

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

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

G04G 7/02

G01S 1/02 G01S 5/10

G01S 5/14



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00816757.5

[45] 授权公告日 2005 年 3 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 1194274C

[22] 申请日 2000.10.27 [21] 申请号 00816757.5

[30] 优先权

[32] 1999.10.29 [33] US [31] 09/430,618

[86] 国际申请 PCT/US2000/029718 2000.10.27

[87] 国际公布 WO2001/033302 英 2001.5.10

[85] 进入国家阶段日期 2002.6.6

[71] 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 S·S·索利曼

审查员 李 勋

[74] 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责  
任公司

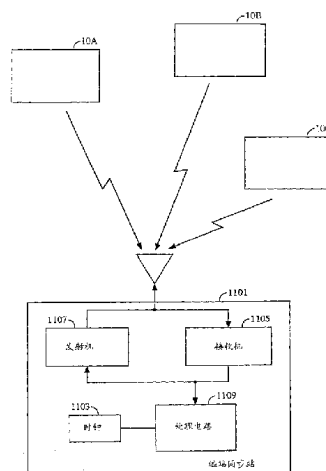
代理人 王允方 刘国伟

权利要求书 2 页 说明书 24 页 附图 14 页

[54] 发明名称 使用数量减少的 GPS 卫星以及同步和非同步基站进行定位的方法和设备

[57] 摘要

一种使用全球定位系统(GPS)卫星和与GPS时间同步或非同步的基站进行定位的无线通信设备的方法和设备。非同步基站之间互相同步。考虑从基站收到GPS时间信息的无线通信设备接收的到达时间信息被传给无线通信设备的信号遭受的单向延迟所偏移,调整该到达时间信息。此外,GPS时间异步的基站的到达时间差信息使这些基站和GPS时间之间的偏差可消除。



ISSN 1008-4274

1. 一种将无线通信设备中产生的到达时间测量与全球定位系统 GPS 时间同步的系统，包括：

a)接收机，用于接收

i)无线通信系统上产生的到达时间测量，以及

ii)来自外部与 GPS 时间同步的源的信号，来自外部源的信号包含用于确定外部源与无线通信设备之间传送的信号遭受的延迟量的指示；

b)处理电路，用于按照与在外部源和无线通信设备间传送的信号遭受的延迟相等的量调整接收的到达时间测量。

2. 如权利要求 1 的所述的系统，其特征在于能确定延迟量的指示是基站与无线通信设备间信号往返遭受的延迟量的指示。

3. 如权利要求 1 的所述的系统，其特征在于能确定延迟量的指示是从基站向无线通信设备发送的信号遭受的延迟量的直接指示。

4. 一种用于使无线通信设备同步于全球定位系统 GPS 时间的系统，包括：

a)接收机，配置成从同步于 GPS 时间的外部源接收信号，来自外部源的信号包含能确定外部源与接收机间传送的信号遭受的延迟量的指示，从基站发送包含 GPS 时间指示的信号还包含 GPS 时间指示；

b)时间/频率电路，包含：

i)时钟；

ii)处理电路，配置成对外部源与无线通信设备间传送的信号遭受的延迟调整接收到的 GPS 时间之后，使时钟同步于接收到的 GPS 时间。

5. 如权利要求 4 所述的系统，其特征在于处理电路被进一步配置成相对于同步时钟确定来自任何源的信号的到达时间 TOA。

6. 权利要求 5 所述的系统，进一步包含控制处理器，用于从 n 个到达时间的测量确定无线通信设备的 n 维位置，其中到达时间的测量指示从 n 个卫星接收的信号的到达时间。

