



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106707850 A

(43)申请公布日 2017. 05. 24

(21)申请号 201611111086.0

(22)申请日 2016.12.06

(71)申请人 张强

地址 250013 山东省济南市历下区文化东路92号楼905号

(72)发明人 张强

(51) Int. Cl.

G05B 19/042(2006.01)

G01D 21/02(2006.01)

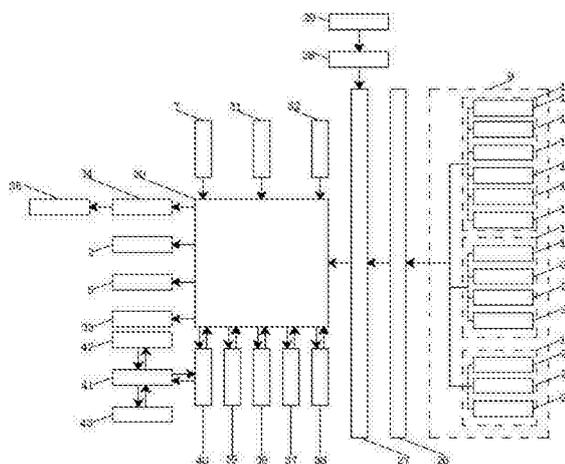
权利要求书5页 说明书11页 附图2页

(54)发明名称

一种太阳能环境监测车

(57)摘要

本发明公开了一种太阳能环境监测车,包括监测车本体、环境监测装置和中央处理器,监测车本体的顶部固定安装有电动机;电动机的顶部通过转动轴与旋转平台连接;旋转平台上固定安装有气泵;气泵通过气动伸缩杆与太阳能电池板的另一端活动连接;环境监测装置由大气监测装置、水质监测装置和土壤监测装置构成;中央处理器的输入端分别与太阳能电池板、输入模块、光强传感器和GPS定位模块的输出端电性连接;中央处理器的输出端通过采集数据分析模块与数据处理模块的输入端电性连接,该发明的有益效果是监测参数多样化,能对大气、水质和土壤的基本参数进行监测、分析和处理,太阳能电池板角度可随意调节。



1. 一种太阳能环境监测车,包括监测车本体、环境监测装置和中央处理器,其特征在于,所述监测车本体的顶部固定安装有电动机;所述电动机的顶部通过转动轴与旋转平台连接;所述旋转平台上固定安装有气泵;所述气泵通过气动伸缩杆与太阳能电池板的另一端活动连接;所述环境监测装置由大气监测装置、水质监测装置和土壤监测装置构成;所述环境监测装置的输出端与采集数据控制模块的输入端电性连接;所述采集数据控制模块的输出端与输入模块的输入端电性连接;所述输入模块的输入端通过CCD图像传感器与CCD摄像机的输出端电性连接;所述中央处理器的输入端分别与太阳能电池板、输入模块、光强传感器和GPS定位模块的输出端电性连接;所述中央处理器的输出端分别与电动机、气泵和调光模块的输入端电性连接;所述中央处理器的输出端通过采集数据分析模块与数据处理模块的输入端电性连接;所述中央处理器分别与操作显示屏、RAM存储器、MRAM存储器、数据库和无线射频收发模块电性连接;所述无线射频收发模块通过GPRS网络分别与云端存储器和监控中心连接;第一摄像机、第二摄像机分别安装在监测车本体的内部和外部;与中央处理器有线连接;

所述旋转平台的另一侧通过合页与太阳能电池板活动连接;

所述大气监测装置由第一温度传感器、第一湿度传感器、PM2.5传感器、二氧化碳传感器、二氧化氮传感器、二氧化硫传感器、有机污染物监测仪构成;

所述水质监测装置由电导率传感器、pH传感器、浊度传感器和溶解氧传感器构成;

所述土壤监测装置由第二温度传感器、第二湿度传感器和重金属离子监测仪构成。

2. 如权利要求1所述的太阳能环境监测车,其特征在于,所述环境监测装置设置有传感器空间配准模块;所述传感器空间配准模块与第一温度传感器、第一湿度传感器、PM2.5传感器、二氧化碳传感器、二氧化氮传感器、二氧化硫传感器、第二温度传感器、第二湿度传感器有线连接;所述传感器空间配准模块的传感器空间配准的方法包括时间对准过程和传感器系统误差估计过程,且伪量测方程的建立过程仅与目标的位置相关,而与目标的速度状态无关;

时间对准过程完成传感器数据之间在时间上的对准,传感器A、传感器B在本地直角坐标系下的量测数据分别为 $Y_A(t_i)$ 和 $Y_B(t_i)$,且传感器A的采样频率大于传感器B的采样频率,则由传感器A向传感器B的采样时刻进行配准,具体为:

采用内插外推的时间配准算法将传感器A的采样数据向传感器B的数据进行配准,使得两个传感器在空间配准时刻对同一个目标有同步的量测数据,内插外推时间配准算法如下:

在同一时间片内将各传感器观测数据按测量精度进行增量排序,然后将传感器A的观测数据分别向传感器B的时间点内插、外推,以形成一系列等间隔的目标观测数据,采用常用的三点抛物线插值法的进行内插外推时间配准算法得传感器A在 t_{Bk} 时刻在本地直角坐标系下的量测值 $\hat{Y}_A(t_{Bk})$ 为:

$$\tilde{Y}_A(t_{Bk}) = \frac{(t_{Bk} - t_k)(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_{k-1} - t_k)(t_{k-1} - t_{k+1})} Y_A(t_{k-1}) + \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_k - t_{k-1})(t_k - t_{k+1})} Y_A(t_k) + \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_k)}{(t_{k+1} - t_{k-1})(t_{k+1} - t_k)} Y_A(t_{k+1})$$

* MERGEFORMAT (1)

其中, t_{Bk} 为配准时刻, t_{k-1} , t_k , t_{k+1} 为传感器A距离配准时刻最近的三个采样时刻, $Y_A(t_{k-1})$, $Y_A(t_k)$, $Y_A(t_{k+1})$ 分别为其对应的对目标的探测数据;

完成时间配准后, 根据传感器A的配准数据与传感器B的采样数据, 采用基于地心地固坐标系下的伪量测法实现传感器A和传感器B的系统误差的估计; 基于ECEF的系统误差估计算法具体为:

k 时刻目标在本地直角坐标系下真实位置为 $X'_1(k) = [x'_1(k), y'_1(k), z'_1(k)]^T$, 极坐标系下对应的量测值为 $[r(k), \theta(k), \varphi(k)]$, 分别为距离、方位角、俯仰角; 转换至本地直角坐标系下为 $X_1(k) = [x_1(k), y_1(k), z_1(k)]^T$; 传感器系统偏差为 $\xi(k) = [\Delta r(k), \Delta \theta(k), \Delta \varphi(k)]^T$, 分别为距离、方位角和俯仰角的系统误差; 于是有:

$$\left. \begin{aligned} x'_1(k) &= [r - \Delta r - n_r] \cos[\theta - \Delta \theta - n_\theta] \sin[\varphi - \Delta \varphi - n_\varphi] \\ y'_1(k) &= [r - \Delta r - n_r] \cos[\theta - \Delta \theta - n_\theta] \cos[\varphi - \Delta \varphi - n_\varphi] \\ z'_1(k) &= [r - \Delta r - n_r] \sin[\theta - \Delta \theta - n_\theta] \end{aligned} \right\}$$

* MERGEFORMAT (2)

其中 $\mathbf{n}(k) = [n_r(k), n_\theta(k), n_\varphi(k)]^T$ 表示观测噪声, 均值为零、方差为 $(\sigma_r^2, \sigma_\theta^2, \sigma_\varphi^2)$;

式(1)用一阶近似展开并写成矩阵形式为:

$$X'_1(k) = X_1(k) + C(k) [\xi(k) + \mathbf{n}(k)] \quad \text{*MERGEFORMAT (3)}$$

$$\text{其中, } C(k) = \begin{bmatrix} -\cos \theta \sin \varphi & r \sin \theta \sin \varphi & -r \cos \theta \cos \varphi \\ -\cos \theta \cos \varphi & r \sin \theta \cos \varphi & r \cos \theta \sin \varphi \\ -\sin \theta & -r \cos \theta & 0 \end{bmatrix}$$

