

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01S 5/02 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03106058.7

[45] 授权公告日 2009年7月1日

[11] 授权公告号 CN 100507594C

[22] 申请日 2003.2.19 [21] 申请号 03106058.7

[30] 优先权

[32] 2002.2.19 [33] US [31] 10/079244

[73] 专利权人 伊莱德公司

地址 美国加利福尼亚州

共同专利权人 精工爱普生株式会社

[72] 发明人 S·J·爱德华兹

P·W·麦克博尼

[56] 参考文献

US6204808A 2001.3.20

US6278945A 2001.8.21

US6191731A 2001.2.20

US6133874A 2000.10.17

EP0984295A 2000.3.8

审查员 杨艳兰

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
代理人 杨凯 罗朋

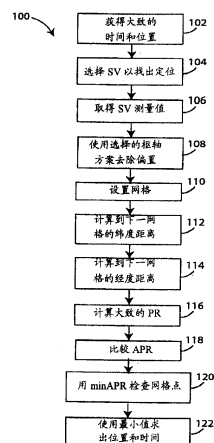
权利要求书4页 说明书12页 附图2页

[54] 发明名称

根据计算的时间进行位置计算的方法和系统

[57] 摘要

导航卫星接收机包括用于初始化的装置，可预先知道时间在几秒内和位置在150公里内。点的二维网格设置了恒定高度，该高度表示150公里区域内的解起点。查看距星座中每个卫星的分数伪距，以便找出与网格中的点最佳的初始拟合。同时尝试在时间界限内对各点进行多种时间偏置调整，以便找出最佳拟合点。然后用该点来促使找到最终解，并产生冷启动后的第一次定位。



1. 一种导航卫星接收机方法，所述方法包括以下步骤：

启动导航接收机，所述导航接收机之前已确定在其现在的真实位置的150km内的位置；

假定所述导航接收机已知的时间在真实的系统时间的若干秒内；

选择来自轨道卫星的信号，以便在位置确定中使用；

略过对各个所述卫星的z计数整数模糊度的初始计算；

在恒定高度处创建点的虚网格，这些点在所述时间和位置假定的不定性之内；以及

在不知道整数模糊度问题的解时，使用部分伪距，以便在所述点的网格中找出对于所述时间和位置假定最佳拟合的特定点；

其中，迭代地使用最佳拟合点，以便找出最终解，并产生冷启动以来的第一次定位。

2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括以下步骤：

根据从第三方或一些本机记录保持获得的数据，获得大致的时间和位置。

3. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括以下步骤：

选择用于找出定位点的人造卫星；

其中SV选择取决于是否可获得卫星位置-速度模型以及当前校正模型。

4. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括以下步骤：

从选择的人造卫星取得测量值；

传播所述测量值，直到得出定位的时间；以及

计算初始位置和时间的校正值。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括以下步骤：

用枢轴方案来去除任何共模偏置。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括以下步骤：

生成恒定高度网格，其中把初始位置从地心固连转换成经度-纬度类型。

7. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括以下步骤：

计算向北移到所述网格中下一步时纬度需要多大的变化。

8. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括以下步骤：

计算向东移到所述网格中下一步时经度需要多大的变化。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括以下步骤：

