[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H04Q 7/38
G01S 5/10

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96195241.5

[45] 授权公告日 2004 年 12 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1178543C

[22] 申请日 1996.5.1 [21] 申请号 96195241.5
[30] 优先权
[32] 1995. 5. 2 [33] GB [31] 9508884.5
[86] 国际申请 PCT/GB1996/001039 1996.5.1
[87] 国际公布 WO1996/035306 英 1996.11.7
[85] 进入国家阶段日期 1998.1.4
[71] 专利权人 BT 塞尔网络有限公司
地址 英国伯克郡
[72] 发明人 P·R·慕蝶 I·勾茨
S·M·加诺
审查员 郭 琼

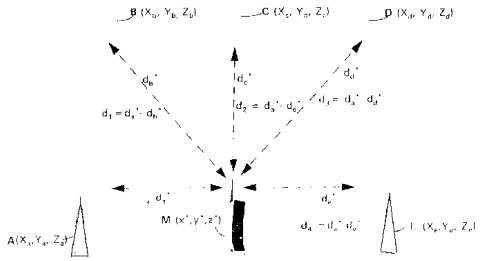
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 李亚非 王 岳

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 4 页

[54] 发明名称 蜂窝无线定位系统

[57] 摘要

蜂窝无线系统中移动单元 M 的位置通过确定该移动单元处测定的每个基站 A、B、C、D 之控制信道传输中的特征特性的定时之间的差别来确定。优选地，特征特性是移动站已经在蜂窝系统中为测量信号强度以便通知切换决定所使用的训练抽样。通过确定来自四个基站 A、B、C、D 的发送到达时间之间的差别，就可以得到二维的位置而不需要事先知道距任何基站的实际距离。 第五个基站 E 允许确定三维的位置。



ISSN1008-4274

CPEL9752231PP

权　利　要　求　书

1. 一种确定具有多个基站的蜂窝无线系统中移动单元位置的方法，包括如下步骤：确定移动单元处测量的基站发送之间的定时差，由定时差别确定移动单元距每个基站的距离差，并从这样确定的距离差得到移动单元的位置，其特征在于，移动单元无线范围内至少几个基站的控制信道的时分帧结构是同步的，而且移动单元确定每个基站的控制信道所广播的时分帧结构的特征特性在移动单元处的定时差，其中所使用的特征特性是每个基站所发送的训练信号，而且移动单元识别从每个基站接收的信号与移动单元存储的参考训练信号的相关。

2. 一种根据权利要求 1 的方法，其特征在于，确定至少四个基站之间的定时差，藉此实现二维内移动单元绝对位置的确定。

3. 一种根据权利要求 1 的方法，其特征在于，确定至少五个基站之间的定时差，藉此实现三维内移动单元绝对位置的确定。

4. 一种根据权利要求 2 或权利要求 3 的方法，其特征在于，如果移动单元检测到少于所需数目的基站，与服务基站通信所需的定时提前用于得到移动单元与服务基站之间的距离。

5. 一种根据权利要求 2 或 3 所述的方法，其特征在于，如果移动单元检测到少于所需数目的基站，与移动单元相对于一个或多个基站的方向有关的信息可附加地用于识别正确的位置。

6. 一种根据权利要求 2 或 3 所述的方法，其特征在于，基站时分帧结构的定时相对彼此有偏移，而且其特征在于，对于每个基站，各个偏移要从帧特征特性的到达时间中减去，以便得到基站距移动单元的距离与服务基站距移动单元的距离之间的差。

7. 一种根据权利要求 6 的方法，其特征在于，与每个基站关联的有关偏移的数据从服务基站发送到移动单元，而且移动单元从所述的偏移数据以及特征特性的到达时间中确定距离计算。

8. 一种根据权利要求 1 的方法，其特征在于蜂窝无线系统根据 GSM 标准操作，而且训练信号是根据该标准所发射的同步突发（SCH）。

9. 一种根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于首先识别的参考信号的相关，对应于最直接的信号路径，用于计算距离。

10. 一种根据权利要求 1－3，7，8 或 9 任意之一所述的方法，其特征在于，所得到的位置是时间平均的。

1002
96.7

11. 一种根据权利要求 1－3，7，8 或 9 任意之一所述的方法，其特征在于，蜂窝无线系统中多个基站中的一个或多个具有很短的范围，而且包括额外的步骤，其特征在于，如果移动单元被认为处于所述范围有限基站中一个的范围内，那么移动单元的位置确定为处于所述范围有限基站的位置上。

12. 一种根据权利要求 1－3，7，8 或 9 任意之一所述的方法，其特征在于，所得到的位置通过蜂窝无线网络传输给远端用户。

13. 一种根据权利要求 1－3，7，8 或 9 任意之一所述的方法，其特征在于，如果所得到的位置对应于预定的位置，那么就发送一个报警信号。

说　　明　　书

蜂窝无线定位系统

本发明涉及无线定位系统。为了使用无线传播特性识别一个移动单元的位置，正在开发多种系统。一个这样的系统是全球定位系统（GPS），其特征在于便携单元使用来自太空卫星的无线传输进行位置确定。这种系统是高度精确的，但是需要特殊设备，而且在天空可见度很差的位置是不可靠的，因为几个很分散的卫星必须与手机处于视线关系才能进行定位。

为这种使用蜂窝无线系统的无线传播特性提供蜂窝无线移动单元定位的系统做了几种建议。它们使移动单元本身作为寻找位置的装置。众所周知，蜂窝无线系统允许携带便携手机（一个“移动单元”）的用户通过无线链路，或者向另一个移动单元或者向常规的固定端机，发出并接收电话呼叫。无线链路在移动单元和分散在所覆盖区域的固定无线基站网中的一个之间建立。系统允许任何移动单元通过任何基站进行通信；通常移动单元将通过提供最佳质量无线信号的基站进行通信。

因为移动单元在通话过程中可能移动，那么可能很必然的是它会移出最初建立呼叫的基站范围。因此蜂窝无线系统包括切换系统，允许与第二个基站建立通信，与第一个切断，并不会让通话的任一方觉察到通话本身的中断。在已知的GSM系统（Global System for Mobile communication 移动通信全球系统）中，移动单元经常监视周围基站的BCCH（Broadcast Control Channel 广播控制信道）以便确定哪个基站提供最佳的信号，并因此确定通过哪个基站建立新的呼叫，或者是否应该启动一次切换。这个过程发生在空闲和激活模式中，即不需要用户进行一次呼叫。

GPS 技术的发展意味着现在可以相对便宜地在每个蜂窝无线基站站址实现高度精确的同步源。一个好的同步源有几个好处，包括：改善的切换、降低相邻基站之间干扰影响的能力、以及在无线接口允许高度精确的辐射频率。应该注意到不同于简单的广播时间信号，GPS同步信号考虑到 GPS 接收机的位置，而且因此可以补偿由于无线电波速率有限而带来的时间延迟。

