



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01136462.9

[43] 公开日 2003 年 4 月 23 日

[11] 公开号 CN 1413058A

[22] 申请日 2001.10.18 [21] 申请号 01136462.9

[71] 申请人 华为技术有限公司

地址 517057 广东省深圳市科技园科发路华为用户服务中心大厦知识产权部

[72] 发明人 唐进 刁心玺

[74] 专利代理机构 北京集佳专利商标事务所

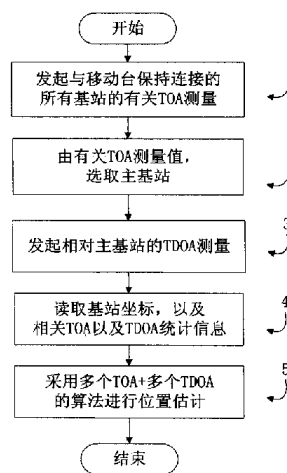
代理人 逯长明

权利要求书 6 页 说明书 15 页 附图 3 页

[54] 发明名称 利用信号达到时间和时间差估计移动台位置的方法及装置

[57] 摘要

本发明公开了一种利用信号达到时间估计移动台位置的估计方法，该方法通过对与移动台连接的所有基站的 TOA 以及相对主基站 TDOA 测量，获取与移动台连接的所有基站的 TOA 和相对主基站 TDOA 的有关统计信息；再根据基站位置信息以及所有 TOA 和 TDOA 的统计信息构造运算矩阵，两次使用加权线性最小二乘来估计移动台位置，最后利用最小距离差挑选最终位置估计值；该方法能够充分利用所有的 TOA 和 TDOA 信息，使移动台的位置估计精度，尤其是当移动台处于切换状态下的定位性能提高明显，以及 GDOP 性能均得到提高，同时该方法的位置估计过程无须迭代求解，运算量小，效率较高。本发明同时还提供了一种利用上述方法的移动台位置的估计装置。



ISSN 1008-4274

(31) 确定利用TOA以及TDOA进行移动台位置估计的基本方程如下：

$$(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 = (r_i)^2$$

$$(\sqrt{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2} - \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2})^2 = r_{j1}^2$$

式中： $i=1, 2, \dots, m$ ， $j=2, \dots, m$ ，而 $m \geq 3$ ， i 等于1的基站为移动台所属的主基站； $r_i = c \times \tau_i$ ， τ_i 为第 i 个基站的信号到达时间TOA， $r_{j1} = c \times \tau_{j1}$ ， τ_{j1} 为第 j 个基站相对主基站的信号到达时间差TDOA， c 为信号传播的速度（光速）； x_i 、 y_i 为第 i 个基站的几何位置坐标。 x 、 y 为待估计的移动台的几何位置坐标。

(32) 根据上述步骤(31)的基本方程，使用加权线性最小二乘法估计移动台的粗略位置，得到移动台位置的初步估计解；

(33) 对上述步骤(32)得到的移动台的位置估计值再次使用加权线性最小二乘法进行优化，降低所述位置估计值之间的相关性影响；

(34) 根据上述步骤(33)得到的移动台的优化位置估计值，确定移动台最终的位置估计值。

4、根据权利要求3所述的移动台位置的估计方法，其特征在于：所述步骤(32)中使用加权线性最小二乘法估计移动台的粗略位置进一步包括：

(41) 对上述步骤(31)的基本方程进行变换，得到下述公式：

$$r_1 - d_1 = 0$$

$$r_1^2 - d_2 = 0$$

$$r_2^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 - 2(x_1 - x_2)x - 2(y_1 - y_2)y - d_2 = 0$$

$$r_3^2 + x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 - 2(x_1 - x_3)x - 2(y_1 - y_3)y - d_2 = 0$$

1、一种利用信号达到时间和时间差估计移动台位置的估计方法，包括：

(1) 确定参与进行移动台定位的基站，发起所有与移动台保持连接的基站的TOA（单个信号到达时间）的测量，获得有关基站的RTT（往返时间：Round Trip Time）测量值、移动台的Rx（接收时间）-Tx（发送时间）测量值；

(2) 将上述步骤（1）得到的一组TOA的测量值转换为相应的TOA值，然后选取最小TOA值对应的基站或信号质量最好的基站为主基站；

(3) 发起与所选主基站为参考基站的TDOA测量，获得相对参考基站的一组TDOA测量值，以及RTD（相对时间差）测量值，并将所得的TDOA测量值转换为相应的TDOA值；

(4) 获取参与移动台定位的基站的坐标以及所有TOA和TDOA的有关统计信息；

(5) 利用上述步骤（4）提供的基站坐标以及所有TOA、TDOA及其相关的统计信息进行移动台的位置估计，确定移动台的最终位置估计值。

2、根据权利要求1所述的移动台位置的估计方法，其特征在于所述步骤（2）和步骤（3）中的TOA值和TDOA值的获得方法如下：

与移动台保持连接的基站TOA值 = (RTT测量值 - 移动台的Rx-Tx测量值) / 2；

相对主基站的TDOA值 = 相应的TDOA测量值 - RTD测量值。

3、根据权利要求1所述的移动台位置的估计方法，其特征在于：所述步骤（5）进一步包括下述步骤：

$$\begin{aligned}
& \dots \\
& r_m^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 - 2(x_1 - x_m)x - 2(y_1 - y_m)y - d_2 = 0 \\
& r_{21}^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 - 2(x_1 - x_2)x - 2(y_1 - y_2)y + 2r_{21}d_1 = 0 \\
& r_{31}^2 + x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 - 2(x_1 - x_3)x - 2(y_1 - y_3)y + 2r_{31}d_1 = 0 \\
& \dots \\
& r_{m1}^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 - 2(x_1 - x_m)x - 2(y_1 - y_m)y + 2r_{m1}d_1 = 0
\end{aligned}$$