计算先验残差，其中所述当前网格位置处的所述预测距离由以下公式描述：

$$\Phi_{c,i} = \sqrt{\sum (x_{s,i} - x_u)^2}。$$

10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括以下步骤：

按如下公式计算二重差分，

$$ddiff = (fracRange_i - fracRange_{pivot}) - (\Phi_{c,i} - \Phi_{c,pivot});$$

其中此类二重差分被限制为  $\pm C\_msec/2$ ，并且  $APR = \sum ddiff^2$ 。

11. 一种导航卫星接收机方法，用于由导航处理器来执行，所述导航处理器为用户提供初始位置确定，所述方法包括：

在导航接收机初始化以前，以及在获得从所述导航接收机至各个卫星的 z 计数之前；

假定时间不确定性限于数秒之内；

假定位置不确定性限于 150km 之内；

创建处于所述时间和位置假定的不确定性之内的导航点的虚网格；以及

在不知道整数模糊度问题的解时，使用部分伪距，以便在所述点的网格中找出对于所述时间和位置假定最佳拟合的特定点；

其中，迭代地使用最佳拟合点，以便找出最终解，并产生冷启动以来的第一次定位。

12. 如权利要求 11 所述的方法，所述方法还包括以下步骤：

根据从第三方获得的数据，用被限于真实值的所述数秒和所述 150km 之内的不确定性来得到近似的时间和位置。

13. 如权利要求 11 所述的方法，所述方法还包括以下步骤：

选择用于找到定位的卫星；

其中，卫星选择基于卫星位置-速度模型和当前校正模型。

14. 如权利要求 11 所述的方法，所述方法还包括以下步骤：

从选定的卫星取得伪距测量值；

传播随时间推移的、到得出定位的时间为止的所有所述伪距测量值；以及

对所述假定的初始位置和时间，计算任何必要的校正。

15. 如权利要求 11 所述的方法，所述方法还包括以下步骤：

用枢轴方案来去除共模偏置包括以下情形中的至少一个：选择从其他卫星中去除的单个卫星；以及去除所有卫星的平均值。

16. 如权利要求 11 所述的方法，所述方法还包括以下步骤：

产生恒定高度的网格，其中，初始位置从地心固连型转换为经度-纬度型。

17. 如权利要求 16 所述的方法，所述方法还包括以下步骤：

计算在所述网格中向北移到下一步所需的纬度距离改变。

18. 如权利要求 17 所述的方法，所述方法还包括以下步骤：

---

计算在所述网格中向东移到下一步所需的经度距离改变。

## 根据计算的时间进行位置计算的方法和系统

### 技术领域

本发明涉及导航卫星接收机，更具体地说，涉及通过时间和位置的有限先验知识，帮助导航卫星接收机初始化的方法和系统。

### 背景技术

全球定位系统(GPS)接收机使用从几个地球轨道卫星接收的信号，确定用户位置和速度及其它导航数据。刚开启的导航接收机还不知道它所处的位置，其晶体振荡器误差如何，也不知道具体时间。所有这些均需要找到并锁定在卫星传输上，因此必须尽一切可能进行搜索。

由于接收机和卫星时钟并不完全同步，此类时钟偏移表现为到卫星的距离的误差。视距称为“伪距”(PR)。通过假定到不同卫星的所有伪距在一个测量时间上具有相同的时钟偏移，可计算出时钟误差。因此，需要四个卫星进行定位，三个用于纬度、经度和高度或(X, Y, Z)，一个用于时钟偏移。

在两个微波载波上发送两种长度不同的调制码。载波波长为十九和二十四厘米。精确(P)码仅可用于授权(军事)用户，由于其长度大约为 181440000000 公里，这是光在一周中飞行的距离，因此没有任何模糊。粗捕获(C/A)码短得多，并且每隔 300 公里无线电波传播距离便重复，因此在 0-300 公里距离外的观测可能会模糊。由于到卫星的距离一般是 20000 公里，需要确定接收机在哪个 300 公里段中。这称为整数模糊度。

Z 计数是表示基本 GPS 时间单位的 29 比特二进制数。十个最高有效位传送 GPS 周号，而十九个最低有效位以 1.5 秒为单位给出周

日(TOW)计数。一旦接收机锁定在几个卫星上,便可获得更精确的系统时间标准。先有技术的装置依赖于初始化期间确定 $z$ 计数。

在 GPS 载波相位观测值可用于定位前,必须求出整数模糊度。相位测量转换成距离测量。常规估算技术无法在一个数据出现时间为所有观测的卫星解出接收机坐标、时钟偏移和整数模糊度。收集若干数据出现时间也没有多大的帮助。虽然有足够的公式,但由于相对于接收机,卫星的几何形态通常不是十分有利,因此问题不能解决。除非动态(OTF)技术正在使用,否则只有在几何形态明显改变后,才可以确定整数模糊度值。

GPS 定位系统的两个基本类型是实时导航和高精度载波相位定位。实时导航系统收集四个卫星的四个伪距(PR)测量值的最小值。用 PR 测量值求出接收机的三维坐标和接收机振荡器与 GPS 系统时间之间的时钟偏移。差分 GPS(DGPS)也收集伪距观测值,还获得测量值中固有的误差的实时校正。

精确的载波相位观测可用于计算在几厘米以内的位置。对具有短的不同波长的两个载波(L1 和 L2 分别为 19 厘米和 24 厘米)的相位测量值用于解决此类问题。必须先确定卫星与接收机之间完整波长的所有数量,例如整数模糊度。在先有技术中,使用的后处理(静态)或实时(RTK)方法使用了两个频率的线性组合和差分化技术。伪距可以与相位数据相组合以减少噪声误差,从而获得高得多的定位精度。

