



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104777498 B

(45)授权公告日 2017.11.21

(21)申请号 201510199753.4

审查员 田俊峰

(22)申请日 2015.04.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104777498 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(73)专利权人 和芯星通科技(北京)有限公司

地址 100094 北京市海淀区丰贤东路7号北  
斗星通大厦A301室

(72)发明人 李涛 张思静 陈孔哲 高庆余  
胡刚

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理  
有限公司 11262

代理人 李红爽 栗若木

(51)Int.Cl.

G01S 19/42(2010.01)

权利要求书3页 说明书7页 附图2页

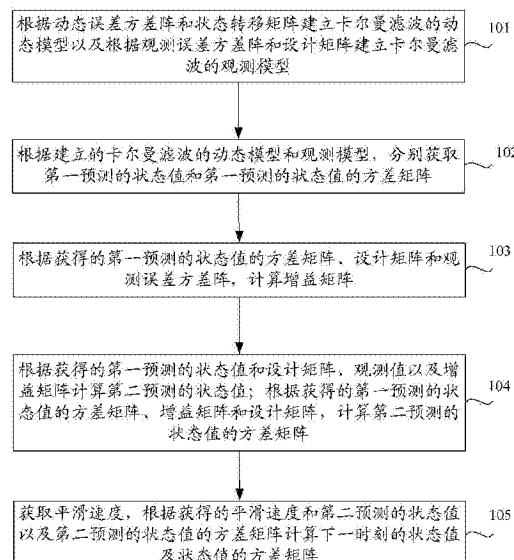
(54)发明名称

一种基于卡尔曼滤波的GNSS单点定位的方法及装置

(57)摘要

本发明提供了一种基于卡尔曼滤波的GNSS单点定位的方法及装置，包括：分别建立卡尔曼滤波的动态模型和观测模型；根据建立的动态模型和观测模型，分别获取第一预测的状态值和第一预测的状态值的方差矩阵；根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、设计矩阵和观测误差方差阵，计算增益矩阵；根据获得的第一预测的状态值和设计矩阵、观测值以及增益矩阵计算第二预测的状态值；根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、增益矩阵和设计矩阵，计算第二预测的状态值的方差矩阵；获取平滑速度，根据获得的平滑速度和第二预测的状态值以及第二预测的状态值的方差矩阵计算下一时刻的状态值及状态值的方差矩阵。本发明技术方案提高了定位结果的精度和可用性。

CN 104777498 B



1. 一种基于卡尔曼滤波的全球卫星导航定位系统GNSS单点定位的方法,其特征在于,包括:

根据动态误差方差阵和状态转移矩阵建立卡尔曼滤波的动态模型以及根据观测误差方差阵和设计矩阵建立卡尔曼滤波的观测模型;

根据建立的卡尔曼滤波的动态模型和观测模型,分别获取第一预测的状态值和第一预测的状态值的方差矩阵;

根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、设计矩阵和观测误差方差阵,计算增益矩阵;

根据获得的第一预测的状态值和设计矩阵、观测值以及增益矩阵计算第二预测的状态值;根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、增益矩阵和设计矩阵,计算第二预测的状态值的方差矩阵;

获取平滑速度,根据获得的平滑速度和第二预测的状态值以及第二预测的状态值的方差矩阵计算下一时刻的状态值及状态值的方差矩阵;其中,

获取平滑速度包括:获取当前时刻和当前时刻之前的两个时刻的速度;为获得的各个速度分配权重值,其中分配的权重值之和为1;根据获得的各个速度和分配的权重值,计算平滑速度;按照下式计算平滑速度:

$$\hat{v}_{ks} = a\hat{v}_k + b\hat{v}_{k-1} + c\hat{v}_{k-2}$$

其中,  $\hat{v}_{ks}$  表示 k 时刻平滑后的速度,  $\hat{v}_k$  表示接收机在 k 时刻的速度,  $\hat{v}_{k-1}$  表示接收机在 (k-1) 时刻的速度,  $\hat{v}_{k-2}$  表示接收机在 (k-2) 时刻的速度, a, b 和 c 表示用当前和之前两个历元速度的权重;

计算平滑速度时考虑加速度值,加速度值通过连续两个历元的速度变化量来求得;当速度的变化量在一个重力加速度的范围之内时,设置 a=1, b=c=0;当速度的变化量超出一个重力加速度的范围时,设置 a=0, b=c=0.5;