设两部传感器A和B, 则对于同一个公共目标, 地心地固坐标系下为 $X'_e = [x'_e, y'_e, z'_e]^T$, 可得:

$$X'_e = X_{As} + B_A X'_{A1}(k) = X_{Bs} + B_B X'_{B1}(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (4)}$$

B_A, B_B 分别为目标在传感器A与传感器B本地坐标下的位置转换到ECEF坐标系下的位置时的转换矩阵;

定义伪量测为:

$$Z(k) = X_{Ae}(k) - X_{Be}(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (5)}$$

其中, $X_{Ae}(k) = X_{As} + B_A X'_{A1}(k)$; $X_{Be}(k) = X_{Bs} + B_B X'_{B1}(k)$

将式(2)、式(3)代入式(4)得到关于传感器偏差的伪测量方程:

$$Z(k) = H(k) \beta(k) + W(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (6)}$$

其中, $\mathbf{H}(k) \triangleq [-\mathbf{B}_A \mathbf{C}_A(k) \quad \mathbf{B}_B \mathbf{C}_B(k)]$, $Z(k)$ 为伪测量向量; $\mathbf{H}(k)$ 为测量矩阵; β 为传感器偏差向量; $\mathbf{W}(k)$ 为测量噪声向量; 由于 $n_A(k)$, $n_B(k)$ 为零均值、相互独立的高斯型随机变量, 因此 $\mathbf{W}(k)$ 同样是零均值高斯型随机变量, 其协方差矩阵为 $\mathbf{R}(k)$ 。

3. 如权利要求2所述的太阳能环境监测车, 其特征在于, 所述传感器的空间配准方法包括的步骤如下:

步骤一、确定低采样率传感器的数据时刻;

步骤二、采用内插外推时间配准算法, 根据传感器A向传感器B进行配准的计算方法, 计算高采样率传感器的时间配准结果;

步骤三、根据伪量测构建过程计算伪量测方程;

步骤四、根据所构建的状态方程与伪量测方程, 采用卡尔曼滤波, 估计传感器的系统误差。

4. 如权利要求2所述的太阳能环境监测车, 其特征在于, 传感器A的量测模型如下:

$Y_A(t_{k-1})$ 、 $Y_A(t_k)$ 、 $Y_A(t_{k+1})$ 分别为传感器A对目标在 t_{k-1} , t_k , t_{k+1} 时刻的本地笛卡尔坐标系下的量测值, 分别为:

$$Y_A(t_{k-1}) = Y'_A(t_{k-1}) - C_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + n_{Y_A(t_{k-1})}$$

* MERGEFORMAT (7)

$$Y_A(t_k) = Y'_A(t_k) - C_A(t_k)\xi_A(t_k) + n_{Y_A(t_k)}$$

* MERGEFORMAT (8)

$$Y_A(t_{k+1}) = Y'_A(t_{k+1}) - C_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1}) + n_{Y_A(t_{k+1})}$$

* MERGEFORMAT (9)

其中, $Y'_A(t_{k-1})$ 、 $Y'_A(t_k)$ 、 $Y'_A(t_{k+1})$ 分别为传感器A在 t_{k-1} , t_k , t_{k+1} 时刻的本地笛卡尔坐标系下的真实位置; $C_A(t)$ 为误差的变换矩阵; $\xi_A(t)$ 为传感器的系统误差; $n_{Y_A(t)}$ 为系统噪声, 假设 $n_{Y_A(t_{k-1})}$, $n_{Y_A(t_k)}$, $n_{Y_A(t_{k+1})}$ 为零均值、相互独立的高斯型随机变量, 噪声协方差矩阵分别为 $R_A(k-1)$ 、 $R_A(k)$ 、 $R_A(k+1)$ 。

5. 如权利要求3所述的太阳能环境监测车, 其特征在于, 传感器A向传感器B进行配准的具体过程如下:

将式(7)、式(8)、式(9)带入式(1), 可得:

$$\begin{aligned} \tilde{Y}_A(t_{Bk}) &= [aY'_A(t_{k-1}) + bY'_A(t_k) + cY'_A(t_{k+1})] + [aC_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + bC_A(t_k)\xi_A(t_k) + cC_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1})] + \\ &\quad [an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})}] \\ &= \tilde{Y}'_A(t_{Bk}) + \tilde{\xi}_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1}) + n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})} \end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (10)

其中: $\tilde{Y}'_A(t_{Bk}) = aY'_A(t_{k-1}) + bY'_A(t_k) + cY'_A(t_{k+1})$, 为传感器A的本地直角坐标系下目标的真实位置在 t_{Bk} 时刻的时间配准值; $\tilde{\xi}_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1}) = aC_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + bC_A(t_k)\xi_A(t_k) + cC_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1})$, 为系统误差造成的误差项; $n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})} = an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})}$, 为随机噪声, 假定 t_{k-1} 、 t_k 、 t_{k+1} 时刻的噪声互不相关的零均值白噪声, 则 $n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})}$ 为均值为零, 协方差矩阵为 $R_A = a^2 R_A(k-1) + b^2 R_A(k) + c^2 R_A(k+1)$ 的白噪声, 而 a 、 b 、 c 、分别为

$$a = \frac{(t_{Bk} - t_k)(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_{k-1} - t_k)(t_{k-1} - t_{k+1})}; b = \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_k - t_{k-1})(t_k - t_{k+1})}; c = \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_k)}{(t_{k+1} - t_{k-1})(t_{k+1} - t_k)}, \text{且 } a+b+c=1.$$

6. 如权利要求3所述的太阳能环境监测车,其特征在於,伪量测构建过程仅与目标的位置相关,而与目标的速度状态无关,具体过程如下:

t_{Bk} 时刻,传感器A的配准量测为 $\check{Y}_A(t_{Bk})$,传感器B的量测为:

$$Y_B(t_{Bk}) = Y'_B(t_{Bk}) + C_B(t_{Bk})\xi_B(t_{Bk}) + n_{Y_B(t_{Bk})} \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT (11)}$$

$Y'_B(t_{Bk})$ 为传感器B的本地直角坐标系下目标的真实位置, $\xi_B(t_{Bk})$ 为传感器B的系统误差, $n_{Y_B(t_{Bk})}$ 为传感器B的随机误差;

根据权利1中所述的基于ECEF的空间配准算法,定义伪量测为:

$$Z(k) = [X_{AS}(t_{Bk}) + B_A(t_{Bk})\check{Y}_A(t_{Bk})] - [X_{BS}(t_{Bk}) + B_B(t_{Bk})Y_B(t_{Bk})]$$

$$\backslash * \text{ MERGEFORMAT (12)}$$

对于同一公共目标,在ECEF坐标系下的位置为 X_e 则有:

$$X_e = X_{AS}(t_{Bk}) + B_A(t_{Bk})\check{Y}_A(t_{Bk}) = X_{BS}(t_{Bk}) + B_B(t_{Bk})Y_B(t_{Bk})$$

$$\backslash * \text{ MERGEFORMAT (13)}$$

$X_{AS}(t)$ 、 $X_{BS}(t)$ 分别为传感器A和传感器B在ECEF坐标系下的位置,

将式:

$$\begin{aligned} \check{Y}_A(t_{Bk}) &= [aY'_A(t_{k-1}) + bY'_A(t_k) + cY'_A(t_{k+1})] + [aC_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + bC_A(t_k)\xi_A(t_k) + cC_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1})] + \\ &\quad [an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})}] \\ &= \check{Y}'_A(t_{Bk}) + \check{\xi}_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1}) + n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})} \end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (14)、(11)、(13)带入式(12),则有:

$$Z(k) = G(k)\beta(k) + W(k) \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT (15)}$$