式中： $i=2, m$ ，而 $m \geq 3$ ，第1个基站为主基站； $r_i = c \times \tau_i$ ， τ_i 为第*i*个基站的信号到达时间TOA， c 为信号传播的速度； $r_{i1} = c \times \tau_{i1}$ ， τ_{i1} 为第*i*个基站信号相对第1个基站信号的到达时间差TDOA； x_i 、 y_i 为第*i*个基站的几何位置坐标； $d_1 = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}$ ， $d_2 = (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2$ ； x 、 y 为待估计的移动台的几何位置坐标；

(42) 构造矩阵 h 、 Ga 、 Ksi ，将上述步骤(41)中的公式表述为下述最小二乘的形式： $\Delta = h - GaZa$ ；

式中： Δ 即为残差； Ksi 为进行最小二乘估计时的加权系数矩阵，

$$Ksi = E(\Delta\Delta^T) = c^2 BQB$$

其中： $B = \text{diag}\{1, r_1, r_2, \dots, r_m, 2(r_{21} + r_1), 2(r_{31} + r_1), \dots, 2(r_{m1} + r_1)\}$ diag 表示对角阵， Q 为TOA以及TDOA的误差的协方差矩阵，表示信号可信程度；

$$\text{式中： } \Delta \text{为残差； } Ga = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2(x_1 - x_2) & 2(y_1 - y_2) & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 2(x_1 - x_m) & 2(y_1 - y_m) & 0 & 1 \\ 2(x_1 - x_2) & 2(y_1 - y_2) & -2r_{21} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 2(x_1 - x_m) & 2(y_1 - y_m) & -2r_{m1} & 0 \end{bmatrix}_{2m \times 4},$$

$$Za = \begin{bmatrix} x \\ y \\ d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}, \quad h = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_1^2 \\ r_2^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 \\ \dots \\ r_m^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 \\ r_{21}^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 \\ \dots \\ r_{m1}^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 \end{bmatrix}_{2m};$$

(43) 根据所述矩阵h、Ga、Ksi计算Za，得到移动台位置的初步估计解。

5、根据权利要求4所述的移动台位置的估计方法，其特征在于：所述协方差矩阵Q配置为对角阵，对角线上元素为TOA以及TDOA误差的方差。

6、根据权利要求4所述的移动台位置的估计方法，其特征在于：在所述步骤（43）按下述方法计算Za：

$$Za = (Ga^T Ksi^{-1} Ga)^{-1} Ga^T Ksi^{-1} h.$$

7、根据权利要求3所述的移动台位置的估计方法，其特征在于：所述步骤（33）进一步包括：

(71) 构造矩阵 h' 、 Ga' 、 Ksi' ，确定下述最小二乘形式：

$$\Delta' = h' - Ga' Za'$$

式中 Δ' 为残差， $Ksi' = E(\Delta' \Delta'^T)$ ，并且， $Ksi' = B'(Ga^T Ksi^{-1} Ga)^{-1} B'$

，其中 $B' = \text{diag}\{2(x^0 - x_1), 2(y^0 - y_1), 2r_1^0, 1\}$ ；

$$Ga' = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad h' = \begin{bmatrix} (Z_{a,1} - x_1)^2 \\ (Z_{a,2} - y_1)^2 \\ Z_{a,3}^2 \\ Z_{a,4} \end{bmatrix}, \quad Za' = \begin{bmatrix} (x - x_1)^2 \\ (y - y_1)^2 \end{bmatrix};$$

(72) 根据所述矩阵 h' 、 Ga' 、 Ksi' 计算 Za' ，得到移动台位置的精确位置解。

8、根据权利要求7所述的移动台位置的估计方法，其特征在于：在所述步骤(71)中， x^0 ， y^0 可以使用 Za 中求得的 $Z_{a,1}$ ， $Z_{a,2}$ 来近似求解， r_1^0 用 $r_1^0 = (Z_{a,3} + \sqrt{Z_{a,4}})/2$ 来近似。

9、根据权利要求7所述的移动台位置的估计方法，其特征在于：在所述步骤(72)中按下述方法计算 Za' ：

$$Za' = (Ga'^T Ksi'^{-1} Ga')^{-1} Ga'^T Ksi'^{-1} h'。$$

10、根据权利要求3所述的移动台位置的估计方法，其特征在于：所述步骤(34)进一步包括以下步骤：

$$(101) \text{ 按照下述方法计算 } Zp' : Zp' = \pm \sqrt{Za'} + \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix},$$

其中： $Zp' = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ ，得到移动台最终位置解；

(102) 根据移动台位置的初步估计解的距离差，从上述步骤(101)中的移动台的最终位置解中，挑选对应距离差最小的解作为移动台的最终位置估计值。

11、一种利用信号达到时间和时间差估计移动台位置的装置，包括：

TOA和TDOA生成器：用于接收所有与移动台保持连接的基站的TOA与参与移动台定位的其它基站的相对于主基站的TDOA相对应的测量值，即所有与移动台保持连接的基站的RTT测量值、移动台的Rx和Tx测量值，以及相对于主基站的其它基站的TDOA测量值和RTD测量值，将上述测量值按下述

方法转换为与移动台保持连接的基站TOA值和其它基站相对于主基站的TDOA值：

与移动台保持连接的基站的TOA值 = (RTT测量值 - 移动台的Rx-Tx测量值) / 2；

相对主基站的其它基站的TDOA值= 相应的TDOA测量值 - RTD测量值；

信息数据库：用于存储参与移动台定位的所有基站的几何位置和有关的统计信息；

位置估计器：用于所述利用TOA和TDOA生成器输出的与移动台保持连接的一组TOA和相对于主基站的一组TDOA值和所述信息数据库提供的基站的几何位置以及有关的统计信息，进行移动台的位置估计，确定移动台的最终位置估计值。