在初始化期间,导航卫星接收机进行搜索以找出适用卫星的信号功率。适用的卫星取决于各个卫星的星历表、用户在地球上的位置与时间。对任一或所有这些要素的一点先验知识可用于缩减必须搜索的时间、空间和频谱。导航卫星接收机随后将能够更快地给出其第一个位置和速度解。

可提供时间、位置和/或频率信息的远程服务器可在移动 GPS 接收机初始化时提供帮助。此类先有技术方案在 Samir Soliman 等人的 2000 年 6 月 27 日颁布的美国专利 6081229 中有描述,现将其通过引

用结合于此。

Gilbert Strang 是 MIT 的数学教授，他写了一篇关于整数模糊度的文章(见于 Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) News, 第 30 卷第 5 期, 1997 年 6 月)。他指出接收机必须知道卫星与接收机之间无线电波波长的数量计数。此类计数是相位变化的整数加上相位的分数。整数部分最初是未知和模糊的。它的解必须正确，因为随测量的是 L1 还是 L2 载波而定，丢失一个波长意味着 19 厘米或 24 厘米的误差。

一旦知道了整数，重要的是要跟踪它。丢失信号引起的失锁会导致周期滑移。分数部分是明显的，但周期的整体数量却难以发现，并且确定它是费时的。在 GPS 中，可能有许多整数模糊度要同时确定，并且在整数最小二乘法中是个问题。这与计算组合数学中的最近点阵矢量问题相同，例如，对  $Z^n$  中的  $x$ ，使  $(x-x_0)^T A(x-x_0)$  最小。在  $x=x_0$  时，显然  $R^n$  的最小值为零。格点  $x$ ，模糊度矢量最接近  $A$  矩阵中的  $x_0$ 。对于大维度的随机矩阵  $A$ ， $Z^n$  的此类最小化是如此困难的问题，使得密码员已使用其解将消息编码。

在 GPS 中，加权矩阵  $A$  有时涉及接收机之间的距离，并且该问题对于全球网络是最难的。 $A$  是对角矩阵时，由于变量是分开的，因此最小化很容易。 $x$  的每个分量将是与  $x_0$  的相应分量最接近的整数。但条件差的矩阵  $A$  使点阵发生变形。直接搜索最佳  $x$  变得难以实现。尽可能接近地对矩阵  $A$  进行对角化来预处理矩阵  $A$ ，用积分变换来改变矩阵  $Z$  和  $Z^{-1}$  的向量空间中的基。这样， $y^T(Z^T A Z)y$  将比  $x^T A x$  几乎更分开，并且  $y=Z^{-1}x$  在  $x$  是整数时正好也是整数。

## 发明内容

因此，本发明的一个目的是为可以在没有初始  $Z$  计数情况下继续进行的导航卫星接收和接收机初始化提供一种方法和系统。

本发明的另一目的是提供一种方法和系统，缩短导航设备初始



化所需的时间。

本发明还有一个目的是提供一种便宜的卫星导航系统。

简言之，本发明的导航卫星接收机实施例包括用于初始化的装置，它领先知道时间在几秒内和位置在 150 公里内。点的二维网格设置了恒定高度，该高度表示 150 公里区域内的解起点。忽略沿信号传播的码相位(codephase)周期的全部整数，只检查离星座中每个卫星的分数余数伪距，找出与网格中的点最佳的初始拟合。还尝试在时间界限内对各点进行多种时间偏置调整，以便找出最佳拟合点。然后，用该点来找出最终解，并产生冷启动后的第一次定位。

本发明的一个优点在于提供的系统和方法在导航卫星接收机中产生更快的初始化时间。

本发明的另一个优点在于提供的系统和方法用于制作简单和便宜的导航卫星接收机。

在阅读下面结合不同附图说明的优选实施例的详细说明后，本领域的技术人员毫无疑问会明白本发明的这些及其它目的和优点。

## 附图说明

图 1 是用于将卫星导航接收机初始化的本发明第一方法实施例的流程图；以及

图 2 是用于将卫星导航接收机初始化的本发明第二方法实施例的流程图。

## 具体实施方式

一般来讲，本发明的导航卫星接收机实施例包括用于初始化的装置，可领先知道时间在几秒内和位置在 150 公里内。点的二维网格设置了恒定高度，该高度表示 150 公里区域内的解起点。检查离星座中每个卫星的分数伪距，以找出与网格中的各点最佳的初始拟合。还尝试在时间界限内对各点进行多种时间偏置调整，以找出最