其中 $G(k) = [-aJ_A(t_{k-1}) \quad -bJ_A(t_k) \quad -cJ_A(t_{k+1}) \quad J_B(t)] = \lambda J$ 为量测矩阵,其中, $\lambda = [-a \quad -b \quad -c \quad 1]$, $J = [J_A(t_{k-1}) \quad J_A(t_k) \quad J_A(t_{k+1}) \quad J_B(t)]^T$, $J_A(t_{k-1}) = B_A(t_{k-1})C_A(t_{k-1})$, $J_A(t_k) = B_A(t_k)C_A(t_k)$; $J_A(t_{k+1}) = B_A(t_{k+1})C_A(t_{k+1})$, $J_B(t_{k+1}) = B_B(t)C_B(t)$; $\beta(k) = [\xi_A(t_{k-1}) \quad \xi_A(t_k) \quad \xi_A(t_{k+1}) \quad \xi_B(t)]^T$,为系统误差; $W(k) = an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})} - n_{Y_B(t_{Bk})}$ 为均值为零,协方差矩阵为:

$$R_W(k) = a^2R_A(k-1) + b^2R_A(k) + c^2R_A(k+1) - R_B(k)$$

$$\backslash * \text{ MERGEFORMAT (16)}$$

符号T表示矩阵的转置运算。

7. 如权利要求3所述的太阳能环境监测车,其特征在於,所构建的状态方程与伪量测方程如下:

$$\begin{aligned} \beta(k+1) &= F(k|k-1)\beta(k) + Q(k) \\ Z(k) &= G(k)\beta(k) + W(k) \end{aligned} \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT (17)}$$

其中 $F(k+1|k)$ 为状态方程的转移矩阵,取值与传感器的系统误差的变化规律相关,若传感器的系统误差是缓变的,则 $F(k+1|k)$ 近似为单位矩阵,取为 $F(k+1|k) = 0.99I$,I为单位阵。

8. 如权利要求1所述的太阳能环境监测车,其特征在于,所述采集数据分析模块设置有收敛加密单元,所述收敛加密单元的收敛加密方法包括:

(1) 数据所有者首先计算数据 m 的哈希值 $h(m)$,其中 $h(\cdot)$ 是密码学中的一个强哈希函数, $h(m)$ 作为加密数据 m 的密钥;

(2) 用 $h(m)$ 加密数据,假设 E 是一个对称密钥加密函数,则产生的密文就是 $E_{h(m)}(m)$;

(3) 用所有的授权用户的公钥加密 $h(m)$,密文是: (C,C') ,其中 $C=E_{h(m)}(m)$, $C'=F_{PK}(h(m))$, F 是一个公钥加密函数, PK 是公钥;

(4) 数据只能被授权用户解密,合法用户首先用自己的私钥解密得到 $h(m)$,最后用 $h(m)$ 来恢复 m ,表示如下: $m = D_{D_{SK}(C')}(C)$ 。

一种太阳能环境监测车

技术领域

[0001] 本发明属于环境监测技术领域,尤其涉及一种太阳能环境监测车。

背景技术

[0002] 随着经济社会的发展,环境质量日益受到国家和人民的重视,针对环境事件进行快速监测成为了迫切需求,移动式环境监测成为了一个必要的手段。可以进行现场采样、分析、储存样品的移动式环境监测车成为了一个较好的解决方案。

[0003] 目前存在的移动式环境监测车,在作业过程中,大部分使用车载柴油发电机作为电源供应,因此,不可避免的会对周围环境排放各类污染物,对环境监测结果数据准确性造成很大影响。尤其是对一些大气环境监测实验,车载发电机作为电源供应的环境监测车所造成的有机物、颗粒物、重金属污染对实验结果影响较大,从而导致了实验分析数据偏离结果,造成实验分析失误。少数的采用太阳能电池板进行发电,但是太阳能电池板的可活动角度为 180° ,不能进行全方位全角度的调节。另一方面现有的太阳能环境监测车器,监测手段和监测设备单一,不能对周围环境进行多方面的监测,对污染不能提供有效措施。

[0004] 还有就是针对海量数据的采集与分析的研究有很多,例如,对所采集的能耗数据进行预处理或执行简单固定的采集策略等,目前环境监测系统中的采集终端大多采用固定简单的模式进行能耗数据采集,会产生大量重复或者无效的数据,这对数据的存储、挖掘和分析造成额外负担,降低了整个系统的运行效率,另一方面就是本地数据的存储具有一定的局限性。

发明内容

[0005] 本发明为解决公知技术中存在的技术问题而提供一种监测参数多样化,能对大气、水质和土壤的基本参数进行监测、分析和处理,太阳能电池板角度可随意调节的一种太阳能环境监测车。

[0006] 本发明是这样实现的,一种太阳能环境监测车,包括监测车本体、环境监测装置和中央处理器,所述监测车本体的顶部固定安装有电动机;所述电动机的顶部通过转动轴与旋转平台连接;所述旋转平台上固定安装有气泵;所述气泵通过气动伸缩杆与太阳能电池板的另一端活动连接;所述环境监测装置由大气监测装置、水质监测装置和土壤监测装置构成;所述环境监测装置的输出端与采集数据控制模块的输入端电性连接;所述采集数据控制模块的输出端与输入模块的输入端电性连接;所述输入模块的输入端通过CCD图像传感器与CCD摄像机的输出端电性连接;所述中央处理器的输入端分别与太阳能电池板、输入模块、光强传感器和GPS定位模块的输出端电性连接;所述中央处理器的输出端分别与电动机、气泵和调光模块的输入端电性连接;所述中央处理器的输出端通过采集数据分析模块与数据处理模块的输入端电性连接;所述中央处理器分别与操作显示屏、RAM存储器、MRAM存储器、数据库和无线射频收发模块电性连接;所述无线射频收发模块通过GPRS网络分别与云端存储器和监控中心连接;第一摄像机、第二摄像机分别安装在监测车本体的内部和

外部;与中央处理器有线连接;

[0007] 所述旋转平台的另一侧通过合页与太阳能电池板活动连接;

[0008] 所述大气监测装置由第一温度传感器、第一湿度传感器、PM2.5传感器、二氧化碳传感器、二氧化氮传感器、二氧化硫传感器、有机污染物监测仪构成;

[0009] 所述水质监测装置由电导率传感器、pH传感器、浊度传感器和溶解氧传感器构成;

[0010] 所述土壤监测装置由第二温度传感器、第二湿度传感器和重金属离子监测仪构成。

[0011] 进一步,所述环境监测装置设置有传感器空间配准模块;所述传感器空间配准模块与第一温度传感器、第一湿度传感器、PM2.5传感器、二氧化碳传感器、二氧化氮传感器、二氧化硫传感器、第二温度传感器、第二湿度传感器有线连接;所述传感器空间配准模块的传感器空间配准的方法包括时间对准过程和传感器系统误差估计过程,且伪量测方程的建立过程仅与目标的位置相关,而与目标的速度等状态无关;

[0012] 时间对准过程完成传感器数据之间在时间上的对准,传感器A、传感器B在本地直角坐标系下的量测数据分别为 $Y_A(t_i)$ 和 $Y_B(t_i)$,且传感器A的采样频率大于传感器B的采样频率,则由传感器A向传感器B的采样时刻进行配准,具体为:

[0013] 采用内插外推的时间配准算法将传感器A的采样数据向传感器B的数据进行配准,使得两个传感器在空间配准时刻对同一个目标有同步的量测数据,内插外推时间配准算法如下:

[0014] 在同一时间片内将各传感器观测数据按测量精度进行增量排序,然后将传感器A的观测数据分别向传感器B的时间点内插、外推,以形成一系列等间隔的目标观测数据,采用常用的三点抛物线插值法的进行内插外推时间配准算法得传感器A在 t_{Bk} 时刻在本地直角坐标系下的量测值 $\tilde{Y}_A(t_{Bk})$ 为:

$$\tilde{Y}_A(t_{Bk}) = \frac{(t_{Bk} - t_k)(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_{k-1} - t_k)(t_{k-1} - t_{k+1})} Y_A(t_{k-1}) + \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_k - t_{k-1})(t_k - t_{k+1})} Y_A(t_k) + \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_k)}{(t_{k+1} - t_{k-1})(t_{k+1} - t_k)} Y_A(t_{k+1})$$

[0015]

* MERGEFORMAT (1)

