

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>7</sup>

H04Q 7/20

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99126711.7

[43]公开日 2000年6月21日

[11]公开号 CN 1257387A

[22]申请日 1999.12.14 [21]申请号 99126711.7

[30]优先权

[32]1998.12.16 [33]US [31]09/212,261

[71]申请人 朗讯科技公司

地址 美国新泽西州

[72]发明人 拜伦·华·辰 玛丽亚·E·帕拉玛拉

查尔斯·沃瓦罗

[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

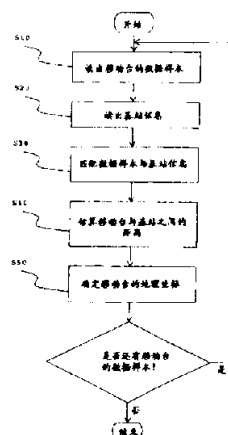
代理人 蒋世迅

权利要求书 5 页 说明书 10 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 局部定位系统

[57]摘要

一种局部定位系统(LPS),利用 CDMA 正向链路或 TDMA 反向链路中的无线电传播参量确定移动台的位置。移动台至少从 3 个不同的基站接收导频信道信号和记录该导频信道信号的 PN 码片偏置。LPS 的到达时差三角形测量方法不需要附加的信号检测能力。诸基站送出导频信道信号,这些信号以特定的相位和至少预定的最小强度到达移动台。通过确定携带数字蜂窝式电话机处于困惑中人们所在的位置,LPS 还解决无线 CDMA 系统的 9-1-移动台定位问题。



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1. 一种确定移动台位置的方法, 包括步骤:

(a) 接收导频信道信号信息, 该信息指出导频信道信号传播到移动台的到达时间; 和

(b) 基于导频信道信号信息和基站信息, 通过把一组位置误差代价函数减至最小, 估算移动台的位置, 其中基站信息指出与到达时间相关的多个基站的位置。

2. 按照权利要求 1 的方法, 其中位置误差代价函数是从以下公式导出的:

$$G_1 = \mu^2 (d_1)^2 - [(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2]$$

$$G_2 = \mu^2 (d_2)^2 - [(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2]$$

$$G_3 = \mu^2 (d_3)^2 - [(x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2]$$

其中  $\mu$  是多路径效应参量,  $d_1$  是移动台到第一基站的距离,  $d_2$  是移动台到第二基站的距离,  $d_3$  是移动台到第三基站的距离,  $(x_0, y_0)$  是移动台的本地直角坐标,  $(x_1, y_1)$  是第一基站的本地直角坐标,  $(x_2, y_2)$  是第二基站的本地直角坐标, 和  $(x_3, y_3)$  是第三基站的本地直角坐标。

3. 按照权利要求 2 的方法, 其中:

$d_2 = d_1 + 800.4 (p_2)$  ft, 其中  $p_2$  是第一基站与第二基站的导频信道信号相位记录之间的相差, 和

$d_3 = d_1 + 800.4 (p_3)$  ft, 其中  $p_3$  是第一基站与第三基站的导频信道信号相位记录之间的相差。

4. 按照权利要求 1 的方法, 在步骤 (b) 之前, 还包括步骤:

(c) 接收基站信息, 该信息指出多个基站的位置; 和

(d) 基于导频信道信号信息和基站信息共同的源标识符, 把导频信道信号信息与基站信息进行匹配。

5. 按照权利要求 1 的方法, 其中到达时间对应于基站的同步计时。

6. 按照权利要求 1 的方法, 在步骤 (b) 之前, 还包括步骤:

(e) 通过把一组距离误差代价函数减至最小, 估算从移动台到一个基站的距离, 该代价函数包含诸基站与移动台之间形成的夹角。

7. 按照权利要求 6 的方法, 其中距离误差代价函数是从以下公式导出的:

$$F_{12} = (b_1 b_2)^2 - \mu^2 d_1^2 - \mu^2 d_2^2 + 2\mu^2 (d_1)(d_2) \cos \alpha_{12}$$

$$F_{13} = (b_1 b_3)^2 - \mu^2 d_1^2 - \mu^2 d_3^2 + 2\mu^2 (d_1)(d_3) \cos \alpha_{13}$$

$$F_{23} = (b_2 b_3)^2 - \mu^2 d_2^2 - \mu^2 d_3^2 + 2\mu^2 (d_2)(d_3) \cos \alpha_{23}$$

其中  $b_1 b_2$  是从第一基站到第二基站的距离,  $b_1 b_3$  是从第一基站到第三基站的距离,  $b_2 b_3$  是从第二基站到第三基站的距离,  $\mu$  是多路径效应参量,  $d_1$  是从移动台到第一基站的距离,  $d_2$  是从移动台到第二基站的距离,  $d_3$  是从移动台到第三基站的距离,  $\alpha_{12}$  表示移动台到第一基站的直线与移动台到第二基站的直线之间形成的夹角,  $\alpha_{13}$  表示移动台到第一基站的直线与移动台到第三基站的直线之间形成的夹角, 和  $\alpha_{23}$  表示移动台到第二基站的直线与移动台到第三基站的直线之间形成的夹角。

8. 按照权利要求 1 的方法, 其中导频信道信号信息至少包括: 源标识符, 导频信道信号相位和导频强度三者中的一个。

9. 按照权利要求 1 的方法, 其中基站信息至少包括: 源标识符和基站位置二者中的一个。

10. 按照权利要求 1 的方法, 还包括步骤: 利用先前的移动台估算对移动台的位置估算求平均, 得到该移动台位置的平均估算。

11. 按照权利要求 1 的方法, 其中导频信道信号信息包括在 CDMA 信号内。

12. 按照权利要求 1 的方法, 其中导频信道信号信息包括在 TDMA 信号内。

13. 一种在计算机上实现的局部定位系统, 用于确定移动台的位置, 该系统包括:

接收导频信道信号信息的装置, 该信息指出导频信道信号传播到移动台的到达时间; 和

估算移动台位置的装置，基于导频信道信号信息和基站信息，把一组位置误差代价函数减至最小，其中基站信息指出与到达时间相关的多个基站的位置。

14. 按照权利要求 13 的局部定位系统，其中位置误差代价函数是从以下公式导出的：

$$G_1 = \mu^2 (d_1)^2 - [(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2]$$

$$G_2 = \mu^2 (d_2)^2 - [(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2]$$

$$G_3 = \mu^2 (d_3)^2 - [(x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2]$$

其中  $\mu$  是多路径效应参量， $d_1$  是移动台到第一基站的距离， $d_2$  是移动台到第二基站的距离， $d_3$  是移动台到第三基站的距离， $(x_0, y_0)$  是移动台的本地直角坐标， $(x_1, y_1)$  是第一基站的本地直角坐标， $(x_2, y_2)$  是第二基站的本地直角坐标，和  $(x_3, y_3)$  是第三基站的本地直角坐标。

15. 按照权利要求 14 的局部定位系统，其中：

$d_2 = d_1 + 800.4 (p_2)$  ft，其中  $p_2$  是第一基站与第二基站的导频信道信号相位记录之间的相差，和

$d_3 = d_1 + 800.4 (p_3)$  ft，其中  $p_3$  是第一基站与第三基站的导频信道信号相位记录之间的相差。

16. 按照权利要求 13 的局部定位系统，在估算移动台位置的装置之前，还包括：

接收基站信息的装置，该信息指出多个基站的位置；和

基于导频信道信号信息和基站信息共同的源标识符，把导频信道信号信息与基站信息匹配的装置。

17. 按照权利要求 13 的局部定位系统，其中到达时间对应于诸基站的同步计时。

18. 按照权利要求 13 的局部定位系统，在估算移动台位置的装置之前，还包括：

通过把一组距离误差代价函数减至最小，估算从移动台到一个基站距离的装置，该代价函数包含诸基站与移动台之间形成的夹角。

19. 按照权利要求 18 的局部定位系统, 其中距离误差代价函数是从以下公式导出的:

$$F_{12} = (b_1 b_2)^2 - \mu^2 d_1^2 - \mu^2 d_2^2 + 2\mu^2 (d_1)(d_2) \cos \alpha_{12}$$

$$F_{13} = (b_1 b_3)^2 - \mu^2 d_1^2 - \mu^2 d_3^2 + 2\mu^2 (d_1)(d_3) \cos \alpha_{13}$$

$$F_{23} = (b_2 b_3)^2 - \mu^2 d_2^2 - \mu^2 d_3^2 + 2\mu^2 (d_2)(d_3) \cos \alpha_{23}$$

其中  $b_1 b_2$  是从第一基站到第二基站的距离,  $b_1 b_3$  是从第一基站到第三基站的距离,  $b_2 b_3$  是从第二基站到第三基站的距离,  $\mu$  是多路径效应参量,  $d_1$  是从移动台到第一基站的距离,  $d_2$  是从移动台到第二基站的距离,  $d_3$  是从移动台到第三基站的距离,  $\alpha_{12}$  表示移动台到第一基站的直线与移动台到第二基站的直线之间形成的夹角,  $\alpha_{13}$  表示移动台到第一基站的直线与移动台到第三基站的直线之间形成的夹角, 和  $\alpha_{23}$  表示移动台到第二基站的直线与移动台到第三基站的直线之间形成的夹角。

20. 按照权利要求 13 的局部定位系统, 其中导频信道信号信息至少包括: 源标识符, 导频信道信号相位和导频强度三者中的一个。

21. 按照权利要求 20 的局部定位系统, 其中基站信息至少包括: 源标识符和基站位置二者中的一个。

22. 按照权利要求 13 的局部定位系统, 还包括这样一个装置: 利用先前的移动台估算对移动台的位置估算求平均, 得到该移动台位置的平均估算。

23. 按照权利要求 13 的局部定位系统, 其中导频信道信号信息包括在 CDMA 信号内。

24. 按照权利要求 13 的局部定位系统, 其中导频信道信号信息包括在 TDMA 信号内。

25. 一种在计算机可读介质上实现的可执行程序, 用于确定移动台的位置, 包括:

接收源代码段, 用于接收导频信道信号信息, 该信息指出导频信道信号传播到移动台的到达时间; 和

估算源代码段, 基于导频信道信号信息和基站信息, 把一组位置

误差代价函数减至最小，以估算移动台的位置，其中基站信息指出与到达时间相关的多个基站的位置。

26. 按照权利要求 25 的可执行程序，还包括：

计算源代码段，把一组位置误差代价函数减至最小，估算从移动台到一个基站的距离，该代价函数包含诸基站与移动台之间形成的夹角。

27. 一种计算机数据信号，包括：

接收信号段，用于接收导频信道信号信息，该信息指出导频信道信号传播到移动台的到达时间；和

估算信号段，基于导频信道信号信息和基站信息，把一组位置误差代价函数减至最小，以估算移动台的位置，其中基站信息指出与到达时间相关的多个基站的位置。

28. 按照权利要求 27 的计算机数据信号，还包括：

计算信号段，把一组位置误差代价函数减至最小，以估算从移动台到一个基站的距离，该代价函数包含诸基站与移动台之间形成的夹角。

29. 按照权利要求 27 的计算机数据信号，其中计算机数据信号是在载波上实现的。

# 说明书

## 局部定位系统

本发明涉及确定移动台的位置；具体涉及利用到达时差（TDOA）方法查找移动台。

全球定位系统（GPS）通常提供精确的测量位置给接收机。GPS接收机从卫星接收信号，根据该卫星的已知位置，通过完成TDOA计算确定它的位置。接收机一般附属在车辆或船只上，完成其单一的目的。GPS的昂贵费用往往限制它的购买者为豪华轿车，飞机，和轮船的拥有者。

