



(12) 发明专利申请

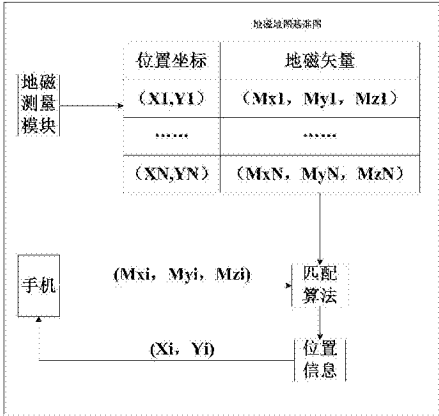
(10) 申请公布号 CN 105043387 A  
(43) 申请公布日 2015. 11. 11

(21) 申请号 201510364767. 7  
(22) 申请日 2015. 06. 26  
(71) 申请人 武汉科技大学  
地址 430081 湖北省武汉市青山区和平大道  
947 号  
(72) 发明人 宋鏖 程磊 兰婷 齐强强  
(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限  
公司 42102  
代理人 胡琳萍  
(51) Int. Cl.  
G01C 21/16(2006. 01)  
G01C 21/08(2006. 01)  
G01C 21/20(2006. 01)

权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称  
基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统

(57) 摘要  
本发明涉及一种基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统,利用地球磁场在不同点的差异性,基于 Android 平台的智能手机,选择合适的地磁匹配算法即可以实现不依赖于外部设备的个人室内定位,利用惯性导航技术获得移动个体的相对位置,然后进行局部搜索并通过 MSD 地磁定位算法匹配最佳磁场点,以获取较准确的移动个体所处地点参数,从而实现手机室内定位功能。本发明通过惯导辅助地磁的组合定位方式有效提高了地磁信息匹配效率,能获得较高的室内定位的精度,仅需手机内置的传感器设备,不依赖于外部架设额外设备,即能实现个人室内的定位,使用便利、且成本小易于推广。



1. 一种基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统,设置在移动载体上;其特征在于:主要包括一个基于 Android 平台的智能手机,所述智能手机内置陀螺仪、加速计、磁力计;智能手机通过所述陀螺仪、加速计、磁力计分别得到载体的旋转角、位移、方位角,然后通过测量载体所在区域内的地磁信息,构建手机内部地磁基准图;移动载体开始移动,并在移动过程中利用惯性导航技术进行相对定位,获得载体在三维空间中的相对位置,然后通过 MSD 地磁匹配算法匹配出移动载体的最佳所处地点信息。

2. 根据权利要求 1 所述的基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统,其特征在于:包括如下步骤:

步骤 S1:通过手机内置磁力计对载体所在区域的地磁数据进行扫描,获得区域的地磁基准图信息并存储在手机中,构建手机内部地磁基准图,同时根据实际场景按比例绘制手机平面地图;

步骤 S2:移动载体开始移动,当载体运动到室内定位环境下时,由惯性导航系统中定位得到载体的相对位置,基于这个相对位置从地磁基准图中搜索出一个新的局域地磁基准图;

步骤 S3:由手机内置磁力计实时测量载体所处位置的磁矢量;并将磁矢量从三维量转化为二维量;

步骤 S4:手机将测量转化后的磁矢量与局域地磁基准图进行 MSD 地磁匹配算法匹配,地磁匹配算法处理后的数据存储在智能手机中,然后将载体所在位置显示在手机平面地图上,从而实现智能手机实时显示载体的位置。

3. 根据权利要求 2 所述的基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统,其特征在于:在步骤 S1 前,智能手机需要进行数据获取,主要包括磁力计、陀螺仪和加速度计的数据获取。

