



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02816562.4

[45] 授权公告日 2008 年 9 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 100420958C

[22] 申请日 2002.6.17 [21] 申请号 02816562.4

[30] 优先权

[32] 2001. 6. 25 [33] US [31] 60/300,960

[32] 2001. 8. 3 [33] US [31] 09/922,472

[86] 国际申请 PCT/US2002/019406 2002. 6. 17

[87] 国际公布 WO2003/001236 英 2003. 1. 3

[85] 进入国家阶段日期 2004. 2. 24

[73] 专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 A·H·瓦亚诺斯

[56] 参考文献

CN1279871A 2001. 1. 10

US6133874A 2000. 10. 17

US5323322A 1994. 6. 21

US5745868A 1998. 4. 28

CN1238868A 1999. 12. 15

WO9509348A1 1995. 4. 6

AN ITERATIVE BLIND ADAPTIVE RECEIVER FOR DS-SSMA SYSTEMS. DERRYBERRY R T ET AL. MILITARY COMMUNICATIONS CONFERENCE. 1998

IMPROVED DIRECT SOLUTION OF THE GLOBAL POSITIONING SYSTEM EQUATION. BITON I ET AL. JOURNAL OF GUIDANCE AND CONTROL AND DYNAMICS, AIAA. NEW YORK, US, Vol. 21 No. 1. 1998

审查员 侯新宇

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 钱慰民

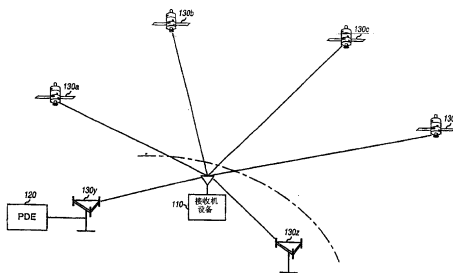
权利要求书 6 页 说明书 14 页 附图 5 页

[54] 发明名称

在严重的精度减弱的情况下提供准确定位估计的方法和装置

[57] 摘要

为在相对大的精度减弱的情况下的设备提供改良的定位估计的技术。在一方法中，最初接收许多发射机(例如，GPS 卫星和/或基站)的定位估计和一组初始测量(例如伪范围)。计算对于当前设备定位估计的更新向量。检测当前设备定位估计的不收敛于目标定位估计，且如果是，则调整更新向量(例如，按照比例因子在量值上减少)以提高收敛于目标定位估计的可能性。然后根据(可能是调整后的)更新向量更新当前的设备定位估计。可根据在没有达到目标定位估计的情况下所执行的迭代次数和/或两个连续的更新向量中的相位反转，检测不收敛。随着检测到的每个表示不收敛的事件，可增加比例因子。



1. 一种用于确定准确设备定位估计的方法，包括：

执行一迭代算法以提供设备定位估计，其中所述迭代算法是基于初始设备位置估计、多个发射机的发射机位置估计和一实际测量矢量的；

判断所述迭代算法是否可能收敛；

如果所述迭代算法是不可能收敛的，则调整所述迭代算法的至少一个参数，以提高收敛的可能性；

根据由所述迭代算法计算得到的剩余测量误差矢量、所述发射机位置估计和最新设备位置估计，计算当前设备位置估计的更新向量；

计算所述更新向量的范数；

其中，根据所述更新向量的范数值，确定收敛是不可能的。

2. 一种用于确定准确设备位置估计的方法，包括：

执行一迭代算法以提供设备位置估计，其中所述迭代算法是基于初始设备位置估计、多个发射机的发射机位置估计和一实际测量矢量的；

判断所述迭代算法是否可能收敛；

如果所述迭代算法是不可能收敛的，则调整所述迭代算法的至少一个参数，以提高收敛的可能性；

根据由所述迭代算法计算得到的剩余测量误差矢量、所述发射机位置估计和最新设备位置估计，计算当前设备位置估计的更新向量，其中，所述剩余测量向量的函数包括在一度量中；

计算所述更新向量的范数；并且

其中，根据所述更新向量的范数值，确定收敛是不可能的。

3. 一种用于确定准确设备位置估计的方法，包括：

执行一迭代算法以提供设备位置估计，其中所述迭代算法是基于初始设备位置估计、多个发射机的发射机位置估计和一实际测量矢量的；

判断所述迭代算法是否可能收敛；

如果所述迭代算法是不可能收敛的，则调整所述迭代算法的至少一个参数，以提高收敛的可能性；

根据由所述迭代算法计算得到的剩余测量误差矢量、所述发射机位置估计和最新设备位置估计，计算当前设备位置估计的更新向量，其中，所述剩余测量向量的函数包括在一度量中，并且，所述函数是线性的；

计算所述更新向量的范数；并且

其中，根据所述更新向量的范数值，确定收敛是不可能的。

4. 一种用于确定准确设备位置估计的方法，包括：

执行一迭代算法以提供设备位置估计，其中，所述迭代算法是基于初始设备位置估计、多个发射机的发射机位置估计和一实际测量矢量的；

判断所述迭代算法是否可能收敛；

如果所述迭代算法是不可能收敛的，则调整所述迭代算法的至少一个参数，以提高收敛的可能性；

根据由所述迭代算法计算得到的剩余测量误差矢量、所述发射机位置估计和最新设备位置估计，计算当前设备位置估计的更新向量，其中所述剩余测量向量的函数包括在一度量中，并且所述函数是二次函数；

计算所述更新向量的范数；并且

其中，根据所述更新向量的范数值，确定收敛是不可能的。

5. 一种用于确定设备位置估计的方法，包括：

确定多个发射机的发射机定位估计，并且测量所述发射机的实际测量矢量；

确定初始设备位置估计；

根据所述发射机位置估计和所述初始设备位置估计，确定经计算得到的测量矢量；

基于所述计算得到的测量矢量与所述实际测量矢量之间的差，修改所述设备位置估计；

确定当前设备定位估计收敛于一最终设备位置估计是不可能的；以及

如果确定收敛是不可能的，则调整确定所述经修改的设备定位估计的方式，以提高收敛的可能性。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，使用最小均方(LMS)算法来计

算所述经修改的设备位置估计。

7. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述计算得到的测量矢量与所述实际测量矢量之间的差是一剩余测量误差矢量，并且通过比例缩放由所述剩余测量误差矢量导出的值，来调整确定所述经修改的设备位置估计的方式。

8. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，由所述剩余测量误差矢量导出的值是一更新向量。

9. 如权利要求 5 所述的方法，还包括：

根据当前设备位置估计和发射机定位估计，确定一几何矩阵；以及

确定一测量协方差矩阵，

其中，所述调整进一步基于所述几何矩阵和所述测量协方差矩阵。

10. 如权利要求 5 所述的方法，还包括：

迭代地重复权利要求 5 的步骤，直到所述迭代算法收敛于一最终设备位置估计，或作出收敛是不可能的判断。

11. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，用于调整设备位置估计的所述步骤包括：

确定影响所述设备位置估计之调整量的比例因子。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其特征在于，随着确定收敛是不可能的每次迭代，增加所述比例因子。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，根据所述更新向量的相位反转，确定所述收敛是不可能的。

14. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于，响应于导致收敛是不可能的判断结果的第一预定次数的迭代，不增加所述比例因子。

15.如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，还包括：

根据在作出收敛是不可能的判断时所计算得到的剩余测量误差矢量的量值，限制所述更新向量的量值。

16.如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，部分根据所进行的但没有达到目标位置估计的迭代次数，对不收敛进行检测。

17.如权利要求 16 所述的方法，其特征在于，根据所述更新向量，进一步检测不收敛。

18.如权利要求 17 所述的方法，其特征在于，如果迭代的次数超过第一阈值，并且两次迭代的连续两次更新之间的相位差小于第二阈值，则检测到不收敛。

19.如权利要求 18 所述的方法，其特征在于，通过执行所述两次连续更新的点积，来导出两次连续更新之间的相位差。

20.如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，还包括：

如果符合一个或多个终止标准，则提供当前设备位置估计，作为所述设备的最终位置估计。

21.如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，如果迭代次数超过第一阈值，则符合所述一个或多个终止标准。

