



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101526602 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 24

(21) 申请号 200910118562. 5

吴冠

(22) 申请日 2009. 03. 04

慈澎馨. 基于扩展 Kalman 滤波器的 GPS/DR 组合车辆定位系统. 《航天制造技术》. 2007, (第 2 期),

(30) 优先权数据

19931/08 2008. 03. 04 KR

审查员 张静

(73) 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

专利权人 韩国科学技术研究院

(72) 发明人 白镇硕 金俊佑 吴润济 马重秀

徐明焕 池明仁 崔成昌

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邵亚丽

(51) Int. Cl.

G01S 5/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006/0028377 A1, 2006. 02. 09,

WO 2008/012997 A1, 2008. 01. 31,

CN 1963561 A, 2007. 05. 16,

US 6732050 B2, 2004. 05. 04,

亢红波

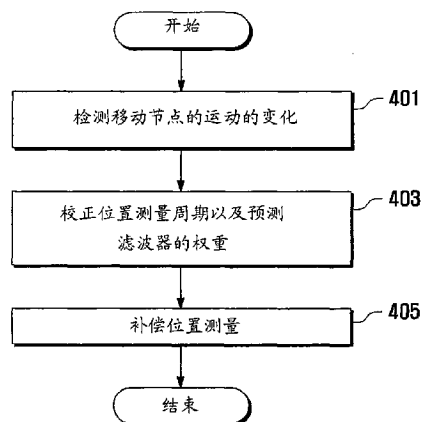
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

基于预测滤波器的位置测量方法

(57) 摘要

本发明提供一种使用预测滤波器的、移动节点的位置测量方法,用于提高移动节点的位置测量的精确性。移动节点的位置测量方法检测所述移动节点的运动方式的变化,基于所述运动方式的变化来校正位置测量周期及预测滤波器的权重,以及使用所述位置测量周期及预测滤波器的校正后的权重来补偿所述移动节点的位置。



1. 一种移动节点的位置测量方法,包括:
检测所述移动节点的运动方式的变化;
依照所述运动方式的变化来校正位置测量周期和预测滤波器的权重;
使用由校正后的位置测量周期和校正后的权重更新的值来计算所述移动节点的当前位置。
2. 如权利要求1所述的位置测量方法,其中,检测所述移动节点的运动方式的变化包括在位置变化测量周期期间将位移信息转换到柱面坐标,
并且,其中,所述位置变化测量周期是可变的。
3. 如权利要求1所述的位置测量方法,其中,所述权重包括至少一个参数,该参数应用于预测滤波器,用于计算由移动节点的运动方式的变化而引发的位置测量误差。
4. 如权利要求3所述的位置测量方法,其中,所述位置测量周期与所述移动节点的运动速度成反比例。
5. 如权利要求1所述的位置测量方法,其中,校正所述位置测量周期和所述预测滤波器的权重包括:
在每一位置测量周期,计算所述移动节点的运动方向和距离的位移;
将计算的位移与预定的阈值进行比较;以及
当所述位移大于预定的阈值中的各自的阈值时,调整要应用于所述预测滤波器的估计值的权重。
6. 如权利要求5所述的位置测量方法,其中,校正所述位置测量周期和所述预测滤波器的权重包括:当所述位移小于或等于所述各自的阈值时,通过应用调整后的权重来计算位置测量误差。
7. 一种移动节点的位置测量方法,包括:
当检测所述移动节点的运动方式的变化时,使用最小平方法估计所述移动节点的位置;
将所述运动方式的距离和方位角与各自的阈值进行比较;
当所述运动方式的距离大于阈值距离时,校正位置测量周期;
当所述运动方式的方位角大于阈值方位角时,校正预测滤波器的权重;以及
通过应用校正后的位置测量周期和校正后的权重来计算所述移动节点的位置测量。
8. 如权利要求7所述的位置测量方法,其中,估计所述位置包括:依照位置变化测量周期将位移信息转换到柱面坐标,以便检测所述移动节点的运动方式的变化,
以及,其中所述位置变化测量周期是可变的。
9. 如权利要求8所述的位置测量方法,其中,将所述位移信息转换到柱面坐标包括:
计算估计位置与在所述位置变化测量周期之前的先前位置之间的位移;
将所述位移信息转换到柱面坐标;以及
从所述柱面坐标获得所述运动方式的距离和方位角。
10. 如权利要求7所述的位置测量方法,其中,计算所述位置测量包括:
当所述运动方式的距离和方位角中的至少一个小于或等于所述各自的阈值时,使用所述预测滤波器计算所述距离和方位角中的至少一个;以及
当所述运动方式的距离和方位角中的至少一个大于所述各自的阈值时,校正所述距离

和方位角中的至少一个的权重。

11. 如权利要求 9 所述的位置测量方法,其中,所述距离和方位角是通过计算在时间 t 处测量的位置辨识坐标 $\bar{x}_t, \bar{y}_t$ 与在位置变化测量周期 Δs 之前测量并补偿的坐标 $x_{t-\Delta s}, y_{t-\Delta s}$ 之间的位移、以及使用以下公式将所述位移信息转换到柱面坐标而获得的:

$$\sigma_t = \sqrt{(\bar{x}_t - x_{t-\Delta s})^2 + (\bar{y}_t - y_{t-\Delta s})^2} \text{ 和}$$

$$\phi_t = \arctan \left\{ \frac{(\bar{y}_t - y_{t-\Delta s})}{(\bar{x}_t - x_{t-\Delta s})} \right\},$$

其中, σ_t 是所述移动节点的运动的距离,而 ϕ_t 是所述移动节点的运动的方位角。

12. 如权利要求 11 所述的位置测量方法,其中,位置辨识坐标 $\bar{x}_t, \bar{y}_t$ 是当前测量的移动节点的坐标,而所述位置变化测量周期 Δs 是用于测量移动节点的运动的变化的单位持续时间。