欧洲专利说明EP0320913（Nokia）描述了一种系统，其特征在于由GPS系统得到的定时脉冲从三个或多个基站中的每一个发送，它们到达移动单元的不同时间用于识别该单元的位置。这个现有技术系统需要移动单元轮询每个基站，这就要求它切换不同基站之间的通信，以便完成这种轮询。这样需要使用几个业务信道，或者辅助信道而且也需要与每个临近基站建立可靠的无线通信。

在国际专利申请WO95/00821（Omniplex）和US专利5,293,645(Sood)中，每个基站发送同步分组数据信号。移动单元同时监视所有基站的分组数据信道，这就需要移动单元能够同时接收几个无线频率，或者所有基站在相同信道上发送它们的数据分组。这些特性都不是蜂窝无线系统中常规的。

这些系统也都需要从蜂窝站址（基站）向移动单元发送特殊定时或同步脉冲，而且移动单元要识别这些脉冲。这种要求不仅增加了移动单元的信令开销，而且需要在移动单元中附加功能以便识别定时脉冲。

根据本发明，提供了一种确定具有多个基站的蜂窝无线系统中移动单元位置的方法，包括如下步骤：确定移动单元处测量的基站发送之间的定时差，由定时差确定移动单元距每个基站的距离差，并从这样确定的距离差得到移动单元的位置，其特征在于，移动单元无线范围内至少几个基站的控制信道的时分帧结构是同步的，而且移动单元确定每个基站的控制信道所广播的时分帧结构的特征特性在移动单元处的定时差。

通过使用控制信道，移动单元能够利用现有的用于确立是否要进行切换的无线链路质量监测系统，而不需要与任何基站建立完全通信。

优选使用的特征特性是每个基站所发送的训练信号，该信号与移动单元存储的参考训练信号相关。这样的“同步突发”（SCH），及其相关处理已经构成了GSM标准的一部分用于特征化无线通路。因此本发明的方法可以利用现有的这些信号和相关分析程序。但是，为了确定位置，优选的是系统应该使用参考信号的第一个可识别的相关，而不是用于确定切换的最强的那个。这就保证了计算距离时使用最直接的信号路径，而不是那个较强但非直接的路径。

所得到的位置也可以做时间平均，以减少来自反射信号的假结果的影响，这样的信号会使基站和移动站之间的距离看起来比实际长。

所得到的位置也可以通过蜂窝无线网络传递到远端用户，而不是移动单元用户本身。如果所得到的位置对应于预定的位置，可以发出一个警告信号。根据发明的另一个方面，提供了一个用于蜂窝无线系统的移动单元，该移动单元包括确定移动单元位置的设备；该设备包括检测从不同无线基站接收的信号之间定时差的装置；以及用于从定时差确定移动单元距离每个基站的距离差的装置；以及从距离差得到移动单元位置的装置，其特征在于，移动单元具有确定每个基站的控制信道同步广播的时分帧结构的特征特性在移动单元处的定时差的装置。移动单元还可包括从目前服务的基站接收有关移动单元无线范围内基站的数据的装置，该信息包括基站的地理位置。

蜂窝无线网络可以补充上面定义的本发明第二个方面的移动单元。或者，位置确定功能可以由网络本身完成。因此，蜂窝网络可以包括确定在移动单元处测量的基站所发射的信号之间定时差的装置；从定时差确定移动单元距离每个基站的距离差的装置；从距离差得到移动单元位置的装置，其特征在于，基站具有广播控制信道，以同步时分帧结构操作，该结构具有移动单元可检测的特征特性，而且基站具有从移动单元接收每个基站的特征特性到达移动单元的时间指示的装置。

根据发明的另一方面，提供了使用具有多个基站的蜂窝无线系统确定移动单元位置的设备，上述设备包括用于确定移动单元处测量的基站操作之间的定时差的装置；从定时差确定移动单元距离每个基站的距离差的装置；以及从距离差得到移动单元位置的装置，其特征在于，该装置包括蜂窝无线系统内使移动单元无线范围内至少多个基站所广播的控制信道的时分帧结构同步的装置，而且移动单元具有确定每个基站的控制信道所广播的时分帧结构的特征特性在移动单元处的定时差的装置。时间差测量装置、距离差确定装置以及位置获取装置都可构成移动单元或固定网络的一部分。如果在移动单元中，这个单元还可包括从目前服务的基站接收有关移动单元无线范围内基站的数据的装置，该信息包括基站的地理位置。

在现有的 GSM 系统中，每个基站发送具有 TDMA 帧结构的控制信道

（BCCH）。这个帧结构由每个 235.38 毫秒的“多帧”构成。每个多帧具有 51 个帧的子结构，每个帧有 8 个突发。每个突发由三个“拖尾（tail）”比特、142 个信息比特、三个另外的“拖尾”比特、以及持续时间等于 8¼比特的保护周期构成。因此该帧持续 156¼比特，每个比特具有大约 3.9 毫秒的持续时间，这样一个突发具有 0.577 毫秒的持续时间。每个多帧中的帧一般编号为 00 到 50，其中 5 个为频率控制帧（FCCH），（00、10、20、30、40）；5 个是同步帧（SCH）；01、11、21、31、41。因此同步帧之间的间隔一般为 46.15 毫秒（80 个突发），但是帧 41 和 01 之间的间隔具有 50.77 毫秒（88 个突发）的较长间隔，因为中间有一个额外帧 50。每个同步帧包括一个训练序列，在发明的这个实施例中用做特征特性。

在 GSM 中，时分多址（TDMA）装置的使用意味着移动站和服务的基站必须高度同步。为了使移动单元将基站的标识码 BSIC 解码，它必须短暂地将其本身与基站同步。因此，移动单元总是知道，从移动单元看来，每个相邻基站与服务的基站相差一帧的几分之一（即，多少个比特），如果所有基站的帧周期是绝对同步的，（即，所有基站同步地发送帧的相同部分），那么移动单元为了解码其它基站的 BSIC 必须将其帧结构移位（相对于服务基站）的大小将只是服务基站和其邻居之间路径长度差的函数。在现有系统中，移动单元与其服务基站的同步要优于¼比特、0.923 毫秒，以光速（3×108m/s）计，对应于 277m 的分辨率。为了定位的目的，这个精度可以通过使用移动单元均衡器中提供的数据得到相当大的改善。