7. 如权利要求 6 所述的系统，其特征在于控制处理器驻留于基站收发机子系统。

8. 如权利要求 6 所述的系统, 其特征在于控制处理器驻留于基站控制器。
9. 如权利要求 6 所述的系统, 其特征在于控制处理器驻留于专用定位设备。
10. 一种将无线通信设备中产生的到达时间测量与全球定位系统 GPS 时间同步的系统, 包括:
  - a) 接收机, 配置成从同步于 GPS 时间的外部源接收信号, 来自外部源的信号包含能确定外部源与接收机间传送的信号遭受的延迟量的指示, 从基站发送包含 GPS 时间指示的信号还包含 GPS 时间指示;
    - b) 时间/频率电路, 包括
      - i) 时钟;
      - ii) 处理电路, 连接时钟, 配置成
        - (1) 相对于时钟确定接收机接收到的信号的到达时间;
        - (2) 按照与外部源和无线通信设备间传递的信号遭受的延迟相等的量调整到达时间。

## 使用数量减少的 GPS 卫星以及同步和非同步基站进行定位的方法和设备

### 发明背景

#### 1. 发明领域

本发明涉及通信系统。本发明特别涉及用于码分多址系统无线通信装置的定位系统和方法。

#### 2. 相关技术说明

通信公司想通过提供不同于其它公司的业务增加收益的欲望和管理机构推动无线网络中的定位技术的配置。此外，1996年6月，美国联邦通信委员会（FCC）要求支持增强的应急 911 通信业务（E-911）。规则的第一阶段要求扇区信息和蜂窝区信息传回到 PSPA（公众安全应答点）代理处。规则的第二阶段要求蜂窝无线电收发机的位置传回 PSPA。为了与 FCC 的要求一致，到 2005 年，总共 77000 个站点将装备自动定位技术。

许多技术都被考虑用于提供自动定位能力。其中一项技术是测量来自众多区站的信号的到达时间差。对这些信号作三角测量来提取定位信息。不幸的是这种技术需要高度集中的区站或者能有效增加区站的发送功率。这是由于在一个典型的 CDMA 系统中，每一个电话机仅仅使用足够到达最近区站的信号功率进行发送。由于三角测量需要至少三个站点，区站的集中度必须提高或者无线通信设备的信号功率必须增强。

无论如何，每一个可供选择的方法都有重大缺陷。区站数量的增加的代价太高。增加信号功率会增加每一个无线通信设备的重量和成本，还会增加无线用户之间干扰的可能性。此外，网络三角测量方法并不见得适合 FCC 提出的要求。

令一个被考虑的方法是给蜂窝电话增加 GPS（全球定位系统）的功能。虽然这种方法会给无线通信设备增加可观的成本和重量，需要在四个卫星的视距范围内，而且可能有点慢，然而，这是提供定位服务的最精确的方法。

为了提高处理速度，第三种方法向无线通信设备发送辅助信息指出无线通信设备应该在哪里搜索 GPS 载频。许多 GPS 接收机使用 GPS 卫星年历将接受器

在频率域执行对来自可见卫星的信号搜索减至最低程度。这个年历是一个15000比特的码组，代表整个星座的粗略星历表和时间模型数据。年历中的确认卫星位置和当前时间的信息仅仅是近似的。如果没有年历，GPS接收器必须实施最宽的频率搜索来捕获卫星信号。需要额外的处理来获得有助于捕获其他卫星信息的额外信息。

信号捕获进程会花费几分钟，因为许多频带需要搜索。每一个频带有一个中心频率和预定宽度。年历的实用性降低了卫星多普勒效应的不确定性，因此也减少必须搜索频带数。

卫星年历可以从GPS导航消息提取，或作为信令消息在下行链路（前向）传给接收机。基于收到的信号，接收机实施GPS信号处理来进行定位。这种方法稍微快了点，但是要遇到至少四个卫星的视距的要求。这将在城市环境中产生问题。