13. 如权利要求 7 所述的位置测量方法,其中,所述阈值对应于所述移动节点的测量误差范围。

14. 如权利要求 7 所述的位置测量方法,其中,所述预测滤波器是卡尔 曼滤波器。

基于预测滤波器的位置测量方法

技术领域

[0001] 本发明一般涉及位置测量方法,更具体地,涉及使用预测滤波器的、移动节点的位置测量方法,该预测滤波器能够提高移动节点的位置测量精确性。

背景技术

[0002] 在用于计算移动节点的位置测量误差的方法中,预测滤波器使用以往 (past) 测量信息和环境信息来预测移动节点的位置。

[0003] 为了补偿移动节点的位置测量误差,使用基于利用以往测量和环境信息的补偿方法的预测滤波器,或利用先前 (previously) 记录的位点特异性 (site-specific) 信号模式的指纹 (finger printing) 方法。

[0004] 预测滤波器允许利用以往位置和状态信息来估计移动节点的当前位置,以及通过采用取决于信息可靠性的权重来补偿测量的位置与预测的位置之间的偏差。卡尔曼 (Kalman) 滤波器是熟知的预测滤波器之一。卡尔曼滤波器调整应用到协方差矩阵的估计值和实际测量值的权重。

[0005] 下面,简要地说明基于卡尔曼滤波器的位置预测方法。首先,移动节点获得至少三个锚点 (anchor node) 的坐标,并且周期性地测量与 (from) 锚点的距离,然后通过最小平方方法 (least square method) 确定具有来自每个锚点的最小误差的坐标作为该移动节点的位置。将获得的坐标输入到卡尔曼滤波器,以便将输出作为补偿的坐标。以下参照图 1、2A 和 2B 更详细地说明该方法。

[0006] 图 1 是说明使用传统最小平方方法和卡尔曼滤波器的测量误差补偿的仿真结果的图形,而图 2A 和 2B 是说明在室内环境中移动节点的运动的示例的概念图。

[0007] 图 1 中,X 轴和 Y 轴代表以米 (m) 为单位的距离。测量周期 (Δt) 被设置为 2 秒,而移动节点以 0.6m/s 的速度运动。

[0008] 实线 110 代表移动节点的运动路线,而标记 x 130 代表使用最小平方方法估计的位置值,粗实线 150 代表使用卡尔曼滤波器补偿位置测量误差的移动节点的运动路线。

[0009] 这里,假设卡尔曼滤波器 (即,处理协方差矩阵) 和测量协方差矩阵的权重是恒定。

[0010] RMSE (最小平方) 是通过应用最小平方方法而获得的均方根误差 (Root Mean Squared Error, RMSE)。也就是说, RMSE 指示通过最小平方方法计算的坐标与测量的坐标之间的平均误差量。RMSE (卡尔曼滤波器) 是通过应用卡尔曼滤波器而获得的 RMSE。也就是说, RMSE (卡尔曼滤波器) 指示通过应用最小平方方法和接着应用卡尔曼滤波器而获得的坐标与测量的坐标之间的平均误差的大小。

[0011] 如图 1 中所示,当使用恒定协方差,并且移动节点的运动方向突然改变时,通过应用卡尔曼滤波器而获得的路径与实际的运动路径发生偏离。当先前笔直沿着走廊运动的移动节点的运动方向在走廊的拐角处改变它的运动方向时 (参看图 2A),或者当移动节点进入到位于走廊的一侧的房间时 (参看图 2B),会发生这种效果。

[0012] 为了解决这个问题,已经将研究集中在适应于移动节点的情况来确定预测滤波器的权重的方法。结果,大部分传统技术已经被开发具有诸如加速度传感器和 / 或初始传感器 (initia sensor) 的补充设备,用于获取调整预测滤波器的权重所需的信息。

[0013] 然而,由于诸如加速度传感器和初始传感器的额外的物理元件增加了移动节点的制造成本和大小,传统技术是不利的。另外,处理额外元件获得的信息增加了系统的复杂性。

发明内容

[0014] 为了解决现有技术的上面的问题,本发明提供一种位置测量方法,该方法能够使用预测滤波器提高位置测量的精确性。

[0015] 本发明还提供一种位置测量方法,该方法能够适应性地调整卡尔曼滤波器的参数,用于提高位置测量的精确性,特别是在室内环境中。

[0016] 本发明还提供一种位置测量方法,该方法能够通过适应性地使用卡尔曼滤波器来提高位置测量的精确性。

[0017] 本发明还提供一种用于移动节点的位置测量方法,该方法能够适应于移动节点的运动而改变位置测量周期 (Δt) 和预测滤波器的权重。

[0018] 此外,本发明提供一种用于移动节点的位置测量方法,该方法通过预测移动节点的运动的变化,并适应性地校正在测量周期和误差补偿过程中使用的预测滤波器的权重,能够提高位置测量的精确性。

[0019] 依照本发明的实施例,移动节点的位置测量方法包括:检测移动节点运动方式 (pattern) 的变化;根据运动方式的变化来校正位置测量周期和预测滤波器的权重;以及使用位置测量周期和预测滤波器的校正后的权重来计算移动节点的位置。

[0020] 依照本发明的另一个实施例,移动节点的位置测量方法包括:当检测移动节点的运动方式的变化时,使用最小平方法估计移动节点的位置;将运动方式的距离和方位角与各自的阈值进行比较;当运动方式的距离大于阈值时,校正位置测量周期的权重,当运动方式的方位角大于阈值时,校正预测滤波器的权重;以及通过应用校正后的权重来计算移动节点的位置测量。

附图说明

[0021] 通过以下以结合附图的详细描述,本发明的上述的和其他的目的、特征和优势将更加清楚,其中:

[0022] 图 1 是说明使用传统的最小平方法和卡尔曼滤波器补偿位置测量误差的仿真结果的图形;

[0023] 图 2A 和 2B 是说明在室内环境中移动节点的运动的概念图;

[0024] 图 3 是说明在根据本发明实施例的位置测量方法中使用的位置测量周期 (Δt) 和位置变化测量周期 (Δs) 的概念的示图;

[0025] 图 4 和图 5 是说明根据本发明实施例的位置测量及测量补偿方法的流程图;

[0026] 图 6 是说明在根据本发明实施例的位置测量方法中位置测量的计算的示图;以及

[0027] 图 7 是说明根据本发明实施例的位置测量方法的仿真结果的图形。

具体实施方式

[0028] 参照附图详细地描述本发明的实施例。贯穿附图，相同的参考数字用于指代相同或相似的部分。省略对结合于此的熟知的功能和结构的详细描述，以避免其使本发明的实质内容模糊。