在 GSM 实现中，每个基站的帧结构实际上在绝对意义上是不同步的，但是只是在相对意义上对每个基站而言，在帧结构的某些点上是同步于外部的同步信号的。因此，基站帧结构的定时彼此之间相差一个任意的、但是恒定的量，这里称作“偏移”。在这个说明中用到的术语“同步”是在这种相对意义上使用的（即，相差恒定量），除非上下文中清楚地需要其它情况。

重配置 GSM 系统使基站在绝对意义上完全同步是可能的(尽管出于其它原因并不希望这样)。但是，在优选的装置中，对于每个基站，各个偏移从帧的特征特性到达移动单元的时间中减去，以便得到基站和移动单元之间的距离以及服务基站离移动单元的距离之间的差。这些

计算可以在网络的固定部分中完成，但是在优选装置中，与关联于每个基站的偏移有关的数据从服务基站发送到移动单元，移动单元从所述偏移数据和来自每个基站的特征特性的到达时间中确定定时差。因此，发明的另一方面提供了一种与上面定义的移动单元一起使用的蜂窝无线网络，包括多个以控制信道操作的基站，这些控制信道广播同步时分帧结构，识别哪个基站处于特定移动单元的无线范围内的装置，以及向移动单元发送有关每个这样基站的位置以及同步偏移的数据的装置。

定时差提供了不同基站之间路径长度差，但是它们并没有提供绝对的路径长度。在上面描述的现有技术系统中，来自最少三个基站的信号定时被称为足以提供唯一的方位（二维）。为了实现它，必须不仅知道来自不同基站的信号的到达时间差，而且也要知道它们相对于一些固定时间标度的绝对到达时间。这就需要移动单元具有一个与那些基站同步的时钟。基站可以使用 GPS 系统同步，但是移动单元不可能将其本身同步到 GPS 系统，除非它们确实包括 GPS 接收机，因此再次引入通过使用蜂窝无线特征应该可以避免的复杂性。

已经建议使用定时提前来确定相距服务基站的距离。定时提前是服务基站用于指示移动单元相对于移动单元所接收的信号提前其发送的量，以便使来自移动单元的发送在 TDMA 帧中所分配的点上到达基站。定时提前对应于无线电波传过基站与移动单元之间往返距离所需的时间，即路径长度的两倍。但是，定时提前只能在移动单元具有一个正在进行的通话时确定。此外，定时提前是为最强信号确定的，如果存在多径干扰就不一定是最直接的路径，而且它的精确度也是相当粗糙的。

相反，在一个根据本发明的优选装置中，确定了至少四个基站之间的定时差（ 很合适的，这是当前服务基站和三个相邻基站中的每一个之间的差别），藉此使移动单元的绝对位置在二维中确定。正如下面所描述的，四个基站的使用提供了二维中唯一的结果，而不需要移动单元中的绝对参考。在另一个优选装置中，确定了至少五个基站之间的定时差（服务基站与其它四个），藉此使移动单元的绝对位置在三维中确定。如果基站及/或移动单元的高度差相对于系统的总精度来说较大，这后一种装置就是优选的。

虽然如此，发明的实施例也可以使用定时提前信息，在移动单元所检测的基站数目少于最小值的情况下对基本方法做一个补充。在需要诸如有关移动单元相对于天线方向的信息这样的情况下，其它补充信息也可以使用。如果蜂窝无线系统的多个基站中的一个或多个具有非常有限的范围，该方法可以包括一个附加步骤，其中，如果移动单元被识别为处于一个所述的范围有限基站的范围之内，那么移动单元的位置被确定为处于所述范围有限基站的位置。

现在将参考附图描述发明的实施例，其中：

图 1 表示蜂窝无线系统的一部分；

图 2 是图 1 中系统一部分更详细的示意性说明，并且表示发明的方法所实现的计算中所用的不同参数。

图 3 说明多径传播；以及

图 4 表示训练序列对应于时间的图。

图 1 表示一个蜂窝无线系统，包括移动单元 M、目前为移动单元 M 服务的基站 A、以及六个相邻的基站 B、C、D、E、F、G。每个基站被表示为具有六角形的覆盖区域，或“服务小区”，但是实际上因为地形的原因以及基站的选址，服务小区是更不规则的。特别是，无线电波的传播特性意味着覆盖区域实际上是重叠的，而且移动单元可以检测到来自几个相邻基站的信号，虽然它们没有来自当前服务基站 A 的信号那么强。为了说明起见，假设移动单元 M 至少可以检测到基站 A、B、C、D 以及 E 的 BCCH（控制信道）。

基站 A 的覆盖区域被表示为分成三个 120 度的扇区 A1、A2、A3，每个扇区由基站 A 的相应扇区天线来服务，各有自己的信道分配。

同样在基站 A 的覆盖内有一个微服务小区 H. 这是一个具有自己的低功率（而且因此范围短）基站的服务小区，对一些有限地区提供服务，这些地区具有高呼叫业务需求，并且/或者不能由主蜂窝结构很好地服务，例如由于高建筑物的原因。

在图 2 中，表示了移动单元 M 并表示了五个基站 A、B、C、D、E，带有它们各自的三维坐标 （ Xa, Ya, Za ； Xb, Yb, Zb ； Xc, Yc, Zc ； Xd, Yd, Zd; Xe, Ye, Ze），以及移动单元分别距每个基站的距离 d_a、d_b、d_c、d_d、d_e。未知的移动单元 M 的坐标表示为（x, y, z）。

为了说明起见，实施例将描述为根据 GSM 标准，使用 GPS 数据操

作，但是这不意味着具有限定性。在 GSM 中，每个基站，（例如，基站 A），具有与其本身和六个相邻基站 B、C、D、E、F、G 有关的信息。为了本发明的目的，只使用了六个中的四个相邻基站 B、C、D、E，所讨论的四个一般是在移动单元 M 处提供最强信号的那些。基站在它的 BCCH（广播控制信道）上向移动单元 M 发送数据。这个数据包括每个基站的 BCCH 的无线频率，使移动单元可以周期性地对每个 BCCH 的信号质量抽样，并基于这种抽样结果进行越区切换。

在发明的这个实施例中，除了 GSM 系统所需的信息以外的附加信息发送到移动单元，或者通过 BCCH 或者在独立的数据消息中。这个信息包括基站 A、B、C、D、E 中每一个的位置、以及它们的相对帧偏移（如上所定义）。这个偏移表示 TDMA 帧结构的定时如何关联于参考时间帧，这个参考可以是服务基站 A 的时间帧，或者是一个统一参考。

移动单元 M 和基站 A 之间的无线链路是一个时分多址（TDMA）系统，其中不同的移动单元在同一个无线频率、不同时间与基站 A 通信。每当基站 A 向其它移动单元发送时（未表示），移动单元 M 监视基站 A 告知它的邻近基站 B、C、D、E、（F、G）的 BCCH 频率。