佳拟合点。随后，在驱动器中用该点找出最终解，并产生冷启动后的第一次定位。

图 1 中，用于将 GPS 接收机初始化的本发明的第一导航计算机方法实施例开始时假定：正确知道时间在几秒内并且正确地知道用户位置距真实位置在 150 公里内。方法 100 从步骤 102 开始，在该步骤中，根据例如从第三方或一些本机记录保持获得的数据，已经知道大致的时间和位置。在步骤 104 中，选择了将在定位过程中使用的 GPS 人造卫星(SV)。该选择取决于是否可以得到卫星位置-速度 (SPV)模型以及校正模型。在步骤 106 中，从选中的 SV 取得分数伪距测量值并传播该测量值，直到定位接收机位置的时间为止。用导航计算机来计算初始位置和时间的校正值。此类校正值会从传播的测量值(“fracRange”)中去除。在步骤 108 中，共模偏置使用枢轴方案去除，例如(a)选择要从其它 SV 中去除的单个 SV；(b)从每个公式中去除所有 SV 的平均值；或者(c)这些方式的组合。

在步骤 110 中设置恒定高度网格。初始位置从地心固连(ECEF)转换成经度-纬度(LLA)类型。在步骤 112 中，计算向北移到下一网格时纬度需要多大的变化。在步骤 114 中，对向东移到下一网格时经度需要多大的变化进行类似的计算。在步骤 116 中，从西南角开始，计算先验残差(APR)。当前网格位置的预测距离由以下公式计算：

$$\Phi_{c,i} = \sqrt{\sum (x_{s,i} - x_u)^2}。$$

式中， $X_{s,i}$  为第 i 个卫星的 x 坐标， $X_u$  为到第 i 个卫星的方向余弦 U 的 x 分量，卫星位置为  $X_s$  且等于  $x_s$ 、 $y_s$ 、 $z_s$ ，以及接收机位置 X 等于  $x$ 、 $y$ 、 $z$ 。形成以下的二重差分：

$$ddiff = (fracRange_i - fracRange_{pivot}) - (\Phi_{c,i} - \Phi_{c,pivot})。$$

然后将这种二重差分，即线性化后的伪距 (LPR) 限制为  $\pm C\_msec/2$ ，其中，“C\_msec”为光在 1 毫秒内行进的距离，即 299792.458 米。各要素为 0 到 C\_msec 之间的数，因为伪码持续时间是 1 毫秒，并且

其信号传播长度为光在 1 毫秒内行进的距离。“分数距离(fracRange)”是估计的从网格点到卫星的几何距离的亚毫秒部分。在形成所有的差分之后,通过去除 C msec 的整数量部分,将“ddiff”限制为正负 0.5C\_msec 之间。然后,  $APR = \sum ddiff^2$ 。在步骤 118 中,保留原来已计算出的最小 APR 的运行记录,例如该 APR 与一个最小 APR(minAPR1)进行比较,如果它更小,则用它来代替变量“minAPR1”。

在步骤 120 中进行检查,查看在当前值与 minAPR1 之间是否存在至少一个网格点,如果存在,则用 minAPR1 替换次小的 APR (minAPR2)。如果当前值大于 minAPR1 并小于 minAPR2,则检查它是否离 minAPR1 不止一个网格点。如果是,则用当前值替换 minAPR2。

在步骤 122 中,一旦发现两个最小值不在相邻网格点,则用这些最小值求解位置和时间。将关于位置和时间的距离公式线性化,

$$\begin{bmatrix} -(U_{x,1}-U_{x,piv}) & -(U_{y,1}-U_{y,piv}) & -(U_{z,1}-U_{z,piv}) & (U_1 \bullet v_{s,1} - U_{piv} \bullet v_{s,piv}) \\ -(U_{x,2}-U_{x,piv}) & -(U_{y,2}-U_{y,piv}) & -(U_{z,2}-U_{z,piv}) & (U_2 \bullet v_{s,2} - U_{piv} \bullet v_{s,piv}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -(U_{x,i}-U_{x,piv}) & -(U_{y,i}-U_{y,piv}) & -(U_{z,i}-U_{z,piv}) & (U_i \bullet v_{s,i} - U_{piv} \bullet v_{s,piv}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ \Delta t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ddiff_1 \\ ddiff_2 \\ \vdots \\ ddiff_i \end{bmatrix}$$