[0029] 在说明书和权利要求书中所使用的词和术语仅是为了说明的目的而不是限制。其中所描述的示例和构造不覆盖本发明的全部技术精神，而仅是本发明的最优选实施例。因此，应当理解的是，可以对本发明的实施例做出各种等效替换和修改。

[0030] 在下面的说明中，提供一种基于预测滤波器的位置测量方法，用于提高移动节点的位置测量的精准性。在下面的实施例中，移动节点适应性地调整预测滤波器的参数值，用于增加位置测量的精准性，特别是在室内环境中。也就是说，移动节点校正测量周期 (Δt) 和预测滤波器的权重以适应于移动节点的运动。

[0031] 为此，根据实施例的移动节点辨识 (recognize) 运动方式的改变，并且校正测量周期 (Δt) 和预测滤波器的权重以适应于运动方式的改变，用于补偿移动节点的位置测量。

[0032] 在根据本发明实施例的位置测量方法中，移动节点在每个测量周期将位移信息转换到柱面坐标，以便辨识运动的变化。

[0033] 在根据本发明实施例的位置测量方法中，位置测量周期 (Δt) 被调整以便补偿由移动节点的运动而引发的误差。

[0034] 在根据本发明实施例的位置测量方法中，位置测量周期 (Δt) 被与移动节点的运动速度成比例地调整。

[0035] 在根据本发明实施例的位置测量方法中，预测滤波器的权重根据移动节点的运动的变化来调整。

[0036] 在根据本发明实施例的位置测量方法中，移动节点计算其运动方向和速度的变化，以及当计算的值大于阈值时，移动节点调整要在预测滤波器的估计值和测量值之间应用的权重。

[0037] 在根据本发明实施例的位置测量方法中，当运动方向和速度的变化大于阈值时，移动节点增加要应用到测量值的权重，因此，在测量位置的补偿过程中，首先补偿测量值。

[0038] 尽管根据本发明的实施例，在位置测量方法中采用卡尔曼滤波器作为预测滤波器，但本发明不被限制于此。例如，本发明的位置测量方法能够用多种的用于计算位置测量误差的预测滤波器来实现。

[0039] 卡尔曼滤波器被称为最优递归数据处理算法。卡尔曼滤波器通过递归数据处理追踪最优值并且是有效用于使用最小平方方法，依照具有运动比噪声的方程 (equations of motion to noise) 的时间，实时追踪基于时间的状态向量的递归计算方法。其中，最小平方方法是用于获得估计量的方法，该估计量减少误差的平方和，即，最小平方估计器。

[0040] 卡尔曼滤波器的使用描述如下。

[0041] 首先，假设 $x(n)$ 和 $y(n)$ 满足等式组 (1)：

$$[0042] \quad x(n+1) = F(n+1, n)x(n) + v_1(n), \quad (M \times 1 \text{ 矩阵}) \quad (1)$$

$$[0043] \quad y(n) = C(n)x(n) + v_2(n), \quad (M \times 1 \text{ 矩阵})$$

[0044] $v_1(n) \sim N(0, Q_1(n))$, ($M \times 1$ 矩阵)

[0045] $v_2(n) \sim N(0, Q_2(n))$, ($M \times 1$ 矩阵)

[0046] 在等式 (1) 中, 忽略噪声。由于们的线性关系, 变量会随着时间变化。另外, 忽略变量和观察的值之间预期的噪声, 其间存在线性关系。

[0047] 在等式 (1) 中, $x(n)$ 是 $M \times 1$ 矩阵, 其包含预期为已知的、在特定时间 n 处的变量。如在第一个等式中所示的, 忽略噪声 $v_1(n)$, 通过矩阵 $F(n+1, n)$, $x(n)$ 相对于 $x(n+1)$ 线性地变化。限定 $x(n)$ 与 $x(n+1)$ 之间关系的 $F(n+1, n)$ 是 $M \times M$ 矩阵, 其被称为转换矩阵。如第三个等式中所示, $v_1(n)$ 是噪声或观察误差且遵循具有均值 0 ($M \times 1$ 零矩阵) 以及协方差矩阵 $Q_1(n)$ ($M \times M$ 矩阵) 的正态分布 (normal distribution)。 $y(n)$ 是包含用于获取 $x(n)$ 而观测的值的 $N \times 1$ 矩阵。

[0048] 如在第二个等式中所示的, 忽略噪声 $v_2(n)$, $y(n)$ 通过矩阵 $C(n)$ 具有与 $x(n)$ 的线性关系。限定 $y(n)$ 与 $x(n)$ 之间关系的 $C(n)$ 是 $N \times M$ 矩阵, 被称为测量矩阵。 $v_2(n)$ 可以被当作噪声或观察误差并遵循具有均值 0 ($N \times 1$ 零矩阵) 和协方差矩阵 $Q_1(n)$ ($N \times N$ 矩阵) 的正态分布。

[0049] 利用上述系统模型, 依照如下使用卡尔曼滤波器来估计 $x(n)$:

[0050] 1) 初始化

[0051] $x(1|Y(0)) \Rightarrow x(1)$ 最佳期望值 ($M \times 1$ 矩阵)

[0052] $K(1, 0) \Rightarrow$ 用于最佳性能的恒定值 ($M \times M$ 矩阵)

[0053] $F(n, n+1) = F(n+1, n)^{-1} \Rightarrow$ 如果确定模型则预计算 ($M \times M$ 矩阵)

[0054] 2) 实际执行 ($n = 1, 2, \dots$)

[0055] $G(n) = F(n+1, n)K(n, n-1)C^H(n)[C(n)K(n, n-1)C^H(n) + Q_2(n)]^{-1}$, ($M \times N$ 矩阵)

[0056] $\alpha(n) = y(n) - C(n) \times (n|Y(n-1))$, ($M \times 1$ 矩阵)

[0057] $x(n+1|Y(n)) = F(n+1, n) \times (n|Y(n-1)) + G(n) \alpha(n)$, ($M \times 1$ 矩阵)

