣,由于外界磁干扰的影响。

[0073] 加速度计的低频特性好,可以测量低速的静态加速度。当把加速度计拿在手上随意转动时,看的是重力加速度在三个轴上的分量值。加速度计在自由落体时,其输出为0,加速度计仅仅测量的是重力加速度,3轴加速度计输出重力加速度在加速度计所在机体坐标系3个轴上的分量大小。重力加速度的方向和大小是固定的。通过这种关系,可以得到加速度计所在平面与地面的角度关系。加速度计若是绕着重力加速度的轴转动,则测量值不会改变,也就是说加速度计无法感知这种水平旋转。

[0074] 磁传感器可以测量磁场,在没有其他磁场的情况下,仅仅测量的是地球的磁场,而地磁也是和R坐标系固连的,通过这种关系,可以得到平面A和地平面的关系。(平面A:和磁场方向垂直的平面),同样的,若是沿着磁场方向的轴旋转,测量值不会改变,无法感知这种旋转。

[0075] 综合考虑,加速度计和磁传感器都是极易受外部干扰的传感器,都只能得到2维的角度关系,但是测量值随时间的变化相对较小,结合加速度计和磁传感器可以得到3维的角度关系。陀螺仪可以积分得到三维的角度关系,动态性能好,受外部干扰小,但测量值随时间变化比较大。可以看出,它们优缺点互补,结合起来才能有好的效果。

[0076] 四元数 $q=[q_0, q_1, q_2, q_3]$ 为一个四维向量,其中 $[q_1, q_2, q_3]$ 可以理解为空间的一个旋转轴, q_0 与绕此轴旋转的角度 θ 有关。 $\cos\left(\frac{\theta}{2}\right) = p_0$

[0077] 本专利中涉及的四元数均为单位四元数,即 $\|q\|=1$

[0078] 当单位四元数表示旋转时,若单位旋转轴定义为 (x, y, z) ,旋转角度为 θ ,则四元数为 $\left[\cos\frac{\theta}{2}, x\sin\frac{\theta}{2}, y\sin\frac{\theta}{2}, z\sin\frac{\theta}{2}\right]$ 。

[0079] 如图2所示 $[0, 1, 0, 0]$ 为指向x轴的向量, $[0, 0, 1, 0]$ 为指向y轴的向量, $[0, 0, 0, 1]$ 为指向z轴的向量, $[0.5, 0.5, 0.5, 0.5]$ 为OP绕向量旋转30度后的向量。

[0080] 当四元数 $[q_0, q_1, q_2, q_3]$ 表示相对旋转时, q_1, q_2, q_3 分别对应x、y、z轴, q_0 对应旋转的角度。因此当人体在水平面旋转一个角度时,相当与绕z轴旋转,因而对应的四元数 q_1 和 q_2 分量为零, q_0 代表旋转的角度,即此时四元数应为 $[q_0, 0, 0, q_3]$ 。同理,绕x轴旋转时,对应的四元数应为 $[q_0, q_1, 0, 0]$;绕y轴旋转时,对应的四元数为 $[q_0, 0, q_1, q_2]$ 。

[0081] 四元数也可以表示刚体的姿态角度若给定一个欧拉旋转 (x, y, z) ,其中x、y、z分别为横滚、俯仰、航向角度,则其对应的四元数为:

[0082] $q_0 = \cos(x/2) * \cos(y/2) * \cos(z/2) - \sin(x/2) * \sin(y/2) * \sin(z/2)$

[0083] $q_1 = \cos(x/2) * \sin(y/2) * \sin(z/2) + \sin(x/2) * \cos(y/2) * \cos(z/2)$

[0084] $q_2 = \cos(x/2) * \sin(y/2) * \cos(z/2) + \sin(x/2) * \cos(y/2) * \sin(z/2)$

[0085] $q_3 = \cos(x/2) * \cos(y/2) * \sin(z/2) - \sin(x/2) * \sin(y/2) * \cos(z/2)$ 。