按照下式计算下一时刻的状态值:

$$\hat{x}_{k+1}'' = \hat{x}_k + \hat{v}_{ks} t ;$$

按照下式计算下一时刻的状态值的方差矩阵:

$$P_{k+1}'' = \Phi P_k \Phi^T + P \hat{v}_{ks} t^2 + Q ;$$

其中,  $\hat{x}_k''$  表示接收机在 k 时刻的第二预测的状态值, t 表示 k 时刻到 (k+1) 时刻之间的时间间隔,  $\Phi$  表示状态转移矩阵,  $P_k$  表示接收机在 k 时刻的状态值的方差矩阵,  $P \hat{v}_{ks}$  表示在 k 时刻获得的接收机的平滑速度的方差矩阵, Q 表示动态误差方差阵。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,按照下式建立所述动态模型:

$$x_k = \Phi x_{k-1} + w_{k-1} ;$$

按照下式建立所述观测模型:

$$z_k = H x_k + \varepsilon_k ;$$

其中,  $x_{k-1}$  和  $x_k$  分别表示接收机在 (k-1) 时刻和 k 时刻的状态值, H 为设计矩阵,  $z_k$  为接收机在 k 时刻的观测值;  $w_{k-1}$  和  $\varepsilon_k$  分别表示动态模型的随机误差和观测模型的随机误差,并且分别服从下列分布:

$$p(w_{k-1}) \sim N(0, Q)$$

$$p(\varepsilon_k) \sim N(0, R)$$

Q和R分别表示动态误差方差阵和观测误差方差阵。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,按照下式获取第一预测的状态值:

$$\hat{x}_k^- = \Phi \hat{x}_{k-1}^-;$$

按照下式获取第一预测的状态值的方差矩阵;

$$P_k^- = \Phi P_{k-1}^- \Phi^T + Q;$$

其中,  $\hat{x}_{k-1}^-$  表示接收机在(k-1)时刻的状态值,  $P_{k-1}$  表示接收机在(k-1)时刻的状态值的方差矩阵。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,按照下式计算所述增益矩阵:

$$K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1}$$

其中,  $P_k^-$  表示接收机在k时刻的第一预测的状态值的方差矩阵, R表示 观测误差方差阵, H为设计矩阵。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,按照下式获取所述第二预测的状态值:

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - H \hat{x}_k^-);$$

按照下式获取所述第二预测的状态值的方差矩阵:

$$P_k = (I - K_k H) P_k^-;$$

其中, I表示单位矩阵,  $\hat{x}_k^-$  表示接收机在k时刻的第一预测的状态值,  $P_k^-$  表示接收机在k时刻的第一预测的状态值的方差矩阵,  $K_k$  表示增益矩阵。

6. 一种基于卡尔曼滤波的全球卫星导航定位系统GNSS单点定位的装置,其特征在于,包括:建模模块、第一获取模块、第一计算模块、第二获取模块和第二计算模块;其中,

建模模块,用于根据动态误差方差阵和状态转移矩阵建立卡尔曼滤波的动态模型以及根据观测误差方差阵和设计矩阵建立卡尔曼滤波的观测模型;

第一获取模块,用于根据建立的卡尔曼滤波的动态模型和观测模型,分别获得第一预测的状态值和第一预测的状态值的方差矩阵;

第一计算模块,用于根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、设计矩阵和观测误差方差阵,计算增益矩阵;

第二获取模块,用于根据获得的第一预测的状态值和设计矩阵、观测值以及增益矩阵计算第二预测的状态值;根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、增益矩阵和设计矩阵,计算第二预测的状态值的方差矩阵;

第二计算模块,用于获取平滑速度,根据获得的平滑速度和第二预测的状态值以及第二预测的状态值的方差矩阵计算下一时刻的状态值及状态值的方差矩阵;其中,

获取平滑速度包括:获取当前时刻和当前时刻之前的两个时刻的速度;为获得的各个速度分配权重值,其中分配的权重值之和为1;根据获得的各个速度和分配的权重值,计算平滑速度;按照下式计算平滑速度:

$$\hat{v}_{ks} = a\hat{v}_k + b\hat{v}_{k-1} + c\hat{v}_{k-2}$$

其中,  $\hat{v}_{ks}$  表示 k 时刻平滑后的速度,  $\hat{v}_k$  表示接收机在 k 时刻的速度,  $\hat{v}_{k-1}$  表示接收机在 (k-1) 时刻的速度,  $\hat{v}_{k-2}$  表示接收机在 (k-2) 时刻的速度, a, b 和 c 表示用当前和之前两个历元速度的权重;

计算平滑速度时考虑加速度值, 加速度值通过连续两个历元的速度变化量来求得; 当速度的变化量在一个重力加速度的范围之内时, 设置 a=1, b=c=0; 当速度的变化量超出一个重力加速度的范围时, 设置 a=0, b=c=0.5;