[0058] $K(n) = K(n, n-1) - F(n, n+1)G(n)C(n)K(n, n-1)$, ($M \times M$ 矩阵)

[0059] $K(n+1, n) = F(n+1, n)K(n)F^H(n+1, n) + Q_1(n)$, ($M \times M$ 矩阵)

[0060] (2)

[0061] 其中, $Y(n)$ 是一组观察值 $\{y(1), y(2), \dots, y(n)\}$, $x(n|Y(n-1))$ 是基于对 $Y(n-1)$ 的观察结果所估计的 $x(n)$, $F(n, n+1)$ 是 $F(n+1, n)$ 的扩展概念, 即 $F(n+1, n)$ 的逆矩阵, 用于在忽略噪声时从 $x(n+1)$ 获得 $x(n)$, 以及其他的参数是在中间计算过程中所使用的变量。上标 H 代表矩阵的共轭转置 (conjugate transpose), 以及上标 -1 代表矩阵的逆矩阵。

[0062] 以下, 定义在本发明的实施例中所使用的参数。

[0063] 根据本发明的实施例, 位置测量周期 (Δt) 是用于测量移动节点的位置的间隔。在每一测量周期 (Δt), 移动节点测量与至少三个锚点的距离并基于所述距离计算其的位置。

[0064] 另外, 根据本发明的实施例, 位置变化测量周期 (Δs) 用于测量移动节点的运动变化。移动节点将以往变化测量周期的坐标与当前的变化测量周期的坐标进行比较, 即, 位置变化测量周期 (Δs) 是确定用于比较以往坐标与当前的坐标的持续时间的参数, 并且是位置测量周期 (Δt) 的常数倍 (constant multiple)。

[0065] 位置变化测量周期 (Δs) 被设置为位置测量周期 (Δt) 的常数倍, 以便保证至少

有一组坐标来自先前测量。

[0066] 位置变化测量周期 (Δs) 是可变的。为了更精确地检测移动节点的运动, 优选地将位置变化测量周期 (Δs) 设置为大值。不然, 为了更快地检测移动节点的运动, 优选地将位置变化测量周期 (Δs) 设置为小值。位置变化测量周期 (Δs) 太短时, 难以确定角度的变化是由实际的运动引发的还是误差。因此, 位置变化测量周期 (Δs) 应当被设置为针对最优化系统性能而获得的值。

[0067] 参照附图, 更详细地描述根据本发明的实施例的位置测量方法。

[0068] 图 3 是说明在根据本发明的实施例的位置测量方法中使用的位置测量周期 (Δt) 和位置变化测量周期 (Δs) 的概念的示图。图 3 中示出具有预定误差范围的移动节点的最大误差角是根据位置变化测量周期 (Δs) 来确定的。

[0069] 参考数字 310 代表移动节点的实际运动路径, 参考数字 320 代表位置变化测量周期 (Δs) 以及参考数字 330 代表位置测量周期 (Δt)。参考数字 341、343、345 和 347 代表随着移动节点沿路径 310 运动时移动节点的测量位置, 而参考数字 351、353、355 和 357 代表到测量的位置 341、343、345 和 347 的移动节点的补偿的位置。

[0070] 如下描述用于计算测量的位置测量周期以及预测滤波器的权重的调整。

[0071] 移动节点在每个位置测量周期 (Δt) 获得来自至少三个锚点的测距结果 (ranging result), 并使用最小平方估计来计算移动节点的位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$ 。位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$ 是测量的位置坐标。

[0072] 从至少三个锚点获得测距结果的原因在于使用三角形算法来计算移动节点的位置。三角形算法利用来自锚点的信号的接收时间 (time-of-arrivals) 来计算移动节点与锚点之间的距离。将位置确定在来自至少三个锚点的距离作为它们的直径而所画的圆周相交叉的点上。为此, 移动节点接收来自至少三个锚点的测距结果。

[0073] 接下来, 移动节点将根据最小平方估计而获得的位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$ 与在位置变化测量周期 (Δs) 之前所补偿的以往坐标进行比较, 并将位移转换到柱面坐标系 (σ, ϕ, z) 的坐标。

[0074] 柱面坐标系是三维的极坐标系, 其中 P 点是由三元组 (σ, ϕ, z) 来表示的, 除平面极坐标系外, 包括与平面的高度 z (或 h)。柱面坐标系在分析关于轴对称的表面时是有效的。在柱面坐标系的情况下, 点可以由多个坐标来表示。因此, 概括来讲, 参数的范围限制如下:

[0075] $\sigma \geq 0$,

[0076] $0 \leq \phi \leq 2\pi$, 以及 (3)

[0077] z : 无约束

[0078] 在参数的范围中, 如下将直角坐标系的坐标转换为柱面坐标系的坐标:

[0079] $\sigma = \sqrt{x^2 + y^2}$,

[0080] $\phi = \arctan \frac{y}{x}$, and (4)

[0081] $z = z$

[0082] 根据本发明的一个实施例, 坐标转换等式 (4) 可以由要应用于位置测量方法的等

式 (5) 来表示。从最小平方估计获得的位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$ 可如下转换到柱面坐标：

$$\begin{aligned} [0083] \quad \sigma_t &= \sqrt{(\bar{x}_t - x_{t-\Delta s})^2 - (\bar{y}_t - y_{t-\Delta s})^2} \text{ 以及} \\ [0084] \quad \phi_t &= \arctan \left\{ \frac{(\bar{y}_t - y_{t-\Delta s})}{(\bar{x}_t - x_{t-\Delta s})} \right\} \end{aligned} \quad (5)$$

[0085] 将在时间 t 测量的位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$ 与在位置变化测量周期 (Δs) 之前计算的以往位置测量进行比较,位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$ 将依照等式 (5) 转换到柱面坐标。在柱面坐标系中, σ_t 是移动节点的运动的距离,而 ϕ_t 是移动节点的运动的方位角 (角度)。