4. 根据权利要求 2 所述的基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统,其特征在于:步骤 S2 中,所述相对位置与手机内置加速度计关系如下:

$$v_m = \int_{t_0}^{t_m} a dt + v_0$$

$$\Delta s = \bar{v}_m \Delta t + \int_{t_0}^{t_m} v_m dt$$

其中  $v_0$ ,  $v_m$  分别表示  $t_0$ ,  $t_m$  时刻手机线速度,  $a$  为手机一个方向上的加速度,  $\bar{v}_m$  为  $t_0$  到  $t_m$  的平均速度,  $\Delta s$  为手机的相对位移。

5. 根据权利要求 2 所述的基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统,其特征在于:步骤 S3 中,磁力计测得的磁场磁矢量的大小与方向的关系如下:

$$M(r, t) = M_m(r, t) + M_c(r) + M_d(r, t)$$

式中,  $M$  表示磁场总强度,  $M_m$  表示主地磁场、 $M_c$  表示地壳地磁场,  $M_d$  表示干扰地磁场;  $r$  表示载体所处位置,  $t$  表示时间;

将磁矢量从三维量转化为二维量的过程中:  $M$ 、 $H$ 、 $\varphi$ 、 $\Phi$  四要素与  $M$  在地球坐标系三个轴上投影  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  的关系如下:

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$$

$$H = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{M_x}{M_y}\right)$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{M_z}{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}\right)$$

式中, 磁场总强度用  $M$  表示, 将它投射到东北平面得到  $H$ , 称作水平强度; 将  $H$  投射到东西向轴, 得到东西向场强  $M_x$ ; 同理, 将  $H$  投射到南北向轴, 得到南北向场强  $M_y$ ; 其中  $\varphi$  表示磁偏角,  $\phi$  表示磁倾角。

6. 根据权利要求 2 所述的基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统, 其特征在于: 步骤 S4 中将测量磁矢量与局域地磁基准图进行匹配时, 使用地磁匹配算法均方差 MSD 获得绝对位置, 其地磁匹配均方差 MSD 获取关系式如下:

$$D(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (N_{u, v+i} - m_i)^2$$

上式中的  $D(u, v)$  为地磁匹配相关函数,  $N_{u, v+i}$  表示基准数据库的位置  $(u, v+i)$  上的特征量,  $m_i$  表示实时测量的第  $i$  个特征量,  $N$  表示相关数据的总点数。

## 基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统

### 技术领域

[0001] 本发明专利涉及手机室内定位领域,具体涉及一种基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统。

### 背景技术

[0002] 随着科技的飞速发展,关于移动定位技术方向的研究在近些年取得了很大的进展,包括 GPS 室内定位、光跟追定位、蓝牙定位、Wifi 室内定位、Zigbee 室内定位等等,具体主要包括 Google Map、高德地图、Google Map、寻鹿等等,但是这些定位方式均需要另外架设相应设备,如 GPS 定位需要卫星,Wifi 定位需要架设足够的 Wifi 节点,Zigbee 室内定位需要在室内至少铺设三个以上的 Zigbee 节点构成无线传感模块。但是,上述定位方式需要构建复杂的外围硬件基础设备和硬件辅助设备,费用非常大,不利于广泛使用。

### 发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是针对上述技术问题,提供一种基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统,不需构建复杂的外围硬件基础设备,也不需改变智能手机结构,仅仅依赖普通智能手机即可获得较好的室内定位精度,能够大幅减少额外硬件辅助设备带来的昂贵费用,用户使用起来安全可靠,简单方便,经济便捷。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

[0005] 一种基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统,设置在移动载体上;其特征在于:主要包括一个基于 Android 平台的智能手机,所述智能手机内置陀螺仪、加速计、磁力计;智能手机通过所述陀螺仪、加速计、磁力计分别得到载体的旋转角、位移、方位角,然后通过测量载体所在区域内的地磁信息,构建手机内部地磁基准图;在移动载体移动过程中,利用惯性导航技术进行相对定位,获得载体在三维空间中的相对位置,然后通过 MSD 地磁匹配算法匹配出移动载体的最佳所处地点信息。

[0006] 上述技术方案中,所述的基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统定位工作包括如下步骤:

[0007] 步骤 S1:通过手机内置磁力计对载体所在区域的地磁数据进行扫描,获得区域的地磁基准图信息并存储在手机中,构建手机内部地磁基准图,同时根据实际场景按比例绘制手机平面地图;

[0008] 步骤 S2:移动载体开始移动,当载体运动到室内定位环境下时,由惯性导航系统中定位得到载体的相对位置,基于这个相对位置从地磁基准图中搜索出一个新的局域地磁基准图;

[0009] 步骤 S3:由手机内置磁力计实时测量载体所处位置的磁矢量;并将磁矢量从三维量转化为二维量;

[0010] 步骤 S4:手机将测量转化后的磁矢量与局域地磁基准图进行 MSD 地磁匹配算法匹配,地磁匹配算法处理后的数据存储在智能手机中,然后将载体所在位置显示在手机平面

地图上,从而实现智能手机实时显示载体的位置。

[0011] 上述技术方案中,在步骤 S1 前,智能手机需要进行数据获取,主要包括磁力计、陀螺仪和加速度计的数据获取。

[0012] 上述技术方案中,步骤 S2 中,所述相对位置与手机内置加速度计关系如下:

$$[0013] \quad v_m = \int_{t_0}^{t_m} a dt + v_0$$

$$[0014] \quad \Delta s = \bar{v}_m \Delta t + \int_{t_0}^{t_m} v_m dt$$

[0015] 其中  $v_0$ ,  $v_m$  分别表示  $t_0$ ,  $t_m$  时刻手机线速度,  $a$  为手机一个方向上的加速度,  $\bar{v}_m$  为  $t_0$  到  $t_m$  的平均速度,  $\Delta s$  为手机的相对位移。

[0016] 上述技术方案中,步骤 S3 中,磁力计测得的磁场磁矢量的大小与方向的关系如下:

$$[0017] \quad M(r, t) = M_m(r, t) + M_c(r) + M_d(r, t)$$

[0018] 式中,  $M$  表示磁场总强度,  $M_m$  表示主地磁场、 $M_c$  表示地壳地磁场,  $M_d$  表示干扰地磁场;  $r$  表示载体所处位置,  $t$  表示时间;

[0019] 将磁矢量从三维量转化为二维量的过程中:  $M$ 、 $H$ 、 $\varphi$ 、 $\phi$  四要素与  $M$  在地球坐标系三个轴上投影  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  的关系如下:

$$[0020] \quad M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$$

$$[0021] \quad H = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$[0022] \quad \varphi = \arctan\left(\frac{M_x}{M_y}\right)$$

$$[0023] \quad \phi = \arctan\left(\frac{M_z}{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}\right)$$

[0024] 式中,磁场总强度用  $M$  表示,将它投射到东北平面得到  $H$ ,称作水平强度;将  $H$  投射到东西向轴,得到东西向场强  $M_x$ ;同理,将  $H$  投射到南北向轴,得到南北向场强  $M_y$ ;其  $\varphi$  表示磁偏角,  $\phi$  表示磁倾角。

[0025] 上述技术方案中,步骤 S4 中将测量磁矢量与局域地磁基准图进行匹配时,使用地磁匹配算法均方差 MSD 获得绝对位置,其地磁匹配均方差 MSD 获取关系式如下:

$$[0026] \quad D(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (N_{u, v+i} - m_i)^2$$

[0027] 上式中的  $D(u, v)$  为地磁匹配相关函数,  $N_{u, v+i}$  表示基准数据库的位置  $(u, v+i)$  上的特征量,  $m_i$  表示实时测量的第  $i$  个特征量,  $N$  表示相关数据的总点数。

[0028] 由此,本发明区别于传统的室内定位方式,不需要构建复杂的外围硬件基础设施,在不改变智能手机结构、不依赖于外部架设相应设备的基础上,仅利用惯导辅助 MSD (Mean Square Deviation) 地磁定位算法和手机内置的传感器设备便能达到一个较高精度的定位功效。也即用户只需要一部内置传感器设备的 Android 智能手机,利用地球提供的固有地磁场信息,即可实现室内定位。用户使用起来安全可靠,简单方便,经济便捷。进