因此，本领域仍然需要一种用于定位蜂窝网收发机的快速的、精确的以及便宜的系统和技術。

### 发明概述

现在揭示的无线收发机定位方法着手解决该技术上的需要。概括的来说，这种方法是一种混合定位法，使用来自地面系统的测距信息、来自无线通信设备的定时信息以及来自GPS卫星的测距信息。这些信息组合在一起以使得无线通信设备能更快更可靠地得到定位。该揭示的方法包括：无线通信设备进行接收，由第一个GPS卫星发射第一个信号，由第二个GPS卫星发射第二个信号，以及由第三个卫星发射第三个信号。无线通信设备被调整接收这些GPS信号并且向基站发送第四个信号作为回答。基站收到第四个信号，调整由基站和无线通信系统往返行程延迟时间加于第四个信号的时钟偏差，并且使用没有偏差的第四个信号来计算无线通信设备的位置。

在一个详细的实现方案中，基站向无线通信设备发送辅助信息。无线通信设备使用辅助信息来迅速捕获由第一、第二、第三个卫星传送的信号。辅助信号由为无线通信设备服务的基站收发机子系统（BTS），基站控制器（BCS）收集的信号导出，以及其他实体，其中包括：（1）卫星识别信息；（2）多普勒频率漂移或相关信息；（3）指示基站和每一个卫星之间距离的值；（4）与每个卫星相关联的搜索窗口的尺寸，该搜索窗口的尺寸根据基站和无线通信系统

往返行程延迟的时间以及每个卫星的仰角计算。

无线通信设备捕获发自第一、第二、第三个卫星的信号，无线通信设备计算它与第一个卫星之间的距离  $p_{m1}$ ，它与第二个卫星之间的距离  $p_{m2}$ ，它与第三个卫星之间的距离  $p_{m3}$ 。这个距离信息与有关进行测量的时刻的信息一起传回基站。在一个 CDMA 实施例中，信号在基站天线和无线通信设备天线之间传递的时间是往返行程延迟时间的一半，并且这个时间是被基站所知的。基站和无线通信设备间的往返延迟时间的测量指示出它们之间的距离。此外，这个延迟提供了一种修正无线通信设备的绝对时间的手段。

无线通信设备的外部设备，诸如基站控制器或其他与蜂窝网基础设施相关联的实体，利用服务基站所知的信息来计算无线通信设备的位置。这些信息可以包含与无线通信设备相关的第一个、第二个、和第三个卫星的位置，以及无线通信设备与基站之间的距离。通过求（1）第一个卫星周围以  $cp_1$  为半径的球面、（2）第二个卫星周围以  $cp_2$  为半径的球面、（3）第三个卫星周围以  $cp_3$  为半径的球面以及（4）基站周围以  $cp_4$  为半径的球面的相交区域，实现无线设备的定位。“ $c$ ”是光速，“ $p_1$ ”是第一个卫星与无线通信设备间的伪距，“ $p_2$ ”是第二个卫星与无线通信设备间的伪距，“ $p_3$ ”是第三个卫星与无线通信设备间的伪距，“ $cp_b$ ”是基站和无线通信设备间的伪距。

值得注意的是如果无线通信设备与基站之间存在视距（无多径），那么当前的方法仅仅要求测量两个卫星和一个基站。在与 GPS 时钟同步的通信系统中，例如 CDMA 通信系统，基于基站传送的信号的伪距测量将被用于消除卫星伪距测量的偏差以及作为一种额外的测距方法。如果可利用的话，来自另一个基站的额外信息可被用于进一步减少无线通信设备定位所需卫星的数量。同样，在只需要二维位置的情况下，仅仅需要一个卫星和一个基站就行了。

这种方法比其它已知 GPS 方法的一个突出优势就是无线通信设备测量伪距的速度。由于服务基站收发机、基站控制器或其它与基站相关的实体有自己的 GPS 接收机，并且知道所有被追踪的卫星关于服务基站位置的伪距，决定每一个被追踪的卫星的搜索窗口中心和搜索窗口大小成为可能。信息被发送到无线通信设备来提高搜索处理的速度。

这就是说，每一个 GPS 卫星上的时钟控制着卫星测距信号广播的定时。每一个这样的时钟都与 GPS 系统时间同步。基站也拥有一个与 GPS 系统时间同步的时钟。无线通信设备通过与基站和无线通信设备之间的单向延迟相应的延迟