[0086] 接着,移动节点将在位置变化测量周期 (Δs) 期间的运动的距离 σ_t 和方位角 ϕ_t 与各自的阈值进行比较。

[0087] 阈值被优选地设置为大于位置测量的误差范围。因此,在位置测量误差范围较窄的情况下,阈值被设置为更小的值,从而能更敏感地检测移动节点的运动方式。

[0088] 作为测量值与阈值之间的比较结果,如果测量的距离大于阈值距离,则移动节点减少位置测量周期 (Δt)。另外,如果测量的方位角大于阈值方位角,则移动节点在位置测量的计算中通过调整预测滤波器的权重来加权位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$ 而不是估计的坐标。

[0089] 另外,如果移动节点的运动的测量的距离和方位角小于阈值,则移动节点以传统方式使用预测滤波器来补偿测量。

[0090] 以下,描述基于上述系统的位置测量方法。本发明不被限制于下面的描述,而在其他实施例中能够用等重等效替换和修改来实践。

[0091] 图 4 和图 5 是说明根据本发明实施例的位置测量及测量补偿方法的流程图。

[0092] 参照图 4,根据本发明实施例的位置测量方法包括:在步骤 401 中,检测移动节点的运动方式的变化;在步骤 403 中,根据移动节点的运动方式的变化程度来校正位置测量周期 (Δt) 和预测滤波器的权重;以及,在步骤 405 中,基于校正后的位置测量周期 (Δt) 和预测滤波器的权重来计算移动节点的位置。

[0093] 位置测量周期 (Δt) 是用于测量移动节点的位置的持续时间。参照图 5 更详细地描述了图 4 的步骤。

[0094] 参照图 4 和图 5,如果检测到运动方式的变化,则在步骤 501 中移动节点使用最小平方法估计它的位置。

[0095] 为了辨识运动方式的变化,移动节点能够在每一位置变化测量周期 (Δs) 将位移信息转换到柱面坐标,该周期是可变的。移动节点的当前位置 (即,位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$) 是通过将最小平方法应用到从至少三个锚点接收的测距结果来估计的。这里,位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$ 是移动节点的测量的坐标。

[0096] 接着,在步骤 503,通过位置变化测量周期 (Δs),移动节点将位置辨识坐标 $(\tilde{x}, \tilde{y})$ 与移动节点的以往测量的坐标进行比较,并且,在步骤 505,计算当前坐标与以往坐标之间的位移。然后,在步骤 507,移动节点将该位移转换到柱面坐标。柱面坐标系是三维极坐标系,除平面极坐标系外,还包括与平面的高度 z (或 h)。坐标转换能够使用等式 (3) 至 (5) 来执行。

[0097] 接着,在步骤 509,通过位置变化测量周期 (Δs),移动节点将其运动的距离和方

位角分别与阈值距离和阈值方位角进行比较。

[0098] 作为比较的结果,如果移动节点的运动的距离和方位角两者都大于阈值距离和阈值方位角,则移动节点在步骤 511 减少位置测量周期 (Δt) 并校正预测滤波器的权重,并在步骤 513 基于更新的位置测量周期 (Δt) 和预测滤波器的权重来补偿移动节点的位置。另外,在步骤 513 中,如果移动节点的运动的距离和方位角中的至少一个小于或等于阈值距离或阈值方位角,则移动节点以正常的补偿方式来补偿不大于对应阈值的目标(距离和/或方位角),而通过校正其权重来补偿大于对应阈值的目标(距离/方位角)。

[0099] 图 6 是说明根据本发明的实施例的位置测量方法中位置测量的计算的示意图。

[0100] 参照图 6,参考数字 610、620、630 和 640 代表通过位置变化测量周期 (Δs) 补偿的先前位置 ($t-4\Delta s$, $t-3\Delta s$, $t-2\Delta s$ 和 $t-\Delta s$),以及参考数字 650 代表在时间 t 测量的位置,即,移动节点的当前测量的位置。参考数字 660 代表位置 610、620、630 和 640 相较于在位置变化测量周期 (Δs) 之前的位置的位移,以及参考数字 670 代表当移动节点的运动方式突然变化时的位移。所示出的由节点的行进方向的变化所引发的方位角是较大的。

[0101] 在图 7 中示出针对这样的示例情况执行的仿真结果。

[0102] 图 7 是说明根据本发明的实施例的位置测量方法的仿真结果的图形。具体地说,图 7 示出了使用最小平方估计和卡尔曼滤波器的位置测量仿真结果,其中增加了在移动节点的运动变化较大的位置处所测量的值的权重(图 6 的 670)。

[0103] 如图 7 中所示,与图 1 中的传统方法的仿真结果相比较,根据本发明的实施例的使用位置测量方法所追踪的路径近似几乎与移动节点的实际路径相同,从而提高了位置测量的精确性。

[0104] 位置 700 处的测量值已经通过采用校正后的协方差矩阵被计算,该矩阵担当卡尔曼滤波器的权重,且相比于图 1 的传统方法,已经减少了 70% 的 RMSE(卡尔曼滤波器)。

[0105] 模拟使用 Matlab 来执行。Matlab 是提供数字分析和编程环境的工程软件,并且允许简单的矩阵运算、绘制函数及数据、执行算法、创建用户接口以及与其它语言的程序进行接口连接。

[0106] 尽管在上面详细地描述了本发明的实施例,但应当清楚地知道,本领域技术人员所想到的、对这里所教导的基本发明构思的很多变化或修改仍在由所附权利要求书限定的本发明的精神和范围之内。

[0107] 如上所述,使用根据本发明的预测滤波器的位置测量方法适应于移动节点的运动变化来调整在预测滤波器中所使用的权重和位置测量周期 (Δt),因此提高了位置测量的精确性。

[0108] 此外,本发明的位置测量方法使得预测滤波器的误差补偿性能相比于传统误差补偿方法提高了大约 70%。另外,本发明的位置测量方法改进了移动节点的误差补偿性能,而没有在系统实施复杂性上妥协,因为位置测量方法可以在不增加任何额外设备的情况下执行。