22.如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，如果所述更新的量值在第二阈值内，则符合所述一个或多个终止标准。

23.如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述实际测量矢量对应于表示所述设备与所述发射机之间的距离的伪距。

24.如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述发射机是全球卫星定位

(GPS)系统中的卫星。

25.如权利要求5所述的方法，其特征在于，所述发射机包括无线通信系统中的基站。

26.如权利要求25所述的方法，其特征在于，所述无线通信系统是CDMA系统。

27.一种用于与处理器耦合时控制所述处理器确定设备位置的装置，包括：
用于与所述处理器耦合时控制所述处理器，以接收多个发射机的位置估计以及所述发射机的初始测量的装置；

用于与处理器耦合时控制所述处理器，以根据所述发射机位置估计、当前设备位置估计和所述初始测量，计算对所述当前设备位置估计的更新的装置，其中所述当前设备位置估计一开始被设置为所述设备位置的初始估计；

用于与处理器耦合时控制所述处理器，以检测所述当前设备位置估计不收敛于一目标位置估计的装置；

用于与处理器耦合时控制所述处理器，致使如果检测到不收敛，则调整所述更新以提高收敛于所述目标位置估计的可能性的装置；

用于与处理器耦合时控制所述处理器，以根据所述更新，更新所述当前设备位置估计的装置。

28.一种接收机设备，包括：

至少一个接收机单元，被配置成用于接收和处理来自多个发射机的多个信号，以导出所述发射机的初始测量；以及

处理器，其与所述至少一个接收机单元耦合，并且被配置为用于接收所述发射机的初始测量和位置估计，

根据所述发射机位置估计、当前设备位置估计和所述初始测量，计算对所述当前设备位置估计的更新，其中所述当前设备位置估计一开始被设置为所述设备位置的初始估计，

检测所述当前设备位置估计不收敛于目标位置估计，

如果检测到不收敛，则调整所述更新，以提高收敛于所述目标位置估计的

可能性，

根据所述更新，更新所述当前设备位置估计，以及
对于多次迭代，重复所述计算、检测、调整和更新。

29.如权利要求 28 所述的接收机设备，其特征在于，所述处理器还被配置
为：

按照一个比例因子，对所述更新进行比例缩放，以减小所述更新的量值，
其中根据检测到的表示不收敛的事件，增加所述比例因子。

在严重的精度减弱的情况下提供准确定位估计的方法和装置

技术领域

本发明主要涉及位置测定，且更明确地涉及一方法和系统，用于在不利的精度减弱(DOP)条件下改进对设备位置的估计。

背景技术

确定设备位置的普通方法是确定从已知位置的多个信源发射的信号到达设备所要求的时间量。提供来自于一组已知位置的发射机的信号的一个系统是众所周知的全球卫星定位(GPS)系统。GPS系统中的卫星按照GPS总体规划放在精确的轨道上。GPS卫星的定位能够由卫星自己发射的不同信息组来确定。提供来自只在地面的已知位置的发射机(即基站)的信号的一个系统是无线(蜂窝式)通信系统。

来自卫星和/或基站的信号可用于确定设备的位置。通过接收和处理从这些发射机发射的信号，可测量这些信号从发射机到设备的传播所需时间量，并用于计算发射机和设备间的距离(或范围(range))。信号本身还可包括指示发射机位置的信息。通过精确地测量离已知位置的三个或者更多发射机的距离，设备可“三边测量(trilaterate)”其位置。例如，当范围测量可用时，可为每个发射机确定测量表面(measurement surface)，该表面发源于发射机的位置且具有由从发射机到设备的范围所确定的曲率。然后三个或多个这样的测量表面的相交将作为估计的设备定位。

对到发射机的距离及其位置按照惯例提供一个根据数据运算的算法来为设备提供定位估计。这个算法一般是一最小均方(LMS)算法，它执行多次迭代以获得设备定位估计的最后解答。如果提供“良好的”范围和发射机位置数据，则LMS解法随着每次迭代渐近收敛于目标“最佳”解答，而且当LMS解答在目标解答的特定容许偏差之内时可终止LMS算法。

在某些情况下，LMS算法不收敛于目标解答。这些情况一般起因于设备位置周围大的“精度减弱(dilution of precision)”(DOP)，它可由具有发射机和设备位置的不准确的范围数据和/或不良几何形状所致。举例来说，如果发

射机位于相对于设备的距离的近距离处，那么这些发射机的测量表面可能以小角度(即表面接近于平行，而与朝着垂直更倾斜相反)相交。在这种情况下，范围测量中的小误差就会导致相交点的大误差，并因而导致设备的估计位置的大误差。在一种非常大的 DOP 的特殊情况下，测量表面不会相交，这随后在对设备的最佳定位估计时导致不正确的几何形状和大的误差。

当(唯一地或结合卫星测量)使用地球表面测量估计设备的定位时，获得不正确的几何形状的可能性增加。可由从无线通信系统的基站发射并在设备端接收的信号或在基站接收来自设备的信号进行地球表面测量。从设备到基站的距离比到卫星的距离更短，且地球表面测量表面的曲率更大，于是它增加了测量表面不相交的可能性。

按照惯例，丢弃在不正确的几何形状情况下所获得的结果。这可归因于按照 LMS 算法的不收敛和/或在 LMS 解答中获得所要精度的可能性减少的结合。但是，在许多实例中，诸如 911 应急服务(911 emergency services)，如果能够获得这些解答，则这些结果是有用的且应该报告。

因此在本领域中需要用于在大 DOP 情况下提供具有提高的所要精度可能性的定位估计的技术。

概述

本发明诸方面提供在大的“精度减弱”(DOP)情况下为接收机设备导出改进的定位估计(即“设备定位估计”)的技术。向设备定位估计、“实际测量矢量”和“发射机定位估计”提供一种以正常方式开始运算的迭代算法(例如，LMS 算法)。在大 DOP 的情况下，来自算法的解答可能不收敛于目标解答，而是在目标解答周围振荡(即超量(overshoot))。在此揭示的一种方法和装置，用以确定何时收敛是不可能的并调整算法以提高收敛的可能性。因此，所揭示的方法和装置常常在大 DOP 情况下提高所计算出的最后解答的准确性。

可根据下列条件作出 LMS 算法不可能收敛的判断：(1)在没有确定算法已经收敛至最后解答的情况下所执行的迭代次数(下文称为“目标解答”)，(2)在用于更新设备定位估计的“更新向量”中的相位反转，或(3)这些参数的组合。

所揭示的方法的一个实施例可测定许多发射机(例如 GPS 卫星和/或基站)的发射机定位估计，通过进行测量以确定一“实际测量矢量”，并计算相关于

当前设备和每个发射机之间距离的“计算的测量矢量”（例如由当前设备与每个发射机之间的传输信号产生的至发射机的伪范围）。另外，计算“剩余测量误差矢量”。剩余测量误差矢量表示实际测量矢量和计算的测量矢量之间的差值。然后根据剩余测量误差矢量、发射机定位估计和先前的设备定位估计计算对于当前设备定位估计的更新向量。作出设备定位估计是否有可能收敛于目标解答的判断。如果不太可能收敛，那么调整更新向量以增加收敛于目标解答的可能性。

目标解答定义为导致一个度量的最小值的解答，这个度量是按照一个包括在剩余测量误差矢量内的误差的函数计算的。

标准一般依赖于用于确定设备定位估计的具体算法。根据更新向量更新当前的设备定位估计。应该注意在所提示的方法和装置的一个实施例中，在用于更新设备定位估计之前调整更新向量。

可通过以下各项调整更新向量：(1)根据一个比例因子减少更新向量量值，和/或(2)当作出收敛是不可能的判断时，根据计算出的剩余测量误差矢量量值限制更新向量量值。在每次检测到表示不收敛的事件时(可能除第一个事件之外)增加比例因子。