[0016] 其中, t_{Bk} 为配准时刻, t_{k-1} , t_k , t_{k+1} 为传感器A距离配准时刻最近的三个采样时刻, $Y_A(t_{k-1})$, $Y_A(t_k)$, $Y_A(t_{k+1})$ 分别为其对应的对目标的探测数据;

[0017] 完成时间配准后,根据传感器A的配准数据与传感器B的采样数据,采用基于地心地固坐标系下的伪量测法实现传感器A和传感器B的系统误差的估计;基于ECEF的系统误差估计算法具体为:

[0018] k 时刻目标在本地直角坐标系下真实位置为 $X'_1(k) = [x'_1(k), y'_1(k), z'_1(k)]^T$,极坐标系下对应的量测值为 $[r(k), \theta(k), \varphi(k)]$,分别为距离、方位角、俯仰角;转换至本地直角坐标系下为 $X_1(k) = [x_1(k), y_1(k), z_1(k)]^T$;传感器系统偏差为 $\xi(k) = [\Delta r(k), \Delta \theta(k), \Delta \varphi(k)]^T$,分别为距离、方位角和俯仰角的系统误差;于是有:

$$\begin{cases}
 x'_1(k) = [r - \Delta r - n_r] \cos[\theta - \Delta\theta - n_\theta] \sin[\varphi - \Delta\varphi - n_\varphi] \\
 y'_1(k) = [r - \Delta r - n_r] \cos[\theta - \Delta\theta - n_\theta] \cos[\varphi - \Delta\varphi - n_\varphi] \\
 z'_1(k) = [r - \Delta r - n_r] \sin[\theta - \Delta\theta - n_\theta]
 \end{cases}$$

* MERGEFORMAT (2)

[0020] 其中 $\mathbf{n}(k) = [n_r(k), n_\theta(k), n_\varphi(k)]^T$ 表示观测噪声, 均值为零、方差为 $(\sigma_r^2, \sigma_\theta^2, \sigma_\varphi^2)$;

[0021] 式(1)用一阶近似展开并写成矩阵形式为:

$$X'_1(k) = X_1(k) + C(k) [\xi(k) + n(k)] \quad \text{*MERGEFORMAT (3)}$$

$$\text{其中, } C(k) = \begin{bmatrix} -\cos\theta \sin\varphi & r \sin\theta \sin\varphi & -r \cos\theta \cos\varphi \\ -\cos\theta \cos\varphi & r \sin\theta \cos\varphi & r \cos\theta \sin\varphi \\ -\sin\theta & -r \cos\theta & 0 \end{bmatrix}$$

[0024] 设两部传感器A和B, 则对于同一个公共目标, 地心地固坐标系下为 $X'_e = [x'_e, y'_e, z'_e]^T$, 可得:

$$X'_e = X_{As} + B_A X'_{A1}(k) = X_{Bs} + B_B X'_{B1}(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (4)}$$

[0026] B_A, B_B 分别为目标在传感器A与传感器B本地坐标下的位置转换到ECEF坐标系下的位置时的转换矩阵;

[0027] 定义伪量测为:

$$Z(k) = X_{Ae}(k) - X_{Be}(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (5)}$$

$$\text{其中, } X_{Ae}(k) = X_{As} + B_A X_{A1}(k); X_{Be}(k) = X_{Bs} + B_B X_{B1}(k)$$

[0030] 将式(2)、式(3)代入式(4)可以得到关于传感器偏差的伪测量方程:

$$Z(k) = H(k) \beta(k) + W(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (6)}$$

[0032] 其中, $H(k) \triangleq [-B_A C_A(k) \quad B_B C_B(k)]$, $Z(k)$ 为伪测量向量; $H(k)$ 为测量矩阵; β 为传感器偏差向量; $W(k)$ 为测量噪声向量; 由于 $n_A(k), n_B(k)$ 为零均值、相互独立的高斯型随机变量, 因此 $W(k)$ 同样是零均值高斯型随机变量, 其协方差矩阵为 $R(k)$ 。

[0033] 进一步, 所述传感器的空间配准方法包括的步骤如下:

[0034] 步骤一、确定低采样率传感器的数据时刻;

[0035] 步骤二、采用内插外推时间配准算法, 根据传感器A向传感器B进行配准的计算方法, 计算高采样率传感器的时间配准结果;

[0036] 步骤三、根据伪量测构建过程计算伪量测方程;

[0037] 步骤四、根据所构建的状态方程与伪量测方程, 采用卡尔曼滤波, 估计传感器的系统误差。

[0038] 进一步, 传感器A的量测模型如下:

[0039] $Y_A(t_{k-1}), Y_A(t_k), Y_A(t_{k+1})$ 分别为传感器A对目标在 t_{k-1}, t_k, t_{k+1} 时刻的本地笛卡尔坐标系下的量测值, 分别为:

[0040]

$$Y_A(t_{k-1}) = Y'_A(t_{k-1}) - C_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + n_{Y_A(t_{k-1})}$$

* MERGEFORMAT (7)

$$Y_A(t_k) = Y'_A(t_k) - C_A(t_k)\xi_A(t_k) + n_{Y_A(t_k)}$$

[0041]

* MERGEFORMAT (8)

[0042]

$$Y_A(t_{k+1}) = Y'_A(t_{k+1}) - C_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1}) + n_{Y_A(t_{k+1})} \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT (9)}$$

[0043] 其中, $Y'_A(t_{k-1})$ 、 $Y'_A(t_k)$ 、 $Y'_A(t_{k+1})$ 分别为传感器A在 t_{k-1} 、 t_k 、 t_{k+1} 时刻的本地笛卡尔坐标系下的真实位置; $C_A(t)$ 为误差的变换矩阵; $\xi_A(t)$ 为传感器的系统误差; $n_{Y_A(t)}$ 为系统噪声, 假设 $n_{Y_A(t_{k-1})}$ 、 $n_{Y_A(t_k)}$ 、 $n_{Y_A(t_{k+1})}$ 为零均值、相互独立的高斯型随机变量, 噪声协方差矩阵分别为 $R_A(k-1)$ 、 $R_A(k)$ 、 $R_A(k+1)$ 。

[0044] 进一步, 传感器A向传感器B进行配准的具体过程如下:

[0045] 将式(7)、式(8)、式(9)带入式(1), 可得:

$$\begin{aligned} \check{Y}_A(t_{Bk}) &= [aY'_A(t_{k-1}) + bY'_A(t_k) + cY'_A(t_{k+1})] + [aC_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + bC_A(t_k)\xi_A(t_k) + cC_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1})] + \\ &\quad [an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})}] \\ [0046] \quad &= \check{Y}_A(t_{Bk}) + \check{\xi}_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1}) + n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})} \end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (10)

[0047] 其中: $\check{Y}_A(t_{Bk}) = aY'_A(t_{k-1}) + bY'_A(t_k) + cY'_A(t_{k+1})$, 为传感器A的本地直角坐标系下目标的真实位置在 t_{Bk} 时刻的时间配准值; $\check{\xi}_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1}) = aC_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + bC_A(t_k)\xi_A(t_k) + cC_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1})$, 为系统误差造成的误差项; $n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})} = an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})}$, 为随机噪声, 假定 t_{k-1} 、 t_k 、 t_{k+1} 时刻的噪声互不相关的零均值白噪声, 则 $n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})}$ 为均值为零, 协方差矩阵为 $R_A = a^2 R_A(k-1) + b^2 R_A(k) + c^2 R_A(k+1)$ 的白噪声, 而 a 、 b 、 c 、分别为 $a = \frac{(t_{Bk} - t_k)(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_{k-1} - t_k)(t_{k-1} - t_{k+1})}$; $b = \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_k - t_{k-1})(t_k - t_{k+1})}$; $c = \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_k)}{(t_{k+1} - t_{k-1})(t_{k+1} - t_k)}$, 且 $a+b+c=1$ 。

[0048] 进一步, 伪量测构建过程仅与目标的位置相关, 而与目标的速度等状态无关, 具体过程如下:

[0049] t_{Bk} 时刻, 传感器A的配准量测为 $\check{Y}_A(t_{Bk})$, 传感器B的量测为:

$$Y_B(t_{Bk}) = Y'_B(t_{Bk}) + C_B(t_{Bk})\xi_B(t_{Bk}) + n_{Y_B(t_{Bk})} \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT (11)}$$