数字蜂窝式/PCS电话已成为一个非常方便和廉价的方法，不管人们在什么地方，用于该人与其他人或通信系统的通信。在紧急情况下人们可以拨打9-1-1电话。然而，在不利用卫星和GPS的情况下，当前的无线通信系统不能确定主叫方的位置。

当前的无线通信系统利用多址技术组合来自不同源的信号，允许多个用户分享公用媒体而没有互相之间的干扰。一种基本类型的多址技术是码分多址（CDMA）。在CDMA中，每个基站发射一个导频信道信号，它基本上是一个未调制的伪随机噪声（PN）序列。PN序列包括一连串PN码片（chip），每个PN码片对应于约800.4ft的距离。每个基站采用不同的计时偏置发射导频信道信号，使移动台能够区分从哪个基站发射的导频信道信号。

移动台与服务的基站在时间上是同步的，即，是与移动台通信的那个基站是同步的。移动台搜索称之为导频信道信号搜索窗的时间间隔。安排每个基站发射它的导频信道信号，使移动台可以期望在每个搜索窗内开始接收不超过一个导频信道信号。当移动台检测导频信道信号时，若导频信道信号到达该移动台，它就测量该导频信道信号的强度和记录该导频信道信号的相位，用PN码片表示。若导频信道信号的强度超过预定的阈值，则发射该导频信道信号的基站对于移动台

而言是“可见”的。移动台通过反向链路发射测量和记录到服务的基站或某个其他的预定位置。

确定移动台地理位置的常规方法通常至少需要 3 个“可见”基站与该移动台之间的距离表示。基站与移动台之间的距离等于信号从基站传播到移动台的时间  $\Delta t_i$  乘以该信号的波速  $v$ 。若  $\Delta t_1 v$  是从该移动台（已知其地理坐标为  $(x_0, y_0)$ ）到第一基站（已知其地理坐标为  $(x_1, y_1)$ ）的距离， $\Delta t_2 v$  是从该移动台到第二基站（已知其地理坐标为  $(x_2, y_2)$ ）的距离，和  $\Delta t_3 v$  是从该移动台到第三基站（已知其地理坐标为  $(x_3, y_3)$ ）的距离，则根据毕达哥拉斯（Pythagoras）定理，导出用到达时间（TOA）方法确定该移动台  $(x_0, y_0)$  位置的以下公式：

$$\Delta t_1 v = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}, \quad (1)$$

$$\Delta t_2 v = \sqrt{(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2} \quad (2)$$

$$\Delta t_3 v = \sqrt{(x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2} \quad (3)$$

然而，在 CDMA 中，时间  $\Delta t_i$  是未知的，因为移动台没有测量  $\Delta t_i$  的绝对时间参考标准。

TDOA 方法把公式数目从 3 个减少到 2 个。（公式（3）减公式（1）和公式（2）减公式（1））。若没有以下描述的系统测量误差或多路径效应，则 TDOA 方法给出精确位置的确定方法。遗憾的是，系统测量误差和多路径效应一般总是存在的，因此造成与确定真实位置的偏差。所以，不能利用以上公式直接地精确确定移动台 M 的地理位置。

本发明处理这些问题是通过给出一个局部定位系统（LPS），该系统设计成利用码分多址（CDMA）正向链路或时分多址（TDMA）反向链路中的无线电传播参量估算移动台的位置。

把两组称之为代价函数的公式减至最小，LPS 利用三角形测量方法确定移动台的位置。第一组代价函数代表从“可见”基站到移动台的距离误差，第二组代价函数代表移动台位置估算中的位置误差。两组代价函数包含这样的变量，它是该组内多个代价函数的公共变量。估算每个公式内未知变量的值使代价函数变成最小，从而使该组中距离误差或位置误差尽可能接近于零。



当移动台与基站之间的距离是未知时，为了确定移动台的地理坐标，LPS 首先估算从移动台到基站的距离以减轻系统测量误差和多路径效应。在估算该距离之后，LPS 根据估算的距离估算移动台 ( $x_0, y_0$ ) 的地理坐标。

在一个优选的实施例中，LPS 是计算机中确定移动台地理位置的软件实施方案。LPS 接收数据样本，它包含导频信道信号到移动台的到达时间信息，和访问基站信息，它指出与到达时间信息相关的至少 3 个蜂窝式或 PCS 基站的位置。然后，把第一组公式或代价函数减至最小，LPS 估算从移动台到基站的距离；根据估算的距离，把第二组公式或代价函数减至最小，LPS 估算移动台的地理位置。

本发明的 LPS 有这样的优点，利用现有的设备给出类似 GPS 定位的能力。该 LPS 不需要附加的信号检测能力，只需要稍微改动现有的无线电话系统。除了标准的 CDMA/TDMA 系统以外，不需要附加的硬件，从而使 LPS 有高的成本效益。LPS 还解决了无线 CDMA/TDMA 系统的 9-1-1 移动台位置问题。所以，LPS 能够根据数字电话机确定受困惑人的位置。

参照以下附图详细地描述本发明，其中相同的数字代表相同的元件：

图 1 举例说明位于三角形内部的移动台，该三角形是由三个不同基站构成的；

图 2 举例说明位于三角形外部的移动台，该三角形是由三个不同基站构成的；

图 3a 是按照本发明一个优选实施例的 LPS 实施方案示意图；

图 3b 是按照本发明另一个优选实施例的 LPS 实施方案示意图；

图 4 举例说明一个 LPS 优选实施例的流程图；和

图 5 是一个说明 LPS 性能分析的曲线图例子。

此处所描述的诸实施例是用于在 CDMA 正向链路三角形测量方法 (FLT) 的系统中。应当明白，在与诸基站同步之后，该实施例也可用于在 TDMA 反向链路三角形测量方法 (RLT) 的系统中。