[0086] 尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

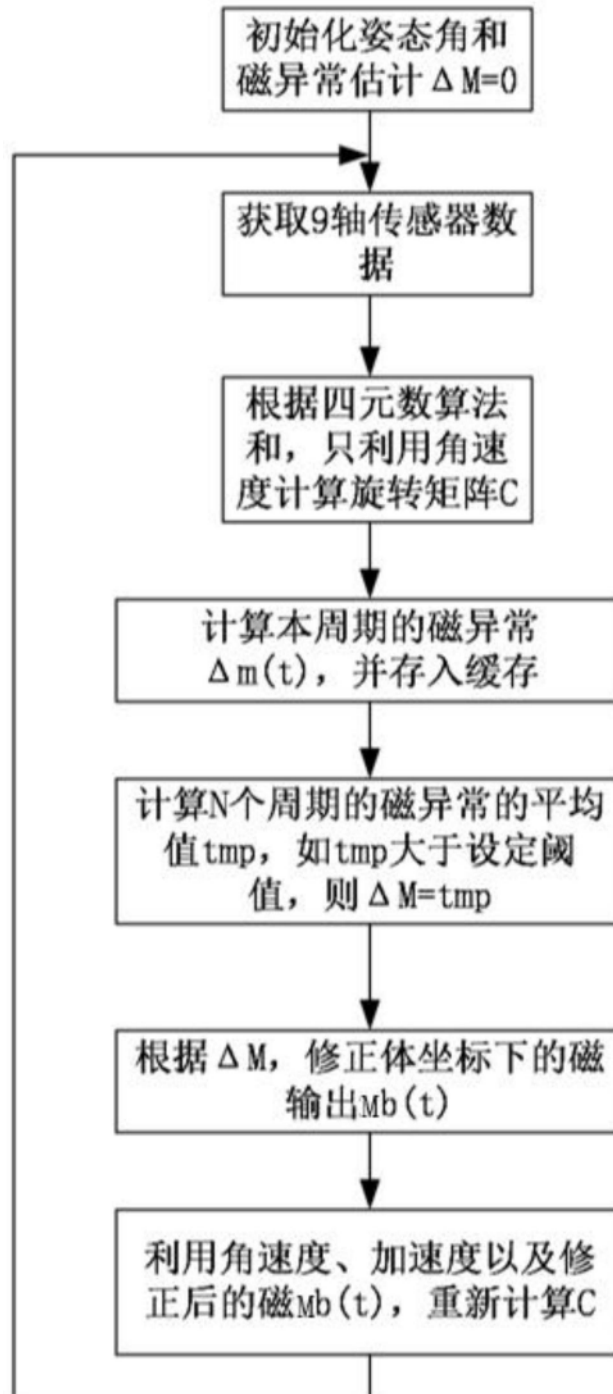


图1

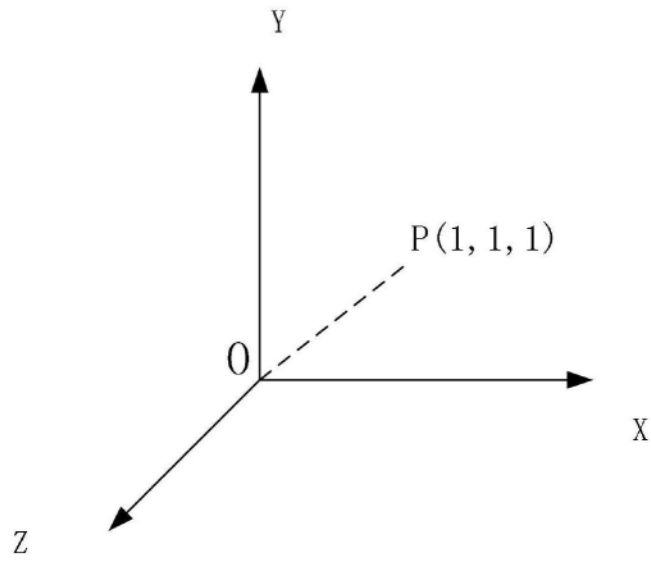


图2



图3