附图说明

所揭示的方法和装置的特点、特性和优点将从以下结合附图阐述的详细描述中变得更显而易见，相似的引用字符相应地标识遍及以下附图：

图 1 是能够实现所揭示的方法和装置各个方面的系统的简化图；

图 2 是按照所揭示的方法和装置的一个实施例的接收机设备的简化图；

图 3 是一流程图，说明按照所揭示方法和装置的一个实施例估计接收机设备的位置的过程；

图 4A 是一流程图，说明按照所揭示的方法和装置的一个实施例使用 LMS 算法估计接收机设备的位置所执行的过程；以及

图 4B 是一过程的流程图，用于按照所揭示的方法和装置检测不收敛性和调整 LMS 算法的参数。

详细说明

图 1 是一个能够实现所揭示的方法和装置各个方面的系统的简化图。要确

定位置的接收机设备 110 接收从一组发射机 130a-130z 发射的信号。发射机 130 可以是具有已知的或能确定的位置任何类型发射机。在一个实施例中，发射机 130 包括全球卫星定位 (GPS) 系统的卫星，诸如图 1 中的发射机 130a-130d。发射机 130 可附加地或唯一地包括陆地地面发射机，诸如发射机 130y 和 130z，它们可能是无线通信系统的基站。这样，接收机设备 110 可接收来自卫星和/或地面发射机的任意组合的信号。

通常，接收机设备 110 可以是任何能够确定接收信号相对于参考时间的到达时间的设备。在一个实施例中，接收机设备 110 是一能够接收来自一组发射机 130 的信号的蜂窝电话。在另一个实施例中，接收机设备 110 可以是具有无线调制解调器的计算机终端、独立的 GPS 接收机、能够从地面发射机接收信号的接收机或任何其它类型的接收机。

根据该设备接收的信号(例如，诸如那些由 GPS 卫星和/或基站发射的)和接收信号发源的发射机的位置，可估计接收机设备 110 的定位。根据由设备发射而在一或多个基站接收的信号，也可部分地估计接收机设备的定位。这样，任何对于接收机设备接收或发射的信号的测量组合可用于测定设备位置。为清楚起见，针对由发射机(例如卫星和/或基站)发射并在接收机设备上接收的信号的情况，描述所揭示的方法和装置的各个方面和实施例。

由接收机设备本身、无线通信系统中的定位测定设备(Position Determining Equipment) (PDE)、基站或一些其它实体，可导出接收机设备 110 的定位估计(下文称为“设备定位估计(Device Position Estimates)”)。为执行定位估计的实体提供一组测量(下文称为“实际测量矢量(Actual Measurement Vector)”)和发射机的位置(下文称为“发射机定位估计(Transmitter Position Estimates)”)或其它确定这些位置的工具。

可通过处理由卫星发射的信号确定 GPS 卫星的发射机定位估计。每个卫星发射“预报星历(Almanac)”信息，它包括关于所有卫星在“星座”中粗略的位置信息。每个卫星还发射“广播星历(Ephemeris)”信息，它包括其自身轨道更准确的版本，按照地球上的跟踪站所跟踪和报告的。可使执行接收设备定位估计的实体了解基站的发射机定位估计。例如，接收机设备可包括基站发射机定位估计的数据库。可替换地，可由 PDE 提供这些发射机定位估计，或者 PDE 可计算设备定位估计并可具有基站的发射机定位估计。还可通过消息，传输基站的发射机定位估计。

发射机 130 能用作确定设备定位估计的参考点。通过准确测量至已知位置的三个发射机 130 的距离，按照“三边测量”可确定设备定位估计。通过测量信号从发射机到接收机设备传播所需的时间可确定到每个发射机的距离。如果信号从发射机发射的时间是已知的(例如标记在信号中)，那么能根据接收机设备 110 的内部时钟通过观察信号由接收机设备接收的时间确定信号的传播时间。然而一般地，由于发射机 130 和接收机设备 110 中时钟的偏差，不能准确地确定发射和接收之间的精确时间量。这样，一般根据参考时间和信号接收的时间之间的差值计算“伪范围(pseudo-range)”。参考时间可以是任意时间，只要参考时间对所有所做的伪范围测量都是共同的，或可调整伪范围测量补偿所用参考时间的差异。

可用各种算法根据发射机定位估计和实际测量矢量的信息确定设备定位估计。一个这样的算法是最小均方(LMS)算法，它执行多次迭代以达到准确的设备定位估计。每次迭代都应导致更准确的设备定位估计。但是，如果算法不收敛，就不会是这种情况。如果提供精确的范围和发射机定位估计并假设相对小的“精度减弱”(DOP)，则 LMS 算法渐近地收敛于目标解答。但是，假设目标解答周围有大的 DOP 时，则 LMS 算法以正常方式执行则可能不收敛，导致不准确的结果。

所揭示的方法和装置在大 DOP 情况下确定设备定位估计。要确定设备定位估计，为初始以正常方式运算的(例如，LMS)算法提供“实际测量矢量”(例如，一组测量，诸如测得的伪范围)和发射机定位估计。在大 DOP 情况下，来自算法的结果可能不收敛于目标解答，而可能代之以超量目标解答，引起算法“振荡”。目前揭示的方法和装置检测不可能收敛的情况并调整算法的运算以增加收敛于目标解答的可能性。这导致了在大 DOP 情况下收敛的更大可能性，且因此有更准确的结果。

图 2 是按照所揭示方法和装置的一个实施例的接收机设备 110 的简化方框图。接收机设备 110 可以是无线通信系统中的一个终端的组件，诸如：(1)蜂窝电话，(2)带有无线调制解调器的计算机，(3)个人数字助理，或(4)具有通信能力的任何其它这样的便携设备。可替换地，接收机设备 110 可以是独立的位置测定单元，诸如独立的 GPS 接收机，它没有通信能力，或只有可用于帮助设备位置定位功能(position location function)的有限的通信能力。

可将接收机设备 110 设计成具有处理来自卫星(诸如 GPS 卫星或其它定位

位置卫星)、陆地地面发射机(例如, 基站、罗伦导航台(Loran station)等)或两者的信号的能力。在图 2 所示实施例中, 接收机设备 110 包括天线 210、陆地接收机单元(terrestrial receiver unit)212a、GPS 接收机单元(GPS receiver unit)212b、处理单元 216、存储单元 218 及控制器 220。

天线 210 接收来处发射机 130 的信号并将接收信号耦合至陆地和 GPS 接收机单元 212a 和 212b。陆地接收机单元 212a 包括前端电路(front-end circuitry)(例如, 射频(RF)处理电路和/或其它接收电路), 它处理从基站发射的信号以导出用于位置测定的信息。类似地, GPS 接收机单元 212b 包括前端电路, 它处理从 GPS 卫星发射的信号以导出用于位置确定的信息。来自接收机单元 212a 和 212b 的这样的信息可包括定时信息、其信号被接收的发射机的身份和位置、以及可能的其它信息。

将来自接收单元 212 的信息提供给处理单元 216。处理单元 216 可初步地确定初始设备定位估计并从 GPS 接收机单元 212b 接收实际测量矢量。处理单元 216 然后执行 LMS 算法, 它对计算出的结果进行运算以得到最后的设备定位估计。

存储单元 218 存储各种位置测定所需的数据。例如, 存储单元 218 可存储预报星历和/或广播星历信息, 这些信息指明许多 GPS 卫星中的每一个在任意给定时间在空中的位置。预报星历和广播星历两者只对有限的时间量有效。在从传输预报星历时间起约一周内, 预报星历信息被认为精确到将近 3 千米。广播星历提供关于卫星轨道的信息, 在约 2 小时内具有大约 1 米的精确度。预报星历和广播星历两者的误差随信息寿命而增长。由预报星历和广播星历, 或由 GPS 接收机单元 212b 从卫星发射的信号获得的其它信息, 或者由陆地接收机单元 212b 从通过无线链路传输的信息, 可导出卫星的位置。

控制器 220 可从处理单元 216 接收信令(signaling)和/或中间结果并可指挥处理单元的运行。例如, 控制器 220 可选择要处理的特定信号类型(例如, 卫星、陆地或两者)、要使用的特定算法(如果多于一个可用)、所选择的算法要使用的参数值等等, 如下进一步所述。