[0051] $Y'_B(t_{Bk})$ 为传感器B的本地直角坐标系下目标的真实位置, $\xi_B(t_{Bk})$ 为传感器B的系统误差, $n_{Y_B(t_{Bk})}$ 为传感器B的随机误差;

[0052] 根据权利1中所述的基于ECEF的空间配准算法, 定义伪量测为:

$$Z(k) = [X_{AS}(t_{Bk}) + B_A(t_{Bk})\check{Y}_A(t_{Bk})] - [X_{BS}(t_{Bk}) + B_B(t_{Bk})Y_B(t_{Bk})]$$

[0053]

* MERGEFORMAT (12)

[0054] 对于同一公共目标, 在ECEF坐标系下的位置为 X_e 则有:

$$X_e = X_{AS}(t_{Bk}) + B_A(t_{Bk})\tilde{Y}_A'(t_{Bk}) = X_{BS}(t_{Bk}) + B_B(t_{Bk})\tilde{Y}_B'(t_{Bk})$$

[0055]

* MERGEFORMAT (13)

[0056] $X_{AS}(t)$ 、 $X_{BS}(t)$ 分别为传感器A和传感器B在ECEF坐标系下的位置，

[0057] 将式：

$$\begin{aligned} \tilde{Y}_A'(t_{Bk}) = & [aY_A'(t_{k-1}) + bY_A'(t_k) + cY_A'(t_{k+1})] + [aC_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + bC_A(t_k)\xi_A(t_k) + cC_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1})] + \\ & [an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})}] \\ & = \tilde{Y}_A'(t_{Bk}) + \tilde{\xi}_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1}) + n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})} \end{aligned}$$

[0058]

* MERGEFORMAT (14)、(11)、(13) 带入式 (12)，则有：

$$Z(k) = G(k)\beta(k) + W(k) \quad \text{* MERGEFORMAT (15)}$$

[0059]

[0060] 其中 $G(k) = [-aJ_A(t_{k-1}) \quad -bJ_A(t_k) \quad -cJ_A(t_{k+1}) \quad J_B(t)] = \lambda J$ 为量测矩阵，其中， $\lambda = [-a \quad -b \quad -c \quad 1]$ ， $J = [J_A(t_{k-1}) \quad J_A(t_k) \quad J_A(t_{k+1}) \quad J_B(t)]^T$ ， $J_A(t_{k-1}) = B_A(t_{k-1})C_A(t_{k-1})$ ， $J_A(t_k) = B_A(t_k)C_A(t_k)$ ； $J_A(t_{k+1}) = B_A(t_{k+1})C_A(t_{k+1})$ ， $J_B(t_{k+1}) = B_B(t)C_B(t)$ ； $\beta(k) = [\xi_A(t_{k-1}) \quad \xi_A(t_k) \quad \xi_A(t_{k+1}) \quad \xi_B(t)]^T$ ，为系统误差； $W(k) = an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})} - n_{Y_B(t_{Bk})}$ 为均值为零，协方差矩阵为：

$$R_W(k) = a^2R_A(k-1) + b^2R_A(k) + c^2R_A(k+1) - R_B(k) \quad \text{* MERGEFORMAT (16)}$$

[0061]

[0062] 符号T表示矩阵的转置运算。

[0063] 进一步，所构建的状态方程与伪量测方程如下：

$$\begin{aligned} \beta(k+1) &= F(k|k-1)\beta(k) + Q(k) \\ Z(k) &= G(k)\beta(k) + W(k) \end{aligned} \quad \text{* MERGEFORMAT (17)}$$

[0064]

[0065] 其中 $F(k+1|k)$ 为状态方程的转移矩阵，取值与传感器的系统误差的变化规律相关，若传感器的系统误差是缓变的，则 $F(k+1|k)$ 近似为单位矩阵，取为 $F(k+1|k) = 0.99I$ ， I 为单位阵。

[0066] 进一步，所述采集数据分析模块设置有收敛加密单元，所述收敛加密单元的收敛加密方法包括：

[0067] (1) 数据所有者首先计算数据 m 的哈希值 $h(m)$ ，其中 $h(\cdot)$ 是密码学中的一个强哈希函数， $h(m)$ 作为加密数据 m 的密钥；

[0068] (2) 用 $h(m)$ 加密数据，假设 E 是一个对称密钥加密函数，则产生的密文就是 $E_{h(m)}(m)$ ；

[0069] (3) 用所有的授权用户的公钥加密 $h(m)$ ，密文是： (C, C') ，其中 $C = E_{h(m)}(m)$ ， $C' = F_{PK}(h(m))$ ， F 是一个公钥加密函数， PK 是公钥；

[0070] (4) 数据只能被授权用户解密，合法用户首先用自己的私钥解密得到 $h(m)$ ，最后用 $h(m)$ 来恢复 m ，表示如下： $m = D_{D_{SK}(C')}(C)$ 。

[0071] 本发明提供的太阳能环境监测车，采用太阳能电池板进行发电提供电源，节能环保；太阳能电池板通过电动机和气泵可进行全方位的角度调整，最大程度的接收太阳光，利用率高；监测参数多样化，可以对周围大气、水质和土壤进行监测、分析和处理，采集的数据通过采集数据控制模块、中央处理器和采集数据分析模块后，将被数据处理模块进一步的处

理,采集与处理迅速,且不会出现混乱和遗漏的问题,保证了环境监测参数的采集与处理能稳定同步进行,利用RAM存储器、MRAM存储器和数据库,可对监测数据的信息进行对比,采样和查询,更好地了解环境污染问题,监测的数据通过无线射频收发模块和GPRS网络存储到云端存储器中,保证数据的安全存储。

附图说明

[0072] 图1是本发明实施例提供的太阳能环境监测车的原理框图。

[0073] 图2是本发明实施例提供的太阳能电池板安装示意图。

[0074] 图中:1、监测车本体;2、电动机;3、转动轴;4、旋转平台;5、气泵;6、合页;7、太阳能电池板;8、气动伸缩杆;9、环境监测装置;10、大气监测装置;11、水质监测装置;12、土壤监测装置;13、第一温度传感器;14、第一湿度传感器;15、PM2.5传感器;16、二氧化碳传感器;17、二氧化氮传感器;18、二氧化硫传感器;19、电导率传感器;20、PH传感器;21、浊度传感器;22、溶解氧传感器;23、第二温度传感器;24、第二湿度传感器;25、重金属离子监测仪;26、采集数据控制模块;27、输入模块;28、CCD图像传感器;29、CCD摄像机;30、中央处理器;31、光强传感器;32、GPS定位模块;33、调光模块;34、采集数据分析模块;35、数据处理模块;36、操作显示屏;37、RAM存储器;38、MRAM存储器;39、数据库;40、无线射频收发模块;41、GPRS网络;42、云端存储器;43、监控中心;44、第一摄像机;45、第二摄像机。

具体实施方式

[0075] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0076] 下面结合图1和图2对本发明的结构作详细的描述:

[0077] 本发明实施例提供的太阳能环境监测车,包括监测车本体1、环境监测装置9和中央处理器30,所述监测车本体1的顶部固定安装有电动机2;所述电动机2的顶部通过转动轴3与旋转平台4连接;所述旋转平台4上固定安装有气泵5;所述气泵5通过气动伸缩杆8与太阳能电池板7的另一端活动连接;所述环境监测装置9由大气监测装置10、水质监测装置11和土壤监测装置12构成;所述环境监测装置9的输出端与采集数据控制模块26的输入端电性连接;所述采集数据控制模块26的输出端与输入模块27的输入端电性连接;所述输入模块27的输入端通过CCD图像传感器28与CCD摄像机29的输出端电性连接;所述中央处理器30的输入端分别与太阳能电池板7、输入模块27、光强传感器31和GPS定位模块32的输出端电性连接;所述中央处理器30的输出端分别与电动机2、气泵5和调光模块33的输入端电性连接;所述中央处理器30的输出端通过采集数据分析模块34与数据处理模块35的输入端电性连接;所述中央处理器30分别与操作显示屏36、RAM存储器37、MRAM存储器38、数据库39和无线射频收发模块40电性连接;所述无线射频收发模块40通过GPRS网络41分别与云端存储器42和监控中心43连接;第一摄像机44、第二摄像机45分别安装在监测车本体1的内部和外部;与中央处理器30有线连接。