式中, U 是方向余弦向量,且等于  $u_x$ 、 $u_y$ 、 $u_z$ ; 几何距离= $[(x_s-x)^2+(y_s-y)^2+(z_s-z)^2]$ 的平方根,  $u_x=(x_s-x)/$ 几何距离,  $u_y=(y_s-y)/$ 几何距离,  $u_z=(z_s-z)/$ 几何距离。枢轴(pivot)卫星“piv”是所有卫星(数量=N)的平均值,  $U_{x,piv}$  = 所有  $u_x$  的和/N,  $U_{y,piv}$  = 所有  $u_y$  的和/N,  $U_{z,piv}$  = 所有  $u_z$  的和/N, 以及 ddiff 是到各卫星 1-i 的二重差分。

结果是伪距测量值减去预测伪距值。伪距增量 ( $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$ 、 $\Delta t$ ) 限制于正负 0.5 毫秒的码相位传播距离,大约是 150km。如果忽略时间误差,则结果相当于忽略整数毫秒值(z 计数)的室外定位。此系统借助导航平台使用相反的方法求解,追踪增量的值。如果观察到增量或用户位置超出预期界限,则使用其它最小值(minAPR1、

minAPR2)。为保证解的完整性，子解全部是最初在不允许时间变化的前提下求出的。这样，可剔除发现的任何伪测量值。

因此，迭代最后的公式，直至  $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta z$  和  $\Delta t$  均为零，这将产生四维解、即 x-y-z 和时间。最终解被强制要求在一个网格步长内。

图 2 表示本发明的第二方法实施例，并在本文中由总的标号 200 表示。在步骤 202，形成了方向余弦，例如，

$$\hat{R} = \sqrt{(x_s - x_u)^2 + (y_s - y_u)^2 + (z_s - z_u)^2}$$

$$U_x = \frac{(x_s - x_u)}{\hat{R}}$$

$$U_y = \frac{(y_s - y_u)}{\hat{R}}$$

$$U_z = \frac{(z_s - z_u)}{\hat{R}}。$$

步骤 204 形成了第二方向余弦，例如，

$$RR_i = U \cdot (v_s - v_u)$$

$$S_x = \frac{\partial(RR)}{\partial(x_s)}$$

$$= \frac{U_x^2(u_s - u_u) + U_x U_y (v_s - v_u) + U_x U_z (w_s - w_u)}{\hat{R}} \frac{(u_s - u_u)}{\hat{R}}$$

$$= \frac{[RR * U_x - (u_s - u_u)]}{\hat{R}}$$

$$S_y = \frac{[RR * U_y - (v_s - v_u)]}{R}$$

$$S_z = \frac{[RR * U_z - (w_s - w_u)]}{R}。$$

步骤 206 形成了距离增量公式，

$$\Delta Int_i C_{msec} + (\Phi_i - \Phi_{piv}) - (corr_i - corr_{piv}) - (R_i - R_{piv}) =$$

$$-(U_i - U_{piv}) \cdot \Delta \vec{x} + (U_i \cdot \vec{v}_i - U_{piv} \cdot \vec{v}_{piv}) \Delta t$$

式中， $\Delta Int_i C_{msec}$  是以到第 i 个卫星的整数个  $C_{msec}$  单位表示的

增量,  $\text{corr}_i$  和  $\text{corr}_{\text{piv}}$  是用于第  $i$  个卫星和枢轴卫星的校正。

步骤 208 形成了距离变化率增量(DRR)公式,

$$(RR_i - RR_{\text{piv}}) - (RR_i - RR_{\text{piv}}) = (S_i - S_{\text{piv}}) \cdot \Delta x_u - (S_i \cdot v_{s,i} - S_{\text{piv}} \cdot v_{s,\text{piv}}) \Delta t - (U_i - U_{\text{piv}}) \cdot \Delta v_u + (U_i \cdot a_{s,i} - U_{\text{piv}} \cdot a_{s,\text{piv}}) \Delta t$$

式中,  $S_i$  是第  $i$  个卫星,  $a_{s,\text{piv}}$  是枢轴卫星的加速度。

枢轴方案在步骤 210 中实现。步骤 212 添加二维约束,

$$\tilde{U}_{x,2D} = \frac{BoAx}{\sqrt{BoAx^2 + BoAy^2 + AoBz^2}}$$

$$\tilde{U}_{y,2D} = \frac{BoAy}{\sqrt{BoAx^2 + BoAy^2 + AoBz^2}}$$

$$\tilde{U}_{z,2D} = \frac{BoAz}{\sqrt{BoAx^2 + BoAy^2 + AoBz^2}}$$

$$\text{linRange}_{2D} = \sqrt{BA} + \text{alt}_{\text{fix}} - \sqrt{BoAx^2 + BoAy^2 + AoBz^2}。$$