尽管未示于图 2, 接收机设备 110 可与 PDE 通信, PDE 可帮助确定设备的定位估计。PDE 可执行计算来得到接收机设备定位估计, 或可提供某些信息用于确定定位估计(例如, GPS 卫星和/或基站的位置)。

迭代算法可用于确定设备定位估计, 根据(1)发射机定位估计(例如, 关于

GPS 卫星和/或基站的位置的信息)及(2)实际测量矢量(例如,对于发射机的伪范围测量组)。对于 GPS 卫星,可根据当前预报星历和/或广播星历信息确定发射机位置。

为清楚起见,下面明确地描述 LMS 迭代算法。但是,按照所揭示的方法和装置,其它迭代算法也可用于确定设备定位估计。

每个发射机定位估计是一个发射机的位置的估计。第 i 个发射机的发射机定位估计 \bar{s}_i 表示为:

$$\bar{s}_i = [x_i \ y_i \ z_i] \text{ 和 } b_i$$

其中 b_i 是在与 x, y 和 z 的相同的维中表示时钟偏差(clock bias)并且还参考时间的影响。发射机定位估计,对于 $i=1, 2, \dots, n$ 的 \bar{s}_i , 一旦在执行 LMS 算法之前被确定,其后由这个算法使用以计算设备定位估计。

可按下面执行 LMS 算法以确定一组导致一个最后的设备定位估计的设备定位估计。对于第 k 次迭代(其中 $k=1$, 对于这个算法的第一次迭代), 设备定位估计 \bar{u}_k , 被表示为:

$$\bar{u}_k = [x_{u,k} \ y_{u,k} \ z_{u,k} \ b_{u,k}]$$

在第一次迭代前,为接收机设备假设一个初始的设备定位估计, \bar{u}_0 。初始的设备定位估计值可任意地选择,或基于当前或过去已知的有关接收机设备的定位。在一个实施例中,初始的设备定位估计, \bar{u}_0 , 可以是:(1)上一个设备定位估计(如果有一个可用),(2)地球的中心,(3)接收机设备正接收信号的蜂窝小区的中心,或(4)任何其它为 LMS 算法提供初值的位置。初始的设备定位估计越准确,算法越快收敛于目标解答。一组值构成一个列矢量(column vector), $\bar{\rho}_k$, (下文称为“计算的测量矢量(Calculated Measurement Vector)”。计算的测量矢量的每个值是一个与用于位置测定的发射机之一关联的测量的测量。计算的测量矢量值是由下列各项计算的:(1)发射机定位估计, \bar{s}_i , (2)由迭代算法的第 k 次迭代得到的设备定位估计, \bar{u}_k 。因此,将理解将有一个计算的测量矢量, $\bar{\rho}_k$, 与迭代算法的每次迭代关联。应该进一步理解这些“测量”不是进行的,而是根据 \bar{s}_i 和 \bar{u}_k 的值每次迭代计算出来的。相反,如下面将更完整地揭示,实际测量矢量, $\bar{\rho}_a$, 是由自实际测量所接收的信号得到的。计算的测量矢量的元素, $\bar{\rho}_k$, 可以是任何类型的测量,它是接收机设备的位置和关联于发射机的时钟偏差的函数。例如,计算的测量矢量的元素可涉及范围、如在接收机设备确定的伪范围(即 $r-b$, 其中 r 是范围及 b 是时钟偏差)、如在基站

根据从接收机设备发射的信号确定的反向伪范围(即 $r+b$)、如根据“到达的时间差(time difference of arrival)”(TDOA)确定的范围差,或者这些的组合。而且,计算的测量矢量的元素可由许多已知算法中的任何一个计算。在一个实施例中,计算的测量矢量的元素 $\bar{\rho}_k$ 是伪范围。计算计算的测量矢量的元素的一种方法是:

$$\rho_{k,i} = \sqrt{(x_{u,k} - x_i)^2 + (y_{u,k} - y_i)^2 + (z_{u,k} - z_i)^2} - (b_{u,k} - b_i), \quad \text{公式(1)}$$

其中计算的测量矢量 $\rho_{k,i}$ 的每个元素 $\bar{\rho}_k$, 是第 k 次迭代的设备定位估计 \bar{u}_k 与第 i 个发射机的发射机定位估计 \bar{s}_i 之间的伪范围。

对于发射机定位估计 \bar{s}_i 和设备定位估计 \bar{u}_k 的几何矩阵(geometry matrix)H, 被定义为:

$$H_k = \begin{bmatrix} \frac{x_{u,k} - x_1}{|\bar{u}_k - \bar{s}_1|} & \frac{y_{u,k} - y_1}{|\bar{u}_k - \bar{s}_1|} & \frac{z_{u,k} - z_1}{|\bar{u}_k - \bar{s}_1|} & -1 \\ \frac{x_{u,k} - x_2}{|\bar{u}_k - \bar{s}_2|} & \frac{y_{u,k} - y_2}{|\bar{u}_k - \bar{s}_2|} & \frac{z_{u,k} - z_2}{|\bar{u}_k - \bar{s}_2|} & -1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x_{u,k} - x_n}{|\bar{u}_k - \bar{s}_n|} & \frac{y_{u,k} - y_n}{|\bar{u}_k - \bar{s}_n|} & \frac{z_{u,k} - z_n}{|\bar{u}_k - \bar{s}_n|} & -1 \end{bmatrix} \quad \text{公式(2)}$$

测量的协方差矩阵(covariance matrix) R 定义为:

$$R = E\{\bar{\rho}_a \cdot \bar{\rho}_a^T\} - E\{\bar{\rho}_a\} \cdot E\{\bar{\rho}_a^T\}, \quad \text{公式(3)}$$

其中

$$\bar{\rho}_a = [\rho_{a,1} \ \rho_{a,2} \ \dots \ \rho_{a,n}]^T$$

其中 $\bar{\rho}_a$ 是实际测量矢量及 $\rho_{a,n}$ 是从第 n 个发射机接收的信号获得的测量元素(例如伪范围测量)。E 是统计期望值(statistical expectation)。上标 T 表示复共轭转置(complex conjugate transpose)。一般根据接收机设备和系统的具体设计(例如, 信号带宽或接收的信号功率估计协方差矩阵 R。

然后“剩余测量误差矢量(Residual Measurement Error Vector)” \bar{e}_k 被定义为:

$$\bar{e}_k = \bar{\rho}_a - \bar{\rho}_k, \quad \text{公式(4)}$$

如在公式(4)中所示, 剩余测量误差矢量 \bar{e}_k 等于实际测量矢量 $\bar{\rho}_a$ 与计算的测量矢量 $\bar{\rho}_k$ 之差。应该注意到为这个算法的每次迭代计算一个剩余测量误差矢量。由在第 k 次迭代时确定的设备定位估计 \bar{u}_k 计算剩余测量误差矢量 \bar{e}_k 。然后

对于下一次迭代由设备定位估计 \bar{u}_{k+1} 重新计算下一个剩余测量误差矢量 \bar{e}_{k+1} 。

对于每次迭代，基于对于那次迭代的几何矩阵 H 、协方差矩阵 R 和剩余测量误差矢量 \bar{e}_k ，计算更新向量 (Update Vector) $\Delta\bar{u}_k$ 。更新向量被定义为：

$$\Delta\bar{u}_k = (H^T \cdot R^{-1} \cdot H)^{-1} \cdot H^T \cdot R^{-1} \cdot \bar{e}_k \quad \text{公式 (5)}$$

这个更新向量代表当前设备定位估计 \bar{u}_k 与最佳定位估计之间的估计误差。这样，更新的设备定位估计可表示为：

$$\bar{u}_{k+1} = \bar{u}_k + \Delta\bar{u}_k \quad \text{公式 (6)}$$

公式 (1) 到 (6) 包括 LMS 算法的一次迭代的计算。可执行多次迭代以得到更准确的设备定位估计。

在小的 DOP 情况下，如果发射机定位估计 \bar{s}_i 和计算的测量矢量 \bar{p}_k 是有效的和准确的，那么 LMS 算法将最有可能在相对少的迭代次数之后收敛。因此，由 LMS 算法提供的设备定位估计 \bar{u}_k ，渐近地接近目标解答。目标解答定义为导致为目标解答所计算的度量的最小值的解答。这个度量是包括在剩余测量误差矢量内误差的函数。

