[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
G01S 3/02

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01822217.X

[43] 公开日 2004 年 4 月 7 日

[11] 公开号 CN 1488076A

[22] 申请日 2001.12.19 [21] 申请号 01822217.X
[30] 优先权
[32] 2001. 1. 5 [33] US [31] 09/755,708
[86] 国际申请 PCT/US01/48986 2001.12.19
[87] 国际公布 WO02/054100 英 2002.7.11
[85] 进入国家阶段日期 2003.7.23
[71] 申请人 摩托罗拉公司
地址 美国伊利诺斯
[72] 发明人 尼尔·K·帕特瓦利
罗伯特·J·欧迪 弗农·A·阿伦
马修·R·伯金斯
莫尼克·J·伯格尔斯

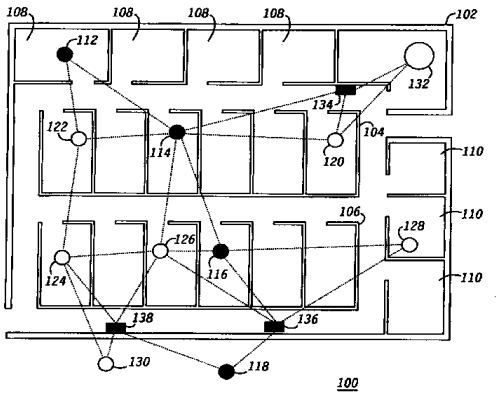
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 朱海波

权利要求书 14 页 说明书 26 页 附图 9 页

[54] 发明名称 用于位置估计的方法和装置

[57] 摘要

一种系统，用于通过测量在已知位置设备(112－118、134－138、214－218、224－228)和未知位置设备(120－130、222)之间发送的信号和在未知位置设备对(120－130、222)之间发送的信号，把信号测量值输入到包括多个第一子表达式的图形函数，其中所述多个子表达式包括信号测量预测子表达式并且当一个预测信号测量值等于实际信号测量值时具有极值，以及优化该图形函数而定位多个设备(112－130)。



ISSN1008-4274

1. 一种估计无线设备的未知位置的方法，该方法包括如下步骤：

接收在第一和第二无线设备之间发送的第一信号的测量值，以获得一个信号测量值，以及

优化基于该信号测量值、用于该第一无线设备的一组假定坐标以及用于第二无线设备的一组假定坐标的函数。

2.根据权利要求 1 所述的方法，其中接收一个信号的测量值的步骤包括如下分步骤：

接收一个偏移时间的测量值，该偏移时间取决于第二信号从第一设备发送到第二设备的第一时间和响应该第二信号在被第二设备发送之后的第一信号被在第一设备接收的第二时间之差。

3.根据权利要求 1 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括优化一个包含如下形式的子表达式的函数的分步骤：

$$Sub_Exp_9 = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j \in H_i, j \neq i} \int_{p_{i,j} - p_{thresh}}^{\infty} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{S}{\sigma_{db}} \right)^2 \right] dS$$

其中 i 是表示在位置估计计算中所涉及的第 i 个无线设备的第一指标，

j 为表示在位置估计计算中涉及的第 j 个无线设备的第二指标，

N 为在估计相互位置中涉及的无线设备的数目，

H_i 为在第 i 个无线设备的范围内的所有无线设备的集合，

$P_{i,j}$ 为根据信道衰减模型和第 i 和第 j 个设备的假定坐标的 $P'_{i,j}$ 的估计值，以及

σ_{dB} 为用于测量值 $P'_{i,j}$ 的测量处理的标准偏差，以及

P_{thresh} 是可以由无线设备所检测的阈值功率。

4.根据权利要求 1 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括优化一个包含如下形式的子表达式的函数的分步骤：

$$Sub_Exp_10=\prod_{i\in R}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i-x'_i}{\sigma_x}\right)^2-\frac{1}{2}\left(\frac{y_i-y'_i}{\sigma_y}\right)^2-\frac{1}{2}\left(\frac{z_i-z'_i}{\sigma_x}\right)^2\right]$$

其中（x'_i,y'_i,z'_i）为用于通过使用参考位置技术确定的第 i 个参考设备的一组坐标，

（x_i,y_i,z_i）是用于第 i 个无线设备的一组假定坐标，

R 是在确定具有参考定位技术的在确定相互位置中涉及的无线设备的子集，以及

σ_x，σ_y，σ_z分别为能够测量参考设备的 x、y 和 z 坐标的参考定位技术的标准偏差。

5.根据权利要求 1 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括优化一个包含如下形式的子表达式的函数的分步骤：

$$GF1=\frac{b^2}{8}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j\in H_i}^{i-1}\left(\ln\frac{d'^2_{i,j}}{d^2_{i,j}}\right)^2$$

$$-\sum_{i=1}^{N}\sum_{j\in H_i,j\neq i}\ln\left\{\int_{\frac{b}{2}\ln\frac{dth^2}{d_{i,j}^2}}^{\infty}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{S}{\sigma_{db}}\right)^2\right]dS\right\}+\frac{1}{2}\sum_{i\in R}d_{i'i'}^2$$

其中

$$b=10n/(\sigma_{db}\ln 10),$$

$$d_{i',i'}=\left(\frac{(x_i-x'_i)^p}{\sigma_x^2}+\frac{(y_i-y'_i)^p}{\sigma_y^2}+\frac{(z_i-z'_i)^p}{\sigma_z^2}+\right)^{(1/2)}$$

$d'_{i,j}$是在由一个信号功率测量所确定的第 i 个设备和第 j 个设备之间的距离，

$$d_{i,j}=\sqrt{(X_i-X_j)^2+(Y_i-Y_j)^2+(Z_i-Z_j)^2}$$

(x'_i,y'_i,z'_i)为用于通过使用参考位置技术确定的第 i 个参考设备的一组坐标，

(x_i,y_i,z_i)是用于第 i 个无线设备的一组假定坐标，

σ_x，σ_y，σ_z分别为能够测量参考设备的 x、y 和 z 坐标的参考定位技术的标准偏差，

σ_{dB}为用于进行信号功率测量的测量处理的标准偏差，以及

d_{th}为一个接收无线设备与一个发送无线设备之间相分离使得所接收的信号处于用于检测的阈值电平的距离。

6.根据权利要求 1 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括优化一个包含如下形式的子表达式的函数的分步骤：

$$Sub_Exp_11=\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\theta_i-\arctan\left(\frac{y_i-y_s}{x_i-x_s}\right)}{\sigma_\theta}\right)^2\right\}$$

其中 x_i 为第 i 个设备的假定 x 坐标，

y_i 为第 i 个设备的假定 y 坐标，

x_s 为具有一个小型天线的设备的 x 坐标，

y_s 为具有一个小型天线的设备的 y 坐标，

θ_i 为通过小型天线 DOA 算法所测量的到第 i 个设备的角度，以及

σ_θ 为表示 θi 测量值中的误差的标准偏差。

7.根据权利要求 1 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括优化一个包含如下形式的子表达式的函数的分步骤：

$$\text{Sub_Exp_12} = \prod_{i=1}^{N} \prod_{k=1}^{m(i)} \prod_{j=k+1}^{m(i)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{angle_meas(i,j,k) - angle_post(i,j,k)}{\sigma_{angle}}\right)^2\right\}$$

其中 angle_meas(i,j,k)是在第 i 个设备使用小型天线测量的在向着第 j 个设备的方向和向着第 k 个设备的方向所测量的差值，

σ_{angle}是在测量 angle_meas(i,j,k)中的误差的标准偏差，

m(i)是在第 i 个设备的范围内的多个无线设备，

angle_post(i,j,k)使用余弦定律来计算:

$$\pi - \arccos\left(\frac{c^2 - a^2 - b^2}{ab}\right)$$

其中

$$a = \sqrt{\left((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2\right)}$$

$$b = \sqrt{\left((x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2 + (z_i - z_k)^2\right)}$$

$$c = \sqrt{\left((x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2 + (z_j - z_k)^2\right)}$$

其中 (X_i,Y_i,Z_i) (X_j,Y_j,Z_j) (X_k,Y_k,Z_k) 分别是第 i 个、第 j 个和第 k 个无线设备的假定坐标。

8.根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括如下步骤:

从一个加速计检测一个信号，并且

响应对该信号的检测，开始测量一个信号的步骤以及优化步骤。

9.根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括如下步骤:

根据该测量值计算第一和第二无线设备之间的距离。

10.根据权利要求 1 所述的方法，其中优化步骤包括一个分步骤：

根据一个统计模型参数优化一个函数。

11.根据权利要求 10 所述的方法，其中优化步骤包括一个分步骤：

根据信号测量值的标准偏差优化一个函数。

12.根据权利要求 1 所述的方法，其中包括如下步骤：

确定第三设备和第一设备在相互之间的范围之外。

13.根据权利要求 12 所述的方法，其中优化步骤包括分步骤：

优化一个函数，其包括取决于第一和第三设备之间的距离一个子表达式，其根据用于第一设备的假定坐标的一组假定坐标而确定，并且是第一和第三设备之间的距离的一个单调函数。

14.根据权利要求 13 所述的方法，其中优化步骤包括如下分步骤：

优化一个函数，其包括取决于第一和第三设备之间的距离一个子表达式，其根据用于第一设备的假定坐标的一组假定坐标而确定，并且当第一和第三设备之间的距离增加时渐近地逼近一个固定值。

15.根据权利要求 12 所述的方法，其中该优化步骤包括分步骤：

优化一个函数，其包括取决于第一和第三设备之间的距离一个子表达式，其根据用于第一设备的假定坐标的一组假定坐标而确定，并且在大于用于在第一和第三设备之间通信的一个阈值距离的距离处具有一个极值。

16. 根据权利要求 1 所述的方法，其中该优化步骤包括分步骤：

优化一个函数，其包括取决于第一设备的假定坐标的第一子表达式，以及取决于第一设备的假定坐标的第二子表达式。

17. 根据权利要求 16 所述的方法，其中该优化步骤包括分步骤：

优化一个函数，其包括取决于第一设备的假定坐标的第一子表达式，取决于第一设备的假定坐标的第二子表达式，以及取决于第二设备的假定坐标的第三子表达式。

18.根据权利要求 1 所述的方法，其中进一步包括如下步骤：

接收在第二设备和第一参考设备之间发送的第二信号的测量值。

19.根据权利要求 1 所述的方法，其中该优化步骤包括分步骤：

优化一个函数，其包括取决于用于第一参考设备的假定坐标的一个子表达式。

20.根据权利要求 19 所述的方法，其中接收在第二设备和第一参考设备之间发送的第一信号的测量值的步骤包括如下分步骤：

接收到达第一参考设备的信号的角度的测量值，以获得第一角度测量值，以及

其中该优化步骤包括分步骤：

优化一个函数，其包括取决于第二设备的假定坐标的一个子表达式和第一角度测量值。

21.根据权利要求 20 所述的方法，其中接收一个信号的测量值的步骤包括如下分步骤：

接收从第二设备到达第一参考设备的信号的第一角度的测量值，以获得第一角度测量值。

22.根据权利要求 21 所述的方法，其中进一步包括如下步骤：

接收从第三设备到达第一设备的第二信号的第二角度的测量值，以获得第二角度测量值。

23.根据权利要求 22 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括如下分步骤：

优化基于第一角度测量值和第二角度测量值之差和用于第一、第二和第三设备的假定坐标的一个函数。

24.根据权利要求 1 所述的方法，优化该函数的步骤包括如下分步骤：

优化包括第一子表达式的一个函数，其根据该假定坐标给出一个预测信号测量值。

25.根据权利要求 24 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括如下分步骤：

优化包括第一子表达式并且当该信号测量值等于预测信号测量值时具有一个极值的一个函数

26.根据权利要求 25 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括如下分步骤：

优化包括信道模型的一个函数，其根据该假定坐标预测该信号测量值。

27.根据权利要求 26 所述的方法，其中进一步包括如下步骤：

在一个参考设备进行信号测量，以获得一个参考测量值，

获得用于该参考设备的位置估计，以及

通过把该信道模型拟合到包括位置估计和参考测量值的数据而选择信道模型参数。

28.根据权利要求 27 所述的方法，其中优化包括一个信道衰减模型的函数的步骤包括如下分步骤：

优化包括如下形式的信道衰减模型子表达式的一个函数：

$$P_{i,j} = P_o(d_0) - 10n\log\left(\frac{d_{i,j}}{d_o}\right) \quad \text{(CH_A_1)}$$

d_o是用于进行参考测量的一个参考距离，

其中 $P_{i,j}$是以分贝为单位的预测从第二设备到第一设备的功率，

P_o是在校正距离的一个功率测量值，

$$d_{i,j} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + (Z_i - Z_j)^2}$$

其中（X_i,Y_i,Z_i）是用于第一设备的一组假定坐标，以及

（X_j,Y_j,Z_j）是用于第二设备的一组假定坐标，以及

n 是为给定环境经验确定的参数，其表示作为距离的函数的功率损耗。

29.根据权利要求 28 所述的方法，其中进一步包括如下步骤:

接收在第一参考设备和第二参考设备之间发送的功率的测量值，以获得第一功率测量值，

获得用于第一和第二参考设备的位置估计，

通过把该信道衰减模型拟合到第一功率测量值和用于第一和第二参考设备的位置估计而选择数值 n。

30.根据权利要求 26 所述的方法，其中优化包括信道衰减模型的函数的步骤包括如下分步骤:

优化包括如下形式的信道衰减模型的函数:

$$P_{i,j} = P_o(d_0) - 10n\log\left(\frac{d_{i,j}}{d_o}\right) - \sum_{l=1}^{M} X_l A_{i,j}^l$$

其中 d_o是用于进行参考测量的一个参考距离，

$P_{i,j}$是以分贝为单位的预测从第 j 个设备到第 i 个设备的功率，

P_o是在校正距离的一个功率测量值，

$$d_{i,j}=\sqrt{(X_i-X_j)^2+(Y_i-Y_j)^2+(Z_i-Z_j)^2}$$

其中（X_i,Y_i,Z_i）是用于第 i 个设备的一组假定坐标，以及

（X_j,Y_j,Z_j）是用于第 j 个设备的一组假定坐标，以及

n 是为给定环境经验确定的参数，其表示作为距离的函数的功率损耗，

M 是在特定环境中的障碍物的类型数目，

X_l 是在该环境中的障碍物的第 l 个类型的衰减，

$A^l_{i,j}$ 是被第 i 个和第 j 个设备的假定位置之间的一条直线所截取的第 l 个类型的障碍物的数目。

31.根据权利要求 30 所述的方法，其中进一步包括如下步骤:

执行参考设备之间的多个信号测量，以获得多个参考信号测量值，

对在多个信号测量值中所涉及的参考设备获得位置估计，以及

通过把该信道衰减模型拟合到多个参考信号测量值和位置估计而确定用于 $A^l_{i,j}$ 和 n 的数值。

32.根据权利要求 31 所述的方法，其中执行多个测量的步骤包括如下分步骤:

执行参考设备之间的至少 M+2 个信号的测量，以获得多个参考信号测量值。

33.根据权利要求 1 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括如下分步骤:

优化包括如下形式的子表达式的一个函数:

$$Sub_Exp_11=\prod_{i=1}^{N}\prod_{j\in H_i,j\neq i}\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{i,j}-d'_{i,j}}{\sigma_d}\right)^2\right]\right\}$$

其中，i 表示在位置估计计算中所涉及的第 i 个无线设备的第一指

标，

j 表示在位置估计计算中所涉及的第 j 个无线设备的第二指标，

N 为在位置估计中所涉及的设备数目，

H_i 为在第 i 个设备的范围内的所有无线设备的集合，

$d_{i,j}$ 是根据假定坐标在第 i 和第 j 个设备之间的距离，

$d'_{i,j}$ 基于从信号测量所推导的第 i 和第 j 个设备相分离的距离的测量值，以及

σ_d 是表征该信号测量值的不确定性。

34.根据权利要求 33 所述的方法，其中进一步包括如下步骤：

通过使用返回小于所测量距离的一个数值的公式在一个所测量距离上操作而计算 $d'_{i,j}$ 的数值。

35.根据权利要求 33 所述的方法，其中进一步包括如下步骤：

通过从所测量距离减去一个预定数值而计算 $d'_{i,j}$ 的数值。

36.根据权利要求 1 所述的方法，其中优化该函数的步骤包括优化包含如下形式的子表达式的函数的分步骤：

$$Sub_Exp_8 = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j \in H_i, j \neq i} \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{P_{i,j} - P'_{i,j}}{\sigma_{db}} \right)^2 \right] \right\}$$

其中 i 表示在位置估计计算中所涉及的第 i 个无线设备，

j 表示在位置估计计算中所涉及的第 j 个无线设备，

N 为在位置估计中所涉及的设备数目，

H_i 为在第 i 个设备的范围内的设备数目，

$P'_{i,j}$ 是在第 i 个设备和第 j 个设备的功率的测量值，

$P_{i,j}$ 为根据信道衰减模型和第 i 和第 j 个设备的假定坐标的的 $P'_{i,j}$ 的估计值，以及

σ_{dB}是用于测量$P'_{i,j}$的测量处理的标准偏差。

37.根据权利要求36所述的方法，其中优化该函数的步骤包括优化包含如下形式的子表达式的函数的分步骤：

$$Sub_Exp_10=\prod_{i\in R}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i-x'_i}{\sigma_x}\right)^2-\frac{1}{2}\left(\frac{y_i-y'_i}{\sigma_y}\right)^2-\frac{1}{2}\left(\frac{z_i-z'_i}{\sigma_x}\right)^2\right]$$

其中（x'_i,y'_i,z'_i）为用于通过使用参考位置技术确定的第 i 个参考设备的一组坐标，

（x_i,y_i,z_i）是用于第 i 个无线设备的一组假定坐标，

R 是在确定具有参考定位技术的在确定相互位置中涉及的无线设备的子集，以及

σ_x，σ_y，σ_z分别为能够测量参考设备的 x、y 和 z 坐标的参考定位技术的标准偏差。

σ_x，σ_y，σ_z分别为能够测量参考设备的 x、y 和 z 坐标的参考定位技术的标准偏差。

38.一种处理节点，其中包括：

接收器，用于接收在第一未知位置设备和第二未知位置设备之间发送的第一信号的第一信号测量值的第一结果，以及

在第二未知位置设备和一个已知位置设备之间发送的第二信号的第二信号测量值的第二结果，

处理器，用于根据第一未知位置设备和第二未知位置设备的假定坐标，优化第一信号测量值、第二信号测量值、第一未知位置设备和第二未知位置设备的假定坐标的一个函数，

从而估计第一和第二未知位置设备的位置。

39.根据权利要求38所述的处理节点，其中进一步包括：

一个外部系统通信接口系统。

40.一种位置估计系统，其中包括:

多个无线设备，每个设备包括:

信号测量器，以及

用于发送一个信号测量值的发送器，以及

处理节点，其中包括:

接收器，用于接收

在第一未知位置设备和第二未知位置设备之间发送的第一信号的第一信号测量值的第一结果，以及

在第二未知位置设备和一个已知位置设备之间发送的第二信号的第二信号测量值的第二结果，

处理器，用于根据第一未知位置设备和第二未知位置设备的假定坐标，优化第一信号测量值、第二信号测量值、第一未知位置设备和第二未知位置设备的假定坐标的一个函数。

41.一种响应双向信号到达时间的方法，该方法包括如下步骤:

接收具有第一时间段的一个伪随机序列，

把一个时钟相位锁定到该伪随机序列的频率，

等待使用该时钟测量的该第一时间段的随机倍数的时间，以及

发送该伪随机序列。

42.一种测量到远程收发机的距离的方法，该方法包括如下步骤:

在第一时间发送第一时间段的伪随机序列，

在从第一时间开始计数大于该第一时间段的第二时间段之后接收该伪随机序列，以及

把所接收的伪随机序列的相位与本地产生的伪随机序列的相位相比较。

43.一种收发机，其中包括:

用于测量从多个收发机接收的多个信号以获得多个信号测量值的装置;

用于把多个信号测量值通信耦合到一个处理节点的装置。

44.根据权利要求 42 所述的收发机，其中用于测量的装置包括一个信号强度测量器。

45.根据权利要求 42 所述的收发机，其中用于测量的装置包括:

伪随机数发生器，

电耦合到该伪随机数发生器的调制器，

电耦合到该调制器的天线，

电耦合到伪随机数发生器和解调器的相关器，以及

耦合到该相关器的相位测量器。

46.根据权利要求 42 所述的收发机，其中进一步包括:

电耦合到该解调器的基带锁相环。

47.一种包含用于估计包括未知位置的第一无线设备和第二无线设备的一组无线设备的位置的程序指令，该计算机可读介质包括用于执行如下步骤的程序指令:

接收在第一和第二无线设备之间发送的第一信号的测量值，以获得一个信号测量值，以及

优化取决于该信号测量值、用于该第一设备的一组假定坐标以及用于第二无线设备的一组假定坐标的函数。

48.根据权利要求 47 所述的计算机可读介质，其中用于优化的程序指令包括用于执行如下步骤的程序指令:

优化基于该信号测量值的标准偏差的函数。

49. 根据权利要求 **47** 所述的计算机可读介质，其中用于优化一个函数的程序指令包括用于执行如下步骤的程序指令：

优化包括基于第一设备的假定坐标的第一子表达式和基于第一设备的假定坐标的第二子表达式的一个函数。

50. 根据权利要求 **47** 所述的计算机可读介质，其中进一步包括用于执行如下步骤的程序指令：

接收在第二设备和第一参考设备之间发送的第二信号的测量值。

51. 根据权利要求 **47** 所述的计算机可读介质，其中用于优化函数的程序指令包括用于执行如下步骤的程序指令：

优化包括基于一组用于第一参考设备的假定坐标的子表达式的函数。

用于位置估计的方法和装置

技术领域

本发明涉及一种用于确定无线设备的位置的系统。

背景技术

各种系统已经被提出用于定位一个物体。例如，为了资产控制，需要定位在一个办公建筑物中的物体（例如，笔记本电脑）。并且需要能够定位以一个移动电话用户。

全球定位系统(GPS)是用于使用多个固定或已知位置的接收器和发射器确定位置的一种现有的系统的一个例子。GPS 接收器通过处理从多个已知的位置接收的信号而确定其位置。GPS 的缺点在于在市区的建筑物夹缝之间或者在建筑物中，来自 GPS 卫星的信号可能不清晰。

为了跟踪在办公建筑物等等中的物体，一种方法是把一组接收器设置在该建筑物中的固定位置，并且把一个发射器附着到要被定位的每个物体上。该固定的接收器连接到一个中央计算机，用于根据从一个或多个接收器组中接收的信号确定每个物体的位置。不幸的是，这种系统需要实际安装的基础设施，包括所有固定接收器，以及它们和基站之间的布线连接。另外，这些系统不能够提供精确的定位。精度一般为固定接收器间距的 + /-25%。

所接收信号的强度在原理上可以被用于确定发射机和接收机之间的距离。不幸的是，在实践中发现信道衰减的不确定性大大地减小了可以获得的精度。

希望能够使用其位置预先为未知的设备来定位其他设备。希望能够定位不能够建立直接通信的设备。

所需的是一种需要很少的被安装基础设施的用于定位的系统和方

法。

特别地，解决在获得建筑物内和建筑物夹缝之间的位置读数中存在的问题。

因此，需要一种克服上述现有技术的缺点的系统和方法。

附图说明

本发明的新颖的特征在权利要求中给出。但是，通过结合附图参照本发明的特定示意实施例的详细描述可以获得对本发明的更好理解，其中：

图 1 为一个办公建筑物的内部的建筑物平面图，其中设置用于确定相互的位置的多个无线设备。

图 2 为 GPS 卫星和移动电话网发射塔所服务的市区的示意图，其中设置有根据本发明优选实施例确定相互位置的无线设备。

图 3 为根据本发明的一个优选实施例的无线设备的方框图。

图 4 为根据本发明的一个优选实施例的所接收信号放大器的方框图。

图 5 为根据本发明的优选实施例用于进行到达距离测量的双向时间的直接序列扩展频谱收发机的方框图。

图 6 为根据本发明一个实施例的小型天线的方框图。

图 7 为根据本发明在一个优选实施例用于确定相对于相邻无线设备的距离的由无线设备所执行的处理的流程图。

图 8 为响应图 7 中所示的处理由无线设备所执行的处理的流程图。

图 9 为根据本发明一个优选实施例由用于估计多个无线设备的位置的处理节点所执行的处理的流程图。

具体实施方式

尽管本发明可以由许多不同形式的实施例，但是在图中所示和在此详细描述的特定实施例被认为是被本发明的原理的一个例子而不是把本发明限于在此所示和描述的特定实施例。另外，在此所用的术语和词