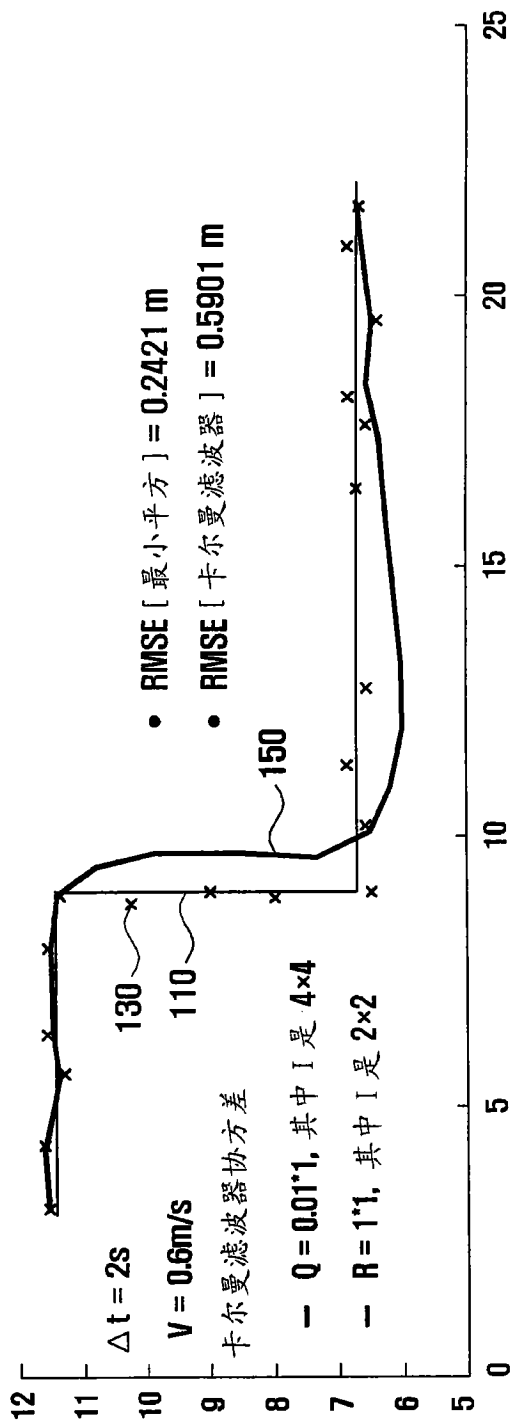


图 1

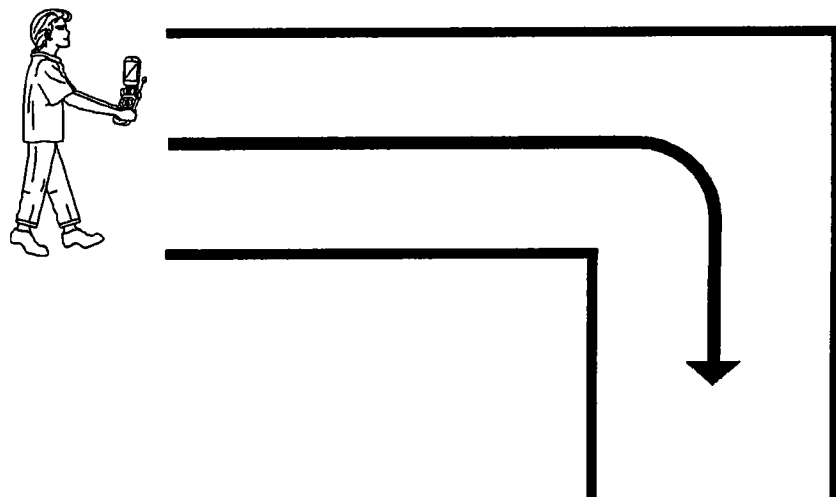


图 2A

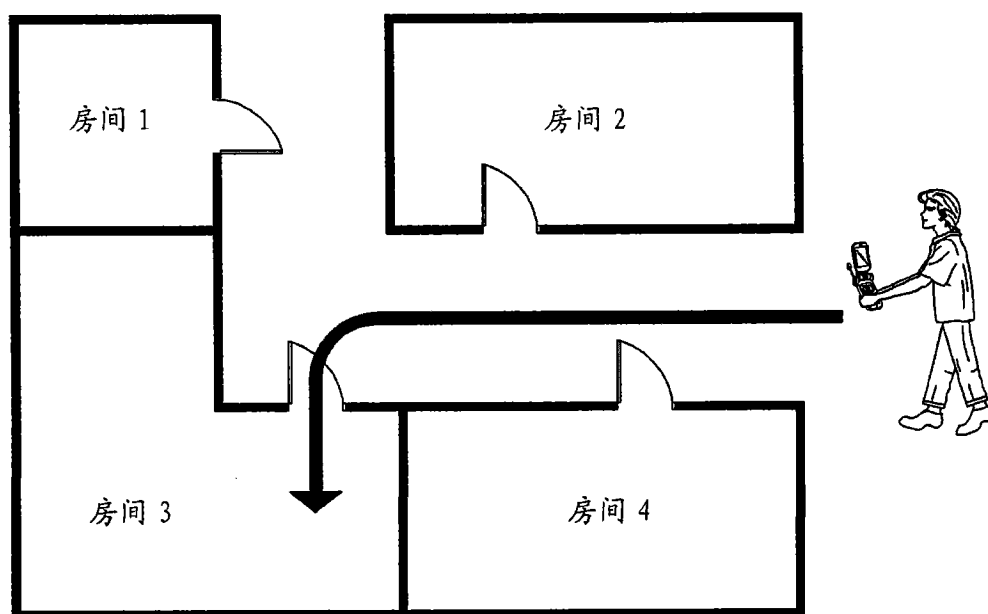