LPS 确定移动台的地理坐标是通过，接收代表有关该移动台信息的数据样本，访问有关至少 3 个基站的基站信息，和估算该移动台的位置。根据数据样本和基站信息，LPS 确定移动台的位置是通过，把第一组公式或代价函数减至最小，估算该移动台与基站之间的距离，然后把第二组公式或代价函数减至最小，估算该移动台的地理坐标。

LPS 的基础是 TDOA，它利用测得的导频信道信号相移或码片偏置信息，该信号是从对移动台是“可见”的特定基站发射的。TDOA 三角形测量方法要求至少来自 3 个“可见”基站的时间或传播延迟测量。若移动台“可见”的基站少于 3 个，则 LPS 将等待 3 个“可见”基站的移动台报告，或调整信号强度阈值，使该移动台识别来自其他基站更多的导频信道信号。该移动台频繁地测量导频信道信号的相位，就可以积累对位置的估算，随着时间的推移使位置的估算更加精确。

图 1 展示代表移动台 M 的一个点，该点位于代表“可见”基站的点  $b_1$ 、 $b_2$  和  $b_3$  三角形的内部，该点离移动台 M 的距离分别为  $d_1$ 、 $d_2$  和  $d_3$ 。测得诸基站之间的距离为：基站  $b_1$  与  $b_2$  之间的长度  $b_1b_2$ ；基站  $b_1$  与  $b_3$  之间的长度  $b_1b_3$ ；和基站  $b_2$  与  $b_3$  之间的长度  $b_2b_3$ 。夹角  $\alpha_{12}$ 、 $\alpha_{13}$  和  $\alpha_{23}$  分别是由弧线  $b_1Mb_2$ 、 $b_1Mb_3$  和  $b_2Mb_3$  形成的。在图 1 中，夹角  $\alpha_{23}$  等于  $360^\circ$  减去夹角  $\alpha_{12}$  和  $\alpha_{13}$ 。除了移动台 M 位于三角形  $b_1b_2b_3$  的外部且夹角  $\alpha_{23}$  等于夹角  $\alpha_{12}$  与  $\alpha_{13}$  之和以外，图 2 类似于图 1。

图 3a 是举例说明 LPS 的实施方案图。LPS 包括：计算机 10 和构件 20，且可以放在一个基站中。构件 20 包括：计算机可读介质和可执行程序，用于寻找移动台 M 的位置。

图 3b 是举例说明另一个 LPS 的实施方案图。LPS 1 包括：计算机 10，用于接收传送可执行程序的信号 30 以寻找移动台 M 的位置。发射的信号 30 是有载波或没有载波的数字格式。

图 4 举例说明一个优选实施例中 LPS 寻找移动台 M 位置的流程图。在步骤 S10，LPS1 读出来自移动台 M 的数据样本（例如，扇区编号，导频信道信号的导频相位和强度）。在步骤 S20，LPS1 读出小

区现场表，它包含一些信息，诸如，基站 ID，基站的扇区编号，和基站的地理位置，例如，测出的纬度和经度。在步骤 30，把数据样本的扇区编号与小区现场表中的编号进行匹配，确定该导频信道信号来自何处。若导频信道信号至少来自 3 个基站，则构成如图 1 或图 2 所示的三角形  $b_1b_2b_3$ ，可以确定移动台 M 与基站  $b_1$ ， $b_2$  和  $b_3$  之间的距离和移动台 M 的地理位置。

在步骤 S40，估算移动台 M 与可见基站  $b_1$ ， $b_2$  和  $b_3$  之间的距离。计算机 10 计算距离  $d_1$ ，使一组代价函数的距离误差减至最小，并根据估算的距离  $d_1$  确定距离  $d_2$  和  $d_3$ 。以下描述距离  $d_1$  的估算和根据距离  $d_1$  确定距离  $d_2$  和  $d_3$ 。

在步骤 S50，LPS 利用 TDOA 确定移动台 M 的地理坐标。LPS 1 计算移动台 M 的本地坐标，即， $(x_0, y_0)$  与服务的基站  $b_1$  之间关系，并根据基站  $b_1$ ， $b_2$  和  $b_3$  已知的纬度和经度，把本地坐标  $(x_0, y_0)$  转换成全球的纬度和经度。若存在相继的导频信道信号相位的测量和记录，则可以重新计算移动台 M 的地理位置，并取平均值以获得更精确的分析。

#### 步骤 S40-估算移动台与基站之间的距离

TODA 方法中两个最严重的系统测量误差是导频信道信号相位测量中的舍入误差和诸基站之间的同步误差。对于导频信道信号相位测量，若一个码片对应于 800.4ft，则舍入误差（在最坏情况下为半个码片）在位置偏差中的贡献为 400.2ft。若舍入误差满足均匀分布，则它可以用随机变量  $T_1$  表示。

理想上，每个基站与其他基站在时间上同步。每个基站也可以利用 GPS 时钟在时间上同步。然而，基站中的实际时钟往往在标称值附近漂移。漂移误差可以用满足另一种均匀分布的随机变量  $T_2$  表示。可以把两个误差源的影响相加得到系统测量误差 T，它等于随机变量  $T_1$  与  $T_2$  之和。所以，测出的导频信道信号相位  $p_i$  等于真实的导频信道信号相位加上系统测量误差 T。

若所进行的测量是属于视线 (LOS) 信号的测量，则 TDOA 方法

工作得最好，因为直线是两点之间最短的距离。遗憾的是，移动台 M 不可能总是从基站  $b_1$ 、 $b_2$  和  $b_3$  接收到 LOS 信号。从任何一个基站  $b_1$ 、 $b_2$  和  $b_3$  发射的单个信号在到达移动台 M 之前，该信号可能从不同的物体上反射，例如，建筑物，树木和车辆；所以，沿着一条比该信号是 LOS 信号长的路径传播。这个多路径效应造成信号延迟到达，给 TDOA 估算带来不利的影响。