一步的,本发明利用惯性导航技术辅助 MSD 地磁定位算法,缩小了地磁基准图的匹配范围,减少地磁匹配计算量,能获得较好的室内定位精度,此方式适用于大型购物商场、会展中心以及大型地下停车库等的室内定位,定为精度可以达到 1.0M ~ 2.0M,其商业市场价值巨大。

#### 附图说明

[0029] 图 1 是本发明基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统原理图;

[0030] 图 2 是本发明涉及的地磁匹配定位系统框图;

[0031] 图 3 是本发明惯导辅助 MSD 算法定位流程图;

[0032] 图 4 是本发明涉及的地磁物理量关系图。

#### 具体实施方式

[0033] 为了进一步说明本发明的技术方案,对照附图 1-4 对本发明进行详细的说明。

[0034] 本发明涉及的基于惯导辅助地磁的个人室内定位系统,用于载体在室内运动时的实时定位,包括一个设置在移动载体上的 Android 智能手机(具有高速多核或单核的 CPU 处理器),所述移动载体为能够携带 Android 智能手机的移动个体,能够自主或被动移动(若移动载体为人或可移动的不带智能设备的物体,则由人或可移动物体控制手机移动,若移动载体为移动智能体,则手机由智能体控制移动且能与手机实现通讯);所述智能手机配备有陀螺仪、加速传感器、地磁传感器,其中陀螺仪(Gyroscope、GYRO-Sensor)也叫地感器,传统结构是内部有个陀螺,三轴陀螺仪的工作原理是通过感知三维坐标系内陀螺转子的垂直轴与设备之间的夹角,并计算角速度,通过夹角和角速度来判别物体在三维空间的运动状态。三轴陀螺仪可以同时感知上、下、左、右、前、后等 6 个方向(合成方向同样可分解为三轴坐标),最终可判断出设备的移动轨迹和加速度;加速传感器(Accelerometer、G-Sensor)也叫重力感应器,通过感知载体在某个轴向上的受力情况来感知沿地表垂直方向上的加速度,实际上是可以感知任意方向上的加速度;地磁传感器用于感知载体磁场强度和方向,还能定位载体的方位,其实磁力计的工作原理跟指南针的工作原理在很多方面都很类似,可以感知出当前载体与东南西北四个方向上的夹角。

[0035] 本发明中均在 Android 智能手机上实现,本发明的惯导辅助地磁定位系统主要分为地磁采集模块、惯性导航系统、地磁定位匹配算法模块。地磁采集模块主要完成地磁传感器模块数据读取以及预处理工作,通过手机自带的高精度的三轴磁力计对区域的地磁数据进行扫描,获得区域的地磁基准图信息,并上传到手机;惯性导航系统原理图如图 1 所示(对应图 1 进行描述),由图 1 可知,根据手机加速度计及手机中的陀螺仪分别获取移动载体的 3 个线加速度数值和 3 个角速度数值,然后将手机加速度进行坐标变换,将手机角速度进行姿态计算,经过卡尔曼滤波,导航计算,即可得到手机及移动载体所在的位置、速度、姿态等导航信息。

[0036] 地磁匹配定位系统框图如图 2 所示,由图 2 可知,导航时,首先把预先测量好的地磁信息存储在手机上,构成数字地磁基准图,并同时根据实际场景按比例绘制手机平面地图。当载体运动到特定匹配区域时,由手机磁传感器测量所处位置的磁场特征,经载体运动一段时间后,测量得到一系列实时磁场特征值,简称测量序列。把测量序列与基准图进行相

应的匹配,找出基准图中与测量序列最相匹配的位置序列,以此作为载体的位置估计信息。

[0037] 图 3 是惯导辅助 MSD 算法定位流程图,主要包括以下步骤:

[0038] 步骤 S1:智能手机传感器数据获取,主要包括磁力计、陀螺仪和加速度计的数据获取。

[0039] 步骤 S2:通过手机自带的高精度的三轴磁力计对区域的地磁数据进行扫描,获得区域的地磁基准图信息,并在手机中存储,构建手机内部地磁基准图,同时根据实际场景按比例绘制手机平面地图;

[0040] 步骤 S3:当载体运动到室内定位环境下时,由惯性导航系统得到定位的相对位置,基于这个相对位置能从地磁基准图中搜索出一个新的局域地磁基准图;

[0041] 步骤 S4:由手机内置磁传感器实时地测量所处位置的磁矢量,由传感器测得的磁场的大小与方向的关系如下:

$$[0042] \quad M(r, t) = M_m(r, t) + M_c(r) + M_d(r, t)$$

[0043] 式中,  $M$  表示磁场总强度,  $M_m$  表示主地磁场、 $M_c$  表示地壳地磁场,  $M_d$  表示干扰地磁场;

[0044] 然后,通过姿态解算将地磁矢量分解到地球坐标系的三个方向,  $X$  轴方向磁场分量近似为零可忽略,即可将地磁矢量从三维量转化为二维量,地磁物理量关系图如图 4,  $M$ 、 $H$ 、 $\varphi$ 、 $\phi$  四要素与  $M$  在三个轴上投影  $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$  的关系如下,各物理量的表示如图 4 所示:

$$[0045] \quad M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$$

$$[0046] \quad H = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$[0047] \quad \varphi = \arctan\left(\frac{M_x}{M_y}\right)$$

$$[0048] \quad \phi = \arctan\left(\frac{M_z}{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}\right)$$

[0049] 式中,磁场总场强用  $M$  表示,将它投射到东北平面得到  $H$ ,称作水平强度;将  $H$  投射到东西向轴,得到东西向场强  $M_x$ ;同理,将  $H$  投射到南北向轴,得到南北向场强  $M_y$ ;其中  $\varphi$  表示磁偏角,  $\phi$  表示磁倾角;

[0050] 步骤 S5:将测量磁矢量与局域地磁基准图进行相应的匹配,使用地磁匹配算法均方差 MSD 获得绝对位置,其地磁匹配均方差算法如下:

$$[0051] \quad D(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (N_{u, v+i} - m_i)^2$$

[0052] 上式中的  $D(u, v)$  为地磁匹配相关函数,  $N_{u, v+i}$  表示基准数据库的位置  $(u, v+i)$  上的特征量,  $m_i$  表示实时测量的第  $i$  个特征量,  $N$  表示相关数据的总点数。

[0053] 步骤 S6:将处理后的位置数据换算到手机平面地图上,从而实现手机用户实时显示自身的位置。

[0054] 综上,本发明利用惯性导航技术对移动个体进行位置预估量,获得一个估量位置,然后进行局部搜索并通过 MSD 地磁定位算法匹配最佳磁场点,以获取较准确的移动个体所处地点参数,从而实现手机室内定位功能,区别于传统的室内定位方式,不需要构建复杂的外围硬件基础设备,用户使用起来安全可靠,简单方便,经济便捷,具有经济与实用价值。