[0078] 进一步,所述旋转平台4的另一侧通过合页6与太阳能电池板7活动连接。

[0079] 进一步,所述大气监测装置10由第一温度传感器13、第一湿度传感器14、PM2.5传

感器15、二氧化碳传感器16、二氧化氮传感器17、二氧化硫传感器18、有机污染物监测仪构成。

[0080] 进一步,所述水质监测装置11由电导率传感器19、PH传感器20、浊度传感器21和溶解氧传感器22构成。

[0081] 进一步,所述土壤监测装置12由第二温度传感器23、第二湿度传感器24和重金属离子监测仪25构成。

[0082] 进一步,所述环境监测装置设置有传感器空间配准模块;所述传感器空间配准模块与第一温度传感器、第一湿度传感器、PM2.5传感器、二氧化碳传感器、二氧化氮传感器、二氧化硫传感器、第二温度传感器、第二湿度传感器有线连接;所述传感器空间配准模块的传感器空间配准的方法包括时间对准过程和传感器系统误差估计过程,且伪量测方程的建立过程仅与目标的位置相关,而与目标的速度等状态无关;

[0083] 时间对准过程完成传感器数据之间在时间上的对准,传感器A、传感器B在本地直角坐标系下的量测数据分别为 $Y_A(t_i)$ 和 $Y_B(t_i)$,且传感器A的采样频率大于传感器B的采样频率,则由传感器A向传感器B的采样时刻进行配准,具体为:

[0084] 采用内插外推的时间配准算法将传感器A的采样数据向传感器B的数据进行配准,使得两个传感器在空间配准时刻对同一个目标有同步的量测数据,内插外推时间配准算法如下:

[0085] 在同一时间片内将各传感器观测数据按测量精度进行增量排序,然后将传感器A的观测数据分别向传感器B的时间点内插、外推,以形成一系列等间隔的目标观测数据,采用常用的三点抛物线插值法的进行内插外推时间配准算法得传感器A在 t_{Bk} 时刻在本地直角坐标系下的量测值 $\check{Y}_A(t_{Bk})$ 为:

$$\check{Y}_A(t_{Bk}) = \frac{(t_{Bk} - t_k)(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_{k-1} - t_k)(t_{k-1} - t_{k+1})} Y_A(t_{k-1}) + \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_k - t_{k-1})(t_k - t_{k+1})} Y_A(t_k) + \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_k)}{(t_{k+1} - t_{k-1})(t_{k+1} - t_k)} Y_A(t_{k+1})$$

[0086]

* MERGEFORMAT (1)

[0087] 其中, t_{Bk} 为配准时刻, t_{k-1} , t_k , t_{k+1} 为传感器A距离配准时刻最近的三个采样时刻, $Y_A(t_{k-1})$, $Y_A(t_k)$, $Y_A(t_{k+1})$ 分别为其对应的对目标的探测数据;

[0088] 完成时间配准后,根据传感器A的配准数据与传感器B的采样数据,采用基于地心地固坐标系下的伪量测法实现传感器A和传感器B的系统误差的估计;基于ECEF的系统误差估计算法具体为:

[0089] k时刻目标在本地直角坐标系下真实位置为 $X'_1(k) = [x'_1(k), y'_1(k), z'_1(k)]^T$,极坐标系下对应的量测值为 $[r(k), \theta(k), \varphi(k)]$,分别为距离、方位角、俯仰角;转换至本地直角坐标系下为 $X_1(k) = [x_1(k), y_1(k), z_1(k)]^T$;传感器系统偏差为 $\xi(k) = [\Delta r(k), \Delta \theta(k), \Delta \varphi(k)]^T$,分别为距离、方位角和俯仰角的系统误差;于是有:

$$\begin{cases}
 x'_1(k) = [r - \Delta r - n_r] \cos[\theta - \Delta\theta - n_\theta] \sin[\varphi - \Delta\varphi - n_\varphi] \\
 y'_1(k) = [r - \Delta r - n_r] \cos[\theta - \Delta\theta - n_\theta] \cos[\varphi - \Delta\varphi - n_\varphi] \\
 z'_1(k) = [r - \Delta r - n_r] \sin[\theta - \Delta\theta - n_\theta]
 \end{cases}$$

* MERGEFORMAT (2)

[0091] 其中 $\mathbf{n}(k) = [n_r(k), n_\theta(k), n_\varphi(k)]^T$ 表示观测噪声, 均值为零、方差为 $(\sigma_r^2, \sigma_\theta^2, \sigma_\varphi^2)$;

[0092] 式(1)用一阶近似展开并写成矩阵形式为:

$$X'_1(k) = X_1(k) + C(k) [\xi(k) + n(k)] \quad \text{*MERGEFORMAT (3)}$$

$$\text{其中, } C(k) = \begin{bmatrix} -\cos\theta \sin\varphi & r \sin\theta \sin\varphi & -r \cos\theta \cos\varphi \\ -\cos\theta \cos\varphi & r \sin\theta \cos\varphi & r \cos\theta \sin\varphi \\ -\sin\theta & -r \cos\theta & 0 \end{bmatrix}$$

[0095] 设两部传感器A和B, 则对于同一个公共目标, 地心地固坐标系下为 $X'_e = [x'_e, y'_e, z'_e]^T$, 可得:

$$X'_e = X_{As} + B_A X'_{A1}(k) = X_{Bs} + B_B X'_{B1}(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (4)}$$

[0097] B_A, B_B 分别为目标在传感器A与传感器B本地坐标下的位置转换到ECEF坐标系下的位置时的转换矩阵;

[0098] 定义伪量测为:

$$Z(k) = X_{Ae}(k) - X_{Be}(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (5)}$$

$$\text{其中, } X_{Ae}(k) = X_{As} + B_A X_{A1}(k); X_{Be}(k) = X_{Bs} + B_B X_{B1}(k)$$

[0101] 将式(2)、式(3)代入式(4)可以得到关于传感器偏差的伪测量方程:

$$Z(k) = H(k) \beta(k) + W(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (6)}$$

[0103] 其中, $H(k) \triangleq [-B_A C_A(k) \quad B_B C_B(k)]$, $Z(k)$ 为伪测量向量; $H(k)$ 为测量矩阵; β 为传感器偏差向量; $W(k)$ 为测量噪声向量; 由于 $n_A(k), n_B(k)$ 为零均值、相互独立的高斯型随机变量, 因此 $W(k)$ 同样是零均值高斯型随机变量, 其协方差矩阵为 $R(k)$ 。

[0104] 进一步, 所述传感器的空间配准方法包括的步骤如下:

[0105] 步骤一、确定低采样率传感器的数据时刻;

[0106] 步骤二、采用内插外推时间配准算法, 根据传感器A向传感器B进行配准的计算方法, 计算高采样率传感器的时间配准结果;

[0107] 步骤三、根据伪量测构建过程计算伪量测方程;

[0108] 步骤四、根据所构建的状态方程与伪量测方程, 采用卡尔曼滤波, 估计传感器的系统误差。

[0109] 进一步, 传感器A的量测模型如下:

[0110] $Y_A(t_{k-1}), Y_A(t_k), Y_A(t_{k+1})$ 分别为传感器A对目标在 t_{k-1}, t_k, t_{k+1} 时刻的本地笛卡尔坐标系下的量测值, 分别为:

[0111]

$$Y_A(t_{k-1}) = Y'_A(t_{k-1}) - C_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + n_{Y_A(t_{k-1})}$$

* MERGEFORMAT (7)

$$Y_A(t_k) = Y'_A(t_k) - C_A(t_k)\xi_A(t_k) + n_{Y_A(t_k)}$$

[0112]

* MERGEFORMAT (8)

[0113]

$$Y_A(t_{k+1}) = Y'_A(t_{k+1}) - C_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1}) + n_{Y_A(t_{k+1})} \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT (9)}$$