由于不能保证移动台 M 从可见基站  $b_1$ 、 $b_2$  和  $b_3$  获得视线 (LOS) 信号，当利用 TDOA 确定移动台 M 与基站  $b_1$ 、 $b_2$  和  $b_3$  之间的距离时，必须考虑到多路径信号造成到达时间的延迟。然而，延迟量是不同的，取决于移动台 M 与基站  $b_1$ 、 $b_2$  和  $b_3$  之间的距离和放置的物体，所以很难用一个模型来描述。因此，单个多路径参量  $\mu$  代表由多路径效应造成适当比例的时间延迟，并把它当作一个非随机参量而不是随机数，因为必须对所有的导频信道信号估算单个多路径参量  $\mu$ 。多路径参量  $\mu$  一般小于 1；若移动台 M 从可见基站  $b_1$ 、 $b_2$  和  $b_3$  只获得 LOS 信号，则多路径参量  $\mu$  等于其最大值 1。

应当注意，采用单个多路径参量  $\mu$  意味着单一的多路径效应。就是说，即使对每个基站  $b_1$ 、 $b_2$  和  $b_3$  导频信道信号的多路径效应是不同的，我们假设，多路径效应造成的延迟对于每个导频信道信号都是相同的。代表相同的附加延迟的多路径参量  $\mu$  可以大大缓和多路径效应的影响。多路径参量  $\mu$  可以在模型规定的某个范围内变化，这个模型是与典型的环境有关，诸如，农村，城镇，郊区，高速公路，等等。

移动台 M 并不知道基站  $b_1$  发射导频信道信号的正确时间（与 GPS 同步），也不知道移动台 M 接收到该导频信道信号的正确时间，以便确定导频信道信号从基站  $b_1$  传播到移动台 M 所需的时间。所以，基站  $b_1$  与移动台 M 之间的距离  $d_1$ 、 $d_2$  和  $d_3$  都是未知的。

然而，诸基站之间是互相同步的，且移动台 M 与服务的基站  $b_1$  是同步的。因此，移动台 M 能够记录从远处基站  $b_2$  和  $b_3$  发射的导频信道信号相位的码片偏置与服务基站  $b_1$  导频信道信号之间的关系。所以，在从服务的基站  $b_1$  接收到导频信道信号以后，移动台 M 可以确

定该导频信道信号从远处基站  $b_2$  和  $b_3$  传播到移动台  $M$  所需的附加时间，因为，相对于服务的基站  $b_1$  相位，远处基站  $b_2$  和  $b_3$  的相位是可以测量的，由于移动台  $M$  是与服务的基站  $b_1$  同步的，这个相位设置为零。移动台  $M$  识别导频信道信号相位  $p_2$  作为基站  $b_1$  与  $b_2$  的导频信道信号相位记录之间的相差，识别导频信道信号相位  $p_3$  作为基站  $b_1$  与  $b_3$  的导频信道信号相位记录之间的相差。因此，距离  $d_2$  等于距离  $d_1$  加  $800.4 \text{ ft}$  乘导频信道信号的相位  $p_2$ ，即：

$$d_2 = d_1 + 800.4 (p_2) \text{ ft} \quad (4)$$

类似地，距离  $d_3$  等于距离  $d_1$  加  $800.4 \text{ ft}$  乘导频信道信号的相位  $p_3$ ，即：

$$d_3 = d_1 + 800.4 (p_3) \text{ ft} \quad (5)$$

然而，在可以确定距离  $d_2$  和  $d_3$  之前，必须先估算距离  $d_1$ 。

因此，LPS 1 估算距离  $d_1$ 。为了寻找距离  $d_1$  的估算值，对于距离  $d_1$ ，多路径参量  $\mu$  和夹角  $\alpha$  和基于公式 (4) 和 (5) 替换距离  $d_2$  和  $d_3$ ，以下的公式 (6) - (8) 是把距离误差  $F_{12}$ ， $F_{13}$ ，和  $F_{23}$  减至最小的代价函数：

$$F_{12} = (b_1 b_2)^2 - \mu^2 d_1^2 - \mu^2 d_2^2 + 2\mu^2 (d_1)(d_2) \cos \alpha_{12}, \quad (6)$$

$$F_{13} = (b_1 b_3)^2 - \mu^2 d_1^2 - \mu^2 d_3^2 + 2\mu^2 (d_1)(d_3) \cos \alpha_{13}, \quad (7)$$

$$F_{23} = (b_2 b_3)^2 - \mu^2 d_2^2 - \mu^2 d_3^2 + 2\mu^2 (d_2)(d_3) \cos \alpha_{23} \quad (8)$$

必须把距离误差  $F_{12}$ ， $F_{13}$  和  $F_{23}$  的代价函数减至最小以获得最佳结果。

利用熟知的最小化方法，诸如，最陡下降或增量搜索  $d_1$  的方法，可以完成代价函数  $F_{12}$ ， $F_{13}$ ，和  $F_{23}$  的最小化。例如，利用增量搜索方法，通过估算距离  $d_1$  和多路径参量  $\mu$  的范围，求解该范围内每个预定增量的公式 (6) - (8)，和选取距离  $d_1$ ，多路径参量  $\mu$  和夹角  $\alpha_{12}$ ， $\alpha_{13}$  和  $\alpha_{23}$  给出距离误差  $F_{12}$ ， $F_{13}$  和  $F_{23}$  最接近于零，就可以使以上代价函数减至最小。在估算距离  $d_1$  以后，利用公式 (4) 和 (5) 可以确定距离  $d_2$  和  $d_3$ 。

公式 (6) - (8) 有 4 个未知数，即，距离  $d_1$ ，多路径参量  $\mu$  和夹

角  $\alpha_{12}$ ,  $\alpha_{13}$ 。如上所述, 当移动台 M 在三角形  $b_1b_2b_3$  的内部时, 夹角  $\alpha_{23}$  等于  $360^\circ$  减去夹角  $\alpha_{12}$  和  $\alpha_{13}$ 。当移动台 M 在三角形  $b_1b_2b_3$  的外部时, 夹角  $\alpha_{23}$  等于夹角  $\alpha_{12}$  与  $\alpha_{13}$  之和。然而, 夹角  $\alpha_{12}$  和  $\alpha_{13}$  是基于估算的距离  $d_1$  确定的, 换句话说, 夹角  $\alpha_{12}$  和  $\alpha_{13}$  是根据距离  $d_1$  的值确定的。