步骤 214 进行了二维(2D)距离约束, 例如, 其中, 接收机位置被限制为选定的高度  $z$ , 假设在地球表面上平移,

$$\tilde{U}_{x,2D} \Delta x_u + \tilde{U}_{y,2D} \Delta y_u + \tilde{U}_{z,2D} \Delta z_u = \sqrt{BA} + \text{alt}_{\text{fix}} - \sqrt{BoAx^2 + BoAy^2 + AoBz^2}。$$

步骤 216 计算二维距离变化率公式,

$$\tilde{U}_{x,2D} \Delta u_u + \tilde{U}_{y,2D} \Delta v_u + \tilde{U}_{z,2D} \Delta w_u = 0;$$

其中,  $A$  是主地轴, 等于 6378137.0 米;

$B$  是次地轴, 等于 6356752.3141 米;

$BoA=B/A=0.996647189$ ;

$AoB=A/B=1.003364090$ ;

“Alt” 是当前用户位置的高度; 以及

“Altfix” 是二维定位的选择高度。

此类二维约束成为  $\tilde{H}$  的新最小值, 具有与其它方向余弦一样的符号规约。

有七个未知量与各个 SV 即  $x$ 、 $y$ 、 $z$ 、 $u$ 、 $v$ 、 $w$  和  $t$  不相关。每个 SV 与一个未知的  $\Delta \text{Int}_i$  相关联, 即第  $i$  个卫星与枢轴卫星之间的整数毫秒模糊度。对于除枢轴卫星外的每个 SV, 有两个公式。

该解决方法，例如，流程图 200，描述了在单个步骤中解出位置、速度和系统时间误差的方法，其中，系统时间误差远大于 1 毫秒。若存在这样一种困境：信号很弱，并且不能根据来自发送较强信号的卫星的  $z$  计数来确定 GPS 接收机时间偏移量或系统时间误差，则所提供的开始于步骤 100 的解决方案仅使用码相位测量值来求解位置和系统时间误差。这意味着在第 2 步中将使用从步骤 100 获知的位置和时间信息来解出速度。

步骤 200 中的解决方案是要在单个步骤中用码相位和距离变化率测量值这两者来求解位置/速度和系统时间误差。在该系统中，作为获知位置、速度和系统时间的一部分，直接求解整数毫秒模糊度。它不同于其中用网格搜索方法来去除所述模糊度的步骤 100。

在步骤 100 中，采用枢轴方案来减少必须并行解出的未知量的数目。例如，线性化后的码相位测量值被关联到位置和时间误差以及产生总共 5 个未知量的整数毫秒模糊度。位置和时间未知量是所有卫星共有的，而每个卫星的整数毫秒模糊度是独特的。

当系统时间误差较大时，例如大于 20msec，每个卫星的未知量的数目增加 3，因为由较大的系统时间误差导致的卫星位置误差变得可观测。该项是  $U_x \cdot \Delta X_{\text{sat}} + U_y \cdot \Delta Y_{\text{sat}} + U_z \cdot \Delta Z_{\text{sat}}$ ，其中， $\Delta X_{\text{sat}}$ 、 $\Delta Y_{\text{sat}}$ 、 $\Delta Z_{\text{sat}}$  分别是基于系统时间误差的、估计的卫星位置的  $x$ 、 $y$ 、 $z$  误差。但是，利用卫星加速度很小的事实，可以将该和式减小为单个未知量，该未知量是系统时间误差  $\Delta T$ ，且  $\Delta T = (U_x \cdot V_{x\text{sat}} + U_y \cdot V_{y\text{sat}} + U_z \cdot V_{z\text{sat}}) \cdot \Delta T$ 。从而，未知量的数目现在是，对于位置有 3 个，对于系统时间误差有 1 个，以及对每个 SV 有其独特的一个整数毫秒模糊度。通常，线性化后的码相位会包含附加的共模接收机时钟偏移量，该偏移量处于  $\pm 1/2$  毫秒内。但是，采用枢轴方案，可去除小于 1 毫秒的共模时间误差，这样，未知量的数目下降到 4 个未知量加上每个卫星的 1 个未知量。

对于距离变化率 (range rate)，下面示出线性化后的距离变化率

包含 7 个未知量,  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 、 $\Delta X_v$ 、 $\Delta Y_v$ 、 $\Delta Z_v$  和  $\Delta T$ , 其中,  $\Delta X_v$  是 x 方向上的速度误差。