[0114] 其中, $Y'_A(t_{k-1})$ 、 $Y'_A(t_k)$ 、 $Y'_A(t_{k+1})$ 分别为传感器A在 t_{k-1} 、 t_k 、 t_{k+1} 时刻的本地笛卡尔坐标系下的真实位置; $C_A(t)$ 为误差的变换矩阵; $\xi_A(t)$ 为传感器的系统误差; $n_{Y_A(t)}$ 为系统噪声, 假设 $n_{Y_A(t_{k-1})}$ 、 $n_{Y_A(t_k)}$ 、 $n_{Y_A(t_{k+1})}$ 为零均值、相互独立的高斯型随机变量, 噪声协方差矩阵分别为 $R_A(k-1)$ 、 $R_A(k)$ 、 $R_A(k+1)$ 。

[0115] 进一步, 传感器A向传感器B进行配准的具体过程如下:

[0116] 将式(7)、式(8)、式(9)带入式(1), 可得:

$$\begin{aligned} \tilde{Y}_A(t_{Bk}) &= [aY'_A(t_{k-1}) + bY'_A(t_k) + cY'_A(t_{k+1})] + [aC_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + bC_A(t_k)\xi_A(t_k) + cC_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1})] + \\ &\quad [an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})}] \\ [0117] \quad &= \tilde{Y}'_A(t_{Bk}) + \tilde{\xi}_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1}) + n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})} \end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (10)

[0118] 其中: $\tilde{Y}'_A(t_{Bk}) = aY'_A(t_{k-1}) + bY'_A(t_k) + cY'_A(t_{k+1})$, 为传感器A的本地直角坐标系下目标的真实位置在 t_{Bk} 时刻的时间配准值; $\tilde{\xi}_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1}) = aC_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + bC_A(t_k)\xi_A(t_k) + cC_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1})$, 为系统误差造成的误差项; $n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})} = an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})}$, 为随机噪声, 假定 t_{k-1} 、 t_k 、 t_{k+1} 时刻的噪声互不相关的零均值白噪声, 则 $n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})}$ 为均值为零, 协方差矩阵为 $R_A = a^2 R_A(k-1) + b^2 R_A(k) + c^2 R_A(k+1)$ 的白噪声, 而 a 、 b 、 c 、分别为 $a = \frac{(t_{Bk} - t_k)(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_{k-1} - t_k)(t_{k-1} - t_{k+1})}$; $b = \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_{k+1})}{(t_k - t_{k-1})(t_k - t_{k+1})}$; $c = \frac{(t_{Bk} - t_{k-1})(t_{Bk} - t_k)}{(t_{k+1} - t_{k-1})(t_{k+1} - t_k)}$, 且 $a+b+c=1$ 。

[0119] 进一步, 伪量测构建过程仅与目标的位置相关, 而与目标的速度等状态无关, 具体过程如下:

[0120] t_{Bk} 时刻, 传感器A的配准量测为 $\tilde{Y}'_A(t_{Bk})$, 传感器B的量测为:

$$Y_B(t_{Bk}) = Y'_B(t_{Bk}) + C_B(t_{Bk})\xi_B(t_{Bk}) + n_{Y_B(t_{Bk})} \quad \backslash * \text{ MERGEFORMAT (11)}$$

[0122] $Y'_B(t_{Bk})$ 为传感器B的本地直角坐标系下目标的真实位置, $\xi_B(t_{Bk})$ 为传感器B的系统误差, $n_{Y_B(t_{Bk})}$ 为传感器B的随机误差;

[0123] 根据权利1中所述的基于ECEF的空间配准算法, 定义伪量测为:

$$Z(k) = [X_{AS}(t_{Bk}) + B_A(t_{Bk})\tilde{Y}'_A(t_{Bk})] - [X_{BS}(t_{Bk}) + B_B(t_{Bk})Y_B(t_{Bk})]$$

[0124]

* MERGEFORMAT (12)

[0125] 对于同一公共目标, 在ECEF坐标系下的位置为 X_0 则有:

$$[0126] \quad \mathbf{X}_e = \mathbf{X}_{AS}(t_{Bk}) + \mathbf{B}_A(t_{Bk})\tilde{\mathbf{Y}}_A'(t_{Bk}) = \mathbf{X}_{BS}(t_{Bk}) + \mathbf{B}_B(t_{Bk})\tilde{\mathbf{Y}}_B'(t_{Bk})$$

* MERGEFORMAT (13)

[0127] $X_{AS}(t)$ 、 $X_{BS}(t)$ 分别为传感器A和传感器B在ECEF坐标系下的位置，

[0128] 将式：

$$[0129] \quad \begin{aligned} \tilde{\mathbf{Y}}_A'(t_{Bk}) &= [a\mathbf{Y}'_A(t_{k-1}) + b\mathbf{Y}'_A(t_k) + c\mathbf{Y}'_A(t_{k+1})] + [a\mathbf{C}_A(t_{k-1})\xi_A(t_{k-1}) + b\mathbf{C}_A(t_k)\xi_A(t_k) + c\mathbf{C}_A(t_{k+1})\xi_A(t_{k+1})] + \\ &\quad [an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})}] \\ &= \tilde{\mathbf{Y}}_A'(t_{Bk}) + \tilde{\xi}_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1}) + n_{Y_A(t_{k-1}, t_k, t_{k+1})} \end{aligned}$$

* MERGEFORMAT (14)、(11)、(13) 带入式 (12)，则有：

$$[0130] \quad Z(k) = G(k)\beta(k) + W(k) \quad \text{*MERGEFORMAT (15)}$$

[0131] 其中 $G(k) = [-aJ_A(t_{k-1}) \quad -bJ_A(t_k) \quad -cJ_A(t_{k+1}) \quad J_B(t)] = \lambda J$ 为量测矩阵，其中， $\lambda = [-a \quad -b \quad -c \quad 1]$ ， $J = [J_A(t_{k-1}) \quad J_A(t_k) \quad J_A(t_{k+1}) \quad J_B(t)]^T$ ， $J_A(t_{k-1}) = B_A(t_{k-1})C_A(t_{k-1})$ ， $J_A(t_k) = B_A(t_k)C_A(t_k)$ ； $J_A(t_{k+1}) = B_A(t_{k+1})C_A(t_{k+1})$ ， $J_B(t_{k+1}) = B_B(t)C_B(t)$ ； $\beta(k) = [\xi_A(t_{k-1}) \quad \xi_A(t_k) \quad \xi_A(t_{k+1}) \quad \xi_B(t)]^T$ ，为系统误差； $W(k) = an_{Y_A(t_{k-1})} + bn_{Y_A(t_k)} + cn_{Y_A(t_{k+1})} - n_{Y_B(t_{Bk})}$ 为均值为零，协方差矩阵为：

$$[0132] \quad R_W(k) = a^2R_A(k-1) + b^2R_A(k) + c^2R_A(k+1) - R_B(k)$$

[0133] *MERGEFORMAT (16)

[0134] 符号T表示矩阵的转置运算。

[0135] 进一步，所构建的状态方程与伪量测方程如下：

$$[0136] \quad \begin{aligned} \beta(k+1) &= \mathbf{F}(k|k-1)\beta(k) + \mathbf{Q}(k) \\ \mathbf{Z}(k) &= \mathbf{G}(k)\beta(k) + \mathbf{W}(k) \end{aligned} \quad \text{* MERGEFORMAT (17)}$$

[0137] 其中 $F(k+1|k)$ 为状态方程的转移矩阵，取值与传感器的系统误差的变化规律相关，若传感器的系统误差是缓变的，则 $F(k+1|k)$ 近似为单位矩阵，取为 $F(k+1|k) = 0.99I$ ， I 为单位阵。

[0138] 进一步，所述采集数据分析模块设置有收敛加密单元，所述收敛加密单元的收敛加密方法包括：

[0139] (1) 数据拥有者首先计算数据 m 的哈希值 $h(m)$ ，其中 $h(\cdot)$ 是密码学中的一个强哈希函数， $h(m)$ 作为加密数据 m 的密钥；