熟练的专业人员很容易明白, CDMA (和 TDMA) 系统能够测量发射的导频信道信号从服务的基站  $b_1$  到移动台 M 并返回到服务的基站  $b_1$  的往返路程延迟。这个往返路程延迟具有这样的优点, 允许 LPS 1 利用更窄的地域估算距离  $d_1$  的范围。

#### 步骤 S50-确定移动台的地理位置

在估算距离  $d_1$ ,  $d_2$  和  $d_3$  之后, 把代价函数  $G_1$ ,  $G_2$  和  $G_3$  的公式 (9) - (11) 减至最小, 就可以估算移动台 M 的直角坐标  $(x_0, y_0)$ :

$$G_1 = \mu^2 (d_1)^2 - [(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2] \quad (9)$$

$$G_2 = \mu^2 (d_2)^2 - [(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2] \quad (10)$$

$$G_3 = \mu^2 (d_3)^2 - [(x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2] \quad (11)$$

其中  $G_i$  ( $i=1, 2,$  和  $3$ ) 代表位置误差, 且在理想情况下为零。然而, 由于  $d_1$ ,  $d_2$  和  $d_3$  是估算的, 不能精确地求解公式 (9) - (11), 但通过把  $G_i$  减至最小, 可以找到  $(x_0, y_0)$  的最佳估算。

#### 估算和坐标转换的例子

移动台 M 是与基站同步的。所以, 在移动台 M 送回到基站  $b_1$  的应答消息中, 设定基站  $b_1$  发射参考导频信道信号的相移为零。记录基站  $b_2$  和  $b_3$  的导频信道信号相位成与基站  $b_1$  零相移的码片偏置。因此, 一旦估算了距离  $d_1$ , 如上面所讨论的, 可以直接地确定距离  $d_2$  和  $d_3$ 。

按照图 4 中的步骤 S10 和 S20, LPS 1 收集包括移动台 M 信息和基站  $b_1$ ,  $b_2$  和  $b_3$  信息在内的输入信息。例如, 移动台 M 记录: 从基站  $b_1$  发射的导频信道信号, 基站标识导频 PN 为 432 和导频信道信号强度为 17 (-8.5 dB); 从基站  $b_2$  发射的导频信道信号, 基站标识导频 PN 为 76, 导频信道信号相位  $p_2$  等于 4 PN 码片, 和导频信道信号强度为 21 (-10.5 dB); 以及从基站  $b_3$  发射的导频信道信号, 基站标识导

频 PN 为 220, 导频信道信号相位  $p_3$  等于 3 PN 码片, 和导频信道信号强度为 19 (-9.5 dB)。按照图 4 中的步骤 S30, 移动台 M 报告的导频 PN 是与小区现场表存储的扇区信息中的 PN 匹配的, 可以确定从哪个基站  $b_1$ ,  $b_2$  和  $b_3$  送出的导频信道信号。此处, 基站  $b_1$  的小区编号为 138, 发射的导频 PN 为 432, 和位于纬度 40.861389 和经度 -73.864167; 基站  $b_2$  的小区编号为 140, 发射的导频 PN 为 76, 和位于纬度 40.867500 和经度 -73.884722; 和基站  $b_3$  的小区编号为 43, 发射的导频 PN 为 220, 和位于纬度 40.878889 和经度 -73.871389。

把诸基站的纬度和经度转换成本地坐标系 ( $x, y$ )。基站  $b_1$  的坐标 ( $0, 0$ ) 设置在原点, 基站  $b_2$  的坐标 ( $x_2, 0$ ) 设置在  $x$  轴上, 而基站  $b_3$  的坐标 ( $x_3, y_3$ ) 是根据各基站之间已知的距离确定的。

按照图 4 中的步骤 S40, 把代价函数公式 (6) - (8) 减至最小后估算出, 距离  $d_1=0.801$  哩, 多路径参量  $\mu=0.98$ , 夹角  $\alpha_{12}=1.784084$  弧度, 夹角  $\alpha_{13}=3.002281$  弧度和夹角  $\alpha_{23}=1.218859$  弧度。根据估算的距离  $d_1$ , 如上所述, 直接地确定距离  $d_2$  和  $d_3$  分别等于 0.983620 哩和 0.839603 哩。按照图 4 中的步骤 S50, 把公式 (9) - (11) 减至最小后确定, 本地直角坐标 ( $x_0, y_0$ ) 等于 (0.237018, 0.357580)。再把这些坐标转换成纬度和经度, 可以更容易地把移动台 M 的位置标记在地图上, 指出它位于哪条街上。在这个例子中, 移动台 M 地理位置的本地直角坐标 (0.237018, 0.357580) 转换成纬度 40.867465 和经度 -73.865885。

在以上例子中, 夹角  $\alpha_{13}$  等于夹角  $\alpha_{12}$  与夹角  $\alpha_{23}$  之和。所以, 移动台 M 不是位于三角形  $b_1b_2b_3$  的内部, 而是位于长度  $b_1b_3$  的外部。

### 估算距离偏差

图 5 中下方的曲线表示移动台 M 的真实位置与 LPS 估算位置之间距离偏差的一个例子, 这是根据系统测量误差造成的时间偏差 ( $\mu s$ ), 该误差包括导频信道信号相位测量中的舍入误差和同步误差。上方的曲线代表在一个瞬时得到的最大误差。若这个瞬时图延伸一段时间, 对距离偏差取平均值, 则该距离偏差变成下方的平均误差曲线。

因此，若诸基站是同步的，则导频信道信号相位测量中舍入误差一项接近 200 ft.