按照下式计算下一时刻的状态值:

$$\hat{x}_{k+1}^* = \hat{x}_k + \hat{v}_{ks} t ;$$

按照下式计算下一时刻的状态值的方差矩阵:

$$P_{k+1}^* = \Phi P_k \Phi^T + P \hat{v}_{ks} t^2 + Q ;$$

其中,  $\hat{x}_k^*$  表示接收机在 k 时刻的第二预测的状态值, t 表示 k 时刻到 (k+1) 时刻之间的时间间隔,  $\Phi$  表示状态转移矩阵,  $P_k$  表示接收机在 k 时刻的状态值的方差矩阵,  $P \hat{v}_{ks}$  表示在 k 时刻获得的接收机的平滑速度的方差矩阵, Q 表示动态误差方差阵。

## 一种基于卡尔曼滤波的GNSS单点定位的方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及卫星导航领域,尤指一种基于卡尔曼滤波的全球卫星导航定位系统(GNSS)单点定位的方法及装置。

### 背景技术

[0002] 目前,全球卫星导航定位系统(GNSS)由美国的全球卫星定位系统(GPS),俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统(GLONASS),中国的北斗导航系统(BeiDou)以及欧盟的Galileo卫星导航系统组成。其中GPS和GLONASS系统已经全部建设完成,具备全球定位的功能。中国的BeiDou目前已经发射了16颗卫星,其中包括5颗中地球轨道(MEO,Medium Earth Orbit)卫星,5颗倾斜地球同步轨道(IGSO,Inclined Geosynchronous Satellite Orbit)卫星和6颗地球静止轨道(GEO,Geostationary Earth Orbit)卫星,实现了亚太地区的定位功能。欧盟的Galileo系统则有四颗卫星可用。日本和印度也在研制自己的区域卫星导航定位系统。不难看出,GNSS行业目前发展势头迅猛,已经形成了产业化,因而可靠的导航定位算法及结果则显得尤为重要。

[0003] 传统的GNSS单点定位方法采用最小二乘估计,由单个历元的观测量,通过所建立的观测模型和随机模型,根据加权残差平方和最小的原则,估计出相对于初始坐标的坐标增量,从而得到最终的坐标及其他一起估计的参数,如钟差等。其中,建立的观测模型如公式(1)所示:

$$z_k = Hx_k + \varepsilon_k \quad (1)$$

[0005] 建立的随机模型如公式(2)所示:

$$p(\varepsilon_k) \sim N(0, R) \quad (2)$$

[0007] 其中,  $z_k$  为接收机在  $k$  时刻的观测值(GNSS 单点定位中的观测量减去可计算出来的已知值)。 $x_k$  表示接收机在  $k$  时刻的状态值, $\varepsilon_k$  表示观测模型的随机误差, $R$  表示观测误差方差阵, $H$  表示设计矩阵, $N(0, R)$  表示随机误差服从 0 期望和  $R$  方差。

[0008] 从理论上来讲,所估计的坐标值的确是根据已有的观测信息得出的最优值。在观测量可靠的情况下,由最小二乘所得到的定位结果基本可以稳定在米级,满足大多数的应用。然而,在一些复杂场景下,如信号重捕,高楼遮挡,过桥等,观测量有限且观测质量比较差,此时的定位结果一般都存在较大的偏差,严重降低了定位结果的可用性。

### 发明内容

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种基于卡尔曼滤波的全球卫星导航定位系统(GNSS)单点定位的方法及装置,能够提高定位结果的精度和可用性。

[0010] 为了达到本发明目的,本发明提供了一种基于卡尔曼滤波的GNSS单点定位的方法,包括:

[0011] 根据动态误差方差阵和状态转移矩阵建立卡尔曼滤波的动态模型以及根据观测误差方差阵和设计矩阵建立卡尔曼滤波的观测模型;

[0012] 根据建立的卡尔曼滤波的动态模型和观测模型, 分别获取第一预测的状态值和第一预测的状态值的方差矩阵;

[0013] 根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、设计矩阵和观测误差方差阵, 计算增益矩阵;

[0014] 根据获得的第一预测的状态值和设计矩阵、观测值以及增益矩阵计算第二预测的状态值; 根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、增益矩阵和设计矩阵, 计算第二预测的状态值的方差矩阵;

[0015] 获取平滑速度, 根据获得的平滑速度和第二预测的状态值以及第二预测的状态值的方差矩阵计算下一时刻的状态值及状态值的方差矩阵。

[0016] 进一步地, 按照下式建立所述动态模型:

$$x_k = \Phi x_{k-1} + w_{k-1};$$

[0018] 按照下式建立所述观测模型:

$$z_k = H x_k + \varepsilon_k;$$

[0020] 其中,  $x_{k-1}$  和  $x_k$  分别表示接收机在  $(k-1)$  时刻和  $k$  时刻的状态值,  $\Phi$  表示状态转移矩阵,  $H$  为设计矩阵,  $z_k$  为接收机在  $k$  时刻的观测值;  $w_{k-1}$  和  $\varepsilon_k$  分别表示动态模型的随机误差和观测模型的随机误差, 并且分别服从下列分布:

$$p(w_{k-1}) \sim N(0, Q)$$

$$p(\varepsilon_k) \sim N(0, R)$$

[0023]  $Q$  和  $R$  分别表示动态误差方差阵和观测误差方差阵。

[0024] 进一步地, 按照下式获取第一预测的状态值:

$$\hat{x}_k^- = \Phi \hat{x}_{k-1}^-;$$

[0026] 按照下式获取第一预测的状态值的方差矩阵;

$$P_k^- = \Phi P_{k-1}^- \Phi^T + Q;$$

[0028] 其中,  $Q$  表示动态误差方差阵,  $\Phi$  表示状态转移矩阵,  $\hat{x}_{k-1}^-$  表示接收机在  $(k-1)$  时刻的状态值,  $P_{k-1}^-$  表示接收机在  $(k-1)$  时刻的状态值的方差矩阵。

[0029] 进一步地, 按照下式计算所述增益矩阵:

$$K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1}$$

[0031] 其中,  $P_k^-$  表示接收机在  $k$  时刻的第一预测的状态值的方差矩阵,  $R$  表示观测误差方差阵,  $H$  为设计矩阵。

[0032] 进一步地, 按照下式获取所述第二预测的状态值:

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - H \hat{x}_k^-);$$

[0034] 按照下式获取所述第二预测的状态值的方差矩阵:

$$P_k = (I - K_k H) P_k^-;$$

[0036] 其中,  $I$  表示单位矩阵,  $\hat{x}_k^-$  表示接收机在  $k$  时刻的第一预测的状态值,  $P_k^-$  表示接收机在  $k$  时刻的第一预测的状态值的方差矩阵,  $K_k$  表示增益矩阵。

[0037] 进一步地, 按照下式计算下一时刻的状态值:

[0038]  $\hat{x}_{k+1}'' = \hat{x}_k + \hat{v}_{ks} t;$

[0039] 按照下式计算下一时刻的状态值的方差矩阵：

[0040]  $P_{k+1}'' = \Phi P_k \Phi^T + P \hat{v}_{ks} t^2 + Q;$

[0041] 其中， $\hat{v}_{ks}$  表示在k时刻获得的接收机的平滑速度，t表示k时刻到(k+1)时刻之间的时间间隔， $P \hat{v}_{ks}$  表示在k时刻获得的接收机的平滑速度的方差矩阵， $\hat{x}_k$  表示接收机在k时刻的第二预测的状态值。

[0042] 进一步地，所述获取平滑速度包括：获取当前时刻和当前时刻之前的两个时刻的速度；

[0043] 为获得的各个速度分配权重值，其中分配的权重值之和为1；

[0044] 根据获得的各个速度和分配的权重值，计算平滑速度。

[0045] 本发明还提供了一种基于卡尔曼滤波的GNSS单点定位的装置，包括：建模模块、第一获取模块、第一计算模块、第二获取模块和第二计算模块；其中，

[0046] 建模模块，用于根据动态误差方差阵和状态转移矩阵建立卡尔曼滤波的动态模型以及根据观测误差方差阵和设计矩阵建立卡尔曼滤波的观测模型；

[0047] 第一获取模块，用于根据建立的卡尔曼滤波的动态模型和观测模型，分别获得第一预测的状态值和第一预测的状态值的方差矩阵；

[0048] 第一计算模块，用于根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、设计矩阵和观测误差方差阵，计算增益矩阵；

[0049] 第二获取模块，用于根据获得的第一预测的状态值和设计矩阵、观测值以及增益矩阵计算第二预测的状态值；根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、增益矩阵和设计矩阵，计算第二预测的状态值的方差矩阵；

[0050] 第二计算模块，用于获取平滑速度，根据获得的平滑速度和第二预测的状态值以及第二预测的状态值的方差矩阵计算下一时刻的状态值及状态值的方差矩阵。

[0051] 进一步地，上述第二计算模块获取平滑速度，包括：获取当前时刻和当前时刻之前的两个时刻的速度；

[0052] 为获得的各个速度分配权重值，其中分配的权重值之和为1；

[0053] 根据获得的各个速度和分配的权重值，计算平滑速度。

[0054] 本发明技术方案包括：根据动态误差方差阵和状态转移矩阵建立卡尔曼滤波的动态模型以及根据观测误差方差阵和设计矩阵建立卡尔曼滤波的观测模型；根据建立的卡尔曼滤波的动态模型和观测模型，分别获取第一预测的状态值和第一预测的状态值的方差矩阵；根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、设计矩阵和观测误差方差阵，计算增益矩阵；根据获得的第一预测的状态值和设计矩阵、观测值以及增益矩阵计算第二预测的状态值；根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、增益矩阵和设计矩阵，计算第二预测的状态值的方差矩阵；获取平滑速度，根据获得的平滑速度和第二预测的状态值以及第二预测的状态值的方差矩阵计算下一时刻的状态值及状态值的方差矩阵。本发明技术方案提高了定位结果的精度和可用性。