语不被认为是限制性，而仅仅是描述性的。在下文的描述中，相同的参考标号被用于表示在几幅图中相同、类似、或相应的部分。

根据本发明的优选实施例，一种系统和方法用于提供移动设备的位置估计器。该系统不需要大量的所安装的基础设施。

另外，在建筑物夹缝之间和建筑物内部对信号（例如，GPS 信号）的传播具有多重障碍的地方，该系统能够用于提供可能在范围之外的设备的位置信息。

该系统可以使用期望在下一个 10 年中广泛使用的无线通信设备来实现。该系统定位的精度将受益于广泛使用的程度，因为，其精度随着在给定空间中的设备数目的增加而增加。

图 1 为一个办公建筑物内部的建筑物平面图 100 的示意图，其中设置有用于确定相互的位置的多个无线设备。

该建筑物平面图包括具有多个办公室的外墙 102。第一组隔间 104 和第二组隔间 106 被包含在外墙 102 之内。第一组有墙壁的办公室 108 沿着外墙 102 的第一侧面而设置，并且第二组有墙壁的办公室 110 沿着外墙 102 的第二侧而设置。该隔间壁面、外墙 102 和有墙壁的办公室 108、110 的壁面具有不同的与频率相关的电特性(即，实数和复数的折射率)，其决定它们的透射率和反射率。

在建筑物平面图中所示的圆形物体 112-132 是移动无线设备，其位置是未知的并且要被确定。这些移动无线设备设备 112、132 例如可以包括附着到笔记本电脑这样的有价值的资产上的收发机安全标签，或包括例如蜂窝电话这样的在下文中所述的硬件的无线通信设备。黑圆圈 112-118 表示移动参考无线设备。通过与固定位置的设备或其位置被预定的设备（例如，GPS 卫星）进行通信，可以在一些测量精度范围内确定参考设备 112-118 的位置。参考无线设备 112-118 例如可以具有 GPS 接收器，利用该接收器可以确定它们的位置。另外，一个或多个参考设备 112-118 的位置可以通过使用三个固定接收器 134-138 利用到达时间差 (TDOA)而确定。每个参考设备 112-118 可以发送一个编码序列，其由三个固定接收器 134-138 所接收。在每个固定接收器 134-138

接收该编码序列之间的相对时间偏移以及固定接收器 134-138 的已知位置可以被用于计算每个参考设备的位置。提供一个使参考设备确定它们的位置的另一个可能的方法是根据多个不同的编码序列调制在整个办公建筑物中的不同的位置处的多个光线。然后参考设备 112-118 可以通过它所检测的（使用光检测器）的被调制的光线来识别特定的代码以确定其位置。转让给摩托罗拉公司的在 2000 年 10 月 8 日提交的名称为“用于光通信的接口鲁棒的编码调制方案以及调制照明用于光通信的方法”的共同未决美国专利申请 09/733,717 以及名称为“用于确定在一个结构中的位置的基于光学的定位系统和方法”的美国专利申请 09/755,707 公开了一种使用代码调制光线的定位系统，其内容被包含于此以供参考。

非黑色圆圈 120-130 表示与参考设备相对的盲移动无线设备。由本发明所公开的特定方法可以定位盲设备 120-130，这将在下文中更加详细地描述。虚线连接在相互范围内的设备。请注意，并非所有的设备都在每个设备的范围内。一个中央处理节点 132 用于执行在确定参考设备 112-118 和盲设备 120-130 的位置中所涉及的计算，如下文更加详细地描述。根据一些实施例，该处理节点 132 不被使用，并且在一个或多个无线设备 112-130 之间执行上述计算。请注意，参考设备 118 和盲设备 130 都位于建筑物之外。前两个设备可以是无线通信设备，例如电话。这两个外部无线设备 118、130 可以与一个或多个其他无线设备 118-132 协作以确定它们的位置。尽管仅仅一个移动设备 120 在处理器节点 132 的范围内，但是其他移动设备可以通过一系列设备的中继消息与该处理器节点进行通信。另外，通过使用大功率的发射器，无线设备 112-132 的范围可以延伸，从而所有设备 112-132 将在相互之间的范围内。

图 2 为示出，GPS 卫星和蜂窝网络发射塔 214-218 所服务的市区 200 的示意图。参见图 2，第一 202、第二 204、第三 206 和第四 208 建筑物位于市区 200 中，具有阻碍无线发送信号的可能性，和／或造成多路径干扰。两个 GPS 卫星 210、212 在市区 202 的视野范围内的轨

道中。实际上，有两个以上的卫星在市区 202 的视野范围内。必须接收来自至少四个 GPS 卫星的信号，以使得 GPS 接收机决定其位置。第一和第二基站收发机 214 和 216 分别位于第一 202 和第三 206 建筑物之上。基站收发机 214 和 216 可以被用于进行信号测量，以确定到移动无线设备 222-228 的距离。位于四个建筑物的左侧的基站 218 具有一个相位阵列或‘智能’天线 220。小型天线 220 包括多个辐射元件以及处理电子线路。使用到达方向(DOA)算法，小型天线 220 可以确定到它所接收信号的各个无线设备 222-228 的方向。

盲设备 222 如图 2 中所示位于四个建筑物 202-208 之间。盲设备 222 可以是图 1 中所示的盲设备 130。也就是说，在内部建筑定位中所涉及的无线设备 112-130 还可以与外部的无线设备进行通信，从而该内部建筑的无线设备 112-130 的位置可以在一个较宽区域的坐标系统中确定。第一、第二和第三外部参考设备 224-228 位于该第四建筑物 202-208 之外。该外部参考设备之一可以是与参考设备 118 相同的设备。

移动交换中心 230 与三个基站收发机 214-218 进行通信。该移动交换中心 230 包括一个处理节点 132。该处理节点 132 电耦合到三个基站 214-218，以通过移动交换中心 230 从它们接收信号。处理节点 132 可以被提供一个用于与例如急救中心 911 相同（未示出）这样的外部信息系统进行通信的通信接口，用于通信位置估计的目的。

该建筑物 202-208 阻挡来自一个或多个 GPS 卫星 210、212 的信号到达盲设备 222，或者可能该盲设备 222 不具有一个 GPS 接收器。

参考设备 224-228 与一个特定的基站进行通信的事实可以被用于把它定位在约等于一个无线网络单元的区域内。为了更好地估计，使用一个以上的并且最好为三个或更多的基站 214-218 的 TDOA 可以被用于定位参考设备。如果具有硬件和软件使得它可以由 TDOA 所定位的参考设备仅仅在一个基站 214-218 的范围内，然后它可以有效地变为一个盲设备。根据本发明的思想，在盲设备和一个或多个基站之间发送的信号的测量在有助于确定该盲设备的位置的范围内。

图 3 为根据本发明的优选实施例的无线通信设备 300（收发机）的

示意图。参见图 3，天线 302 电连接到发射器-接收器开关 336 的第一端子。该发射器-接收器开关 336 的第二端子电耦合到所接收信号放大器 304 的输入端。所接收信号放大器 304 的输出电耦合到解调器 306。本地振荡器 310 还电耦合到解调器 306。解调器 306 的输出电耦合到模数转换器 308 的第一输入端。从所接收信号放大器 304 中的放大器反馈环路输出的信号电耦合到模数转换器 308 的第二输入端。来自放大器反馈环路的信号表示所接收信号的功率。这一测量被称为所接收信号强度指示符(RSSI)。为了使 RSSI 成为一个有用的距离指示符，以预定的功率发送一个信号。该天线 302、T/R 开关 336、所接收信号放大器 304 和解调器 306 构成一个接收器。

数模转换器 316 的输出电耦合到调制器 314。本地振荡器 310 还耦合到调制器 314。调制器 314 的输出电耦合到所发送信号放大器 312 的输入端。所发送信号放大器 312 的输出电耦合到发射器-接收器开关 336 的第三端子。调制器 314、所发送信号放大器 312、T/R 开关 336、天线 302 构成一个发射器。

模数转换器 308 的输出、数模转换器 316 的输入、随机存取存储器(RAM) 318、程序存储器 320、处理器 322、加速计接口电子电路 324 和 GPS 或其他参考位置模块 326 电耦合到数字信号总线 328。程序存储器 320 例如可以采用电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM)的形式。处理器 322 最好包括一个可编程数字信号处理器 (DSP)。该加速计接口电子电路被用于与一个加速计 330 相接。该接口电子电路 324 可以电耦合到处理器 322 的中断引脚。该接口电子电路 324 可以被提供使得当无线设备 300 被移动时，该加速计输出一个信号，其被输入到接口电子电路 324，其输出一个导致对处理器 322 的中断的信号。响应该中断请求执行的一个程序是在确定无线设备的位置中所涉及的程序。这个程序在下文中更加详细地描述。该程序被存储在程序存储器 320 中。尽管最好使用一个加速计来触发定位程序的执行，但是该定位程序可以被交替地写入到定期确定的位置处。

除了 GPS 接收器之外，参考位置模块 326 例如可以包括一个模块，

其通过检测所接收光线的调制确定在一个办公室中的位置，例如上述名称为“用于确定在一个结构中的位置的基于光学的定位系统和方法”和“用于光通信的接口鲁棒的编码调制方案以及调制照明用于光通信的方法”的共同未决申请中所述。该参考位置模块 326 例如可以使用其他临近传感器技术。对于一些在设计上为盲的设备，其例如可能是对于一些无线通信设备（例如，无 GPS 的蜂窝电话）的情况，不存在参考位置模块 326。

一个输入模拟信号转换器 332 电耦合到模数转换器 308 的第二输入端。该输入模拟信号转换器 332 例如可以采用话筒的形式。一个输出信号转换器 334 电耦合到数模转换器 316 的第二输出端。该输出信号转换器 334 例如可以采用扩音器的形式。

为了资产控制的目的，在被用于标记一个建筑物中的可移动对象的无线设备的情况中，可以省略输入和输出模拟信号转换器 332 和 334。

图 3 中所示的方框图可以描述处理节点 132 的内部结构。但是，对于处理节点 132，不需要信号转换器 332 和 334。如果处理节点 132 被固定，则它用其自身的位置坐标来编程，使得其他参考位置模块 326 变得多余。另外，如果该处理节点 132 被固定，然后可以取消接口 324。电耦合到一个无线接收器的工作站或个人计算机还可以被用作为处理节点 132。

图 4 为根据本发明一个优选实施例的所接收信号放大器 304 的方框图。参见图 4，所接收信号放大器 304 包括电耦合到第一放大器 404 的输入端 402、电耦合到第一放大器 404 的第二放大器 406、以及电耦合到第二放大器 406 的第三放大器 408。第三放大器 408 的输出电耦合到解调器 306 和整流器 410。整流器 410 电耦合到一个低通滤波器 412。该低通滤波器 412 的输出电耦合到差分放大器 414 的第一输入端。对应于所接收信号放大器 304 的功率输出的一个设置点电压被施加到差分放大器 414 的第二输入端。差分放大器 414 的输出端电耦合到模数转换器 308 的第二输入端，并且电耦合到第一放大器 404 的增益设置输入端。该差分放大器的输出为 RSSI。所接收信号放大器 304 与模数转换

器 308 相结合构成一个信号强度测试器。

根据本发明的思想，涉及第一盲设备 120-130 (图 1)和第二盲设备 120-130(图 1)、基站 214-218 之一(图 2)或固定接收器 134-138 (图 1)之一的所接收信号强度测量可以用于确定在第一盲设备 222 附近的其他移动无线设备的位置。

图 5 为用于进行双向到达时间距离测量(two-way Time of Arrival distance measurement)的直接序列扩展频谱收发机 500 的功能框图。在图 3 中所示的特定硬件元件被在图 5 中省略，因为图 5 用于强调可以使用图 3 中所示的硬件执行的特定功能。参见图 5，其中示出来自图 3 的天线 302、发射器-接收器开关 336、所接收信号放大器 304、所发送信号放大器 312、解调器 306、调制器 314 和本地振荡器 310。

解调器 306 电耦合到本地振荡器 310 和伪随机数序列 (PN) 相关器 502。PN 发生器 510 还电耦合到 PN 相关器 502。该 PN 相关器 502 执行从解调器 306 接收的 PN 的版本和由 PN 发生器 510 所输入的 PN 的版本之间相关计算。该 PN 相关器 502 与相位测量器 504 一同工作，其确定给出最大相关计算结果的两个 PN 的版本之间相对相位偏移。PN 相关器 502 的输出电耦合到基带锁相环 508 的输入端。该基带锁相环 508 电耦合到时钟 506。时钟 506 电耦合到 PN 发生器 510。该 PN 发生器电耦合到调制器 314。

相关器 502、相位测量器 504、基带锁相环 508 和 PN 发生器 510 可以作为存储在程序存储器 320 中的一个或多个程序而实现，并且由处理器 322 所执行。