每个基站周期性发送训练序列（SCH）。特别是在 GSM 中，SCH 在 BCCH 的每个多帧中发送五次，即 TDMA 帧 01、11、21、31、和 41。这个训练序列对应于移动单元中存储的一个序列，用于标识存储序列和 BCCH 发送之间的相关性，藉此使移动单元和基站同步并进行信号质量估计。

图 3 说明一种称为“多径”的现象。在典型的环境中，由于建筑物以及其它障碍物所引起的反射和折射的原因，无线信号可能在基站 A 和移动单元 M 之间以多条不同路径传播。通常这些路径具有不同的长度；例如直接路径 41 比建筑物 40 所反射的路径 42 短。因此训练序列的相关可以识别出发生在不同时间的多于一个的相关。在图 4 中说明了这个问题，其中在时间 t_{31} 出现第一次相关 31，在时间 t_{32} 出现第二次比较强的相关 32。当直接路径 41 受到例如植物的衰减、而非直接路径没有衰减时可能会出现这种情况。在图 3 的例子中，如果建筑物 40 是无线电波的良好反射物，那么会出现很强的非直接信号 42。

为了评价越区切换的恰当性、以及为了与基站的同步，会使用最强的相关 32，即使这个相关对应于比最早的、较弱的相关 31 长的路径

42。但是，为了标识位置的目的，需要自基站的直线距离，因此使用第一个相关 31 的到达时间，而不是最强的相关 32。如果没有直接的视线路径，那么第一个相关可能本身关联于反射信号，但它仍最接近直接信号可能到达的时间。

移动单元 M 从各个 BCCH 中识别来自每个邻近基站 B、C、D、E 的训练序列第一次到达的时间 T_B、T_C、T_D、T_E，并将它们与来自服务基站 A 的训练序列的到达时间 T_A 相比较，以便得到时间间隔 $T_1=T_B-T_A$；$T_2=T_C-T_A$；$T_3=T_D-T_A$；$T_4=T_E-T_A$；通过计算这些信号到达之间出现的数字比特数就可以精确地测量这些间隔。这样可以给出 1 毫秒量级的精度。由于如下三个因素造成间隔是有差别的：路径长度的差别；不同的相对帧偏移；以及不同帧中的发送。首先必须排除后两种因素，以便确定路径长度的差别。

每个基站在每个控制信道多帧中发送五次相同的同步训练序列，时间间隔为 tF。由于移动单元用一种预同步的方法监视控制信道多帧，因此它不能总是能够在多帧周期性结构的相同部分上识别出来自所有基站 A、B、C、D、E 的相关性。但是，控制信道多帧内同步帧（SCH）之间的时间差 tF 至少是 46.5msel，如前面所讨论的，在这么长时间内无线电波足以传播大约 13.800km，因此可以容易地消除多帧长度。

通过在每个基站测量控制信道多帧序列相对于统一标准，例如 GPS 同步信号的发送时间可以考虑多帧内 SCH 的不同偏移。服务基站 A 在 BCCH 上发送代表相邻基站偏移的信号（相对于统一参考，或者优选地，相对于它自己的发送），因此可以补偿这些偏移。

用这种方法，可以得到时间差 t1=T1-（n1tF+QB），这里 QB 是基站 B 相对于基站 A 的偏移，tF 是帧长，而且 n1 通常情况下是选为使 t1 的大小最小的整数。GPS 提供精确到 50 纳秒的时间信号，而且可以在基站使用，提供确定偏移值 Q 所需的定时信息。帧长度 tF 是系统中的常数。因此 t1 值的精度大部分由 T1 被测量的精度所确定（以便在 1 毫秒量级，正如已经讨论过的）。

注意 t1 的值可以是负的，如果基站 B 比正服务基站 A 更接近移动单元，这种情况可能发生在尽管 A 的距离远，但在移动单元处基站 A 的信号比基站 B 强，或者基站 B 没有可供使用的业务信道。如上所述，SCH 帧之间的间隔或者是 88 个突发、或者是 80 个，因此 tF 有两个可

能值（46.15 或 50.77 毫秒）。多帧内的位置可以通过移动单元以及所选定的合适的 tF 值而很容易地确定。

值 t2=T2-(n2tF+Qc)、t3=T3-(n3tF+QD)、以及 t4=T4-(n4tF+QE)可用类似方法得到。

值 t1、t2、t3 及 t4，当乘以无线电波的传播速度 c 时，得到值 d1、d2、d3 及 d4，它们分别是路径长度 da 和路径长度 db, dc, dd 以及 de 之间的差（见图 1）。 特别的，d1=da-db; d2=da-dc; d3=da-dd 且 d4=da-de。

应当理解的是移动单元本身没有办法检测 GPS 同步脉冲，因为它不是 GPS 接收机。因此训练序列的到达时间只能相对彼此进行测量，而不是相对一个绝对的时间尺度，因此训练序列从基站 A 到达移动单元 M 所需的时间 ta 是未知的。因此，移动单元 M 距基站 A 的距离 da（它很简单的只是无线电波在这个未知时间 ta 内传播的距离）不能直接得到（基站 B、C、D、E 有同样的情况）。相对的到达时间只是表明，例如，基站 B 与移动单元 M 的距离比基站 A 远 d1=da-db。

为了使移动单元能够计算它的位置，必须了解它的区域内基站站址的位置。这个信息或者可以通过使用“服务小区广播”消息或一些蜂窝系统中提供的短消息业务（SMS）传递到移动单元；它们的消息长度都能达到足够的 160 个字符。从基站发送到移动单元的信息可以包括：该基站的坐标以及有关相邻基站的信息，例如它们的位置以及它们的偏移（训练序列相对于统一标准、或者相对于服务基站的定时）、表示基站是否精确同步的标志、时间及日期。

服务基站 A 不仅发送它自己的详细数据，而且发送它的邻居 B、C、D、E 的详细数据。然后移动单元 M 可以得到它所需的所有信息，而不必切换到其它基站。这种信息广播的速率必须大到使移动单元能够很快地计算它的位置，这对于跟踪业务使用该信息是相当重要的。当顾客最初请求了 GSM 系统中提供的“短消息业务”（SMS）时，可以使用该业务提供鉴权和防止非法使用。一旦一个顾客成为一个有效用户，SMS 可以传递一个密钥到移动单元，允许它对服务小区广播消息解码。这个系统会比较安全，因为在无线接口传递的消息已经受到 GSM 的加密系统保护。

可以使用 SMS 而不是服务小区广播系统向移动单元传递所有的基站站址位置信息并允许它计算其位置。相比服务小区广播，这种方法

不太容易做假，因为 SMS 是点到点系统。但是到达相当大数目的移动单元所需的大量消息肯定会对网络造成太大的开销。基于 SMS 的系统所带来的另一个问题是，在首先不知道移动单元在哪里的情况下，要识别哪个基站站址的详细数据送到该特定的移动单元。因此，移动单元的服务基站 ID 必须在有关它的相邻基站信息可以通过 SMS 发送之前被网络知道。