距离变化率通常还包含由接收机振荡器相对于标称频率的偏移量造成的共模频率偏移量。但是, 没有明确示出该项, 因为在枢轴方案中, 通过对来自第二卫星的距离变化率测量值进行差分去除了共模频率偏移量。

当执行具有 N 个测量值和 M 个未知量的枢轴方案时, 剩余测量值数目是 N-1 个, 并具有 M-1 个未知量。对于 N 个码相位测量值, 存在 5 + N 个未知量。在执行枢轴方案后, 测量值数目是 N-1, 未知量为 4 个, 并具有 N-1 个整数毫秒模糊度。对于 N 个距离变化率测量值, 存在 5 个未知量。在执行枢轴方案后, 测量值的数目是 N-1 而未知量的数目是 4。时间误差是码相位和距离变化率共有的。

因此, 用枢轴方案结合来自 6 个卫星的伪距和距离变化率, 例如会产生  $2 * (6-1) = 10$  个测量值。然后根据码相位测量值, 存在 4 个未知量和 5 个整数毫秒模糊度, 以及根据距离变化率测量值, 存在有 4 个未知量。但是, 时间未知量是这两种测量类型共有的, 所以未知量的总数是 7 个, 例如, 位置未知量是 3 个, 速度未知量是 3 个, 以及系统时间未知量是 1 个。

最后, 若高度近似已知且不会改变, 则可将两个附加的约束方程加到方程系统中。这两个约束方程有效地将位置和速度估计从三维的解决方案转变为二维的解决方案, 即使该估计仍然发生在三维坐标框架中。这使得测量值的数目为 12 个, 具有 12 个未知量, 从而得到了确定的方程系统。

步骤 218 使用 H 矩阵。所有未知量放在左边以形成 H 矩阵,

$$\begin{bmatrix} -C_{msec} & -(U_i - U_{piv}) & 0 & (U_i \bullet v_{s,i} - U_{piv} \bullet v_{s,piv}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & (S_i - S_{piv}) & -(U_i - U_{piv}) & \{-(S_i \bullet v_{s,i} - S_{piv} \bullet v_{s,piv}) + (U_i \bullet a_{s,i} - U_{piv} \bullet a_{s,piv})\} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \tilde{U}_{2D} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \tilde{U}_{2D} & 0 \end{bmatrix};$$

在右边，则为

$$RHS = \begin{Bmatrix} (\Phi_i - \Phi_{piv}) - (corr_i - corr_{piv}) - (\hat{R}_i - \hat{R}_{piv}) \\ \vdots \\ (RR_i - RR_{piv}) - (R\hat{R}_i - R\hat{R}_{piv}) \\ \vdots \\ \sqrt{BA} + alt_{fx} - \sqrt{BoAx^2 + BoAy^2 + AoBz^2} \\ 0 \end{Bmatrix};$$

因此，必须解出

$$H \begin{Bmatrix} \Delta Int \\ \Delta x \\ \Delta v \\ \Delta t \end{Bmatrix};$$