图 2B

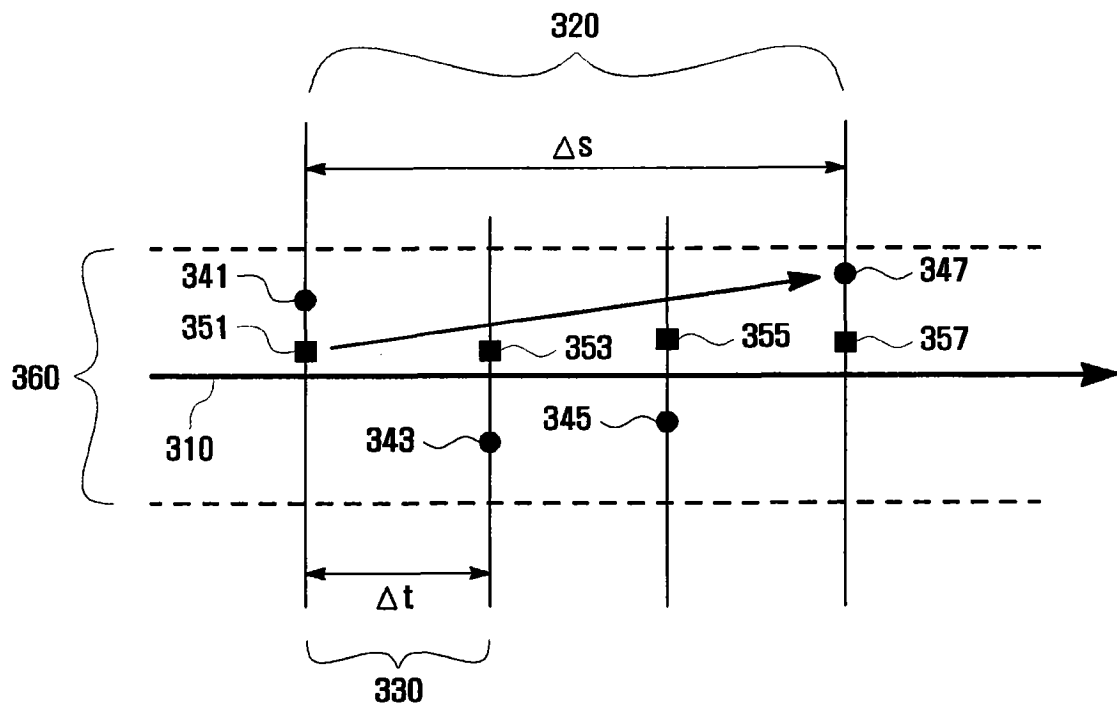


图 3

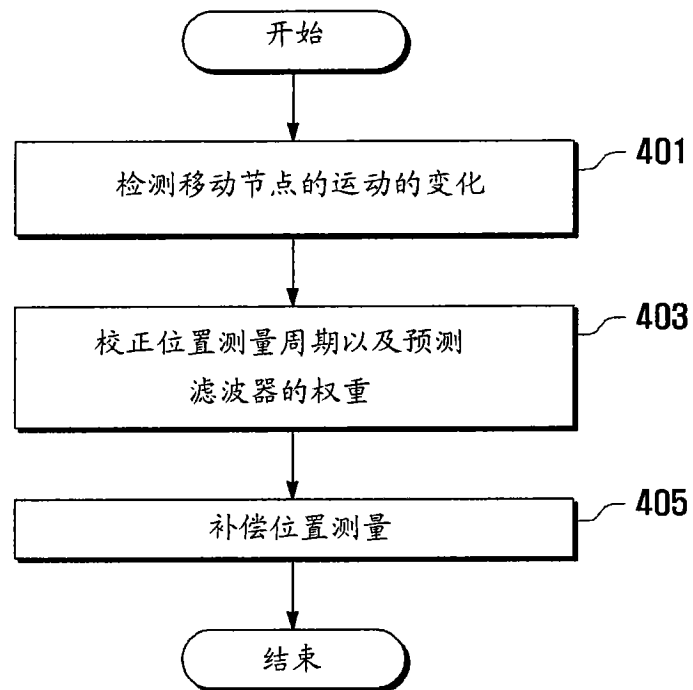


图 4