## 附图说明

[0055] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0056] 图1为本发明基于卡尔曼滤波的GNSS单点定位的方法的流程图;

[0057] 图2为本发明基于卡尔曼滤波的GNSS单点定位的装置的结构示意图。

## 具体实施方式

[0058] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0059] 图1为本发明基于卡尔曼滤波的GNSS单点定位的方法的流程图,如图1所示,包括:

[0060] 步骤101:根据动态误差方差阵和状态转移矩阵建立卡尔曼滤波的动态模型以及根据观测误差方差阵和设计矩阵建立卡尔曼滤波的观测模型。

[0061] 其中,分别按照公式(1.1)和(1.2)建立动态模型和观测模型:

$$x_k = \Phi x_{k-1} + w_{k-1} \quad (1.1)$$

$$z_k = H x_k + \varepsilon_k \quad (1.2)$$

[0064] 其中, $x_{k-1}$ 和 $x_k$ 分别表示接收机在(k-1)时刻和k时刻的状态值, $\Phi$ 表示状态转移矩阵, $H$ 为设计矩阵, $z_k$ 为接收机在k时刻的观测值; $w_{k-1}$ 和 $\varepsilon_k$ 分别表示动态模型的随机误差和观测模型的随机误差,并且分别服从下列分布:

$$p(w_{k-1}) \sim N(0, Q)$$

$$p(\varepsilon_k) \sim N(0, R)$$

[0067]  $Q$ 和 $R$ 表示动态误差方差阵和观测误差方差阵。

[0068] 需要说明的是, $\Phi$ 是根据接收机实时的动态情况获取的, $H$ 则是在给定接收机位置 $x$ 初值的情况下,对卫星到接收机间的几何距离进行线性化得到的。在给定接收机位置 $x$ 初值的情况下, $x_{k-1}$ 和 $x_k$ 可以根据公式(1.1)进行推导。关于如何获取以及计算 $\Phi$ 和 $H$ 以及计算 $Q$ 和 $R$ ,属于本领域技术人员所熟知的惯用技术手段,并不用来限制本发明,在此不再赘述。 $z_k$ 为观测值,可以由GNSS单点定位中的观测量减去可计算出来的已知值获得,其中,GNSS的观测量可以从接收机中获得,计算出来的已知值是由接收机位置初值 $x$ 来求得的卫星至接收机间的几何距离。

[0069] 步骤102:根据建立的卡尔曼滤波的动态模型和观测模型,分别获取第一预测的状态值和第一预测的状态值的方差矩阵。

[0070] 其中,分别按照公式(1.3)和公式(1.4)获取第一预测的状态值和第一预测的状态值的方差矩阵:

$$\hat{x}_k^- = \Phi \hat{x}_{k-1} \quad (1.3)$$

$$P_k^- = \Phi P_{k-1} \Phi^T + Q \quad (1.4)$$

[0073] 其中, $Q$ 表示动态误差方差阵, $\Phi$ 表示状态转移矩阵, $\hat{x}_{k-1}$ 表示接收机在(k-1)时刻的状态值, $P_{k-1}$ 表示接收机在(k-1)时刻的状态值的方差矩阵。

[0074] 步骤103:根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、设计矩阵和观测误差方差阵,计算增益矩阵。

[0075] 其中,按照公式(1.5)计算增益矩阵:

$$[0076] K_k = P_k^- H^T (H P_k^- H^T + R)^{-1} \quad (1.5)$$

[0077] 其中,  $P_k^-$  表示接收机在k时刻的第一预测的状态值的方差矩阵,R表示观测误差方差阵,H为设计矩阵。

[0078] 步骤104:根据获得的第一预测的状态值和设计矩阵、观测值以及增益矩阵计算第二预测的状态值;根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、增益矩阵和设计矩阵,计算第二预测的状态值的方差矩阵。

[0079] 其中,分别按照公式(1.6)和(1.7)获取所述第二预测的状态值和第二预测的状态值的方差矩阵:

$$[0080] \hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - H \hat{x}_k^-) \quad (1.6)$$

$$[0081] P_k = (I - K_k H) P_k^- \quad (1.7)$$

[0082] 其中,I表示单位矩阵,  $\hat{x}_k^-$  表示接收机在k时刻的第一预测的状态值,  $P_k^-$  表示接收机在k时刻的第一预测的状态值的方差矩阵,K<sub>k</sub>表示增益矩阵。