相同的收发机 500 可以由在双向到达时间(TOA)距离测量中所涉及的一个或多个设备所使用。一个设备是发起器，并且另一个设备是响应器。在操作中，发起器首先产生和发送一个 PN。一个响应器接收该 PN，并且使用锁相环 508 调节时钟 506，由此测量时间，并且用于驱动 PN 发生器 510，以匹配所接收的基带信号的时钟速率。在等待一个时钟周期之后，该响应器重新发送 PN。该响应器等待的时间周期最好由如下表达式所确定：

T=R*BT

其中 BT 是伪随机数序列的持续时间，以及

R 为一个随机整数。

该伪随机数序列的持续时间乘以光速(c)最好大于该收发机的范围，从而避免在所测量距离的不确定。

如果它们被编程为对应相同的伪随机数序列，在响应中导入随机性避免了在多个响应设备之间的碰撞。

在接收由响应器所发送的 PN 之后，使用与相关器 502 相互作用的相位测量器 504，该发起器确定在伪随机数被首先由该发起器所发送的时间和接收从该响应器返回的伪随机数的时间之间的偏移时间。该偏移时间被乘以 C，以获得分离该发起器和响应器的测量。该相关操作是在所接收信号的相位被测量的信号测量。

图 6 为根据本发明另一个实施例的小型天线 220 的方框图。参见图 6，天线阵列 602 电耦合到发射器-接收器开关阵列 604。该天线阵列 602 包括一个相控阵列，从而从一个被选择方向发送的信号可以被选择。该发射器-接收器开关阵列 604 电耦合到向下转换阵列 606 和向上转换阵列 608。向下转换阵列 606 电耦合到多通道模数转换器 618。向上转换阵列 608 电耦合到多通道数模转换器 610。数字信号处理器 612 电耦合到多通道模数转换器 618 以及多通道数模转换器 610。数字信号处理器 612 与随机存取存储器 614 和程序存储器 616 相集成，或者电耦合到该存储器。一个到来方向(DOA)算法被存储在程序存储器 616 中，并且由数字信号处理器 612 所运行。该 DOA 算法处理由多通道模数转换器 618 数字化的信号，以选择在天线阵列 602 中来自特定方向的信号。该 DOA 算法确定远程发射器所在的方向。通过控制施加到该天线阵列 602 中的多个天线的信号的相对相位，信号还可以在特定的方向上发送。

如果没有其他信息的话，用于一个特定的移动无线设备的单个 DOA 测量值将仅仅确定其方向。但是，这样一个测量值可以根据本发明的思想用于特定的移动设备以及在其附近的其他移动设备的位置估

计。

除了固定在基站 218 之外，小型天线 220 可以被安装到第一移动设备，例如车载无线设备。如果第一移动设备的方向未知，则到其他移动设备（例如，发射移动设备）的方向没有太大的用处，但是在第一设备使用小型天线测量到两个其他无线设备的方向之间的差别将不随着第一移动设备的旋转而改变，并且根据本发明的思想可以用于估计三个设备以及在它们附近的其他设备的位置。

如上文所述，本发明提供一种用于通过在相互范围内的多个设备的子集之间发送信号而确定最好包括两个或多个盲移动设备的多个移动无线设备的位置的方法和系统。该设备的范围可以如此小，使得在多个移动设备中的每个设备不能够到达在该多个设备中的所有其他设备。把该无线设备设计为具有小范围能够节约电池能量。尽管该范围有限，但是本发明能够通过使更多的设备加入到该位置估计中而提高位置估计的精度。

根据本发明一些实施例，在多个无线设备的每个成员之间发送的信号以及在其范围内的多个无线设备的其他无线设备被测量，以获得一组实际测量值。该无线设备最好包括至少两个盲设备，在测量开始时其位置是未知的。对多个无线设备假定多组坐标。该假定的坐标例如可以是该无线设备最后已知的坐标，或者是使用一个计算机化的随机数发生器随机选择的坐标。该测量的结果被根据该假定坐标而计算，以获得多个预测测量值。该预测测量值被与实际测量值相比较，并且该假定坐标被根据该实际测量值和预测测量值的比较结果而纠正。预测该结果测量值的步骤把该预测测量值与实际测量值相比较，并且纠正该假定测量值的处理最好被重复执行，直到在实际和预测值之间的匹配没有进一步的提高时为止。在实践中，把该预测测量值与实际测量值比较以及校正该假定测量值的处理可以体现在优化（查找最小值或最大值）数学函数的计算机程序中。

根据本发明的一些实施例，通过确定使得该函数最大化和最小化（至少是近似的）的假定坐标值而优化基于（A）取决于假定坐标的预

测信号测量值以及（B）实际信号测量值的一个算术函数。坐标的优化值对应于位置估计。上诉算术函数在下文中被称为图形函数（GF）。在数学符号中，图形函数最好包括如下形式的子表达式：

$$Sub_Exp_1 = f1(ASM, f2(PC))$$

其中，ASM 为一组实际信号测量值，PC 是一组假定坐标变量，并且

f1 和 f2 是数学函数或计算机程序子例程。

f2 给出基于 PC 的预测信号测量值。PC 最好包括至少两个移动盲设备的坐标，并且 ASM 最好包括两个移动盲设备之间的信号点测量值。f2 最好体现（例如，以子例程的形式）可以用封闭形式书写的数学表达式。另外，f2 例如可以包括射线跟踪程序，其根据从第二位置发送信号预测在一个位置处的信号测量值。

该图形函数可以包括多个盲设备的坐标以及仅仅少量（最好为至少两个；更好为至少 3 个）参考设备的坐标，并且基于该设备之间的驱动信号测量值。即使仅仅有少量的参考设备，并且该信号点测量值可能包含大的误差，通过使用许多测量值，本发明的方法可以相当精确地定位多个盲设备。图形函数这个术语是适当的，因为收发机的排列（其中一些收发机被在其他收发机的范围内）可以通过收发机的位置的图形来表示，其中每个边缘对应于两个设备之间的信号测量值，并且边缘长度对应于分离两个设备的距离。如在此所用，“子表达式”这个术语包括项、指数，因数或超越函数的自变量或其一部分。根据本发明的一些实施例，至少一个基于至少两个盲无线设备的坐标的图形函数被优化，以确定这些坐标。根据本发明，许多盲无线设备的位置可以被确定，即使在执行计算之间该位置是未知的也可。

在实际信号测量中测量和在预测信号测量中预测的信号最好是用于 TOA 的信号。图 5 中所示的收发机可以被用于发送和接收用于双向 TOA 距离测量的信号。另外，该信号可以是用于 RSSI 的信号。当使用 RSSI 时，两个收发机之间的距离根据信道衰减模式而导出。

该图形函数最好包括多个如下形式的子表达式:

$$Sub_Exp_2 = f3(ASM1 - f4(PC1, PC2))$$

其中 ASM1 是一个实际信号测量值,

PC1 是对应于在进行实际信号测量中所涉及的第一无线设备的一组假定坐标,

PC2 是对应于在进行实际信号测量中所涉及的第二无线设备的一组假定坐标,

f3 是一个函数,以及

f4 是一个根据 PC1 和 PC2 预测实际信号测量值的函数。

在实际信号测量值是所接收信号强度测量值(RSSI)的情况中,f4 包括一个信道衰减模型,其根据它和发送设备之间的距离预测到达一个接收设备的信号强度。该信道衰减模型(CH_A_1)最好采用如下形式:

$$P_{i,j} = P_o(d_o) - 10n\log\left(\frac{d_{i,j}}{d_o}\right)$$

其中 $P_{i,j}$ 是以分贝为单位的预测从第 j 个设备到第 i 个设备的功率,

d_o 是用于进行参考测量的参考距离,

P_o 是以分贝为单位到达与发送设备相距距离 d_o 的一个接收设备的功率,以及

$$d_{i,j} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + (Z_i - Z_j)^2}$$

其中(X_i,Y_i,Z_i)是用于第 i 个设备的一组假定坐标,以及

(X_j,Y_j,Z_j)是用于第 j 个设备的一组假定坐标,以及

n 是为给定环境经验确定的参数,其表示作为距离的函数的功率损耗。

如下文中更加详细地描述,n 可以根据参考设备之间的信号测量值而选择。

该图形函数最好包括多个采用 Sub_Exp_2 形式的多个子表达式,每个子表达式用于一对设备(对于每一边)之间的每个信号测量值。在

Sub_Exp_2 中的函数或程序 f3 最好具有当实际信号测量值 ASM1 等于由 f4 所预测的信号测量值时具有极值的特性。优化该图形函数的假定坐标值将不需要优化在该图形函数中的公式 Sub_Exp_2 的每个子表达式。后者是由于信号测量值包含导致分别优化该子表达式的假定坐标的不一致的误差这样的事实所造成的。最好使用涉及基于单个设备的假定坐标的多个子表达式的一个图形函数。在上述条件下，在该假定坐标被优化。由此，各个实际信号测量值的误差的影响被减小。该优化增加位置估计的精度，该位置估计作为对应于该图形函数的极值的假定坐标的数值。

最好，该处假定坐标变量包括用于至少两个盲设备的坐标变量，在进行优化之前该盲设备的位置是未知的。

最好，该图形函数具有涉及误差函数的概率的子表达式，其中一个自变量是实际测量值和预测测量值之差。用数学表达为：

$$Sub_Exp_3 = PE(ASM1 - f4(PC1, PC2))$$

其中 ASM1、PC1、PC2 和 f4 的定义如上文所述，并且

PE 是误差函数的概率。该误差函数的概率最好是一个连续的概率密度函数。

最好，对于该图形的多个边缘具有 Sub_Exp_3 形式的子表达式。最好，在涉及每个设备的坐标的图形函数中至少有两个子表达式。

更好的是，误差函数的概率包括高斯分布函数子表达式。高斯分布子表达式最好采用如下形式：

$$Sub_Exp_4 = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{ASM - f4(PC1, PC2)}{\sigma}\right)^2\right\}$$

其中 ASM、PC1、PC2 和 f4 的定义如上文所述，并且

σ 是被用于获得 ASM 的测量处理的标准偏差。

分别对应于该图形的单个边缘的多个高斯子表达式最好在图形函数中相乘。该图形函数最好通过取高斯因子的乘积的自然对数的负数而

导出。后一个步骤从该图形函数中的消除指数函数，并且把该乘积转换为求和，并且减小估计该函数及其导数的计算成本。对于一些类型的优化算法，例如共轭梯度法，需要估计图形函数的导数。

可以用于与本发明相联系并且特别适用于对信号测量值中的误差分布模型化的误差函数的另一种可能包括瑞利分布、威布尔分布、铃木分布（Suzuki distribution）。上述每个可能的误差函数 包括一个或多个统计模型参数，其决定该函数的形状。瑞利分布包括一个瑞利参数。威布尔分布包括一个整形参数和所测量信号的 RMS 数值。铃木分布包括两个参数，其用于模拟在高斯分布中的标准偏差。

使用涉及用于每个无线设备的多个测量值的一个函数具有这样的优点，即，减小在用于每个无线设备的位置估计中的一个错误测量值的影响。使用误差函数的高斯概率具有这样的优点，即，考虑到该测量值的标准偏差，每个测量值被给予适当的权重。当实际信号测量值等于预测信号测量值时，Sub_Exp_4 具有（单一的）最大值。尽管实际信号测量值可以具有较大误差，根据本发明的思想，各个误差的影响被通过构造一个图形函数而减小，其中根据它们相关的标准偏差对信号测量值给出权重。

另外，可以使用误差函数的瑞利概率。误差函数的概率包括一个或多个统计模型参数，例如在误差函数的高斯分布的情况中为标准偏差 σ。

该图形函数最好还包括多个子表达式，其中包含参考设备的位置估计。一个参考设备子表达式最好采用如下形式：

$$Sub_Exp_5 = f5(PC3, RC3)$$

其中 PC3 是用于一个参考设备的假定坐标，

RC3 是通过一个参考位置技术（例如，GPS，使用固定收发机的 TDOA)而确定的参考设备的坐标，并且

f5 是当参考位置技术坐标 RC3 等于假定坐标 PC3 是具有极值（最大或最小值）的函数。

最好，该参考设备子表达式最好包括一个包含误差函数的概率的子表达式，集中一个自变量是一个假定坐标和由参考位置技术所确定的坐标之差。也就是说：

$$Sub_Exp_6 = PE(PC4 - RC4)$$

其中 PC4 是用于一个参考设备的假定坐标，

RC4 是通过参考位置技术 (例如，GPS，使用固定收发机的 TDOA) 所确定的参考设备的坐标，其对应于 PC4。

更好的是，该图形函数包括如下形式的子表达式：

$$Sub_Exp_7 = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{(PC4-RC4)}{\sigma_B}\right)^2\right]$$