如果要将位置传递到远端中心，例如急救服务或船只控制中心，跟踪业务需要使用发自移动单元的 SMS。从移动单元发送的位置信息可以包括一个时间标志，以便考虑到 SMS 网络延时以及移动单元的移动。

现在将详细地描述从定时差确定位置。从下面可以看出，如果距各个基站的绝对距离都不知道的话，五个基站是确保得到三维中的明确结果所必须的最小数目。如果只需考虑二维，四个基站就足够了。

图 2 表示了移动单元可用的信息。值 x、y 和 z 代表将要计算的移动单元在三维中的位置。值 Xa 等表示基站的已知位置，通过 BCCH 发送到移动单元 M。

考虑五个基站:

基站 A 在 (X_a, Y_a, Z_a): 与移动单元的距离是 d_a

基站 B 在 (X_b, Y_b, Z_b): 与移动单元的距离是 d_b

基站 C 在 (X_c, Y_c, Z_c): 与移动单元的距离是 d_c

基站 D 在 (X_d, Y_d, Z_d): 与移动单元的距离是 d_d

基站 E 在 (X_e, Y_e, Z_e): 与移动单元的距离是 d_e

移动单元扫描这些基站并测量服务基站和每个周围基站之间的定时差 t_1、t_2、t_3、t_4，如上所述。这些定时差正比于路径长度差: $d_1=t_1c$，这里 c 是无线电波的传播速度，大约每毫秒 300 米。因此移动单元可以很容易地计算出 d_1 到 d_4，其中:

$$d_1 = d_a - d_b$$

$$d_2 = d_a - d_c$$

$$d_3 = d_a - d_d$$

$$d_4 = d_a - d_e$$

下列五式代表基于球体公式的移动单元的位置 ;

$$(x - X_a)^2 + (y - Y_a)^2 + (z - Z_a)^2 = d_a^2 \qquad \text{——式[1]}$$

$$(x - X_b)^2 + (y - Y_b)^2 + (z - Z_b)^2 = d_b^2 \qquad \text{——式[2]}$$

$(x - X_c)^2+(y-Y_c)^2+(z-Z_c)^2 = d_c^2$ ——式[3]

$(x - X_d)^2+(y-Y_d)^2+(z-Z_d)^2 = d_d^2$ ——式[4]

$(x - X_e)^2+(y-Y_e)^2+(z-Z_e)^2 = d_e^2$ ——式[5]

现在，$d_1=d_a-d_b$。另写做 $d_1-d_a=-d_b$，两边平方，得到；

$d_1^2-2d_1d_a-d_a^2=d_b^2$ ——式[6]

将[1]和[2]代入[6]；

$$d_1^2-2d_1d_a+(x - X_a)^2+(y-Y_a)^2+(z-Z_a)^2=$$
$$(x - X_b)^2+(y-Y_b)^2+(z-Z_b)^2$$

重新整理，将已知变量放在右边，得到；

$-d_1d_a-x(X_a - X_b) -y(Y_a-Y_b)-z (Z_a-Z_b) = k_1/2$ ——式[7a]

这里 k_1 由已知值组成；

$k_1 = -d_1^2- X_a^2 -Y_a^2 -Z_a^2+X_b^2+Y_b^2+Z_b^2$

为了简单起见定义；

$X_{ab} = X_a - X_b$，

$Y_{ab} = Y_a - Y_b$，

且：$Z_{ab} = Z_a - Z_b$。

式 7a 变成；

$-d_1d_a-xX_{ab}-yY_{ab}-zZ_{ab}= k_1/2$ ——式[7]

对式[3]到[5]重复这个过程，得到；

基站 A 和 C

$-d_2d_a-xX_{ac}-yY_{ac}-zZ_{ac}= k_2/2$ ——式[8]

这里；$k_2 = -d_2^2- X_a^2 -Y_a^2 -Z_c^2+X_c^2+Y_c^2+Z_c^2$

基站 A 和 D

$-d_3d_a-xX_{ad}-yY_{ad}-zZ_{ad}= k_3/2$ ——式[9]

这里；$k_3 = -d_3^2- X_a^2 -Y_a^2 -Z_a^2+X_d^2+Y_d^2+Z_d^2$

基站 A 和 E

$-d_4d_a-xX_{ae}-yY_{ae}-zZ_{ae}= k_4/2$ ——式[10]

这里；$k_4 = -d_4^2- X_a^2 -Y_a^2 -Z_a^2+X_e^2+Y_e^2+Z_e^2$

考虑 d_a 重新整理式[7]；

$$d_a=\frac{-1}{d_1}\left(\frac{k_1}{2}+xX_{ab}+yY_{ab}+zZ_{ab}\right)$$ ——式[11]

将[11]代入[8]导出； ——式[12]

$$x(X_{ab}d_2 - X_{ac}d_1) + y(Y_{ab}d_2 - Y_{ac}d_1) + z(Z_{ab}d_2 - Z_{ac}d_1) - \left(\frac{d_1k_2 - d_2k_1}{2}\right) = 0$$

将[11]代入[9]导出；　　——式[13]

$$x(X_{ab}d_3 - X_{ad}d_1) + y(Y_{ab}d_3 - Y_{ad}d_1) + z(Z_{ab}d_3 - Z_{ad}d_1) - \left(\frac{d_1k_3 - d_3k_1}{2}\right) = 0$$

将[11]代入[10]导出；　　——式[14]

$$x(X_{ab}d_4 - X_{ab}d_1) + y(Y_{ab}d_4 - Y_{ae}d_1) + z(Z_{ab}d_4 - Z_{ae}d_1) - \left(\frac{d_1k_4 - d_4k_1}{2}\right) = 0$$

对于二维定位，可以忽略所有 z 坐标。这会导致一个误差，因为四个基站和移动单元不可能精确地处于同一平面内。特别是，为了改善范围，无论何时基站都可能处于山上或很高的结构上（建筑物或为此而建的杆），而移动单元一般在靠近地平面的地方操作。但是，当高度差很小时（总体上在系统精度量级内），该误差是无关重要的。

受到这些限制，我们可以通过从等式以及从 k_1, k_2 等项的计算中忽略 z 坐标而在二维求解。式[12]变成；

$$x(X_{ab}d_2 - X_{ac}d_1) + y(Y_{ab}d_2 - Y_{ac}d_1) - \left(\frac{d_1k_2 - d_2k_1}{2}\right) = 0$$