12、根据权利要求1所述的估计移动台位置的装置，其特征在于：所述位置估计器包括：

存储器：用于接收包括与移动台保持连接的所有基站TOA值、相对主基站的其它基站的TDOA值、基站坐标、所有TOA以及TDOA的统计信息，进行移动台位置估计时所需的数据，以及存储移动台位置估计时产生的中间数据和最终数据；

处理器：用于根据从所述存储器得到的进行移动台位置估计所需的一组TOA数据和一组TDOA数据，利用最小二乘法进行移动台位置的估计。

利用信号达到时间和时间差估计移动台位置的方法及装置

技术领域

本发明涉及移动通信系统中的无线定位技术，具体地说涉及移动通信系统中利用信号到达时间以及时间差进行移动台定位的方法及装置。

背景技术

通常，在对移动台进行定位时，必有基站与移动台保持连接，就信号测量而言，与移动台保持连接的基站的TOA（Time Of Arrival：单个信号到达时间）测量比较容易实现，由于不同基站相对某一参考基站的TDOA（Time Difference Of Arrival：两个信号到达时间差）测量也容易实现，使得与移动台保持连接的基站的TOA测量以及相对该基站的TDOA测量容易实现。因此，在移动通信系统中通常利用时间信息对移动台进行定位，即利用TOA进行定位和利用TDOA进行定位。

一般而言，直接利用TDOA进行进行移动台的位置估计，尽管信号的到达时间差TDOA能够消除一定程度的系统误差以及部分NLOS（非可视距离：Non_Line of Sight）误差，不同基站的TDOA测量也容易实现，但移动台的位置估计的性能对移动台与基站之间的相对位置比较敏感，即该类型方法的GDOP（几何精度因子：Geomtry Dilution of Precision）性能较差，特别是当移动台靠近基站时，该方法的位置估计性能明显下降。而单存利用TOA进行位置估计时，尽管GDOP性能较好，对移动台与基站位置敏感性较低，但移动台至不同基站的TOA直接测量较难实现，同时对系统固有误差以及信号的NLOS误差无抑制作用。因此，同时采用TOA和TDOA对移

动台进行位置估计可以获得较高的精度。然而，现有方法只利用了一个与移动台保持连接的基站的TOA和其它相对于该基站的其它基站的TDOA，事实上，当移动台处于切换状态时，有多个基站与移动台保持连接，此时对移动台进行定位时，能得到多个TOA信息，同时相对某参考基站的一组TDOA信息也比较容易得到。由于现有的利用TOA以及TDOA的方法并不能将所有的TOA以及TDOA测量信息利用上，而仅仅只是对部分信息的利用，使得移动台的定位精度并不能达到理想的要求。

发明内容

本发明的目的在于，提供一种利用TOA和TDOA、精度较高的估计移动台位置的方法及装置。

为达到上述目的，本发明提供的利用信号到达时间估计移动台位置的方法，包括：

(1) 确定参与进行移动台定位的基站，发起所有与移动台保持连接的基站的TOA（单个信号到达时间）的测量，获得有关基站的RTT（往返时间：Round Trip Time）测量值、移动台的Rx（接收时间）-Tx（发送时间）测量值；

(2) 将上述步骤（1）得到的一组TOA的测量值转换为相应的TOA值，然后选取最小TOA值对应的基站为主基站；

(3) 发起与所选主基站为参考基站的TDOA测量，获得相对参考基站的一组TDOA测量值，以及RTD（相对时间差）测量值，并将所得的TDOA测量值转换为相应的TDOA值；

(4) 获取参与移动台定位的基站的坐标以及所有TOA和TDOA的有关统计信息;

(5) 利用上述步骤(4)提供的基站坐标以及所有TOA、TDOA及其相关的统计信息进行移动台的位置估计, 确定移动台的最终位置估计值。

上述步骤(5)进一步包括下述步骤:

(31) 确定利用TOA以及TDOA进行移动台位置估计的基本方程如下:

$$(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 = (r_i)^2$$

$$(\sqrt{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2} - \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2})^2 = r_{j1}^2$$

式中: $i=1, 2, \dots, m$, $j=2, \dots, m$, 而 $m \geq 3$, i 等于1的基站为移动台所属的主基站; $r_i = c \times \tau_i$, τ_i 为第 i 个基站的信号到达时间TOA, $r_{j1} = c \times \tau_{j1}$, τ_{j1} 为第 j 个基站相对主基站的信号到达时间差TDOA, c 为信号传播的速度(光速); x_i 、 y_i 为第 i 个基站的几何位置坐标。 x 、 y 为待估计的移动台的几何位置坐标。

(32) 根据上述步骤(31)的基本方程, 使用加权线性最小二乘法估计移动台的粗略位置, 得到移动台位置的初步估计解;

(33) 对上述步骤(32)得到的移动台的位置估计值再次使用加权线性最小二乘法进行优化, 降低所述位置估计值之间的相关性影响;

(34) 根据上述步骤(33)得到的移动台的优化位置估计值, 确定移动台最终的位置估计值。

其中所述步骤(32)中使用加权线性最小二乘法估计移动台的粗略位置进一步包括:

(41) 对上述步骤(31)的基本方程进行变换,得到下述公式:

$$r_1 - d_1 = 0$$

$$r_1^2 - d_2 = 0$$

$$r_2^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 - 2(x_1 - x_2)x - 2(y_1 - y_2)y - d_2 = 0$$

$$r_3^2 + x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 - 2(x_1 - x_3)x - 2(y_1 - y_3)y - d_2 = 0$$