其中，PC4 和 RC4 在上文中定义，以及

σ_B 是通过参考位置技术与 RC4 的测量值相关的标准偏差。

该图形函数最好包括如下形式的子表达式：

$$Sub_Exp_8 = \prod_{i=1}^{N}\prod_{j\in H_i, j\neq i}\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{P_{i,j}-P'_{i,j}}{\sigma_{db}}\right)^2\right]\right\}$$

其中，i 是表示在位置估计计算中所涉及的无线设备的第一指标，

j 为表示在位置估计计算中涉及的无线设备的第二指标，

N 为在估计相互位置中涉及的无线设备的数目，

H_i 为在第 i 个无线设备的范围内的所有无线设备的集合，

$P'_{i,j}$ 为从第 i 和第 j 个设备之一到达另一个设备的功率测量值（由分贝表达），

$P_{i,j}$ 是根据信道衰减模型被预测为从第 i 和第 j 个设备之一到达另一个设备的功率（由分贝表达），以及

σ_{dB} 为用于测量值 $P'_{i,j}$ 的测量处理的标准偏差。值得注意的是，σ_{dB} 用于 $P'_{i,j}$，因为以分贝为单位用功率表达的误差根据高斯分布而分布。

用绝对单位表达，功率测量值的误差值的拟合将不拟合高斯分布。

在输入到 Sub_Exp_8 的功率测量值中所涉及的无线设备的集合包括固定设备、非固定参考设备和盲设备。

例如 CH_A_1 这样的信道衰减模型可以把被在代入 Sub_Exp_8 用于 $P_{i,j}$ 和 $P'_{i,j}$，以根据在根据 N 个设备的相互坐标和假定坐标中所涉及的 N 个无线设备的信号测量值得到的距离获得一个算术表达式。对应于所获得的方程的最大值的 N 个设备的假定坐标的数值对应于根据本发明的 N 个设备的位置估计。已知有各种算法用于确定优化多变量和函数的变量数值。Sub_Exp_810 多个因子的乘积（一类子表达式）。请注意，存在有涉及用于每个第 i 设备的坐标的一系列因子。

并非在确定相互位置中所涉及的所有设备都在相互范围内。根据本发明的一个优选实施例，该图形函数最好包括一个超范围子表达式，其考虑到不在相互范围内的一对或多对设备的信息。该超范围子表达式鲫鱼一次在相互范围之外的两个设备之间的距离（使用用于两个设备的假定坐标的集合来确定）。如果从请求响应的第一设备发送的一个信号不被第二设备所回应，则第一和第二设备可以被确定为在相互范围之外。超范围子表达式最好倾向于增加在相互范围之外的两个设备之间的假定距离。例如，如果对应于所估计坐标的图形函数的极值是超范围子表达式的最大值（与最小值相对），则该超范围子表达式最好随着被确定为在相互范围之外的两个设备之间的假定距离而单调增加。另一方面，如果该图形函数的所估计坐标极值为最小值，则超范围子表达式最好随着两个设备之间的距离增加而单调减小。更好的是，该超范围子表达式随着在相互范围内之外的两个设备之间的假定距离增加而异步地逼近一个固定数值。

该图形函数最好包括如下超范围子表达式：

$$Sub_Exp_9 = \prod_{i=1}^{N} \prod_{j \in H_i, j \neq i} \int_{p_{i,j}-p_{thresh}}^{\infty} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{S}{\sigma_{db}}\right)^2\right] dS$$

其中，P_{thresh} 是可以由一个无线设备所检测的阈值功率。如在以前的子表达式的情况中，用于一个信道衰减模型的表达式可以代替在 Sub_Exp_9 中的 $P_{i,j}$，以获得假定坐标的 N 个设备的算术函数。Sub_Exp_9 表示根据它们在其他无线设备的范围之外的事实而对无线设备的位置的概率猜测。而根据在相互范围内的无线设备之间发射的信号强度的测量值，Sub_Exp_8 被用于估计 N 个无线设备的位置；Sub_Exp_9 被用于根据在相互范围之外的特定的无线设备对促进位置估计。Sub_Exp_9 还包括涉及在每个第 i 无线设备的假定坐标的一系列因子。Sub_Exp_9 的每个指数因子随着在相互范围之外的两个设备之间的假定距离（在该距离上，$P_{i,j}$ 被假定为单调减小）增加而单调增加。另外，每个指数因子异步地逼近一个固定数值。如果用于要被查找的极值中的图形函数为一个最大值，则每个指数因子倾向于分离在相互范围之外的设备的假定坐标，但是随着该距离的增加分离量减小。

另外，范围外子表达式基于被确定为在相互范围之外的两个设备的假定坐标之间的距离，并且当该距离为大于两个设备之间通信的阈值距离的数值时，具有一个极值。例如，在该范围外子表达式的极值可以是该阈值距离乘以大于 1 的一个预定因子。该预定因子最好在 1 和 10 之间，更好的是在 1.5 和 5 之间。

最好，该图形函数还包括如下形式的子表达式：

$$Sub_Exp_10 = \prod_{i \in R} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - x'_i}{\sigma_x}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{y_i - y'_i}{\sigma_y}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{z_i - z'_i}{\sigma_x}\right)^2 \right]$$

其中（x'_i, y'_i, z'_i）为用于通过使用参考位置系统（例如，GPS，TDOA）确定的对于第 i 个参考设备的一组坐标估计，

（x_i, y_i, z_i）是用于第 i 个无线设备的一组假定坐标，

R 是在确定具有参考定位技术的在确定相互位置中涉及的无线设备的子集，以及

σ_x，σ_y，σ_z 分别为能够测量参考设备的 x、y 和 z 坐标的参考定位技

术的标准偏差。

根据本发明的优选实施例，通过把该信道衰减模型(CH_A_1)的右侧替换为在 Sub_Exp_8 中的 $P_{i,j}$ 和 $P'_{i,j}$，并且取 Sub_Exp_8、Sub_Exp_9 和 Sub_Exp_10 的乘积的自然对数的负数而获得。在代数简化之后，所获得的图形函数采用如下形式：

$$Sub_Exp_10=\prod_{i\in R}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i-x'_i}{\sigma_x}\right)^2-\frac{1}{2}\left(\frac{y_i-y'_i}{\sigma_y}\right)^2-\frac{1}{2}\left(\frac{z_i-z'_i}{\sigma_x}\right)^2\right]$$

$$GF1=\frac{b^2}{8}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j\in H_i}^{i-1}\left(\ln\frac{d'^{\,2}_{i,j}}{d^{\,2}_{i,j}}\right)^2$$

$$-\sum_{i=1}^{N}\sum_{j\notin H_i,j\neq i}\ln\left\{\int_{\frac{b}{2}\ln\frac{d_{th}^{\,2}}{d_{i,j}^{\,2}}}^{\infty}\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{S}{\sigma_{db}}\right)^2\right]dS\right\}+\frac{1}{2}\sum_{i\in R}d_{ii'}^{\,2}$$

其中

$$b=10n/(\sigma_{db}\ln 10),$$

$$d_{i',i'}=\left(\frac{(x_i-x'_i)^p}{\sigma_x^{\,2}}+\frac{(y_i-y'_i)^p}{\sigma_y^{\,2}}+\frac{(z_i-z'_i)^p}{\sigma_z^{\,2}}+\right)^{(1/2)}$$

$d'_{i,j}$ 是通过把从一个设备到另一个设备的所测量功率插入在信道衰减模型 CH_A_1 中而确定的第 i 个设备和第 j 个设备之间的距离，并且解出 $d_{i,j}$，

(x'_i,y'_i,z'_i) 为从参考位置技术（例如，GPS）获得的第 i 个设备的坐标，

$d_{i,j}$ 是第 i 个设备和第 j 个设备的假定坐标的距离，即

$$d_{i,j}=\sqrt{(X_i-X_j)^2+(Y_i-Y_j)^2+(Z_i-Z_j)^2},$$

(x_i,y_i,z_i) 是用于第 i 个无线设备的一组假定坐标，

(x_j,y_j,z_j) 是用于第 j 个无线设备的一组假定坐标，

d_{th} 为一个接收无线设备与一个发送无线设备之间相分离使得所接收的信号处于用于检测的阈值电平的距离。d_{th} 使用信道衰减模型考虑到用于该系统中的接收器的阈值功率电平而确定的。

在简化之后（其包括指数和自然对数运算符的组合），不容易看出该图形函数 GF1 包括 Sub_Exp_8、Sub_Exp_9 和 Sub_Exp_10。但是，代数简化不改变特性 GF1。

对于特定类型的优化例程，例如共轭梯度法，需要该图形函数对于变量的导数。这可以通过微积分从用于 GF1 的表达式确定。

如果 TOA 测量值被用于取代 RSSI，则如下子表达式可以被包含在除了 Sub_Exp_8 之外的图形函数中：

$$Sub_Exp_11=\prod_{i=1}^{N}\prod_{j\in H_i,j\neq i}\left\{\exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{i,j}-d'_{i,j}}{\sigma_d}\right)^2\right]\right\}$$

其中 $d_{i,j}$ 是根据假定坐标在第 i 和第 j 个设备之间的距离，

$d'_{i,j}$ 最好为基于第 i 和第 j 个设备之间的所测量的纠正距离，以及

σ_d 是表征两个设备之间的距离测量值的不确定性。

由于多路径效应，该 TOA 测量倾向于过高估计该距离。在 TOA 测量的情况下，通过使用返回小于所测量距离的一个数值的公式计算所测量距离而纠正 $d_{i,j}$。更好的是，通过从所测量距离中减去一个预定常数而获得 $d_{i,j}$。另外，$d_{Ni,j}$ 本身是所测量距离。在所有情况中，$d_{i,j}$ 取决于所测量距离。

在小型天线被提供于该系统中并且它们的方向已知的情况中（例

如，通过安装在基站这样的固定位置），则该图形函数最好包括如下形式的一个子表达式：

$$Sub_Exp_12 = \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\theta_i - \arctan\left(\frac{y_i - y_s}{x_i - x_s}\right)}{\sigma_\theta}\right)^2\right\}$$

其中 x_i 为第 i 个设备的假定 x 坐标，

y_i 为第 i 个设备的假定 y 坐标，

x_s 为具有一个小型天线的设备的 x 坐标，

y_s 为具有一个小型天线的设备的 y 坐标，

θ_i 为通过小型天线 DOA 算法所测量的到第 i 个设备的角度，以及

σ_θ 为表示 θi 测量值中的误差的标准偏差。

Sub_Exp_12 基于用于第 i 个设备的假定坐标和用于第 i 个设备的所测量角度 θ_i。arctan（（y_i-y_s）（x_i-x_s））子表达式根据该假定坐标预测所测量角度。当根据该假定坐标预测的角度测量值与所测量的角度相匹配时，Sub_Exp_11 具有一个极值（最大值）。

在该移动设备具有小型天线的情况中，在第一设备从第二和第三设备接收信号的角度之差可以用于估计第一、第二和第三设备以及在它们附近的其他设备的位置。为了包含在信号到达一个小型天线的角度之差的测量值，该图形函数最好包括如下形式的子表达式：

$$\text{Sub_Exp_13} = \prod_{i=1}^{N}\prod_{k=1}^{m(i)}\prod_{j=k+1}^{m(i)} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{angle_meas(i,j,k) - angle_post(i,j,k)}{\sigma_{angle}}\right)^2\right\}$$

其中 angle_meas(i,j,k)是在第 i 个设备使用小型天线测量的在向着第 j 个设备的方向和向着第 k 个设备的方向所测量的差值（根据从第 j 个和第 k 个设备接收的信号在第 i 个设备确定 angle_meas(i,j,k)）。