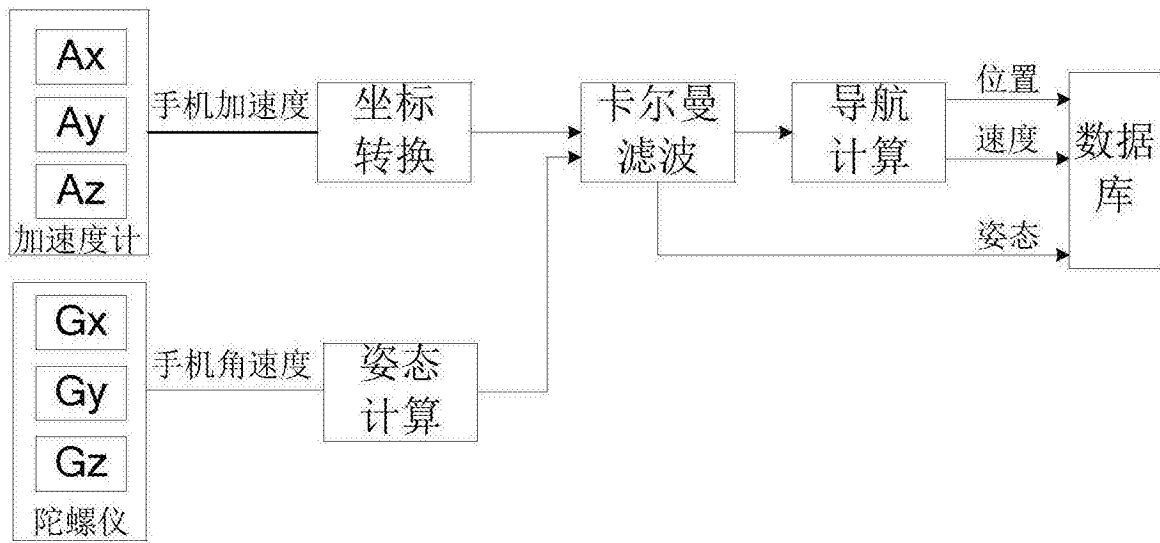


图 1

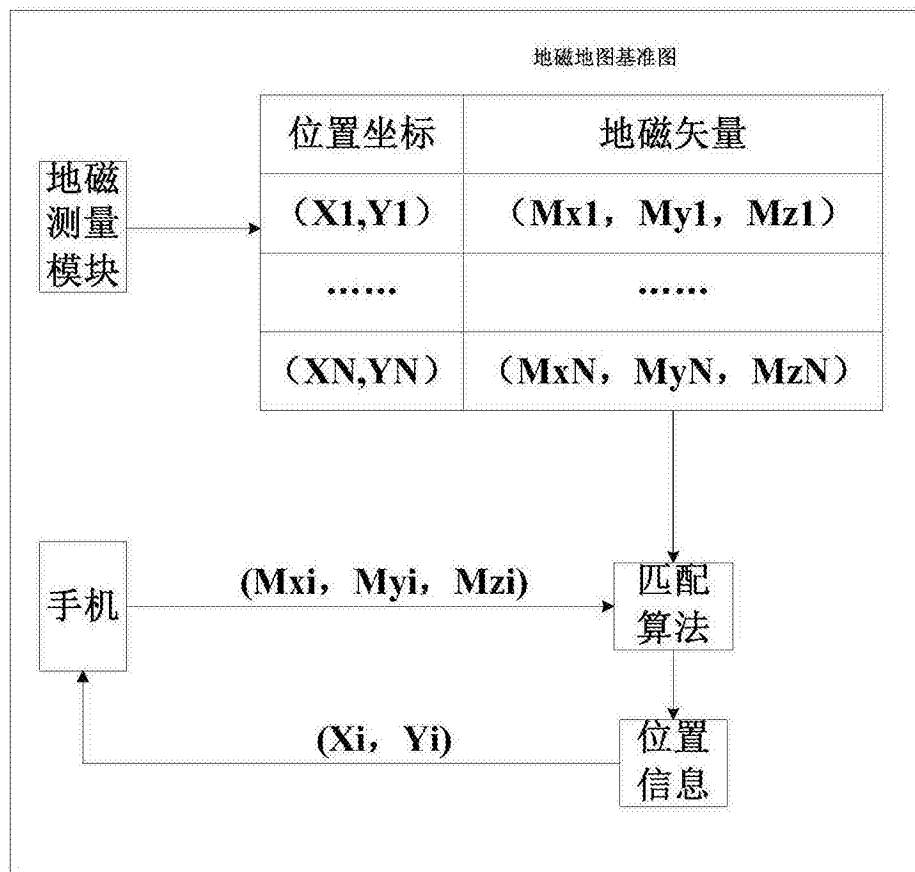


图 2