...

$$r_m^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 - 2(x_1 - x_m)x - 2(y_1 - y_m)y - d_2 = 0$$

$$r_{21}^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 - 2(x_1 - x_2)x - 2(y_1 - y_2)y + 2r_{21}d_1 = 0$$

$$r_{31}^2 + x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 - 2(x_1 - x_3)x - 2(y_1 - y_3)y + 2r_{31}d_1 = 0$$

...

$$r_{m1}^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 - 2(x_1 - x_m)x - 2(y_1 - y_m)y + 2r_{m1}d_1 = 0$$

式中: $i=2, m$, 而 $m \geq 3$, 第1个基站为主基站; $r_i = c \times \tau_i$, τ_i 为第*i*个基站的信号到达时间TOA, c 为信号传播的速度; $r_{i1} = c \times \tau_{i1}$, τ_{i1} 为第*i*个基站信号相对第1个基站信号的到达时间差TDOA; x_i 、 y_i 为第*i*个基站的几何位置坐标; $d_1 = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}$, $d_2 = (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2$; x 、 y 为待估计的移动台的几何位置坐标;

(42) 构造矩阵 h 、 G 、 K_{si} , 将上述步骤(41)中的公式表述为下述最小二乘的形式: $\Delta = h - GaZa$;

式中: Δ 即为残差; K_{si} 为进行最小二乘估计时的加权系数矩阵,

$$K_{si} = E(\Delta\Delta^T) = c^2 B Q B$$

其中: $B = \text{diag}\{1, r_1, r_2, \dots, r_m, 2(r_{21} + r_1), 2(r_{31} + r_1), \dots, 2(r_{m1} + r_1)\}$ diag 表示对角阵, Q 为TOA以及TDOA的误差的协方差矩阵,表示信号可信程度;

式中： Δ 为残差； $Ga = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2(x_1 - x_2) & 2(y_1 - y_2) & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 2(x_1 - x_m) & 2(y_1 - y_m) & 0 & 1 \\ 2(x_1 - x_2) & 2(y_1 - y_2) & -2r_{21} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 2(x_1 - x_m) & 2(y_1 - y_m) & -2r_{m1} & 0 \end{bmatrix}_{2m \times 4}$ ，

$$Za = \begin{bmatrix} x \\ y \\ d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}, \quad h = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_1^2 \\ r_2^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 \\ \dots \\ r_m^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 \\ r_{21}^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 \\ \dots \\ r_{m1}^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 \end{bmatrix}_{2m};$$

(43) 根据所述矩阵 h 、 Ga 、 Ksi 计算 Za ，得到移动台位置的初步估计解。

在所述步骤（43）中，按下述方法计算 Za ：

$$Za = (Ga^T Ksi^{-1} Ga)^{-1} Ga^T Ksi^{-1} h.$$

所述步骤（33）进一步包括：

(71) 构造矩阵 h' 、 Ga' 、 Ksi' ，确定下述最小二乘形式：

$$\Delta' = h' - Ga' Za'$$

式中 Δ' 为残差， $Ksi' = E(\Delta' \Delta'^T)$ ，并且， $Ksi' = B'(Ga^T Ksi^{-1} Ga)^{-1} B'^T$ ，

其中 $B' = \text{diag}\{2(x^0 - x_1), 2(y^0 - y_1), 2r_1^0, 1\}$ ；

$$Ga' = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad h' = \begin{bmatrix} (Z_{a,1} - x_1)^2 \\ (Z_{a,2} - y_1)^2 \\ Z_{a,3}^2 \\ Z_{a,4} \end{bmatrix}, \quad Za' = \begin{bmatrix} (x - x_1)^2 \\ (y - y_1)^2 \end{bmatrix};$$

(72) 根据所述矩阵 h' 、 Ga' 、 Ksi' 计算 Za' ，得到移动台位置的精确位置解。

在所述步骤(72)中，按下述方法计算 Za' ：

$$Za' = (Ga'^T Ksi'^{-1} Ga')^{-1} Ga'^T Ksi'^{-1} h'。$$

所述步骤(34)进一步包括以下步骤：

(101) 按照下述方法计算 Zp' ： $Zp' = \pm \sqrt{Za'} + \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$ ，

其中： $Zp' = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ ，得到移动台最终位置解；

(102) 根据移动台位置的初步估计解的距离差，从上述步骤(101)中的移动台的最终位置解中，挑选对应距离差最小的解作为移动台的最终位置估计值。

本发明同时还提供了一种利用信号达到时间估计移动台位置的装置，包括：

TOA和TDOA生成器：用于接收所有与移动台保持连接的基站的TOA与参与移动台定位的其它基站的相对于主基站的TDOA相对应的测量值，即所有与移动台保持连接的基站的RTT测量值、移动台的Rx和Tx测量值，以及相对于主基站的其它基站的TDOA测量值和RTD测量值，将上述测量值按下述方法转换为与移动台保持连接的基站TOA值和其它基站相对于主基站的TDOA值：

与移动台保持连接的基站的TOA值 = (RTT测量值 - 移动台的Rx-Tx测量值) / 2；

相对主基站的其它基站的TDOA值 = 相应的TDOA测量值 - RTD测量值；

信息数据库：用于存储参与移动台定位的所有基站的几何位置和有关的统计信息；

位置估计器：用于所述利用TOA和TDOA生成器输出的与移动台保持连接的一组TOA和相对于主基站的一组TDOA值和所述信息数据库提供的基站的几何位置以及有关的统计信息，进行移动台的位置估计，确定移动台的最终位置估计值。