不过，在目标解答周围大的 DOP 的情况下，更新向量 $\Delta\bar{u}_k$ 趋向于变得与剩余测量误差矢量相比不成比例地大。然后这导致在目标解答周围重复的超量并振荡。因此，算法可能不在目标解答上收敛。

所揭示的方法和装置 (1) 确定什么时候算法是不可能收敛的 (例如，由于 LMS 算法在目标解答周围振荡) 及 (2) 调整算法以增大收敛的可能性。应该注意在位置测定系统的正常环境中，算法一般将在预定次数的迭代后收敛于目标解答。这个次数通常很小 (例如，3 次)。但是，如果初始的设备定位估计的准确度差，迭代的典型次数可能较大。如果算法需要多于典型的迭代次数，那么只有很少的收敛可能性及较大的在目标解答周围振荡的可能性。可通过两个连续的更新向量方向的倒置 (也就是更新向量相位 180° 改变) 识别这样的振荡。由 (1) 没有到达目标解答的迭代次数和 (2) 更新向量相位变化可确定 LMS 算法是否可能收敛。

为提高收敛可能性，可调整 LMS 算法的某些参数。按照所揭示的方法和装置的一个实施例，更新向量大小减少至 (1) 避免相当大的超量及 (2) 调整更新定位估计的速率，二者都有助于确保收敛。

图 3 是一流程图，说明按照所揭示方法和装置的一个实施例确定设备定位估计的过程 300。在步骤 312 开始接收确定设备定位估计所需信息。这个信息

一般包括发射机定位估计和用于确定计算的测量矢量的信息(例如,伪范围测量)。然后在步骤 314,执行迭代算法(例如 LMS 算法)以根据所接收信息确定设备定位估计。

在步骤 318,做出关于收敛是否有可能的判断。按照一个实施例,收敛是有可能的判断是基于一个或多个下列测试。在步骤 320,如果收敛是不可能的,那么可调整算法的一或多个参数以提高收敛的可能性,如下所述。过程然后继续到步骤 322。否则,如果收敛是可能的,如在步骤 318 所确定的,则过程简单地前进到步骤 322。

在步骤 322,作出关于过程是否应该终止的判断。按照目前所揭示的方法和装置的一个实施例,一旦算法终止,就确定了最后的设备定位估计。算法可由多个原因的任何一个来终止,诸如已执行了最大次数的迭代、算法已充分收敛等等。在一个这样的实施例中,如果更新向量量值小于一个预定的阈值,表示算法已充分收敛,则确定最后的设备定位估计。如果算法没有终止,那么图 3 的过程在步骤 314 继续。

图 3 所示的过程可应用于任何可用于确定定位的迭代算法。步骤 314 到 322 可视为包括迭代算法的一次迭代,且可执行任意次数的迭代直至达到充分准确的设备定位估计为止。将在下面提供关于如何确定收敛的可能性和如何调整参数的进一步讨论。为了清楚起见,以下采用 LMS 算法作为一个实例描述所揭示的方法和装置。然而,本领域熟练技术人员将理解,其它迭代算法能够用于计算接收机设备的位置的估计。

图 4A 是一流程图,说明按照所揭示的方法和装置的一个实施例使用 LMS 算法确定设备定位估计所执行的过程 400。首先在步骤 412 接收确定设备定位估计所需信息。这个信息一般包括:(1)发射机定位估计 \bar{s}_i , (2)初始的设备定位估计 \bar{u}_0 ; 以及(3)实际测量矢量 \bar{p}_a 。然后在步骤 414 初始化用于 LMS 算法的变量。这可能需要设置某些变量为如下初始值: $k=1$, $g=1$ 和 $UV_modify=False$, 其中 k 是迭代指数, g 是用于调整更新向量量值 $\Delta\bar{u}_k$ 的比例因子, 及 UV_modify 表示是否调整更新向量。

然后开始 LMS 算法的执行。在图 4A 示出的实施例中,实际测量矢量的元素表示伪范围测量。产生初始的设备定位估计。然后由初始的设备定位估计确定计算的测量矢量。在步骤 416,如公式(1)所示计算计算的测量矢量 \bar{p}_k 。接着在步骤 418,根据当前的设备定位估计 \bar{u}_k 和如在公式(2)中所示的发射机定位估

计 \bar{s}_i ，更新几何矩阵 H。在步骤 418，还得到测量协方差矩阵 R。然后在步骤 420，根据实际测量矢量和计算的测量矢量计算剩余测量误差矢量 \bar{e}_k ，如在公式(4)中所示。接着在步骤 422，根据矩阵 H 和 R 及剩余测量误差矢量 \bar{e}_k 计算更新向量 $\Delta\bar{u}_k$ ，如在公式(5)中所示。

在步骤 426，作出 LMS 算法是否可能收敛的判断。如果否，则可调整(例如，减少量值)LMS 算法的一或多个参数和更新向量 $\Delta\bar{u}_k$ ，以增加由算法收敛的可能性。也可在步骤 426 中更新用于调整更新向量的参数。下面在图 4B 中描述用于确定算法是否可能收敛和调整 LMS 算法的包括更新向量在内的参数的方法。

在步骤 428，根据当前的设备定位估计 \bar{u}_k 和更新向量 $\Delta\bar{u}_k$ 计算对于接收机设备的新的设备定位估计 \bar{u}_{k+1} ，如在公式(6)中所示。

然后在步骤 430，作出 LMS 算法是否应该终止的判断。可根据一或多条标准触发算法的终止，诸如：(1)更新向量的量值，(2)已经执行的迭代次数，或它们的组合。在一个实施例中，如果更新向量的量值小于一个特定的更新阈值(即， $|\Delta\bar{u}_k| < \Delta\bar{u}_k_threshold$)，或者如果已经执行的迭代次数超过某个最大迭代次数(例如 $k > 50$)，则算法终止。如果满足这些标准的任何一条，则在步骤 434 认为当前设备定位估计充分准确，且过程终止。如果算法已收敛，则设备定位估计实际上是准确的。但是如果算法还没有收敛，则设备定位估计将不象所要的那样精确，而是由于一些其它标准(例如，迭代次数超过最大迭代次数)而终止。如果不满足终止标准，则迭代指数 k 在步骤 432 增加一，过程返回至步骤 416 以执行另一次迭代。

步骤 416 至 428 包含 LMS 算法的一次迭代。可执行任意次数的迭代直至符合一或多条终止标准。

图 4B 是一个确定收敛是否可能的过程的流程图。还示出了按照所揭示方法和装置的一个实施例调整 LMS 算法参数的过程。这个过程可用在图 4A 中的步骤 426。

在一个实施例中，确定 LMS 算法收敛是否可能，部分地基于在未达到收敛的情况下所执行的迭代次数。通过得到更新向量足够小的范数来确定收敛。如上面所提到的，在正常环境的无线辅助 GPS 位置测定系统中，收敛一般在小次数迭代中出现。这样，在步骤 448 作出 LMS 算法为这次输入数据集合(collection)执行的迭代次数是否超过某个阈值(“k_threshold”)(即是否 $k > k_threshold$ (阈值))的判断。一般根据对于典型应用收敛所期望执行的迭代

次数(它可能取决于初始的设备定位估计的精确度)选择 $k_threshold$ 的值。可替换地,也可选择能够提供良好性能的任何值。作为具体的例子,可将 $k_threshold$ 设为三。如果已执行的迭代次数大于 $k_threshold$,则假设算法收敛发生的可能性很低,且过程前进至步骤 450,在那里执行另一个收敛的测试。否则,如果迭代次数 k 小于或等于 $k_threshold$,作出算法还可收敛的判断。