来使自己的时钟和 GPS 时间同步。定时信息被插入卫星测距信号，以使得无线通信设备能计算一个特定的卫星发送何时发送信号。通过记录信号接收的时间，卫星与无线通信设备之间的距离可以被计算出来。结果，无线通信设备位置的所在地是一个以卫星位置为球心，计算距离为半径的球面上。如果同时由两个其它的卫星的距离进行测量，无线通信设备将处于三球面的某处。三球面交于两点，然而，仅有一点是正确的无线用户位置。这两个候选位置相对包含三个卫星的平面互为镜像。

被揭示的方法和设备的实施例就是在给定点对无线通信设备及时定位的 GPS 卫星是由基站进行识别的。这个信息被传送到无线通信设备来简化无线通信设备的搜索操作。

除了上述所说的之外，当无线通信设备是一个码分多址（CDMA）接收机时，当前已公开的方法和设备利用了 CDMA 是一个同步系统。由于同步，到达无线通信设备的参考导频的时间可以作为时间参考。据此，无线通信设备可以测量参考导频、GPS 信号以及其他导频信号间的到达时间差。因而，给无线通信设备定位的问题变成了到达时间差（TDOA）的问题，这就导致需要给无线通信设备定位的卫星的数量进一步减少。

在一个实施例中，无线通信设备可以有几种操作模式：

- (1) 使用来自无线通信系统基本设施和卫星的信息的混合模式。
- (2) 独立的（标准的或通用的）GPS 模式。
- (3) 辅助的独立 GPS 模式。
- (4) 反相差动 GPS 模式。
- (5) 辅助的反相差动 GPS 模式。

#### 附图简述

图 1 是示出一个无线（CDMA）通信系统中的基站和无线通信设备的说明性实现图。

图 2a 是一个示例 CDMA 蜂窝网电话系统的框图。

图 2b 是第一个、第二个、第三个基站和无线通信设备的简化描述。

图 3 是根据本发明讲授的基站构造的说明性的简化描述。

图 4 是本发明中用于定位无线 CDMA 收发机的系统的无线通信设备的框图。

图 5 是本发明中无线通信设备中接收机、控制信号接口、数字中频和无线

解调电路部分的说明性实现的框图。

图 6 是用于定位无线通信设备的功能模型的说明图。

图 7 显示了时域上的搜索窗口的大小和中心的计算。

图 8 是本地时钟偏差的修正说明图。

图 9 说明了由三个基站发送的导频 PN 序列之间的关系。

图 10 说明了由三个基站发送的导频 PN 序列之间的关系。

图 11 显示了位于离开多数基站已知距离外的远端同步站的简化框图。

图 12 是用已知距离处或能以已知传送延迟送达信号的远端同步站决定基站控制处理器和发送天线间引入的延迟量的方法的说明图。

图 13 说明了根据同步 GPS/前向模式计算基站的 TDOA 与的方法。

### 发明的详细描述

说明性的实施例将结合附图详细描述。

尽管本方法和设备在此参照特定应用的说明性实施例描述，本发明并不限于此。那些拥有本领域普通技术和领会在此提供的讲授的人员将在本发明和本发明将有重大实用性的其它领域的范围之内认识到额外的改进、应用以及实施例。

图 1 显示了一个无线码分多址 (CDMA) 通信系统中的无线通信设备 20 和一个外部信号源，诸如基站 10 或卫星 60、70、80、90 的说明性实现。通信系统被建筑物 40，地面障碍物 50 所围绕。基站 10 和无线通信设备 20 部署于一个拥有许多 GPS 卫星的 GPS (全球定位系统) 环境中，图中显示了四个卫星 60、70、80 和 90。这样的 GPS 环境早已被人门所知，可见 Hofmann-Wellenhof, B 等著的《GPS 理论和实践》(New York, NY:Springer-Verlag Wien, 1993 年)。本领域的普通技术人员将意识到本发明可以应用到其它通信系统，例如高级移动电话系统 (AMPS)、全球移动通信系统 (GSM) 等等，而不偏离本发明。