且式[13]变成；

$$x(X_{ab}d_3 - X_{ad}d_1) + y(Y_{ab}d_3 - Y_{ab}d_1) - \left(\frac{d_1k_3 - d_3k_1}{2}\right) = 0$$

这两个式子都代表 xy 平面内的直线。这两条线的交叉点代表移动单元的位置。这个点可以通过将一个式子代入另一个而得到。

在三维中，式[12]、[13]以及[14]都代表空间中的平面。两个平面的交集代表一条直线，因此在唯一地确定移动单元的位置（x, y, z）时这三个式子都需要。

一个平面的一般方程是；Ax + By + Cz + D = 0

对于式[12]；$A=X_{ab}d_2-X_{ac}d_1$；$B=Y_{ab}d_2-Y_{ac}d_1$；$C=Z_{ab}d_2-X_{ac}d_1$；而且

$$D = -\left(\frac{d_1k_2 - d_2k_1}{2}\right)$$

为了解出三个平面的交集，这些式子必须写成 Hessian 形式。对

于式[12]；

$$n_1^2 = \frac{A^2}{A^2+B^2+C^2} \qquad n_2^2 = \frac{B^2}{A^2+B^2+C^2}$$

$$n_3^2 = \frac{C^2}{A^2+B^2+C^2} \qquad n_4^2 = \frac{D^2}{A^2+B^2+C^2}$$

现在平面可以简单表示为矢量；

nx = -p，这里：n = n_1i+n_2i +n_3k

一旦所有平面都表示成这种形式，交集就可以很容易地计算出来。

应该注意到处理时间差信息所需的多数软件已经存在于移动单元中。正如前面所讨论的，到达时间信息可以被从移动单元传送给网络，以允许网络来完成位置确定功能。或者位置计算可以在移动单元本身中实现，只给网络带来很小的开销。这样的系统能够支持大量用户，因为除了最初的鉴权 SMS 消息之外，它不需做大量的呼叫。但是，这样的系统会需要在移动单元中附加特殊的软件，以便执行必要的计算。信号处理技术的改进，例如通过使用从移动单元均衡器得到的只用于比特同步的数据，也可以用于分辨到优于 1/4 比特（0.923 毫秒，等价于 277 米）。移动单元均衡器中出现的数据应该允许分辨到 1 比特的 4%，等价于大约 50 米。

诸如多径、阴影效应以及衰落这样的因素可能引起位置计算的精确性随时间变化。因此，最好使用位置计算算法中的时间平均来改善精确性。

存在多种可能的业务可以作为定位业务的附加物而提供。由于非法行为导致大量的钱从蜂窝无线业骗走，例如“克隆”，这是将一个合法移动单元的电子识别号赋给另一个单元的欺骗行为，后者通常是偷来的。在“克隆物”上进行的呼叫都由蜂窝网络计费到合法的用户上。这种“克隆物”的存在通常只是当合法用户得到他的帐单时，或者克隆物与合法用户同时试图接入系统时才会检测出来。提供内置的定位业务意味着可以很快地定位并发现被偷的或其他可疑的移动单元。

类似地，如果汽车被偷的话，置于车内的移动单元可以使汽车被定位。为了使这种业务有效，定位软件必须由远端启动，或者通过官方主管或者由警方。

在另一方面，精确的位置信息对急救服务来说是不可估价的。该业务可以及时地直接给从移动单元打急救电话的病人快速而有效的帮助。最好是顾客能够控制是否启动该业务，以避免使顾客感觉到官方

在监视他们。

急救服务、以及其他拥有大量同业人员的组织，例如公共事业公司，可能本身利用蜂窝网络，而不是专用的移动网络（PMR），跟踪业务可以使控制者监视他的业内职员的分布。

跟踪业务也可以用于监视　有价值或敏感货物的运输过程。系统可以设计为对预定路径的偏移发出警告。另一个应用是一种警告业务，当疲倦的火车旅客到达他们的本站时提醒他们。

如上所述，信号需要从四个基站接收，以便提供二维中的定位，（三维为五个站）。存在一些这样的情况：所在范围内的基站很少。在这些情况下，可以使用各种补充方法得到定位。

在一种可能的设计中，可以迫使移动单元从目前服务基站 A 切换到相邻基站，例如基站 B（见图 1）。这个基站具有与基站 A 不同的“邻居表”（尽管表中会有几个基站是相同的）。在这两个邻居表中会有足够的基站处于移动单元的范围内，以便得到一个定位。每个邻居表中的基站将各自具有根据相应的基站 A 或 B 确定的他们的偏移，但是由于基站 A 和 B 在彼此的邻居表内，因此可以考虑到基站 B 相对于基站 A 的偏移是已知的。

其它补充方法也可以使用。例如，到当前服务基站的绝对距离可以从定时提前中得到；即，为了使移动单元的发送在正确的时隙中到达基站，需要相对于从基站接收的信号提前的量。这只能精确到大约 600 米，而且定时提前一般只能在呼叫进行时计算，不能在移动单元待机时进行。

如图 1 所示的基站 A，一个（或多个）服务小区可以分成扇区，即，基站有几个天线，每个服务一个有限的角度范围（典型的为 60 或 120 度）。服务移动单元的扇区 A1 的标识可以用于识别方程的哪个解是正确的。但是，当基站具有全向天线，或者当两个或多个可能的结果都出现在同一扇区 A1 中时，这种方法是不可行的。特别是，由于分扇区是按角度的，不能分辨出 z 坐标（高度）中的不明确性。此外，可能会检测到扇区天线的旁或后瓣。

另一种可能性是从可能的解中识别出最接近于以前所识别的移动单元位置的那个，这个解最可能是新的位置。如果相比位置更新之间的时间，移动单元移动缓慢，那么这可能是相当可靠的。

图 1 也标识了一个微服务小区 H。微服务小区是由低功率基站服务的非常小的服务小区，基站经常放置在比屋顶低很多的高度下或者甚至在室内，对非常高需求的位置提供额外的覆盖。很可能 GPS 接收机不会在这样的基站内操作，因为它对卫星来说不是一定可见的，而且其成本也有所限制。特别是，因为微服务小区 H 的天线很可能处于低高度上或者室内，可能处于微服务小区基站范围内的移动单元不会在多于四个基站的无线范围内，而且可能除了正服务的微服务小区 H 以外不处于其它基站的范围内。但是，因为微服务小区 H 只覆盖很小的区域，所以移动单元 M 处于微服务小区 H 中这个信息可以对定位移动单元提供与基本系统相同精度的足够精确性。

所有这些补充处理都存在系统偏差的可能性，而且精度比基本系统低，也需要额外的处理，但是当移动单元范围内的基站比最小数目四（或五）更少时，这些方法也可独立地或结合地使用，以便维持该业务。