在另一个实施例中,通过检查更新向量作出 LMS 算法不可能收敛的判断。当设备定位估计反复超量所要的设备定位估计时,确定收敛是不可能的。LMS 算法的超量引起由每次迭代都在所要的设备定位估计周围“振荡”产生的设备定位估计组。这种振荡一般由基本上沿着与最大 DOP 方向一致的直线上更新向量的方向的改变而可看到。当这样的相位反转出现时,两个连续的更新向量的相位差 α 接近 180° 。这导致相位差 α 的余弦接近 -1 。在一个实施例中,如果 α 的余弦小于一个特定的负的 $\cos_threshold$ 时,则检测到在更新向量的方向的反转。作为一个具体的实例,可选择 $\cos_threshold$ 为 -0.95 。

作为步骤 450 的一部分,计算两个连续的更新向量的相位差 α 的余弦。通过执行两个最近的更新向量的点积(dot product)计算这个余弦,可表示为:

$$\cos(\alpha_k) = \frac{\langle \Delta \tilde{u}_k, \Delta \tilde{u}_{k-1} \rangle}{|\Delta \tilde{u}_k| \cdot |\Delta \tilde{u}_{k-1}|}, \quad \text{公式(7)}$$

其中 $\Delta \tilde{u}_k$ 表示更新向量 $\Delta \tilde{u}_k$ (即 $\Delta \tilde{u}_k = [\Delta x_{u,k} \quad \Delta y_{u,k} \quad \Delta z_{u,k}]$) 的最初的三个分量,及 $\langle \Delta \tilde{u}_k, \Delta \tilde{u}_{k-1} \rangle$ 表示这两个更新向量的最初三个分量的点积,可表示为:

$$\langle \Delta \tilde{u}_k, \Delta \tilde{u}_{k-1} \rangle = (\Delta x_i \cdot \Delta x_{i-1}) + (\Delta y_i \cdot \Delta y_{i-1}) + (\Delta z_i \cdot \Delta z_{i-1})。$$

然后在步骤 452,作出关于相位差的余弦小于 $\cos_threshold$ (即 $\cos(\alpha_k) < \cos_threshold$) 的判断。如果答案为“是”,则已检测到相位反转。

在一个实施例中,在迭代次数超过 $k_threshold$ 后第一次检测到更新向量中的相位反转时,将变量 UV_modify 设置为真(True)。后续的每一次检测到相位反转,因子 g 乘以一个大于一(例如,二)的正因子。然后,因子 g 的这个较大值被用于有效地用一个相应的量除以更新向量量值。调整过的更新向量可能比最佳值小,且在正常操作条件下这个较小的更新向量将导致更慢的收敛速率。但是,对于不稳定情况,较小的更新向量确保,给定足够的迭代次数,LMS 算法具有较大的收敛可能性。应该注意,对于许多其它方法,能够实现在响应这样的相位反转时,减小更新向量的量值。在这样一个可替换的实例中,相位

反转的次数不对应于更新向量减小的量。而是每次进行减小时，更新向量减小一个预定的量。

在一个实施例中，当检测到相位反转时，将更新向量的范数设为剩余测量误差矢量的范数。这是通过每次检测到相位反转时设置变量 d 为剩余测量误差矢量的量值(即 $d=|e_k|$)实现的。这个变量 d 此后被用于确定更新向量的量值，如下所述。

对于上述实施例，可连续地(即“自适应地”)根据监控的算法性能调整 LMS 算法的参数(例如更新向量)。在一个这样的实施例中，根据变量 d 和因子 g 的值实现这样的“自适应”调整。这样，在这样一个实施例中，一旦变量 UV_modify 已设为真且不管是否已检测到相位反转，由变量 d 和因子 g 调整更新向量，如下所述。可按下列步骤执行这些动作。

如果在步骤 452 检测到更新向量的相位反转，则在步骤 4

54 作出变量 UV_modify 是否已经设为真的判断。如果回答为否，表示这是检测到的第一个相位反转，则在步骤 456 将 UV_modify 设为真。否则，如果 UV_modify 由以前检测到的相位反转已经设置为真，则在步骤 458 增加因子 g (例如，加倍)。在任一种情况下，在步骤 460 将变量 d 设置为剩余测量误差矢量的量值。然后在步骤 462，根据变量 d 和因子 g 调整更新向量。

在一个实施例中，按如下调整更新向量：

$$\Delta \bar{u}_k = \frac{\Delta \bar{u}_k \cdot d}{|\Delta \bar{u}_k| \cdot g} \quad \text{公式(8)}$$

如在公式(8)中所示，调整后的更新向量保留了原更新向量的相位，但其范数设置为剩余测量误差矢量在检测到上一个相位反转时的量值(如由变量 d 捕捉到的)，并进一步由因子 g 减小。调整确保了更新向量的量值在每次检测到相位反转时更小，因为超量量每次更小。如此，依赖于所监控的 LMS 算法性能可获得步长。而且，通过每次检测到相位反转时增加(例如，加倍)因子 g ，相应地减小更新向量的量值。在步骤 462，调整更新向量后过程终止。

如果在步骤 452 没有检测到更新向量的相位反转，在步骤 464 作出 UV_modify 是否已设为真的判断。如果回答是假，表示 LMS 可能要用更长的时间收敛，但还没有检测到更新向量中的振荡，然后过程终止。否则，如果 UV_modify 已由以前检测到的相位反转设置为真，则在步骤 462 根据变量 d 和因子 g 的当前值调整更新向量。在图 4B 示出的实施例中，一旦 UV_modify 已

设置为真，无论是否已检测到更新向量的相位反转，每次迭代由变量 d 和因子 g 调整更新向量。

为清楚起见，图 4A 和 4B 说明了所揭示方法执行 LMS 算法的实例。不过，这些实例还可应用于其它用于确定设备定位估计的算法。为清楚起见，图 4A 和 4B 还描述了根据迭代次数和更新向量确定收敛是不可能的具体实现。还描述了一个方法的实例，通过这个方法能调整 LMS 算法提高收敛的可能性。应该注意这些方法只是作为确定是否收敛是可能的和调整 LMS 算法的参数的方法的实例而提出的。其它方法显然是有可能的，且通过在此提供的实例将为本领域熟练技术人员所理解。

在图 2 中，接收机设备 110 的部件(例如处理单元 216 和控制器 220)可实现为数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、处理器、微处理器、控制器、微控制器、现场可编程门阵列(FPGA)、可编程逻辑设备、其它电子元件或任意组合，将它们设计为执行在此所描述的功能。所揭示的方法和装置的某些方面可用硬件、软件或两者的结合实现。例如，确定设备定位估计的处理(例如 LMS 算法)可根据存储于存储单元 218 的程序代码来完成并由处理器(图 2 中的处理单元 216 或控制器 220)执行。可替换地，这样的处理可由专用的硬件或硬件和软件的一些组合完成。

前面所述的揭示的实施例提供使任何本领域熟练技术人员能够制造或利用当前揭示的方法和装置。这些实施例的各种修改方案对那些本领域熟练技术人员是易于显而易见的，且这里所定义的基本原理在不脱离本发明精神和范围的实施例中。因而，本发明不是想要受限于这里所示的条件下可应用于其它实施例，而是要符合与这里所揭示的原理和新颖性相一致的最大范围。