[0083] 步骤105:获取平滑速度,根据获得的平滑速度和第二预测的状态值以及第二预测的状态值的方差矩阵计算下一时刻的状态值及状态值的方差矩阵。

[0084] 其中,分别按照公式(1.8)和(1.9)计算下一时刻的状态值及方差矩阵:

$$[0085] \hat{x}_{k+1}'' = \hat{x}_k + \hat{v}_{ks} t \quad (1.8)$$

$$[0086] P_{k+1}'' = \Phi P_k \Phi^T + P \hat{v}_{ks} t^2 + Q \quad (1.9)$$

[0087] 其中,  $\hat{v}_{ks}$  表示在k时刻获得的接收机的平滑速度,t表示k时刻到(k+1)时刻之间的时间间隔,  $P \hat{v}_{ks}$  表示在k时刻获得的接收机的平滑速度的方差矩阵,  $\hat{x}_k''$  表示接收机在k时刻的第二预测的状态值。

[0088] 本步骤中的获取平滑速度包括:获取当前时刻和当前时刻之前的两个时刻的速度;

[0089] 为获得的各个速度分配权重值,其中分配的权重值之和为1;

[0090] 根据获得的各个速度和分配的权重值,计算平滑速度。

[0091] 需要说明的是,关于如何为各个速度分配权重值可以根据实际需要进行分配,例如可以都为1/3;另外,本领域技术人员也可以根据实际的应用情况确定选择几个连续时刻的速度进行速度平滑。

[0092] 举例说明,对于有惯性导航系统(INS)集成的GNSS系统,速度可以由INS给出,不受观测环境的影响,该卡尔曼滤波则可以实现可靠的定位,甚至可以扩展到运用加速度来进行速度的预测,然后再对坐标进行预测。而对于单纯的GNSS系统,瞬时速度一般由多普勒观测值可以估计求得,或者是由历元间的相位观测值差分进行估计。在较差的观测环境下,速

度的估计值精度也变差,从而导致卡尔曼滤波的状态预测值精度下降。因此,需要适当的对复杂场景下(可根据卫星数或者DOP值进行判断)估计的速度进行平滑。平滑的方法如公式(2.0)和(2.1)所示:

$$[0093] \quad \hat{v}_{ks} = a\hat{v}_k + b\hat{v}_{k-1} + c\hat{v}_{k-2} \quad (2.0)$$

$$[0094] \quad P\hat{v}_{ks} = a^2P\hat{v}_k + b^2P\hat{v}_{k-1} + c^2P\hat{v}_{k-2} \quad (2.1)$$

[0095] 其中,  $\hat{v}_{ks}$  表示平滑后的速度,  $\hat{v}_k$  表示接收机在k时刻的速度,  $\hat{v}_{k-1}$  表示接收机在(k-1)时刻的速度,  $\hat{v}_{k-2}$  表示接收机在(k-2)时刻的速度,a,b和c表示用当前和之前两个历元速度的权重,并且符合  $a+b+c=1$ 。鉴于较早的历史速度对当前速度的作用影响很小,只有最近的几个历元的速度参考价值较大,用户可以自己设置a,b和c的大小,例如可以取  $a=b=c=1/3$ ;例如也可以取  $a=0, b=c=0.5; a=1, b=c=0$ ;用户也可以根据自己的情况来选择用多少个历元(不限于本发明中所提到的3个历元)来进行速度平滑。

[0096] 然而在实际应用中,速度的变化量,即加速度值,也需要进行考虑。单纯的GNSS系统无法获得加速度值,因此可以通过连续两个历元的速度变化量来求得。除非在高动态情况下(一般这种情况下观测环境受遮挡较小),该速度的变化量也有一定的限值。比如说在车载应用中,一般情况下速度的变化量都会在一个重力加速度范围以内。因此可以对速度的变化量加以限制(以车载导航为例):

$$[0097] \quad \hat{v}_k - \hat{v}_{k-1} < g \quad (2.2)$$

[0098] 其中,g为重力加速度。当速度的变化量在一个g的范围之内时,表示速度的估计值比较可靠,不需要进行速度平滑,即相当于上述的  $a=1, b=c=0$  的取值情况;当速度的变化量超出一个g的范围时,当前的速度估计值不可靠,需要用式(2.0)和(2.1)来进行速度平滑以求得当前历元的速度值,同时当前时刻的速度权重值需要设置为0,之前两个历元的权重值也相应的需要进行调整,如均设置为0.5,即相当于上述的  $a=0, b=c=0.5$  的取值情况。这样,相对可靠的速度加上所建立的卡尔曼滤波模型就可以提高我们在观测环境条件较差环境下的定位精度和可靠性。