所述位置估计器包括：

存储器：用于接收包括与移动台保持连接的所有基站TOA值、相对主基站的其它基站的TDOA值、基站坐标、所有TOA以及TDOA的统计信息，进行移动台位置估计时所需的数据，以及存储移动台位置估计时产生的中间数据和最终数据；

处理器：用于根据从所述存储器得到的进行移动台位置估计所需的一组TOA数据和一组TDOA数据，利用最小二乘法进行移动台位置的估计。

由于本发明能够综合利用与移动台保持连接的多个基站的一组TOA和相对主基站的其它基站的一组TDOA，利用最小二乘法进行移动台位置估计，更适合于移动台处于切换状态下的定位，这样，本发明在移动台的位置估计过程中充分利用了全部的TOA和TDOA信息，因此更能综合TDOA与TOA方法的优点，使移动台的位置估计精度以及GDOP性能进一步得到提高；同时本发明进行位置估计过程中无须迭代求解，运算量小，位置估计所需时间也较少，因此采用本发明可以使同一时间段内的系统处理的定位请求数量明显增加。

附图说明

图1是本发明所述方法进行移动台位置估计的几何原理图；

图2是本发明所述方法的实施例流程图；

图3是图2中步骤5的具体实施例流程图；

图4是本发明所述装置的实施例框图；

图5是图4所述的位置估计器的实施例框图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明作进一步详细的描述。

发明提出的方法和装置适用于3个或3个以上的基站参与对移动台进行位置估计。图1给出了综合利用与移动台保持连接的多个基站的一组TOA以及相对于主基站的其它基站的TDOA进行移动台位置估计的几何原理图。图1中，不同圆和双曲线的交点即为移动台的位置，当TOA以及TDOA存在误差时，曲线将不交于一点，而是大致区域。

图2是本发明所述方法的实施例流程图。按照图2实施本发明共具有5个步骤，步骤1确定参与进行移动台定位的基站，发起所有与移动台保持连接的基站的TOA（单个信号到达时间）的测量，获得有关基站的RTT（往返时间：Round Trip Time）测量值、移动台的Rx（接收时间）-Tx（发送时间）测量值；在步骤2将上述步骤1得到的一组TOA的测量值转换为相应的TOA值，然后选取最小TOA值对应的基站为主基站；在步骤3发起与所选主基站为参考基站的TDOA测量，获得相对参考基站的一组TDOA测量值，以及RTD（相对时间差）测量值，并将所得的TDOA测量值转换为相应的TDOA值；在步骤4获取参与移动台定位的基站的坐标以及所有TOA和TDOA的有关统计信息；最后在步骤5利用上述步骤4得到的基站坐标以及所有

TOA、TDOA及其相关的统计信息进行移动台的位置估计，确定移动台的最终位置估计值。

上述步骤5的具体实施过程参考图3。图3中所述的流程主要包括三部分内容，第一部分是步骤41到步骤43，采用加权线性最小二乘法得到移动台位置的初步估计解。

首先在步骤41确定利用TOA以及TDOA进行移动台位置估计的基本方程如下：

$$\begin{aligned} (x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 &= (r_i)^2 \\ (\sqrt{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2} - \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2})^2 &= r_{j1}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

式中： $i=1, 2, \dots, m$ ， $j=2, \dots, m$ ，而 $m \geq 3$ ， i 等于1的基站为移动台所属的主基站； $r_i = c \times \tau_i$ ， τ_i 为第 i 个基站的信号到达时间TOA， $r_{j1} = c \times \tau_{j1}$ ， τ_{j1} 为第 j 个基站相对主基站的信号到达时间差TDOA， c 为信号传播的速度（光速）； x_i 、 y_i 为第 i 个基站的几何位置坐标。 x 、 y 为待估计的移动台的几何位置坐标。

在步骤42，首先对上述步骤41的基本方程进行变换，得到下述公式：

$$r_1 - d_1 = 0$$

$$r_1^2 - d_2 = 0$$

$$r_2^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 - 2(x_1 - x_2)x - 2(y_1 - y_2)y - d_2 = 0$$

$$r_3^2 + x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 - 2(x_1 - x_3)x - 2(y_1 - y_3)y - d_2 = 0$$

...

$$r_m^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 - 2(x_1 - x_m)x - 2(y_1 - y_m)y - d_2 = 0$$

$$r_{21}^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 - 2(x_1 - x_2)x - 2(y_1 - y_2)y + 2r_{21}d_1 = 0$$

$$r_{31}^2 + x_1^2 - x_3^2 + y_1^2 - y_3^2 - 2(x_1 - x_3)x - 2(y_1 - y_3)y + 2r_{31}d_1 = 0$$

$$r_{m1}^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 - 2(x_1 - x_m)x - 2(y_1 - y_m)y + 2r_{m1}d_1 = 0 \quad (2)$$

...
 式中： $i=2,..,m$ ，而 $m \geq 3$ ，第1个基站为主基站； $r_i = c \times \tau_i$ ， τ_i 为第*i*个基站的信号到达时间TOA， c 为信号传播的速度； $r_{i1} = c \times \tau_{i1}$ ， τ_{i1} 为第*i*个基站信号相对第1个基站信号的到达时间差TDOA； x_i 、 y_i 为第*i*个基站的几何位置坐标； $d_1 = \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2}$ ， $d_2 = (x-x_1)^2 + (y-y_1)^2$ ； x 、 y 为待估计的移动台的几何位置坐标。实际中，若TOA以及TDOA的数量不是一一对应时，可以根据相应的TOA与TDOA的关系将不足的TOA或TDOA补足。例如，如果缺少第3个基站的 τ_3 ，可利用 $\tau_3 = \tau_{31} + \tau_1$ 的关系将 τ_3 补齐，使之满足公式（2）的形式。另外也可在构造矩阵 h 、 Ga 、 Ksi 时，将缺少TOA或TDOA所对应的行去掉，其他不变化。