其中， $\Delta Int_i$  被强制要求为整数。

这在步骤 220 中使用矩阵求逆解出。但是，不是直接在 H 上使用求逆，它是用在  $H'H$  上，并且 RHS 预先乘以  $H'$ ，

$$\Delta = (H'H)^{-1} H' RHS.$$

由于  $H'H^{-1}$  的迹是误差放大因子(dop)的平方( $dop^2$ )，并且指明每个变量对噪声的敏感程度，因此，这是优选方法。

本发明的实施例使用分数伪距找到解。技术人员应当理解，最初无法获得完整的整数毫秒，因为没有比特过渡时间(BTT)或 Z 计数就无法计算它，因此完整的伪距是未知的。

一般来讲，生成点的网格以命令在真实点的半毫秒内开始计算，然后分数 RHS 用于促成对答案的求解。

虽然根据当前优选实施例描述了本发明，但可以理解，该公开不应视为限定。在阅读上述公开后，本领域的技术人员毫无疑问将



明白多种变换和修改。因此，所附权利要求书旨在涵盖在本发明“真实”精神和范围内的所有变换和修改。

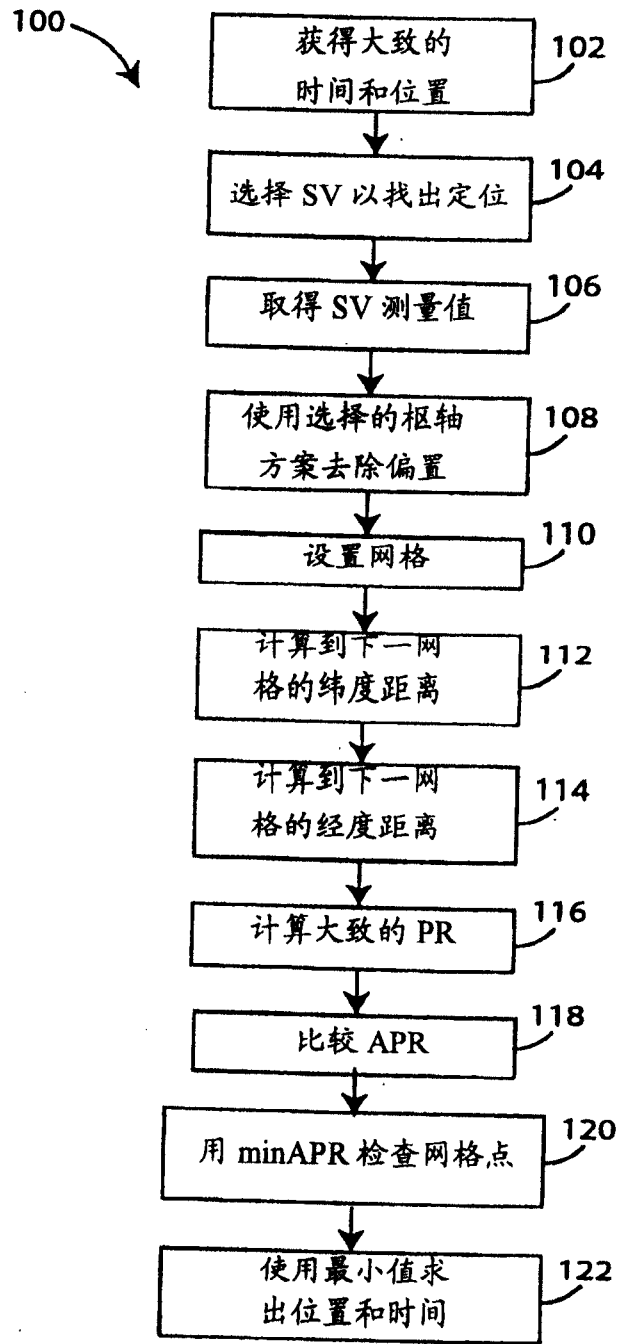


图 1

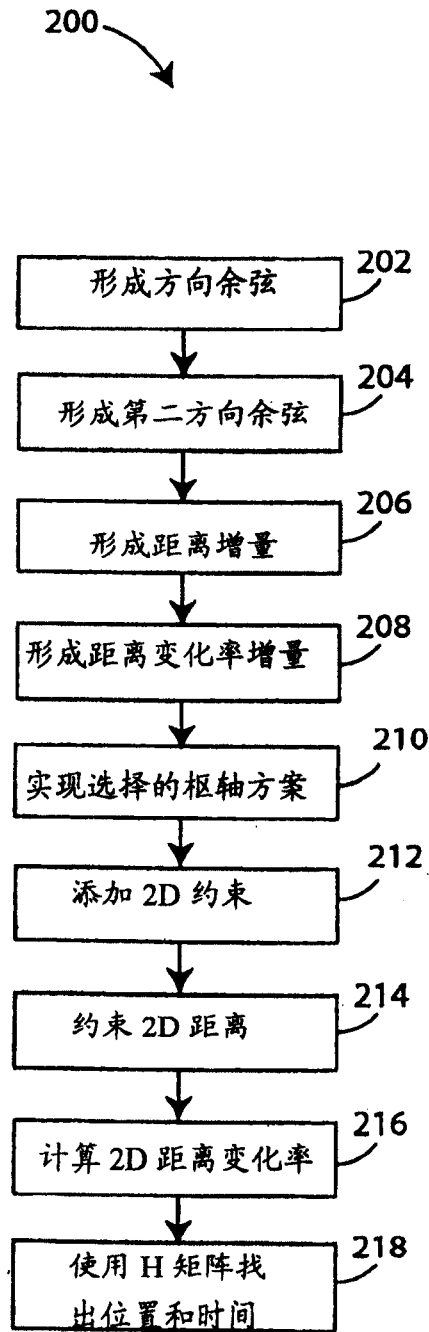


图 2