[0099] 本发明通过采用卡尔曼滤波(公式1.1-1.7),运用速度来预测下个历元的位置及其方差(公式1.8-1.9),然后通过GNSS观测量来更新定位估计的结果及其方差,从而使各个历元间的定位结果通过速度联系起来,增加了定位的可靠性及其精度。此外,由于复杂场景下的速度估计也存在偏差,本发明方法对复杂场景下的速度进行平滑(公式2.0-2.1),提高了速度的可靠性,然后再用于位置预测,从而改善定位结果。

[0100] 图2为本发明基于卡尔曼滤波的GNSS单点定位的装置的结构示意图,如图2所示,包括:建模模块、第一获取模块、第一计算模块、第二获取模块和第二计算模块;其中,

[0101] 建模模块,用于根据动态误差方差阵和状态转移矩阵以及观测误差方差阵和设计矩阵分别建立卡尔曼滤波的动态模型和观测模型。

[0102] 其中,建模模块,具体用于分别按照公式(1.1)和(1.2)建立动态模型和观测模型。

[0103] 第一获取模块,用于根据建立的卡尔曼滤波的动态模型和观测模型,分别获取第一预测的状态值和第一预测的状态值的方差矩阵。

[0104] 其中,第一获取模块,具体用于分别按照公式(1.3)和公式(1.4)获取第一预测的

状态值和第一预测的状态值的方差矩阵。

[0105] 第一计算模块,用于根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、设计矩阵和观测误差方差阵,计算增益矩阵。

[0106] 其中,第一计算模块,具体用于按照公式(1.5)计算所述增益矩阵。

[0107] 第二获取模块,用于根据获得的第一预测的状态值和设计矩阵、观测值以及增益矩阵计算第二预测的状态值;根据获得的第一预测的状态值的方差矩阵、增益矩阵和设计矩阵,计算第二预测的状态值的方差矩阵。

[0108] 其中,第二获取模块分别按照公式(1.6)和(1.7)获取第二预测的状态值和第二预测的状态值的方差矩阵。

[0109] 第二计算模块,用于获取平滑速度,根据获得的平滑速度和第二预测的状态值以及第二预测的状态值的方差矩阵计算下一时刻的状态值及状态值的方差矩阵。

[0110] 其中,第二计算模块,具体用于分别按照公式(1.8)和(1.9)计算下一时刻的状态值及方差矩阵。

[0111] 另外,第二计算模块获取平滑速度,包括:获取当前时刻和当前时刻之前的两个时刻的速度;

[0112] 为获得的各个速度分配权重值,其中分配的权重值之和为1;

[0113] 根据获得的各个速度和分配的权重值,计算平滑速度。

[0114] 本领域普通技术人员可以理解上述方法中的全部或部分步骤可通过程序来指令相关硬件完成,所述程序可以存储于计算机可读存储介质中,如只读存储器、磁盘或光盘等。可选地,上述实施例的全部或部分步骤也可以使用一个或多个集成电路来实现。相应地,上述实施例中的各模块/单元可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能模块的形式实现。本申请不限制于任何特定形式的硬件和软件的结合。