σ_{angle} 是在测量 angle_meas(i,j,k)中的误差的标准偏差，

m(i)是在第 i 个设备的范围内的无线设备的数目，

angle_post(i,j,k)使用余弦定律来计算:

$$\pi - \arccos\left(\frac{c^2 - a^2 - b^2}{ab}\right)$$

其中

$$a = \sqrt{\left((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2\right)}$$

$$b = \sqrt{\left((x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2 + (z_i - z_k)^2\right)}$$

$$c = \sqrt{\left((x_j - x_k)^2 + (y_j - y_k)^2 + (z_j - z_k)^2\right)}$$

其中（X_i,Y_i,Z_i）（X_j,Y_j,Z_j）（X_k,Y_k,Z_k）分别是第 i 个、第 j 个和第 k 个无线设备的假定坐标。

已知有各种方法用于确定可以应用于查找使该图形函数最大化的假定坐标数值的函数极值。在这些方法中有共轭梯度法，其在 Press, W.H. et al., *Numerical Recipes,* N.Y., Cambridge University Press, 1986. p. 302-307 中描述；模拟退火法（Simulated Annealing method），其也在 *Numerical Recipes*，p.326-334 中描述；以及基因算法（Genetic Algorithm），其在 Fogel, D.B. *An Introduction to Simulated Evolutionary Optimization. IEEE Transactions on Neural Networks,* Vol. 5, No. 1 (Jan. 1994)中描述。除了推导单个表达式图形函数之外，该图形函数可以被嵌入在子例程的层级中。例如，该图形函数的每个子表达式可以被在一个编程子例程中表达。该处理节点 132 最好具有存储在程序存储器 320 中的程序，其实现用于查找该图形函数的极值的一个优化例程。另外，该优化例程可以由多个节点所执行，例如，无线设备 112-132。在该优化例程由多个设备所执行的情况中，每个设备例如可以估计特定项，或者该图形函数的特定导数，并且与其他设备共享该结果。

图 7 为由一个无线设备所执行以从相邻的无线设备确定其距离的处理 700 的流程图。从一个第 i 无线设备的角度示出处理 700。在处理块 702 中，第 i 个无线设备发出一个用于识别的请求。该用于识别的请求将到达在由该识别请求被发送的功率和在该第 i 个设备附近中任何障碍物的特性和分布所表示的第 i 个无线设备的有限范围内的其他无线设备。处理块 704 是一个判断块，其判断结果取决于在由第 i 个设备所接收的信号中是否检测到碰撞。如果检测到碰撞，则该处理循环回到处理块 702。如果没有检测到碰撞，则该处理继续进行到处理块 706，其中识别响应被从第 i 个无线设备附近的无线设备接收。在处理块 708 中，在它们的响应内接收的在处理块 706 响应的设备 ID 被记录在第 i 个设备的存储器中（例如，RAM318（图 3））。

在处理块 710 中，对于在处理块 706 中被接收响应的每个无线设备执行信号测量。每个信号测量最好包括到达测量的双向 TOA。在进行双向 TOA 测量中，第 i 个设备最好使用伪随机数发出消息，并且对被请求响应的特定设备的标识进行编码。该标识可以使用伪随机数根据直接序列码分多址（DS-CDMA）技术而编码。然后在第 i 个设备接收一个响应，并且在接收该响应中的延迟被用于确定到第 i 个设备和响应设备之间的距离。另外，每个信号测量值可以包括用于与一个信道模型（例如，CH_A_1）相结合的 RSSI 信号测量值，以计算第 i 个设备和响应设备之间的距离。另外，每个信号测量值可以包括一个 DOA 测量值。该信号测量值可以包括选自 DOA、RSSI 和 TOA 的不同类型的信号测量值（但不限于此）的组合。还可以把该信号测量值基于在处理块 706 中接收的识别信号。

如果第 i 个设备具有例如 GPS 这样的参考定位技术，则将获得一个参考位置估计。在处理块 712 中，在第 i 个设备具有参考定位技术的情况中，该信号测量和对于第 i 个设备的参考位置估计的结果被耦合到该处理节点 132。该信号测量和参考位置估计的结果可以直接发送到该处理节点 132，但是，在到达该处理节点 132 之前，最好该结果通过一系列其他无线设备 112-132（图 1）和 222-228（图 2）中继。按照在处

理节点之间发送的次序中继该信息具有需要较小功率用于发送的优点。为了把测量信息发送到该处理器节点132的目的，一个特定网络可以在确定相互位置的设备之间建立（图 1）。在一个特定网络中，由于消息在相邻的设备之间发送而不是直接发送到一个目的地，因此节省功率。如在一个特定网络中所进行的那样，通过多个跳跃发送消息还具有不直接到达一个设备的优点，如果一个消息路由通过一个相邻设备，则可以直接到达（例如，处理器节点）。通过一个相邻设备的路由可以绕过在视线上的障碍物。

处理700可以体现在响应由第i个设备所携带的加速计330触发的中断而执行的一个程序中。响应该中断，第i个设备还可以把一个消息发送到要求也执行处理700的其他无线设备。另外，响应该中断，第i个设备可以把一个消息发送到该处理节点（图 1），表明它已经移动，并且响应接收该消息，该处理节点132（图 1）可以把消息发送到要求也执行处理700的所选择的其他无线设备。根据最后的已知位置，其他无线设备的可以基于它们在与第i个设备相距预定距离之内而被选择。该设备的最后已知位置可以被记录在RAM318中（图3）。

图8为由一个无线设备响应图7中所示的处理而执行的处理800的流程图。图8为从第j个设备来看的示意图。在处理块802中，由第j个设备从第i个设备接收用于识别的请求。处理块804是用于避免发送碰撞的第一随机延迟。在处理块806中，把一个识别消息从第j个设备发送到第i个设备（如上文所述，该信号测量可以基于在处理块806中发送的消息）。在处理块808中，接收用于位置估计的一个信号。在处理块808中接收的信号例如包括基于伪随机数的DS-CDMA信号，处理块810是第二随机延迟（例如，上述接合图5讨论的时间间隔T）。在处理块812中，用于位置估计的信号被从第j个设备发送回第i个设备。在处理块808中接收的信号和在处理块810中发送的信号可以是用于例如结合图5中所示的收发机讨论的双向到达时间测量中。

在确定相互位置中所涉及的N个设备的每一个设备上执行处理700将导致对每个边缘获得两个冗余测量值（一个来自在该边缘的端部的每

个节点）。该实际测量值最好为两个冗余测量值的平均值。

图 9 为通过一个处理节点 132（图 1）执行一个处理以估计多个无线设备的位置的流程图。在处理块 902 中，（如在处理块 712（图 7）中发送的）信号测量和参考位置估计的结果被从多个（N）无线设备接收。在处理块 904 中，根据用于测量距离的信号测量值计算距离。处理块 904 最好包括对每个边缘平均冗余测量值的分步骤。取代处理块 904，在信号测量中所涉及的无线设备可以根据该测量值计算距离，并且把距离信息传送到处理节点 132（图 1）。在处理块 906 中，该距离基于该信号测量值，并且参考技术位置估计值被输入到一个图形函数（例如，GF1）。在处理块 908 中，涉及无线设备的角度测量的结果被输入到该图形函数（在该图形函数包括基于角度测量的子表达式的情况中）。处理块 906 和 908 可以通过调用一个图形函数优化子例程，利用该参考技术位置估计值以及距离和角度测量值作为调用参数而实现。处理块 904 可以与处理块 906 相组合，也就是说，可以利用信号测量值的结果作为调用参数而调用优化使得信号测量变得显而易见的信号测量的图形函数的子例程。如上文所述，该图形函数可以清楚地涉及该信号测量。在后一种情况中，该信号测量可以被用作为一个图形函数优化子例程的调用参数。在处理块 910 中，该图形函数被优化，并且对应于该图形函数的极值的假定坐标被返回作为用于在多个无线设备中的至少一个无线设备的子集的位置估计值。执行图 9 中所示的处理的一个程序可以被存储于一个计算机可读介质中，例如图 3 中所示的程序存储器（320）。

上文给出的信道衰减模型（CH_A_1）包括参数 n，其表示作为与该发送源相距距离的函数的功率降。根据本发明另一个方面，参数 n 的数值或者在其他信道模型中的其他参数被根据一个或多个在参考设备之间发送的功率测量值以及用于进行功率测量的该参考设备的位置估计值而选择。参数值的选择可以基于在第一参考设备和第二参考设备之间进行的单个功率测量值，但是最好基于涉及两个以上参考设备的一个以上的功率测量值。该信道模型通过拟合到包含参考设备之间的位置估计值和功率测量值的数据而优化。根据本发明的优选实施例，该信道模

型被通过最小二乘法拟合到上述数据。一旦该信道模型的参数已经使用在参考设备之间的测量值而优化，则根据该优化具有参数集的信道模型可以被用于该图形函数中，用于预测盲设备和参考设备之间以及盲设备对之间的信号测量值。

上文给出的信道衰减模型（CH_A_1）在基于 RSSI 确定无线设备之间的距离方面特别有用。但是，本发明不限于使用该信道模型。对于估计在具有已知衰减特性的已知障碍物分布的一个环境中的位置的情况，如下信道衰减模型（CH_A_2）在与基于 RSSI 的距离确定方面是有用的：

$$P_{i,j} = P_o(d_0) - 10n\log\left(\frac{d_{i,j}}{d_o}\right) - \sum_{l=1}^{M} X_l A_{i,j}^{l} \quad \text{(CH_A_2)}$$

M 是在特定环境中的障碍物的类型数目，

X_l 是在该环境中的障碍物的第 l 个类型的衰减，

$A^l_{i,j}$ 是被第 i 个和第 j 个设备的假定位置之间的一条直线所截取的第 l 个类型的障碍物的数目，以及

其他符号在上文中给出。

例如，在建筑物平面图 100（图 1）的情况中 M=3，并且 x_1、x_2 和 x_3 分别对应于图 1 中所示在穿过隔间墙壁、外墙 102 和有壁面的办公室 108（图 1）的墙壁过程中所受到的衰减。信道衰减模型 CH_A_2 与表示一个地图的计算机数据相结合，例如图 1 中所示的建筑物平面图。该地图或建筑物平面图的计算机表示被与 CH_A_2 相结合，以估计一个图形函数，或者图形函数的导数，用于优化和位置估计的目的。该地图的计算机表示被用于确定与在两个设备的假定坐标之间连线交叉的障碍物的数目和类型。该障碍物的数目和类型被用于估计 CH_A_2 之和，从而一个预测功率可以使用 CH_A_2 根据该假定坐标而确定。

请注意，CH_A_2 除了确定在两个无线设备之间发送的功率的 n 个参数 X_l 之外还具有多个参数。并且还可以表征一个信号环境，或者换句话说通过把 CH_A_2 拟合到参考设备之间的多个测量结果而优化该

信道模型的参数 n、X_1。用于参考设备的位置估计和在参考设备之间发送的信号测量值可以用于选择信道衰减模型的参数（n、X_1）所用的数值。实现该参数数值选择的的一个方式是把该信道模型方程按照最小二乘法拟合到该测量数据。在最小二乘法拟合的情况中，需要比要在该信道模型中确定的参数更多的测量值。最好涉及不同参考设备对的至少 M+2 个测量值被用于选择参数（n、X_1）的数值。由于 CH_A_2 在 n 和 X_1 中是线性的，因此线性代数可以被用于确定对于这些参数的最小二乘解。在此没有明确公开的其他信道模型的参数例如可以通过根据参考设备测量值进行最小二乘拟合而优化。

上述公开的系统具有随着在位置估计中所涉及的设备数目增加，该位置估计倾向于更加准确的优点。考虑到无线设备在不久的将来变得普及，以后会特别顺利。

在上文所公开的系统的其他优点是由每个无线通信设备所发送的测距信号的功率可以变低，因为该测距信号仅仅需要到达最近的无线通信设备，而不是远处的固定基站。同理，消除了对大量固定基站的需要，否则在每个设备的合理功率电平的范围内需要有一个固定基站。也不需要大量的固定基站来获得精确的位置估计。