### 反向链路三角形测量方法 (RLT)

在北美 TDMA 系统中，在基站而不是在移动台获得到达时间。移动台发射编码的数字校验色码 (CDVCC) 信号作为该移动台的标识。在接收到 CDVCC 后，接收基站给接收到的 CDVCC 信号作上时间标记。若诸基站是同步的，把第一基站接收到信号的时间从另一个基站在以后接收到该信号的时间中减去，则这些基站确定了 CDVCC 信号不同到达时间之间的相对时间差。因此，LPS 可适用于 CDMA 系统和 TDMA 系统。

所以，若诸时钟信号或寻找特定移动台位置的诸基站是同步的，则公式 (6) - (11) 也可适用于 TDMA RLT 地理位置系统。可以通过安装 GPS 完成同步。反向链路信号通过反向链路从移动台发射到基站，该反向链路一般与 CDMA 系统的正向链路有不同的频带。但在 TDMA 系统情况下有相同的频带而在不同的时隙。

若到达时间的测量是在基站，则 TDMA 反向链路给出更精确的位置测量，因为，它没有如在 CDMA 正向链路中的码片舍入误差。此外，TDMA 中的功率控制不如在 CDMA 中那样严格，所以，更容易让几个基站“看见”来自移动台的信号。TDMA 反向链路三角形测量方法所需的输入包括：移动台请求测定位置服务的标识，到达诸基站的相对时间，全部基站的位置 (纬度/经度)，和往返路程中的延迟 (为了对准起见，在 TDMA 中连续地测量)。还要求知道来自移动台的信号强度，借助于越区切换可以在相邻的基站进行测量信号强度。

虽然本发明的描述是结合特定的实施例，但是，显而易见，专业人员可以知道有许多不同的方案，改动，和变化。因此，此处提出的几个优选实施例只是用于说明而不是限制性的。如在以下权利要求书中所确定的，在不偏离本发明的精神和范围的条件可以作各种变化。