然后构造矩阵 h 、 Ga 、 Ksi ，将上述步骤41中的公式表述为下述最小二乘的形式：

$$\Delta = h - GaZa \quad (3) ;$$

最小二乘的目的是使 $\|\Delta\|^2$ 最小。

式中： Δ 即为残差； Ksi 为进行最小二乘估计时的加权系数矩阵，

$$Ksi = E(\Delta\Delta^T) = c^2 BQB \quad (4) ;$$

其中： $B = diag\{1, r_1, r_2, \dots, r_m, 2(r_{21} + r_1), 2(r_{31} + r_1), \dots, 2(r_{m1} + r_1)\}$ $diag$ 表示对角阵， Q 为TOA以及TDOA的误差的协方差矩阵，表示信号可信程度；

$$Ga = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2(x_1 - x_2) & 2(y_1 - y_2) & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 2(x_1 - x_m) & 2(y_1 - y_m) & 0 & 1 \\ 2(x_1 - x_2) & 2(y_1 - y_2) & -2r_{21} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 2(x_1 - x_m) & 2(y_1 - y_m) & -2r_{m1} & 0 \end{bmatrix}_{2m \times 4},$$

$$Za = \begin{bmatrix} x \\ y \\ d_1 \\ d_2 \end{bmatrix}, \quad h = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_1^2 \\ r_2^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 \\ \dots \\ r_m^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 \\ r_{21}^2 + x_1^2 - x_2^2 + y_1^2 - y_2^2 \\ \dots \\ r_{m1}^2 + x_1^2 - x_m^2 + y_1^2 - y_m^2 \end{bmatrix}_{2m};$$

在步骤43，根据所述矩阵h、Ga、Ksi计算Za，假设x、y、d1、d2相互独立，利用加权线性最小二乘求解Za，

$$Za = (Ga^T Ksi^{-1} Ga)^{-1} Ga^T Ksi^{-1} h \quad (5)$$

进而得到移动台位置的初步估计解。

由于实际中TOA、TDOA测量误差的存在，以及系统有可能提供冗余的测量信息，使得从公式（5）中得到的移动台位置数据精度不高。因此图3中所述的流程的第二部分，是步骤44到步骤45，再次采用加权线性最小二乘法，降低x、y、d1、d2之间的相关性的影响。

在步骤44，构造矩阵 h' 、 Ga' 、 Ksi' ，确定下述最小二乘形式：

$$\Delta' = h' - Ga' Za' \quad (6)$$

最小二乘的目的是使 $\|\Delta'\|^2$ 最小。

式中 Δ' 为残差, $Ksi' = E(\Delta' \Delta'^T)$, 并且, $Ksi' = B'(Ga^T Ksi^{-1} Ga)^{-1} B'$,

其中 $B' = diag\{2(x^0 - x_1), 2(y^0 - y_1), 2r_1^0, 1\}$;

$$Ga' = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, h' = \begin{bmatrix} (Z_{a,1} - x_1)^2 \\ (Z_{a,2} - y_1)^2 \\ Z_{a,3}^2 \\ Z_{a,4} \end{bmatrix}, Za' = \begin{bmatrix} (x - x_1)^2 \\ (y - y_1)^2 \end{bmatrix};$$

所述 x^0 、 y^0 实际中可以使用 Za 中求得的 $Z_{a,1}$ 、 $Z_{a,2}$ 来近似求解, r_1^0 用 $r_1^0 = (Z_{a,3} + \sqrt{Z_{a,4}})/2$ 来近似。

在步骤45, 根据所述矩阵 h' 、 Ga' 、 Ksi' 计算 Za' , 也就是利用 x 、 y 、 d_1 、 d_2 间的联系以及 Za 的协方差矩阵, 用最小二乘估计来求解 $Za' = \begin{bmatrix} (x - x_1)^2 \\ (y - y_1)^2 \end{bmatrix}$ 。具体的计算公式如下:

$$Za' = (Ga'^T Ksi'^{-1} Ga')^{-1} Ga'^T Ksi'^{-1} h' \quad (8)$$

进而得到移动台位置的精确位置解。

图3中所述的流程的第三部分, 是步骤46到步骤47, 从上述式(8)得到的解中, 挑选出移动台的最终位置估计值。

在步骤46, 构造矩阵 $Zp' = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$, 然后按照下述方法计算 Zp' :

$$Zp' = \pm \sqrt{Za'} + \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

进而得到移动台的最终位置解;

由于公式(9)得到的最终移动台位置的解的形式有四个, 而其中只有一个是需要的位置估计值, 所以, 本实施例采用的策略为: 根据移动台

位置的初步估计解的距离差，从上述移动台的最终位置解中，挑选对应距离差最小的解作为移动台的最终位置估计值。

图4是本发明所述装置的实施例框图。图4 描述的利用信号达到时间估计移动台位置的装置204，包括：

TOA和TDOA生成器201：用于接收所有与移动台保持连接的基站的TOA与参与移动台定位的其它基站的相对于主基站的TDOA相对应的测量值，即所有与移动台保持连接的基站的RTT测量值、移动台的Rx和Tx测量值，以及相对于主基站的其它基站的TDOA测量值和RTD测量值，将上述测量值按下述方法转换为与移动台保持连接的基站TOA值和其它基站相对于主基站的TDOA值：