GPS 系统存在系统偏差，导致精度大约 100 米。对于诸如运输等一些应用，需要更大的精度，称为“差分 GPS”的系统已经开发出来，可以克服这个问题。包括将 GPS 接收机放在精确已知的“信标”位置处并测量 GPS 所测量的位置偏差，再将这个偏差值发送到其它用户。本发明的定位系统需要相当多的已经准备了 GPS 接收机的蜂窝基站，以便提供精确的同步信号。既然蜂窝基站的位置固定，可以通过其它方式以更高的精度确定它们，使它们可用于提供这种差分 GPS 信标业务。

说 明 书 附 图

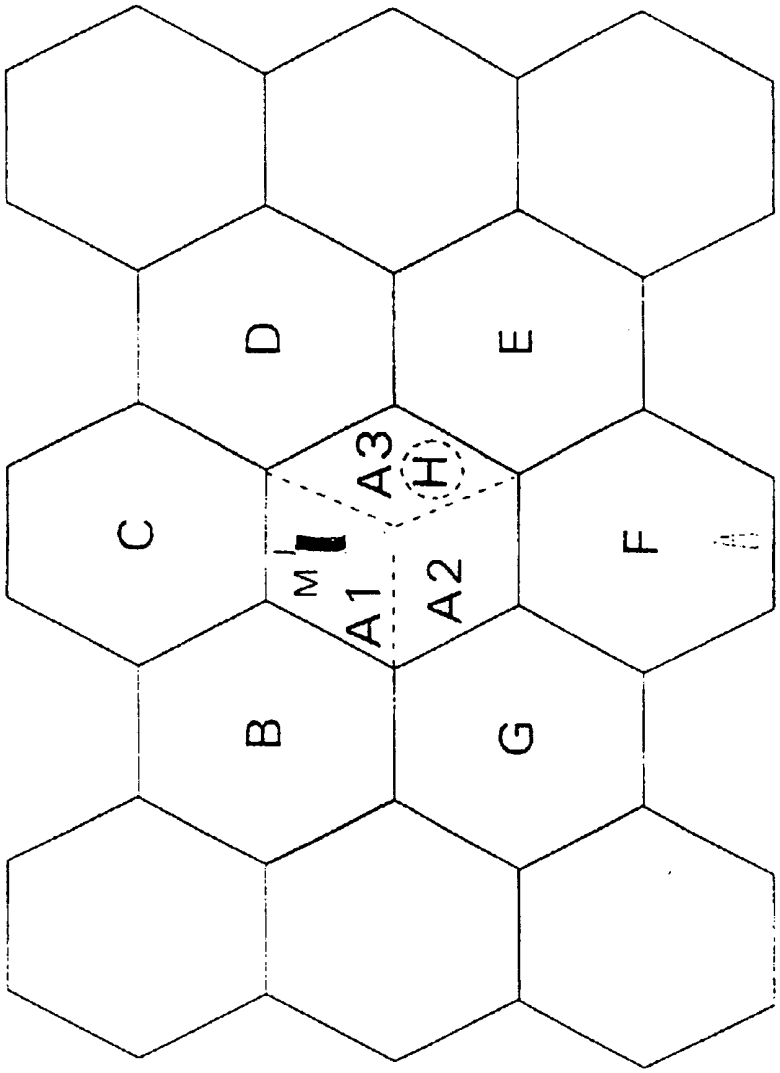


图 1

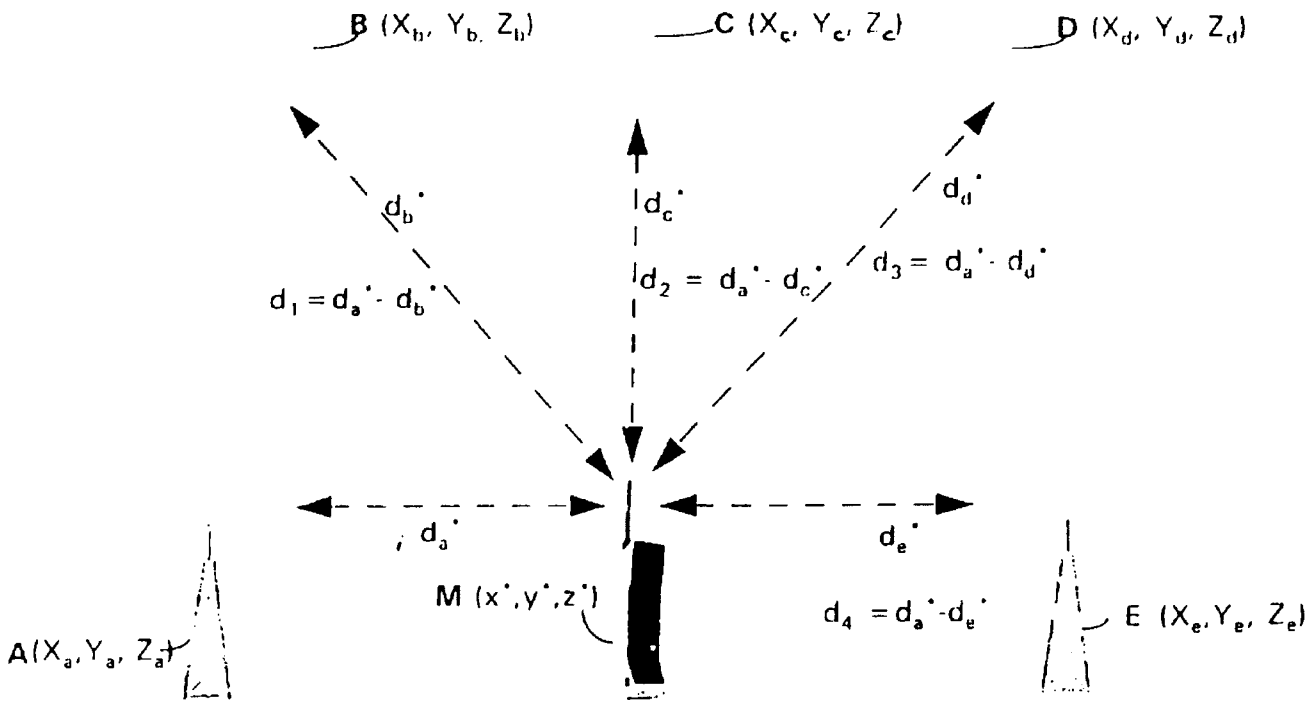

B (X_b, Y_b, Z_b)
C (X_c, Y_c, Z_c)
D (X_d, Y_d, Z_d)
d_b'
d_c'
d_d'
d_1 = d_a' - d_b'
d_2 = d_a' - d_c'
d_3 = d_a' - d_d'
d_a'
d_e'
M (x', y', z')
d_4 = d_a' - d_e'
A (X_a, Y_a, Z_a)
E (X_e, Y_e, Z_e)