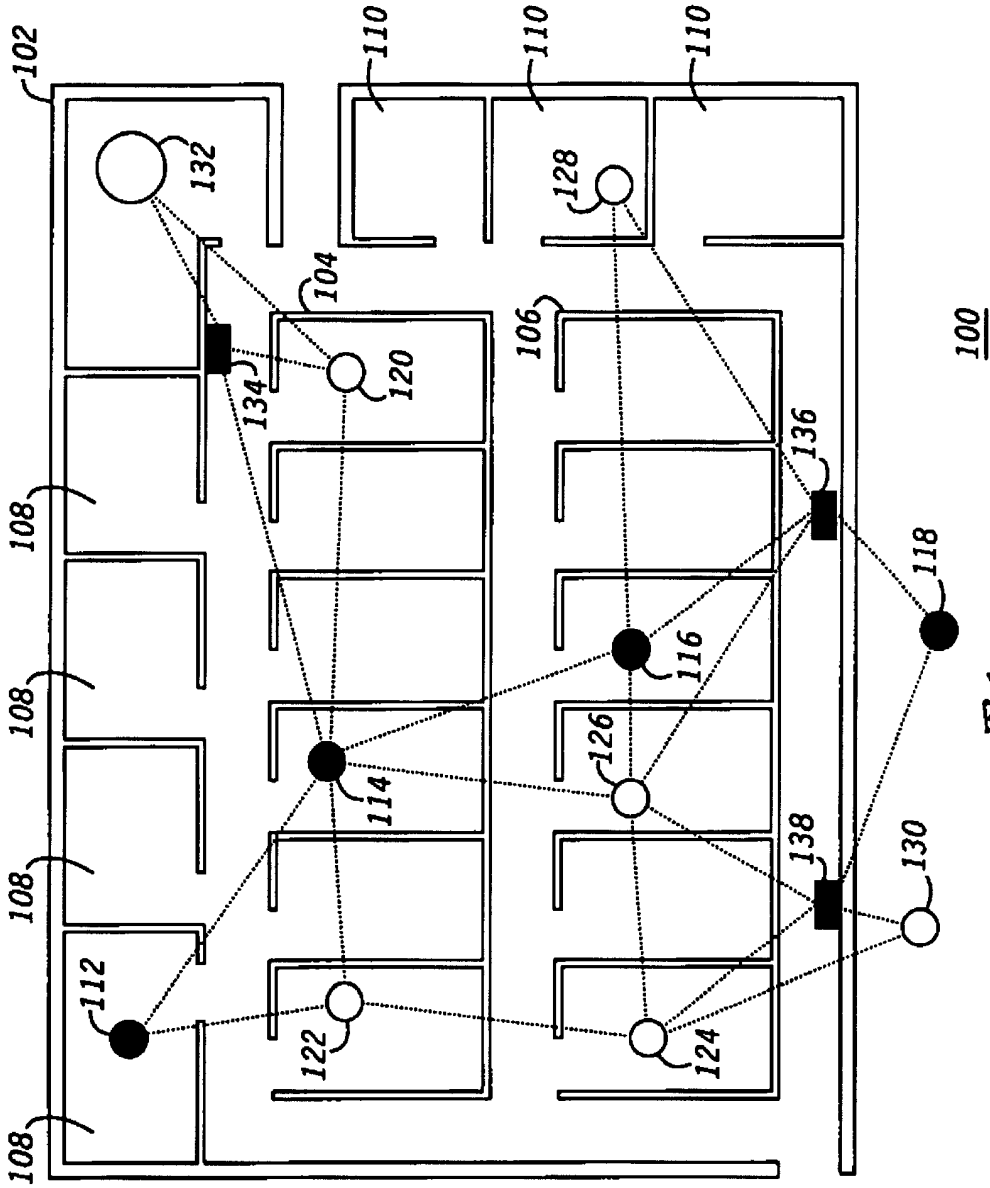

102
110
110
110
132
128
104
106
120
134
100
136
108
118
116
108
126
114
108
138
130
112
122
124
108

图 1

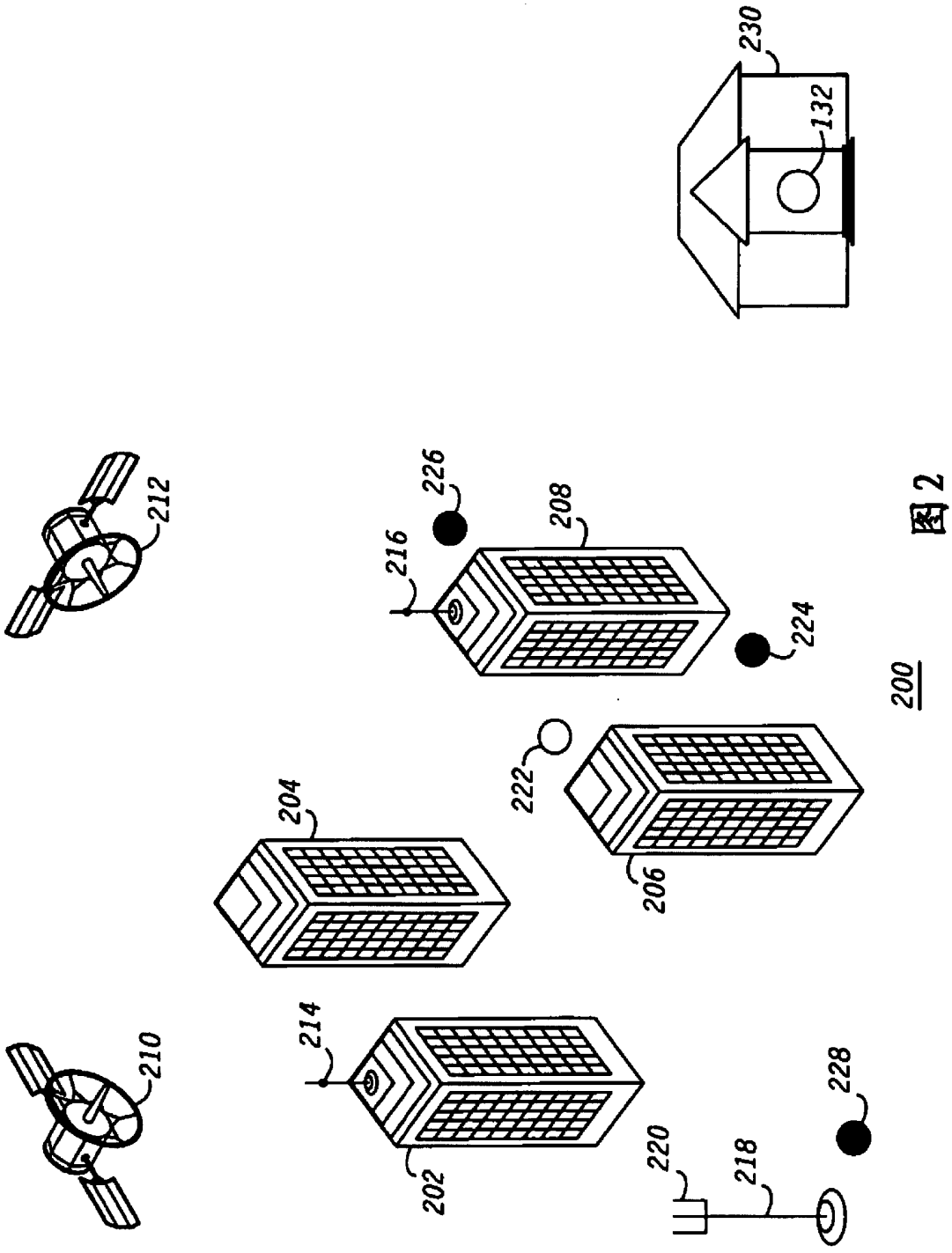

230
132
212
226
216
208
224
200
222
204
206
214
210
228
220
218
202

图 2

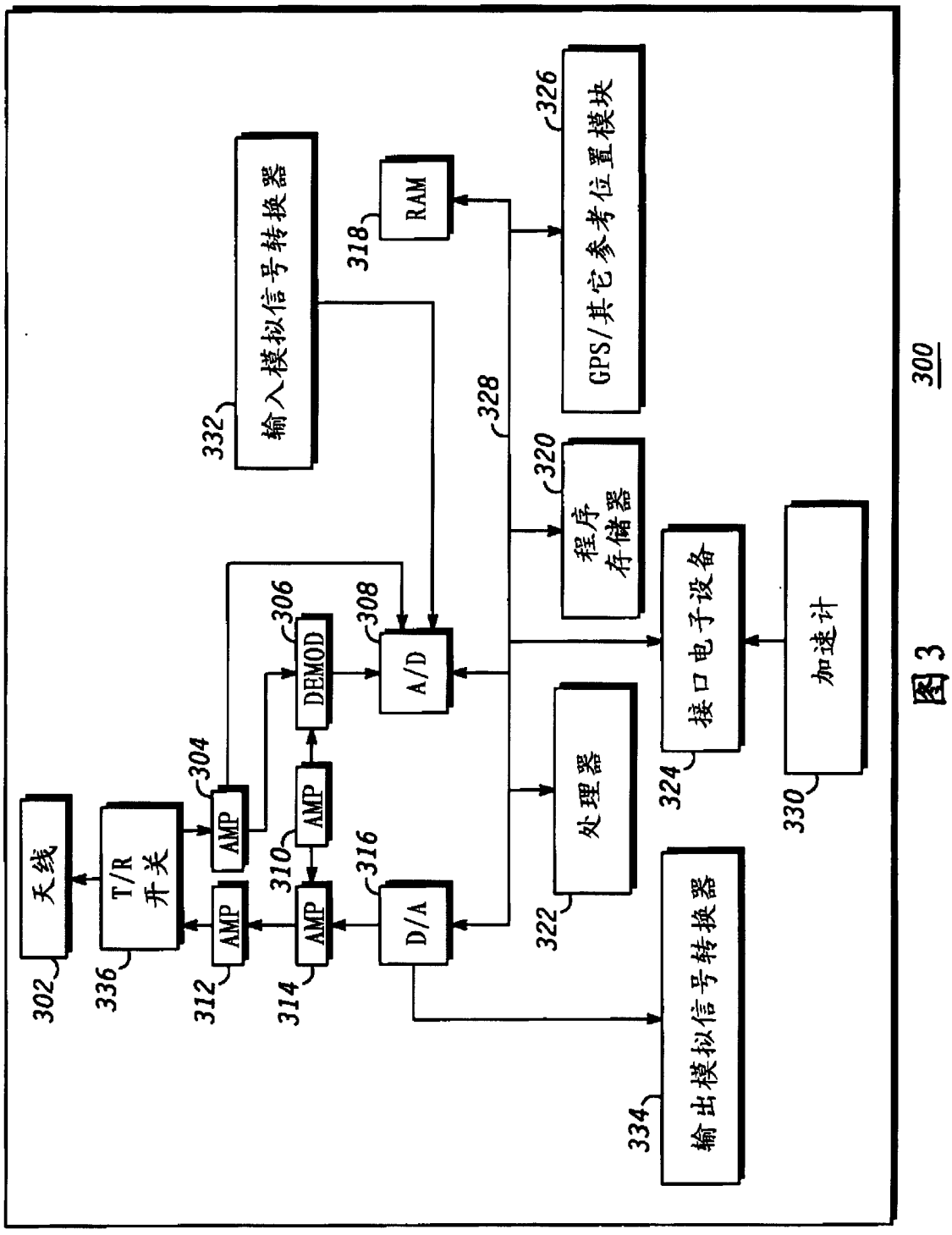

300
天线
302
T/R
开关
336
AMP
304
AMP
312
AMP
310
AMP
314
DEMOD
306
D/A
316
A/D
308
输入模拟信号转换器
332
RAM
318
处理器
322
程序
存储器
320
GPS/其它参考位置模块
326
328
接口电子设备
324
加速计
330
输出模拟信号转换器
334