与移动台保持连接的基站的TOA值 = (RTT测量值 - 移动台的Rx-Tx测量值) / 2；

相对主基站的其它基站的TDOA值= 相应的TDOA测量值 - RTD测量值；

信息数据库202：用于存储参与移动台定位的所有基站的几何位置和有关的统计信息；

位置估计器203：用于所述利用TOA和TDOA生成器输出的与移动台保持连接的一组TOA和相对于主基站的一组TDOA值和所述信息数据库提供的基站的几何位置以及有关的统计信息，进行移动台的位置估计，确定移动台的最终位置估计值。

首先TOA和TDOA生成器201选取与移动台保持连接的所有基站的TOA的有关测量，TOA和TDOA生成器201将所得的TOA有关测量值转换成相应的TOA值，然后选取最小TOA值所对应的基站作为主基站；接着发起

以所选主基站为参考基站的TDOA测量，TOA和TDOA生成器201将所得的TDOA有关测量值转换成相应的TDOA值；信息数据库202用于提供相应的基站坐标，以及TOA和TDOA的有关统计信息，由位置估计器203采用多个TOA加多个TDOA算法进行位置估计，最后位置估计器（203）给出移动台位置估计值，

所述位置估计器203包括：

存储器301：用于接收包括与移动台连接的所有基站的TOA值、相对主基站的其它基站的TDOA值、基站坐标、TOA以及TDOA的统计信息，进行移动台位置估计时所需的数据，以及存储移动台位置估计时产生的中间数据和最终数据；

处理器302：用于根据从所述存储器得到的进行移动台位置估计所需的数据，利用最小二乘法进行移动台位置的估计。

移动台位置估计的具体运算时，处理器302可以按照式（1）到式（9）的公式和要求运算得到。预算涉及到的中间数据和最终数据存储存储在存储器301中。

下面是本发明所述装置的一个具体应用的实例。

根据3GPP2（第三代伙伴工程2）的有关协议，WCDMA（宽带码分多址）系统中，基本的定位测量值为有关基站的RTT测量值、移动台的Rx、Tx测量值、相对主基站的一组TDOA测量值，以及表示不同基站之间的时差关系的RTD测量，其中RTT的测量必须是针对与移动台保持了连接的基站。此时采用发明的方法进行移动台位置估计的过程如以下描述：

首先TOA和TDOA生成器201将测量值转换成相应的TOA和TDOA值，
具体的转换公式为：

保持连接的基站TOA值 = (基站的RTT测量值 - 对应UE的Rx-Tx测量
值) / 2;

相对主基站的TDOA值 = 相应的TDOA测量值 - RTD测量;

其次将多个基站TOA值以及多个TDOA值输入位置估计器203。然后信息数据库202提供与TOA、TDOA相对应的基站坐标以及统计信息，最后位置估计器203根据得到的数据，利用多个TOA和多个TDOA等信息进行位置估计，进而得出移动台位置。