[0115] 以上所述,仅为本发明的较佳实例而已,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

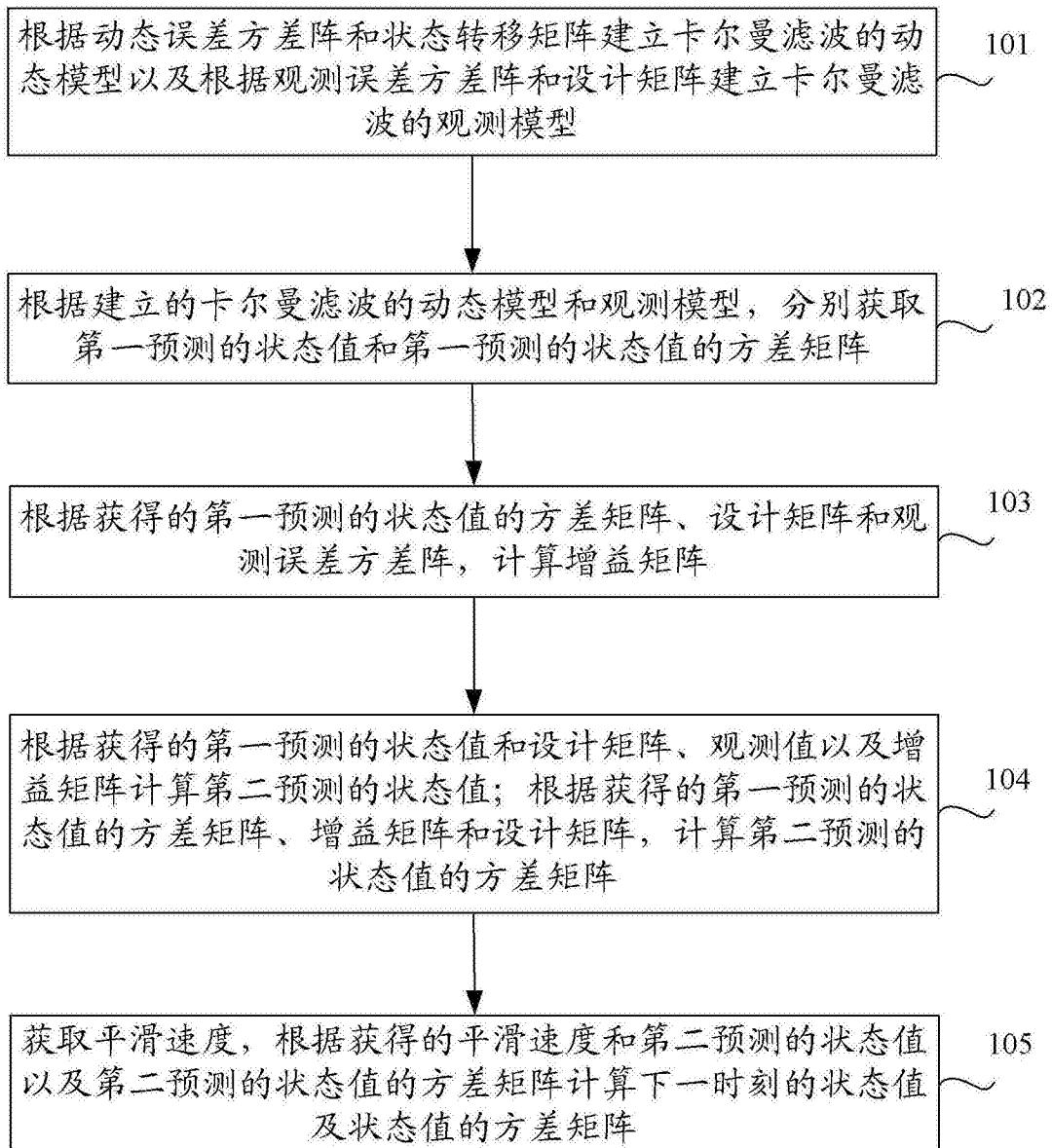


图1

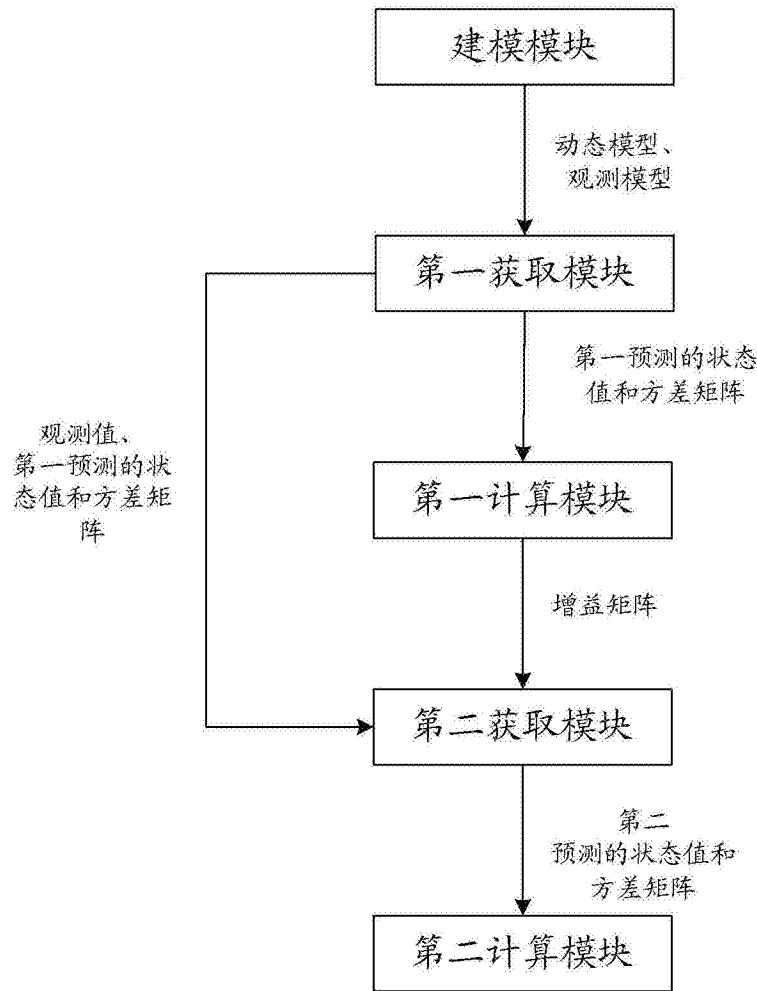


图2