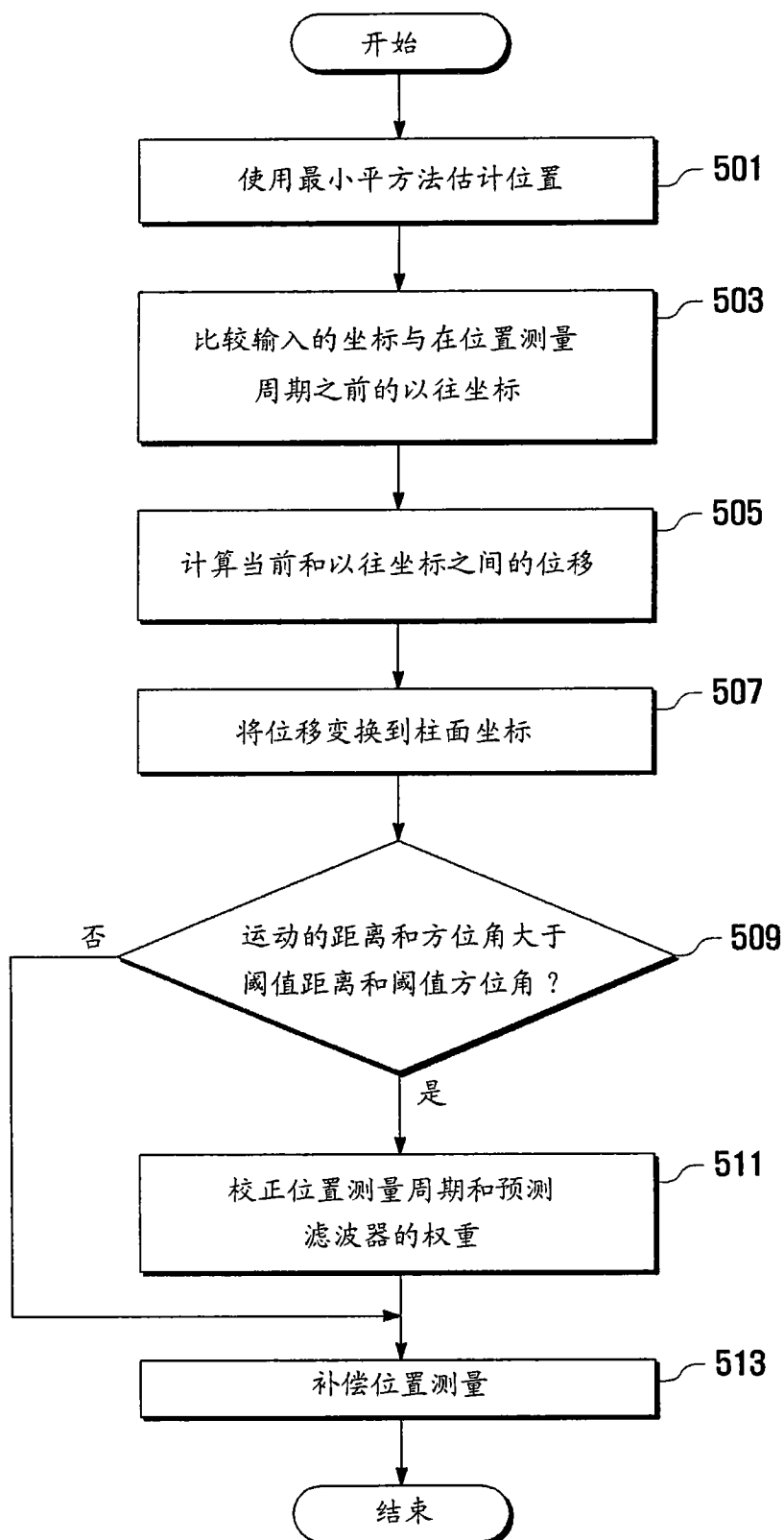


图 5

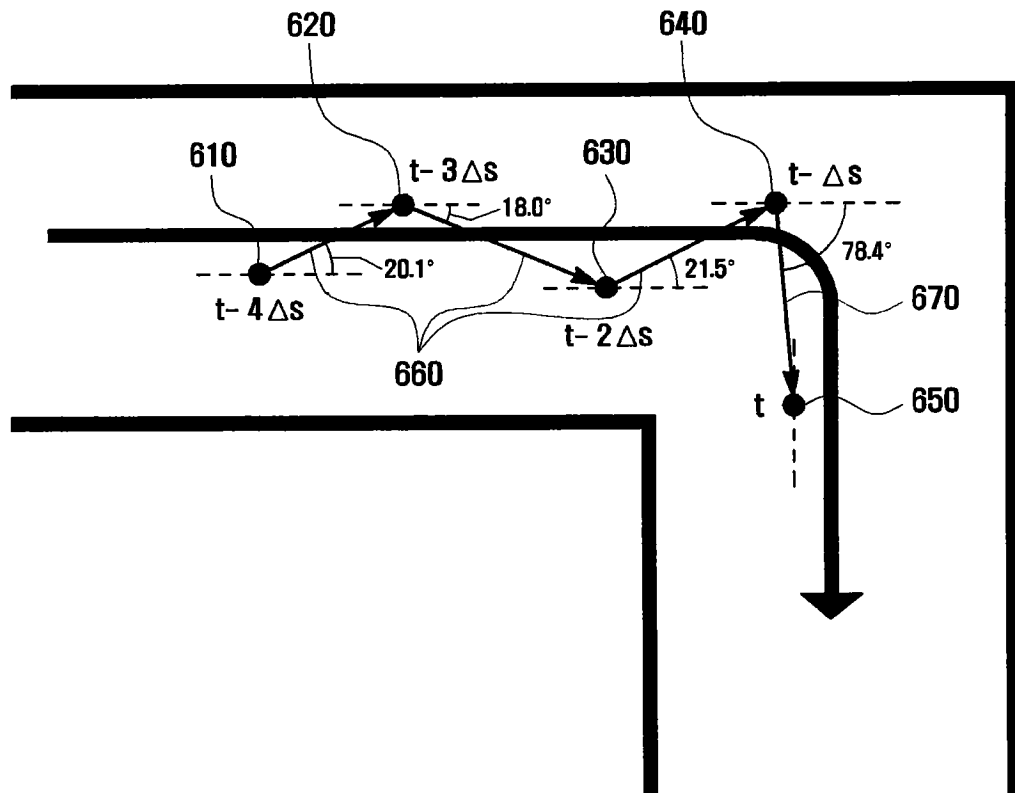


图 6

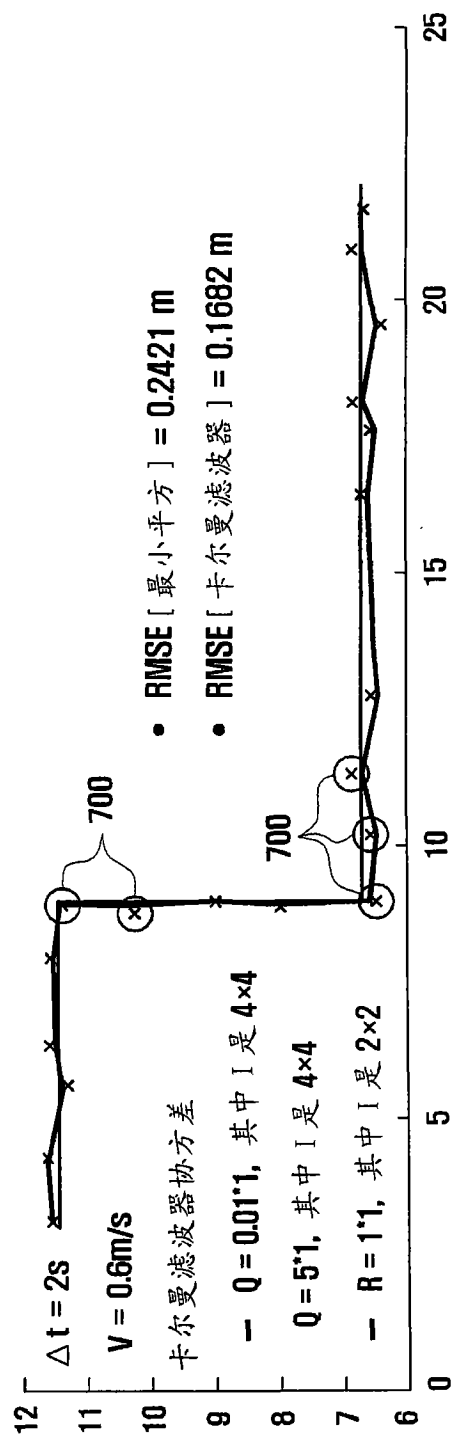


图 7