图 3

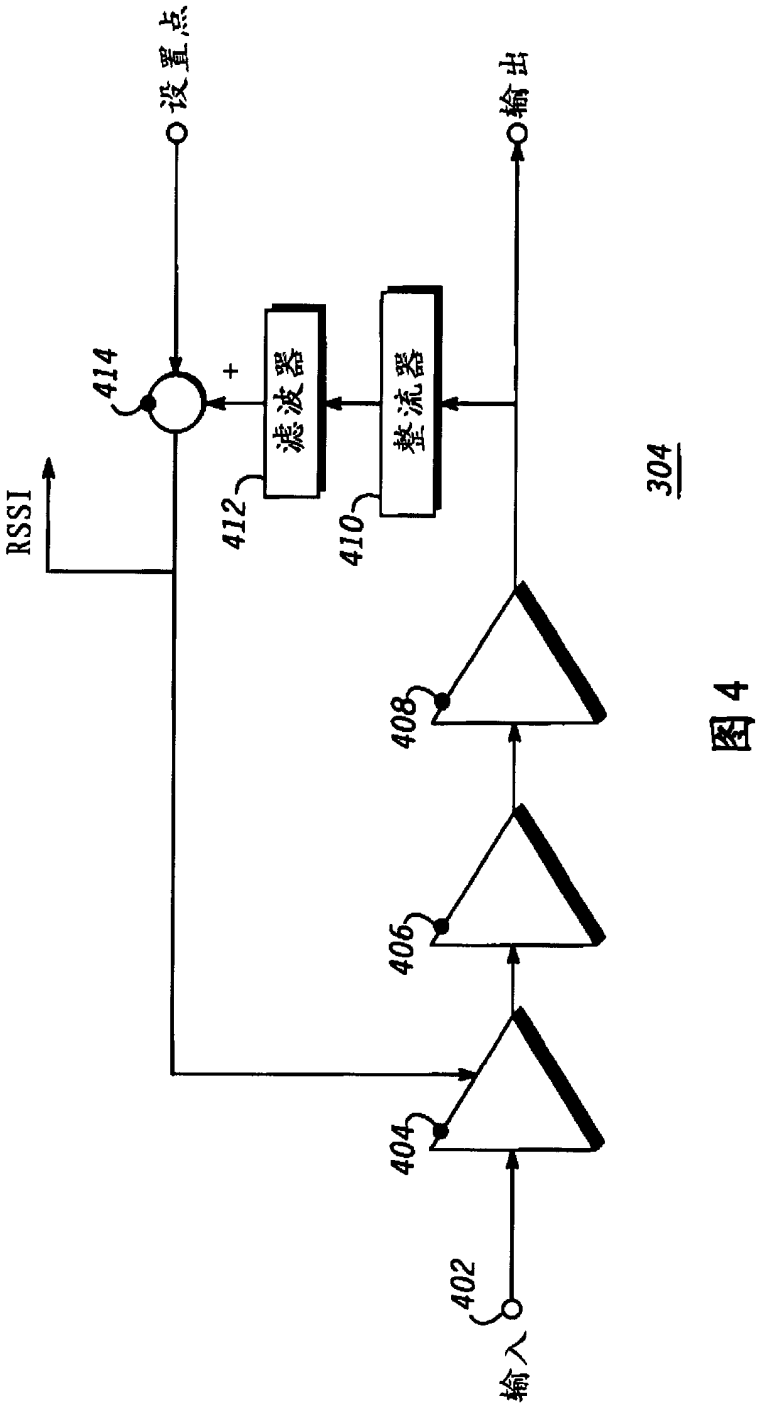


图 4

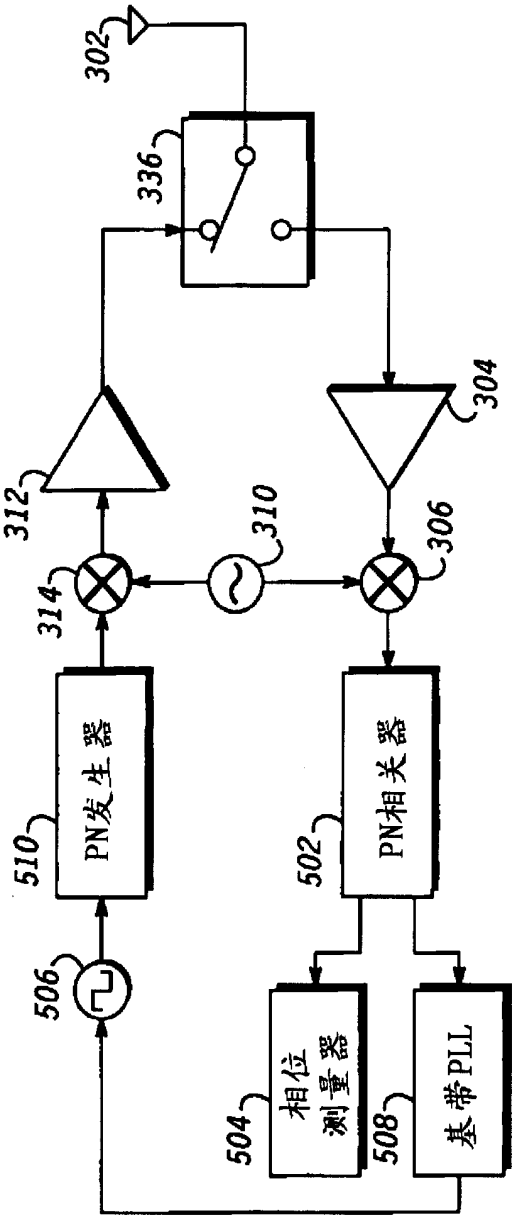

302
336
304
312
310
306
314
PN发生器
510
PN相关器
502
506
504
相位测量器
508
基带PLL
500

图 5

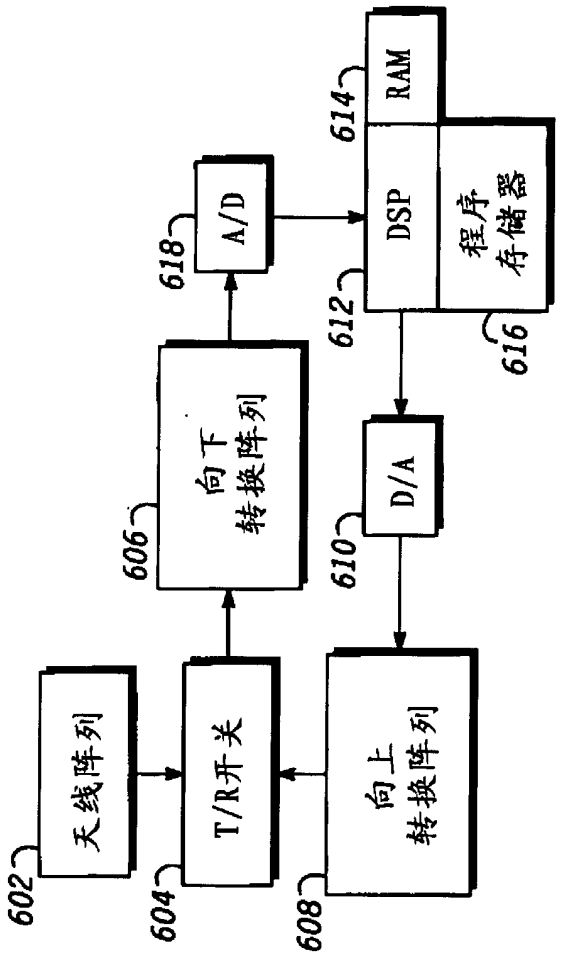

天线阵列
602
T/R开关
604
向上
转换阵列
608
向下
转换阵列
606
D/A
610
A/D
618
DSP
612
程序
存储器
616
RAM
614
220

图 6

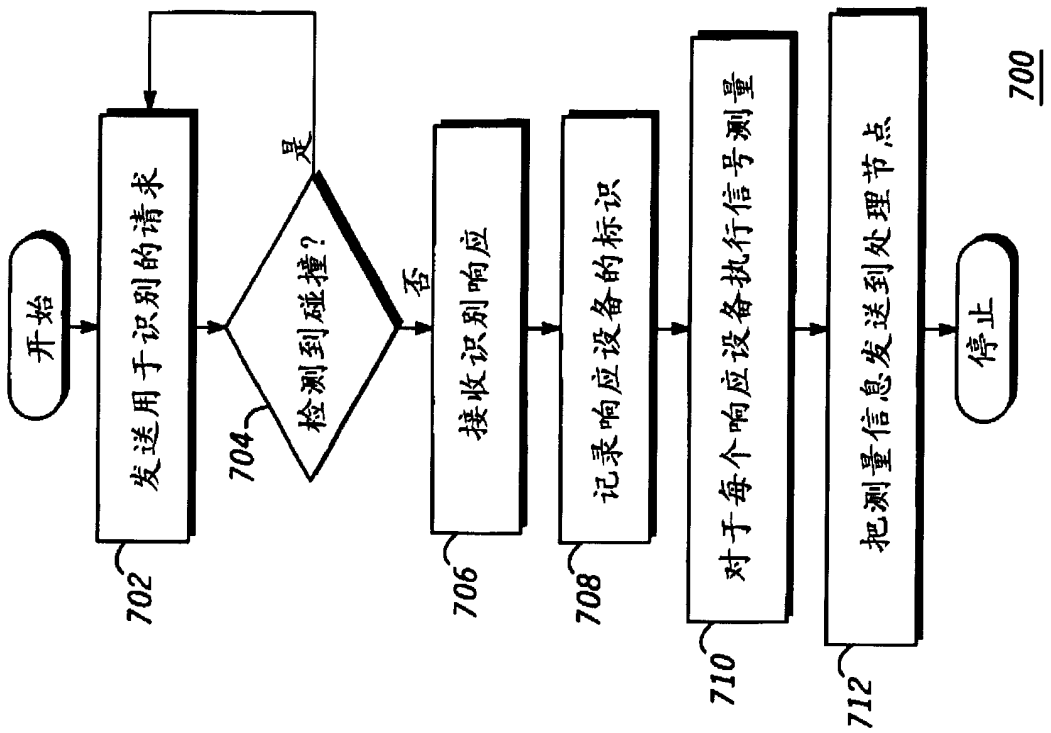

开始
发送用于识别的请求
检测到碰撞?
是
否
接收识别响应
记录响应设备的标识
对于每个响应设备执行信号测量
把测量信息发送到处理节点
停止
702
704
706
708
710
712
700

图 7

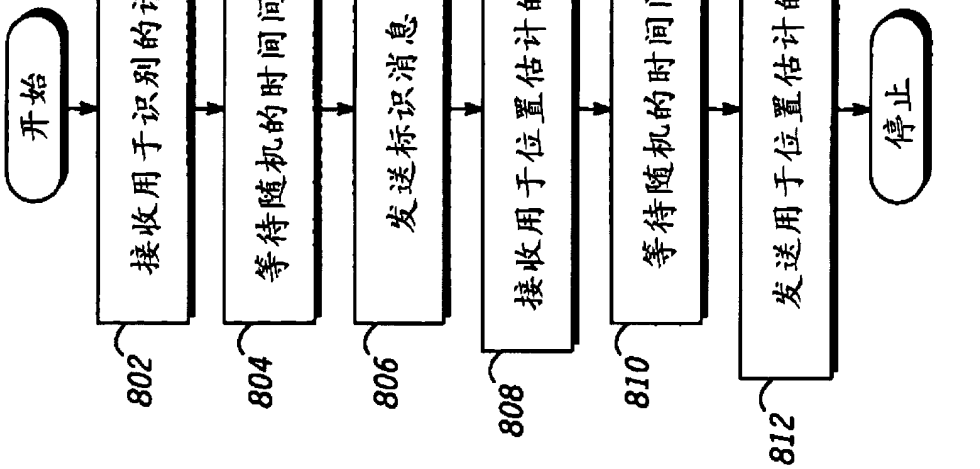

开始
接收用于识别的请求
802
等待随机的时间间隔
804
发送标识消息
806
接收用于位置估计的信号
808
等待随机的时间间隔
810
发送用于位置估计的信号
812
停止
800

图 8

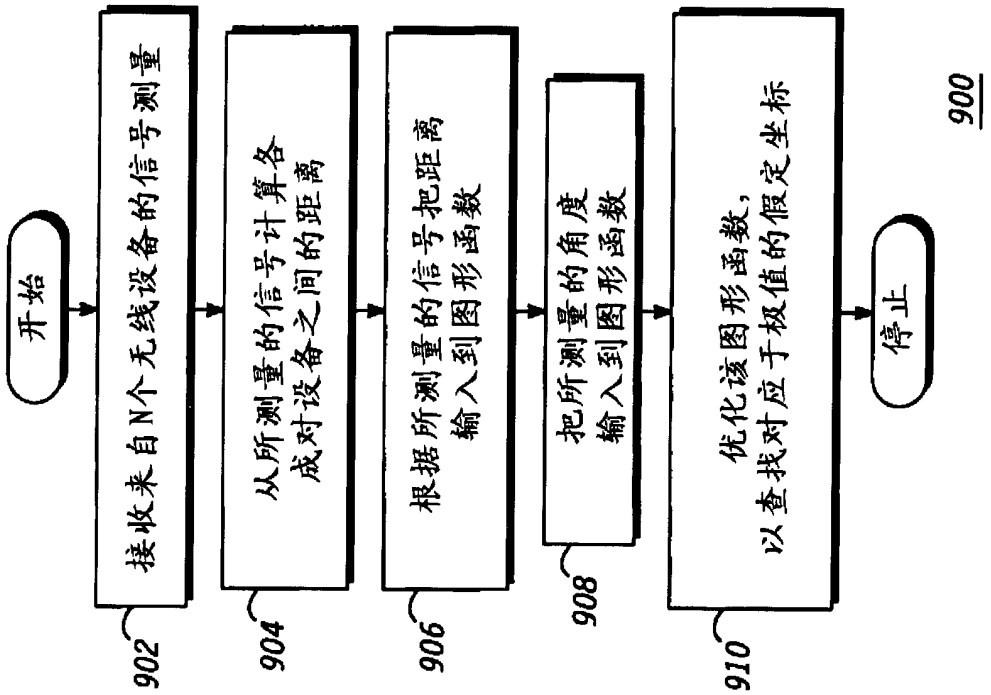

开始
接收来自N个无线设备的信号测量
902
从所测量的信号计算各成对设备之间的距离
904
根据所测量的信号把距离输入到图形函数
906
把所测量的角度输入到图形函数
908
优化该图形函数，以查找对应于极值的假定坐标
910
停止
900

图 9