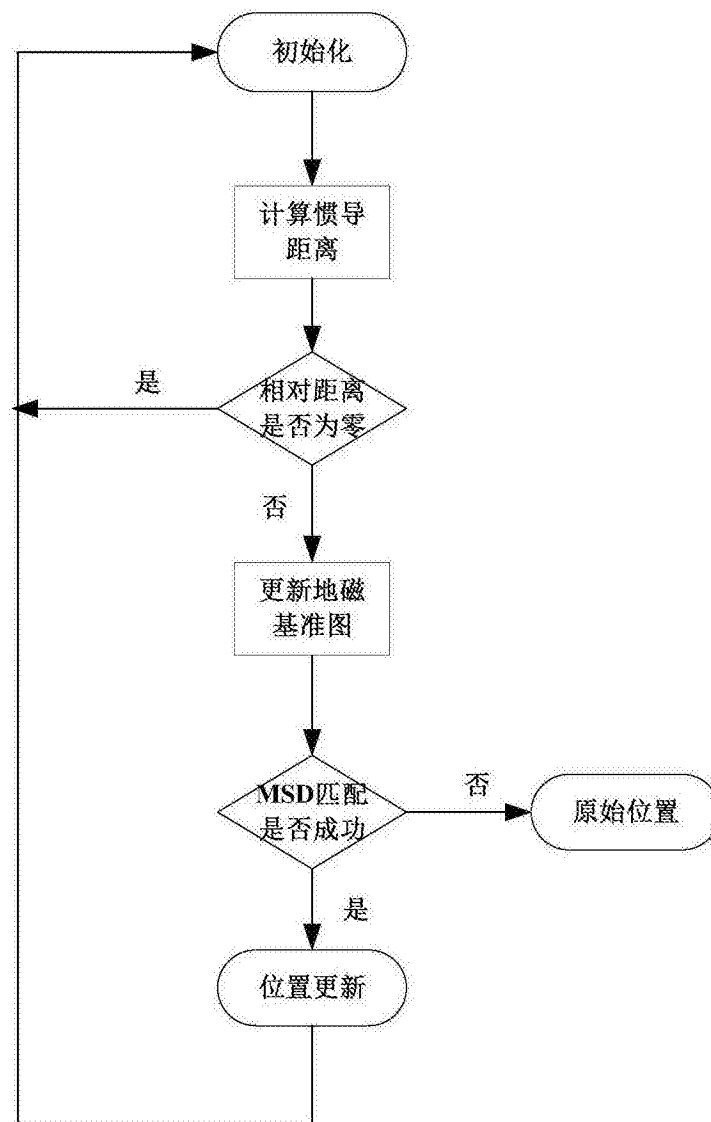


图 3

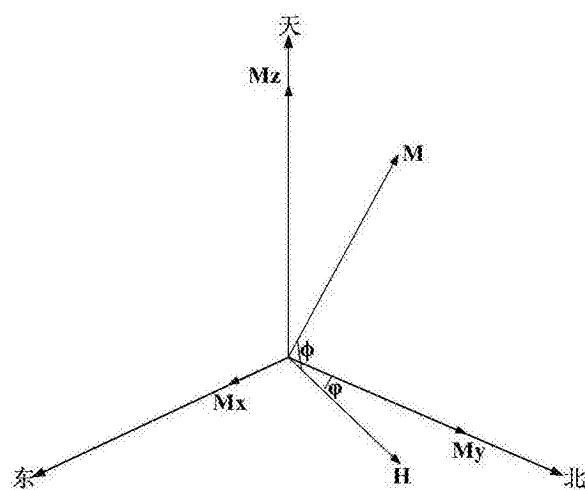


图 4