说明书附图

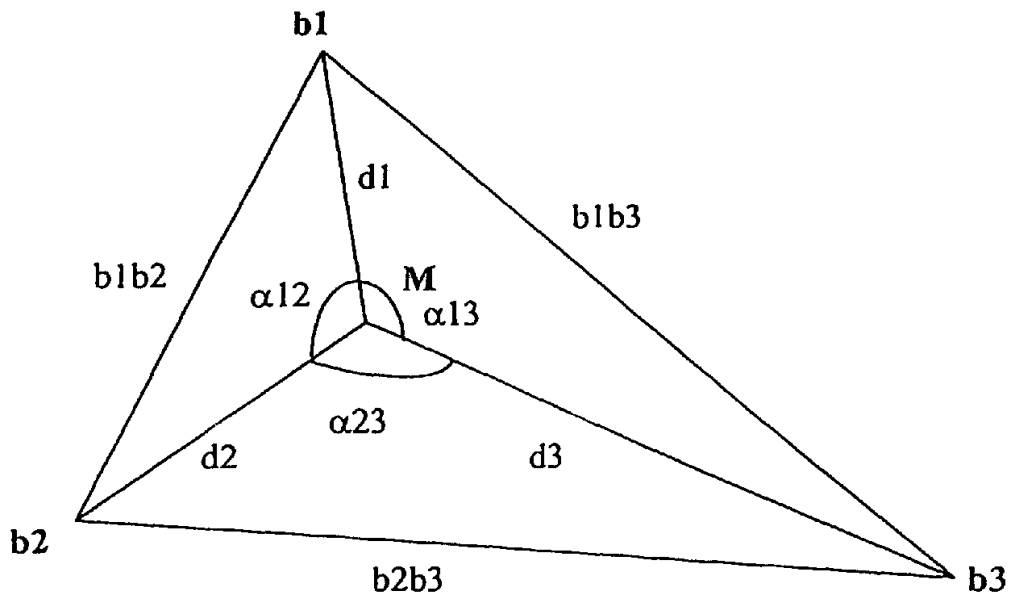


图1

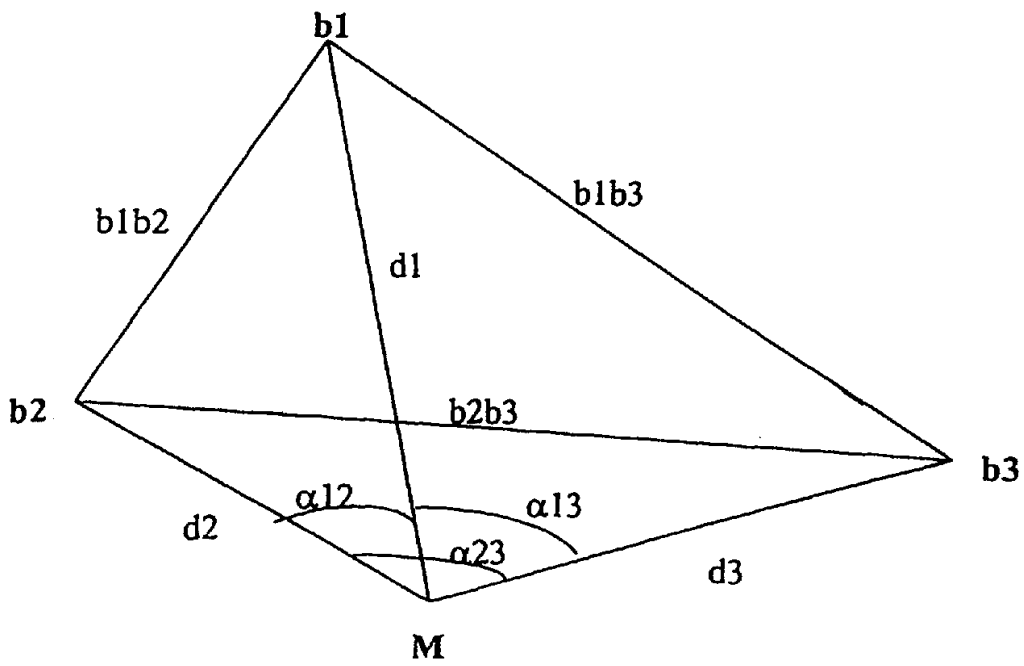


图2

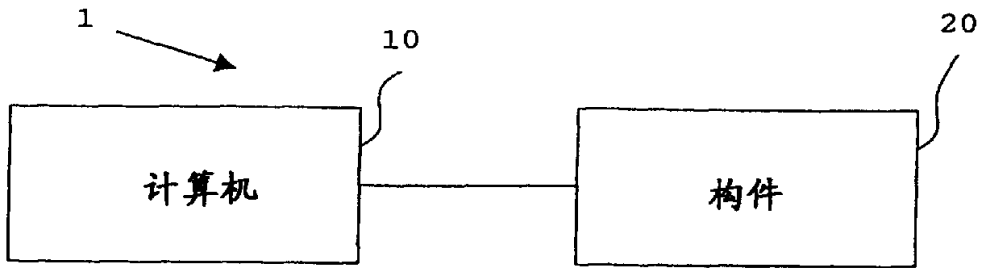


图 3a

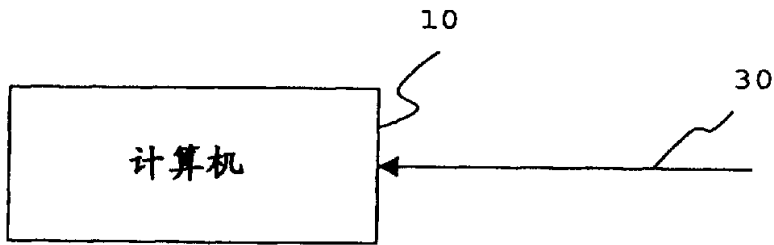


图 3b

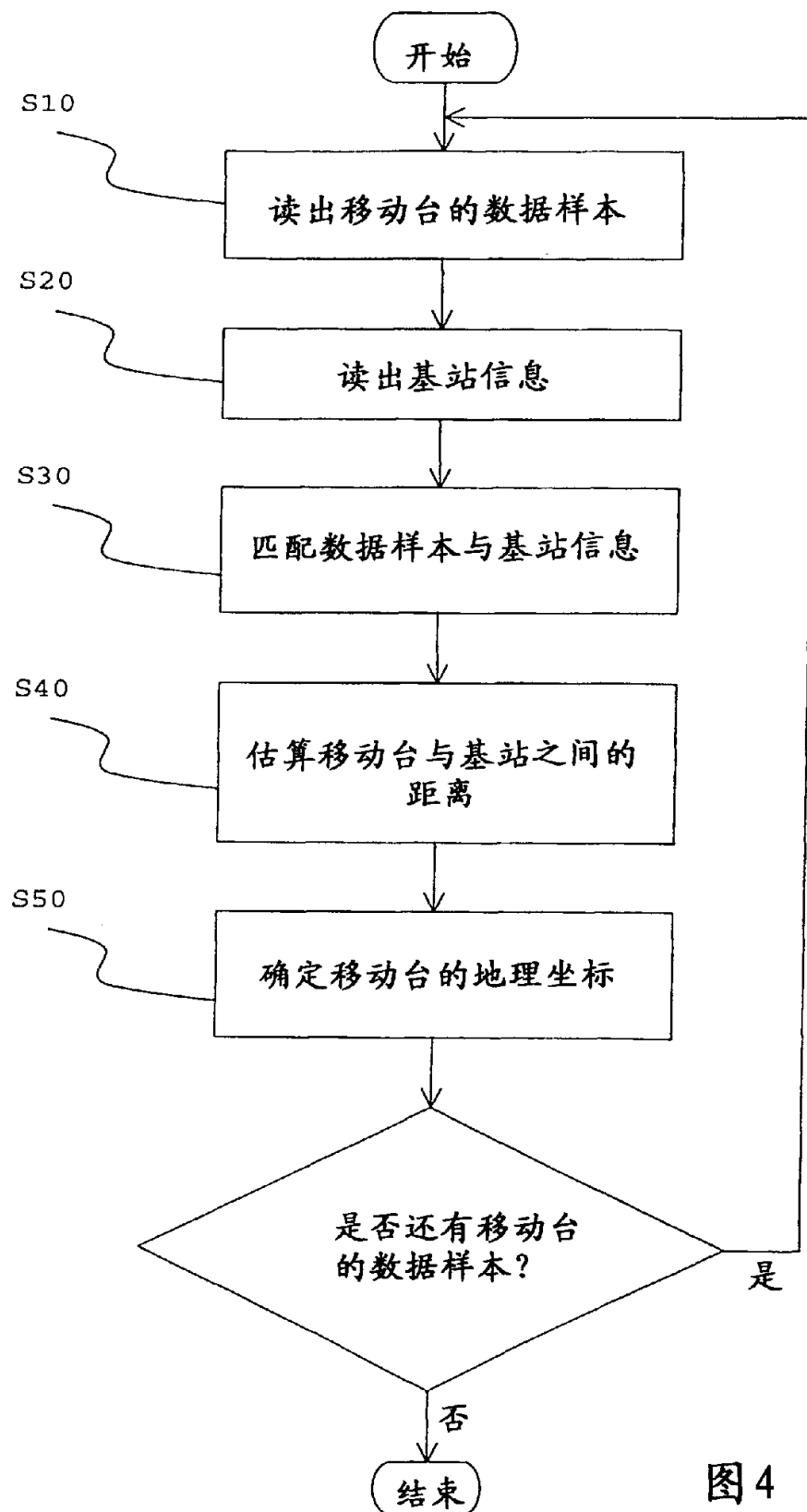


图4

图 5