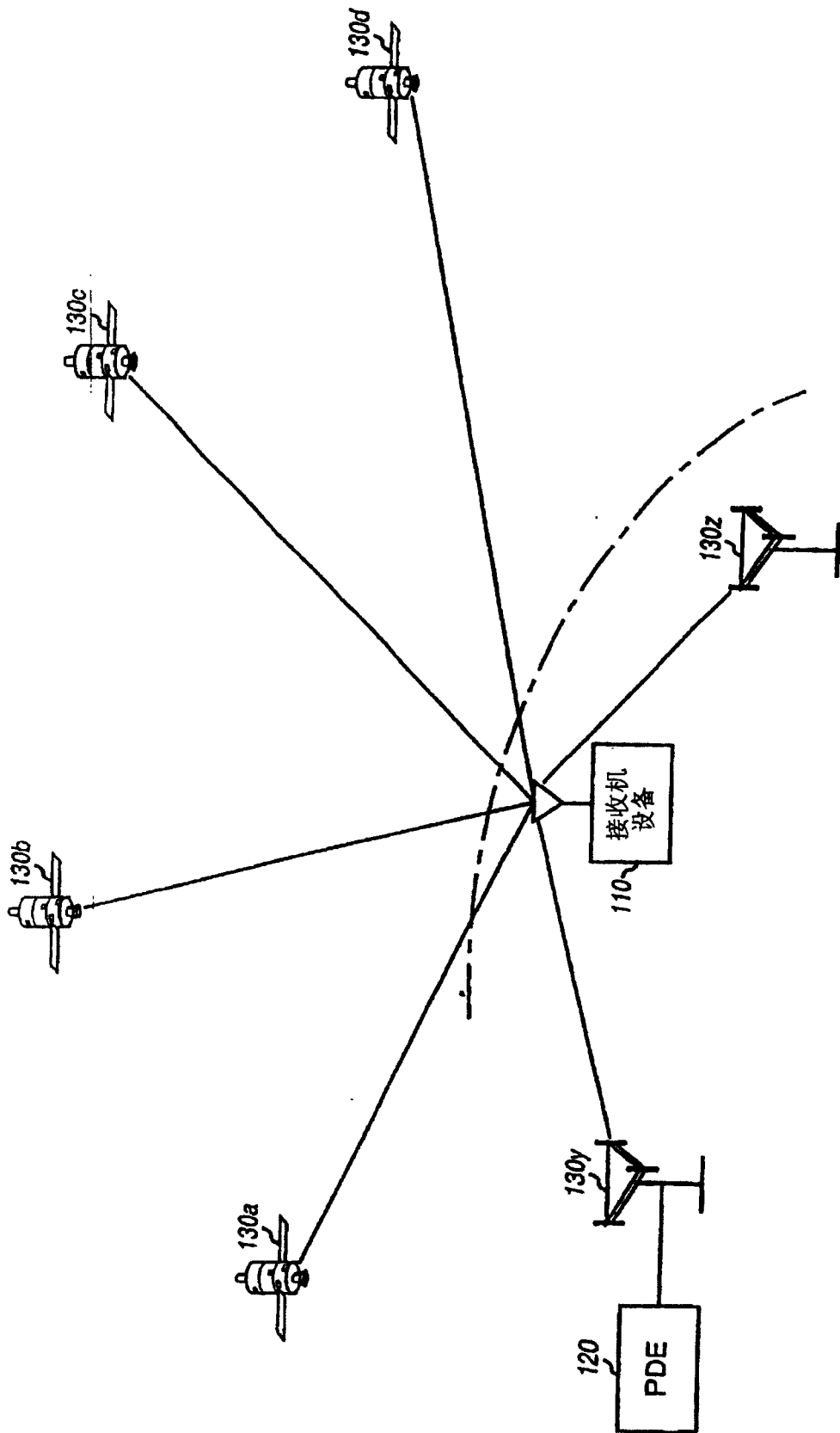


图 1

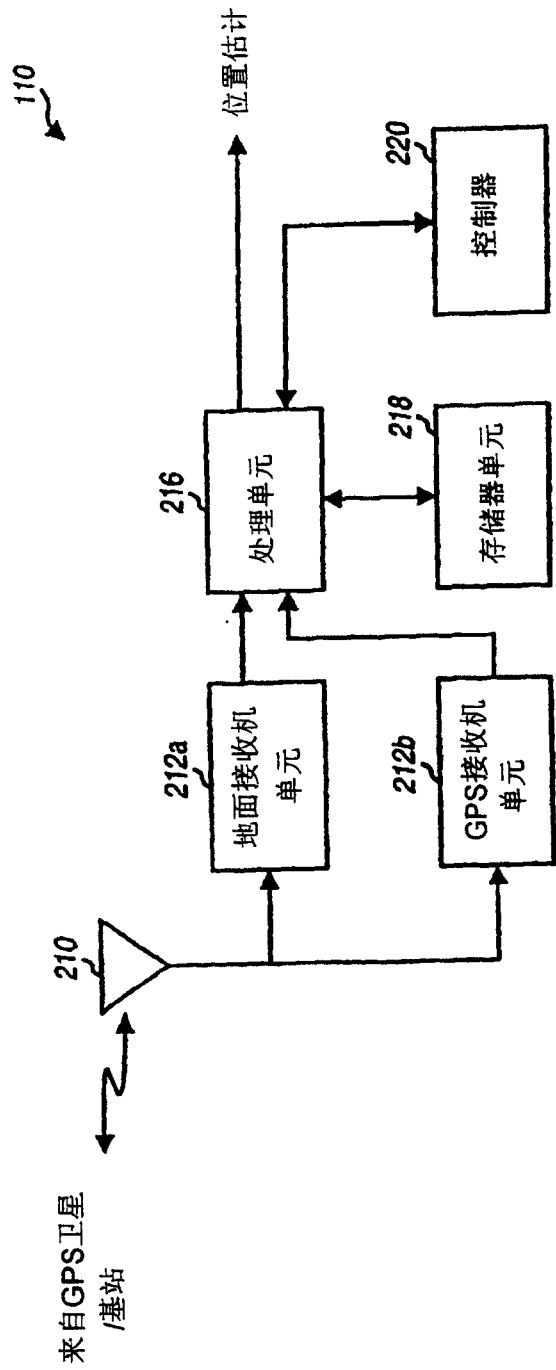


图 2

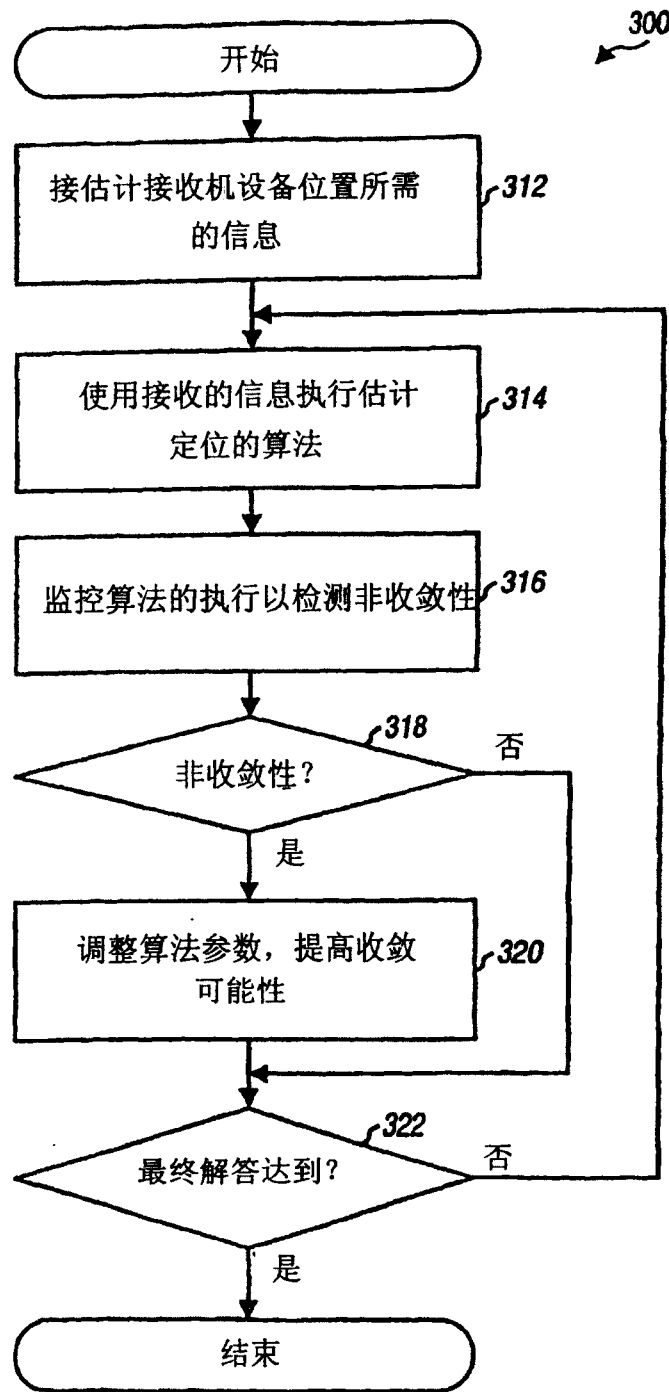