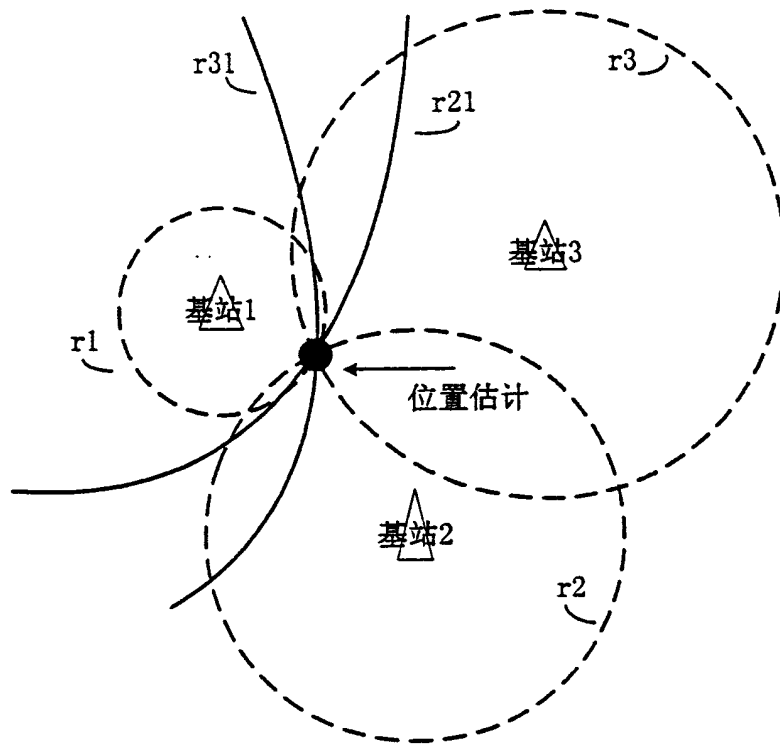


图1

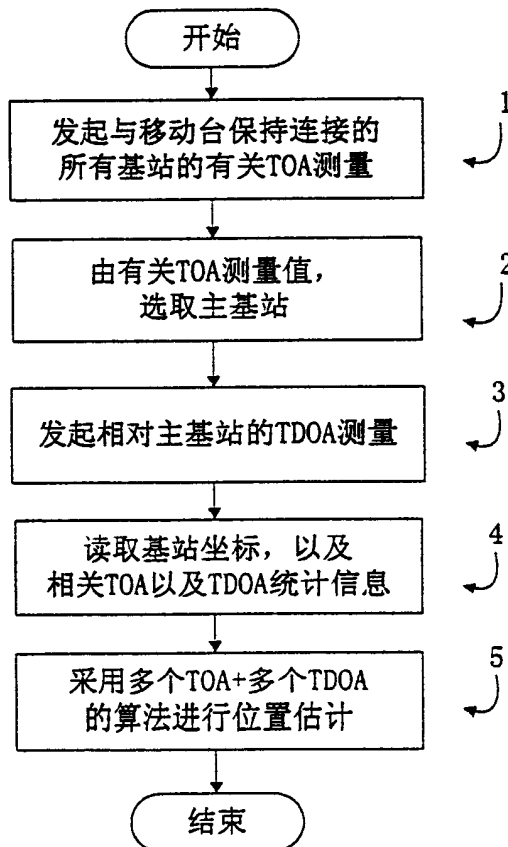


图2

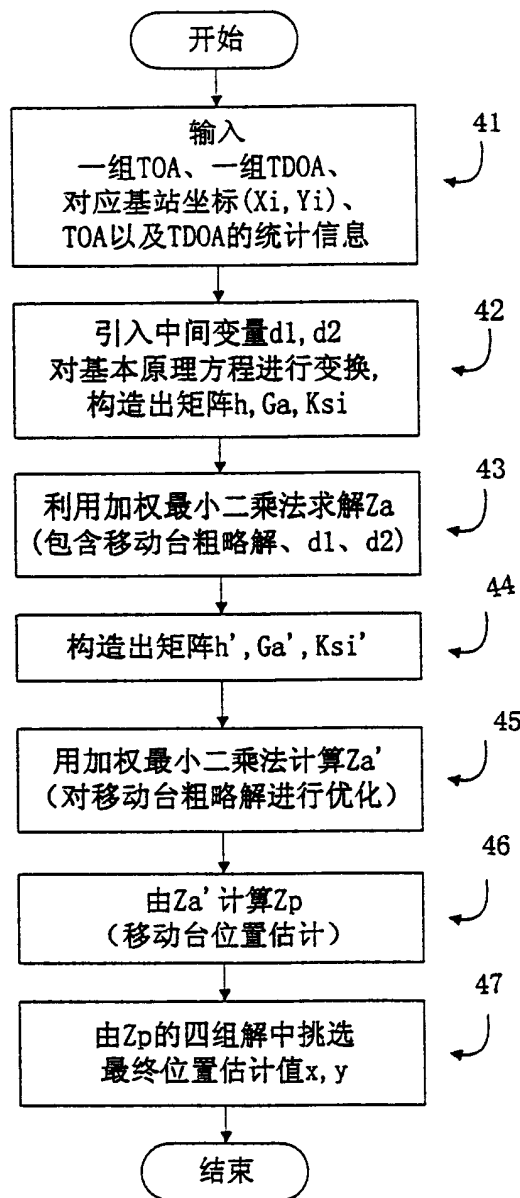


图 3

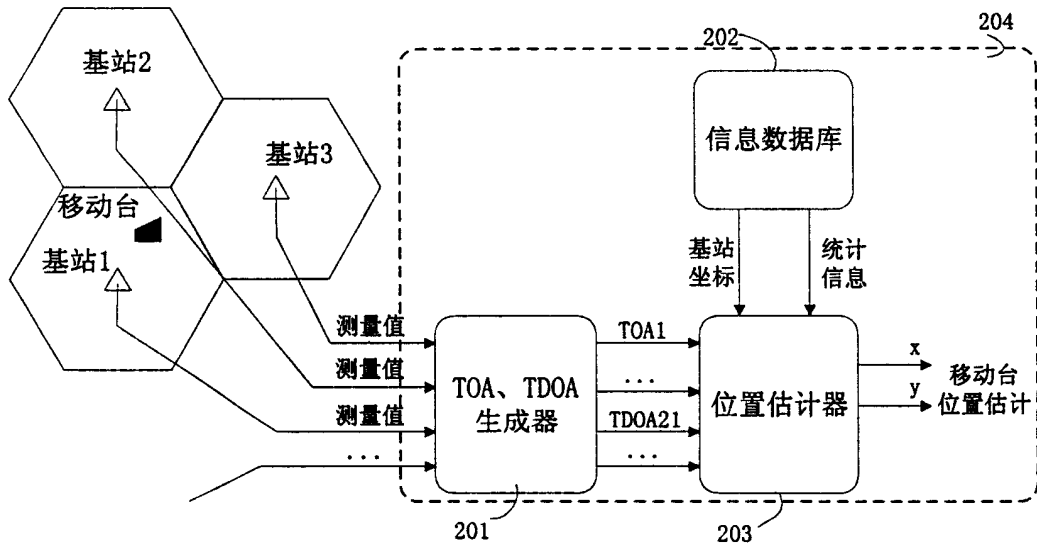


图4

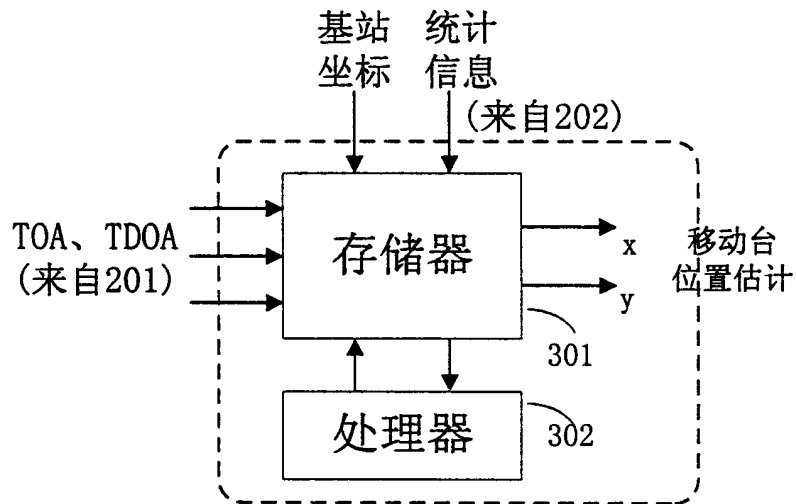


图5