[0140] (2) 用 $h(m)$ 加密数据，假设 E 是一个对称密钥加密函数，则产生的密文就是 $E_{h(m)}(m)$ ；

[0141] (3) 用所有的授权用户的公钥加密 $h(m)$ ，密文是： (C, C') ，其中 $C = E_{h(m)}(m)$ ， $C' = F_{PK}(h(m))$ ， F 是一个公钥加密函数， PK 是公钥；

[0142] (4) 数据只能被授权用户解密，合法用户首先用自己的私钥解密得到 $h(m)$ ，最后用 $h(m)$ 来恢复 m ，表示如下： $m = D_{D_{SK}(C')}(C)$ 。

[0143] 工作原理：该太阳能环境监测车，采用太阳能电池板7进行发电提供电源，节能环保，太阳能电池板7通过电动机2、转动轴3和旋转平台4可进行旋转，通过气泵5和气动伸缩杆8可进行倾角的调节，以此对太阳能电池板7进行全方位的角度调整，最大程度的接收太阳光，利用率高，监测参数多样化，设置有大气监测装置10、水质监测装置11和土壤监测装

置12,大气监测装置10由第一温度传感器13、第一湿度传感器14、PM2.5传感器15、二氧化碳传感器16、二氧化氮传感器17和二氧化硫传感器18构成,水质监测装置11由电导率传感器19、PH传感器20、浊度传感器21和溶解氧传感器22,土壤监测装置12由第二温度传感器23、第二湿度传感器24和重金属离子检测仪25构成,可以对周围大气、水质和土壤进行全方面的监测,监测的数据通过采集数据控制模块26、输入模块27、中央处理器30和采集数据分析模块34处理后,将会被数据处理模块35进行进一步的处理,RAM存储器37、MRAM存储器38和数据库39的配合使用,可对监测数据的信息进行对比、采样和查询,在保证监测数据的采集与处理的快速性的同时更好地了解环境污染问题,监测的数据通过无线射频收发模块40和GPRS网络41存储到云端存储器42中,保证数据的安全存储,监测的数据可实时通过无线射频收发模块40和GPRS网络41发送到监控中心43,无线射频收发模块40用于接收和发送无线网络信号,CCD摄像机29将周围的画面进行拍摄并通过CCD图像传感器28发送到输入模块27中,光强传感器31用于监测周围环境的光照强度,当光照强度满足不了需求时,中央处理器30控制调光模块33进行补光,操作显示屏36用于工作人员进行操控和实时显示监测参数,GPS定位模块32可对监测地点进行定位。

[0144] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

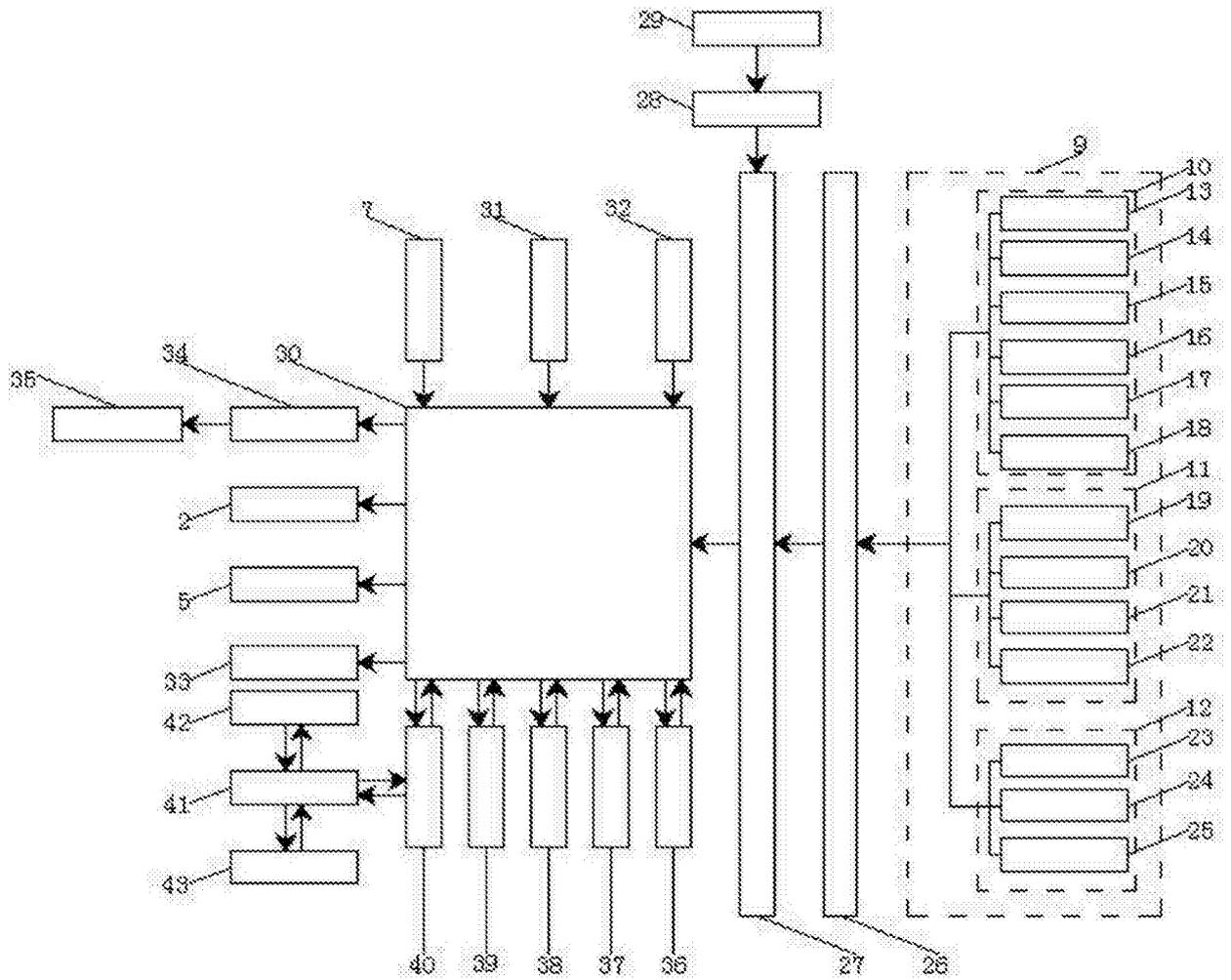


图1

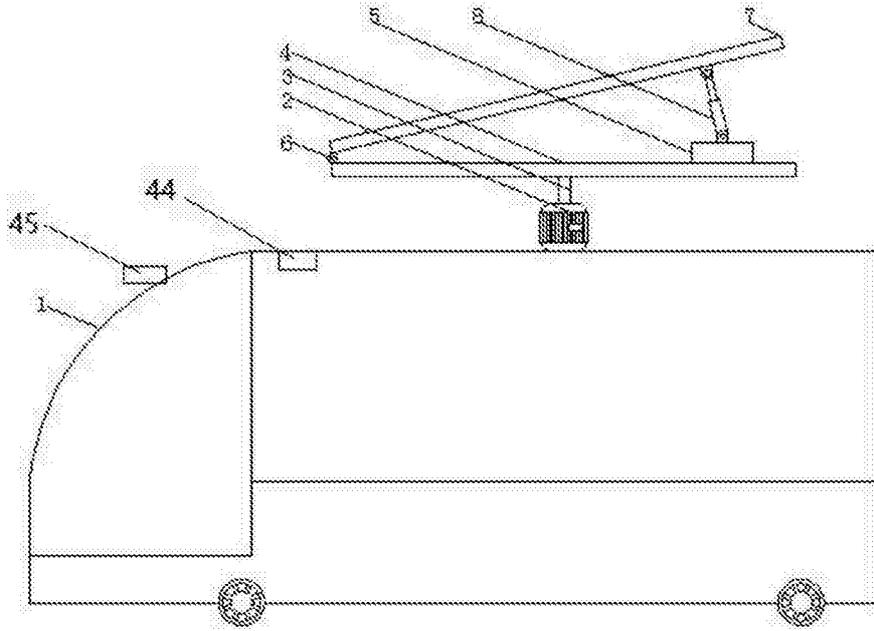


图2