图 3

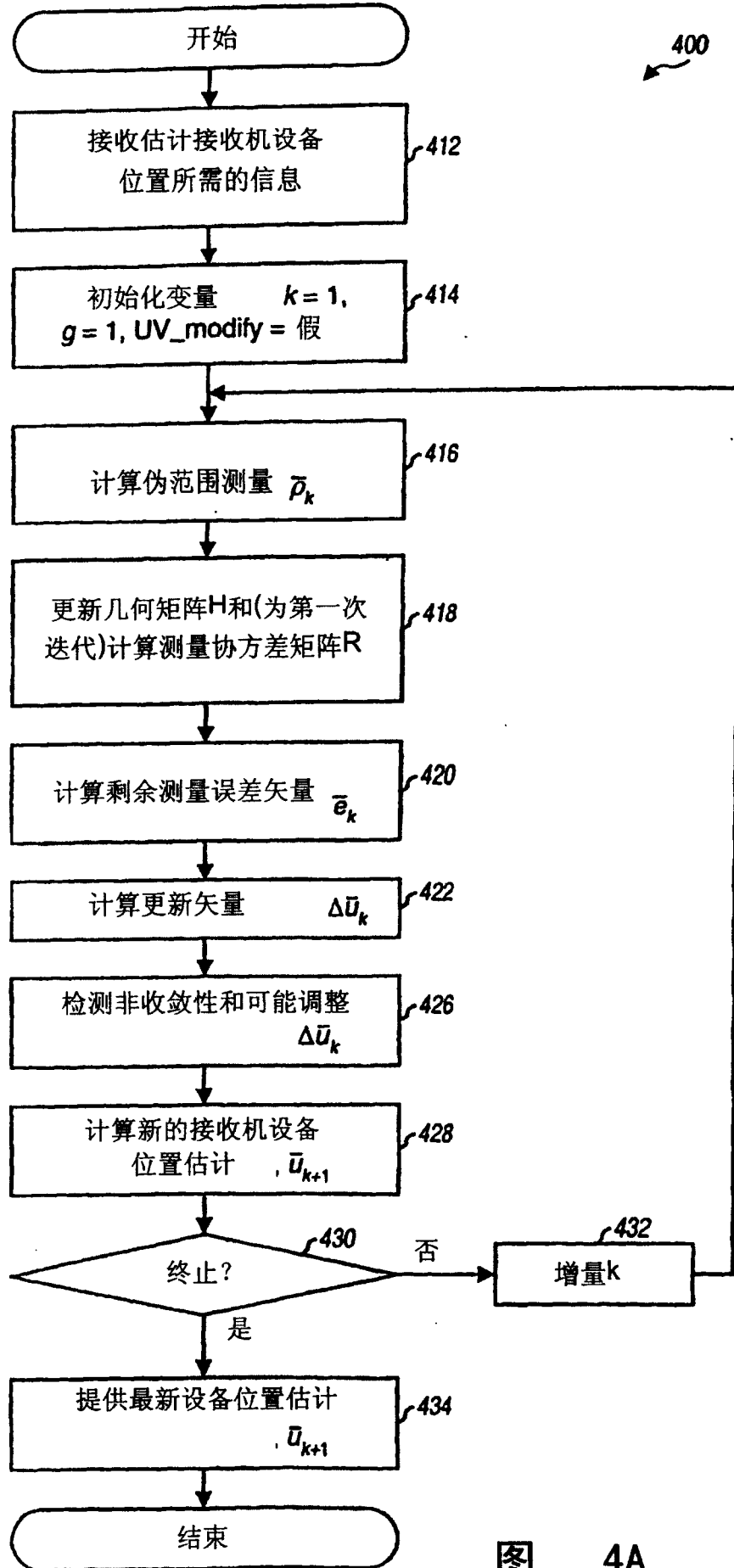


图 4A

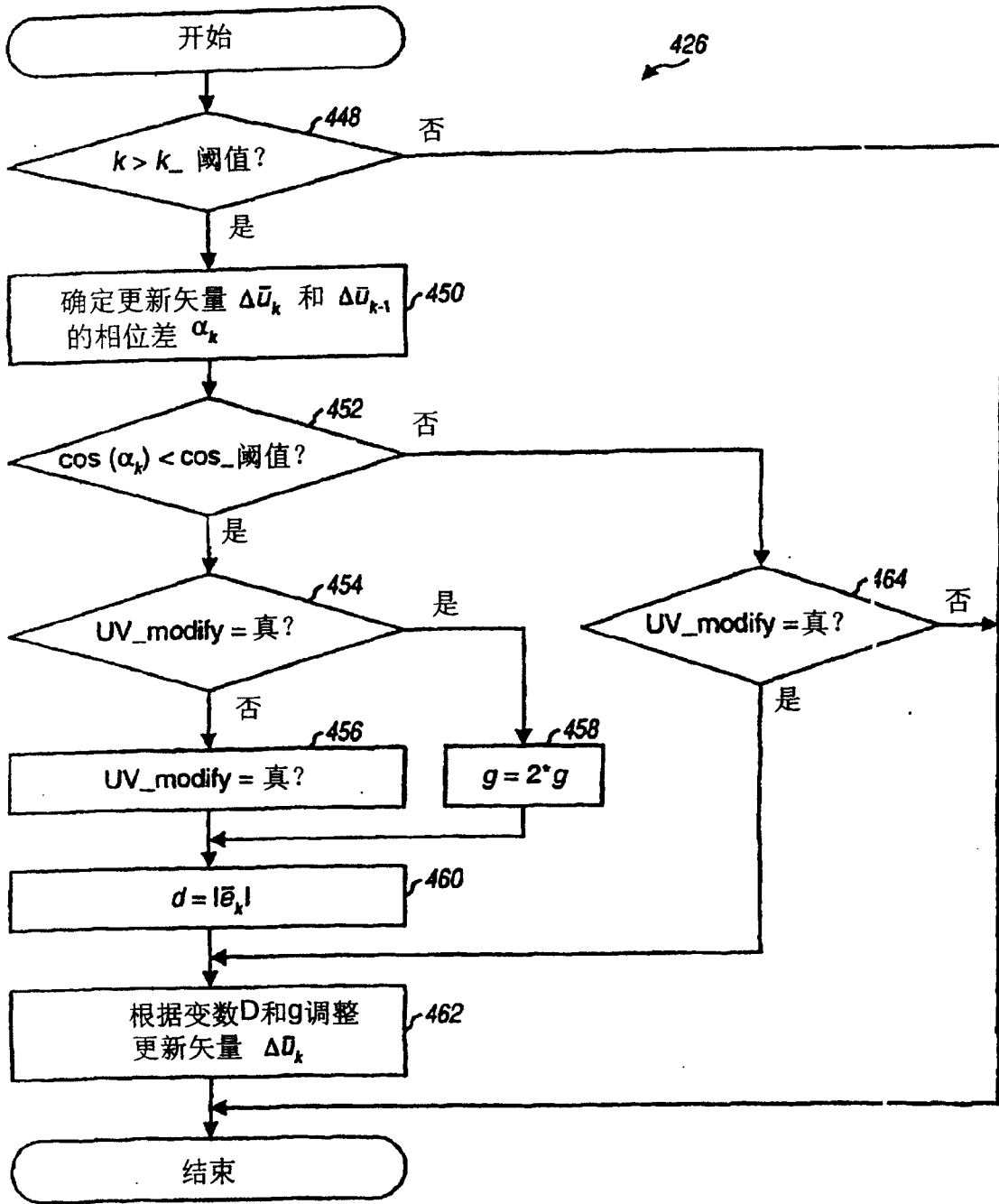


图 4B