图 2

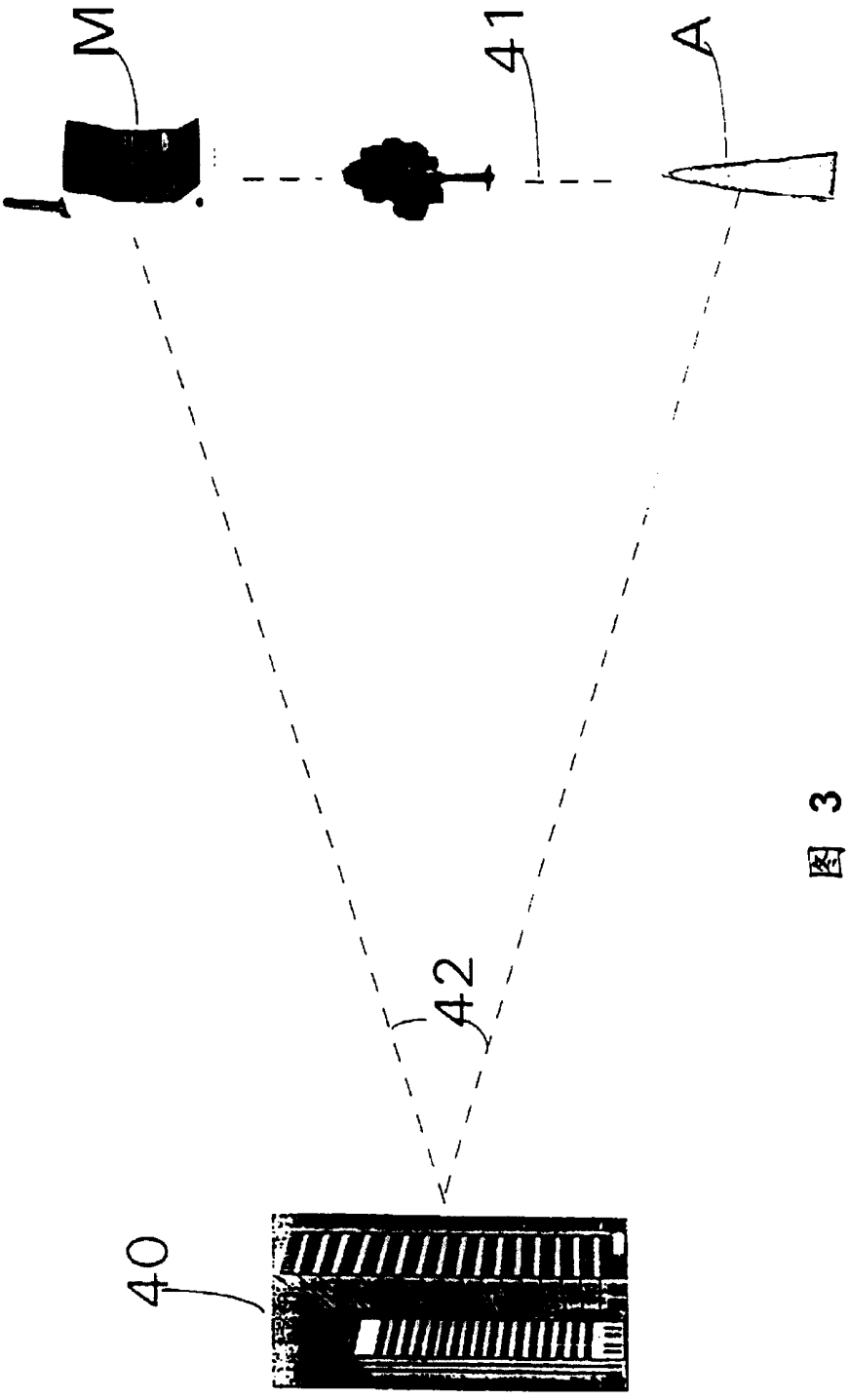


图 3

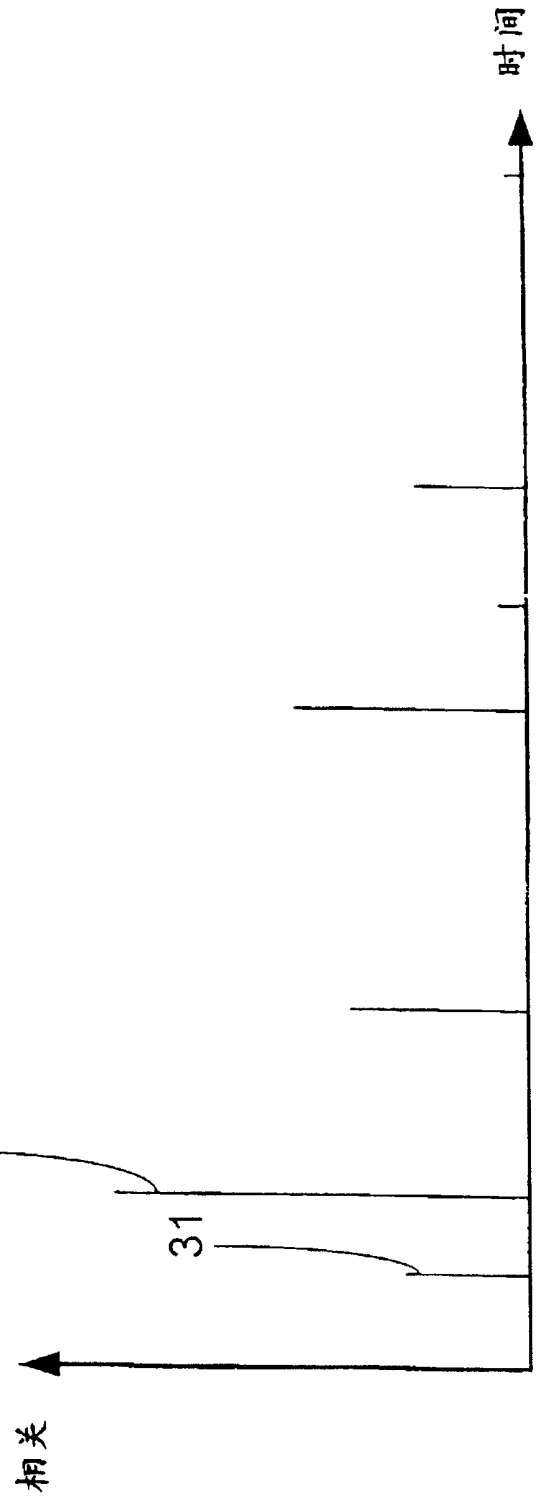


图 4