在一个典型的 GPS 应用中，至少需要四个卫星来定位 GPS 接收机。相反，现揭示的用于决定无线通信设备 20 的三维位置的方法和设备仅仅使用三个 GPS 卫星、无线通信设备和外部信号源诸如服务基站 10 的往返延迟以及服务基站的已知位置。当有直接视线的情况下，仅仅需要两个 GPS 卫星、往返延迟以及服务基站的已知位置就可以确定无线通信设备 20 的位置。通过使用来自 CDMA 蜂窝网通信系统前向链路或其它同步蜂窝网通信系统的到达信息的时间差，这



一个数字可以进一步的减少。为了说明本揭示，将蜂窝网通信系统定义为这样一种通信系统：使用多个蜂窝区，使无线通信设备在该系统内各处移动的时候，可从多个蜂窝区中的至少一个接收来自通信系统的信号。

图 2a 是 CDMA 蜂窝网电话系统 30 的框图。系统 30 包含了拥有 1 个基站控制器 (BSC) 14 的移动交换中心 (MSC) 12。公共交换电话网 (PSTN) 16 与 MSC12 之间来回发送来自电话线路和其它网络 (未画出) 的呼叫请求。MSC12 在源基站 10 和目的基站 11 之间来回发送来自 PSTN16 的呼叫，源基站 10 与第一个小区 19 相关联，目的基站与第二个小区 21 相关联。此外，MSC12 还在基站 10 和 11 之间转发呼叫。源基站在第一个小区 19 中通过第一条通信路径 28 将呼叫引导到第一个无线通信设备 20。通信链路 28 是一个具有前向链路 31 和反向链路 32 的双向链路。典型的来说，当基站 10 与无线通信设备 20 建立了语音通信时，链路 28 通常包含一个业务信道。虽然每一个基站 10、11 只与一个小区相关联，但是基站控制器常管理支配几个小区内的基站或与其关联。

当无线通信设备 20 从第一个小区 19 移动到第二个小区 21 时，无线通信设备 20 将使用与第二个小区相关联的基站进行通信。这常被称作向目的基站 11 的越区切换。在软切换中，无线通信设备 20 除了建立和源基站的第一条通信链路 28 之外还建立与目的基站的第二条通信链路 34。在无线通信设备 20 跨越进第二个小区 21 且对第二个小区的链路建立之后，无线通信设备就可以中断第一条通信链路 28。

在硬切换中，源基站和目的基站的操作通常相差到足以在接至目的基站的链路建立之前必须中断源基站间的通信链路 34。例如，当源基站在一个使用第一个频带的 CDMA 系统中而目的基站在一个使用第二个频带的 CDMA 系统中时，无线通信设备将不能同时保持对两个基站的链接，这是因为大多数的无线通信设备不能同时收听两个不同的频带 (一个发送频带和一个接收频带)。当第一个无线通信设备 20 从第一个小区 19 移动到第二个小区 21 时，与源基站 10 的链接 28 被中断并且形成了一个新的与目的基站 11 的链接。

图 2b 是第一、第二、第三个基站 10a, 10b, 10c 以及无线通信设备 20 的简化描述。正如图 2b 所示，每个基站包括：GPS 收发机/定时装置 203；处理电路，诸如控制处理器的 62；GPS 天线 76，通信电路 207；通信天线 201。本领域的技术人员将认识到控制处理电路可以是通用计算机、微处理器、微机、专用状态机、专用分立式硬件电路、专用集成电路 (ASIC) 或其它功能类似于

控制处理器的电路。图 3 详细描述根据现揭示的方法和设备的讲授构成的基站 10，下文将要讨论。根据图 3 和 D 所示的实施例，基站 10 从本质上来说是很常规的。在一个可供选择的实施例中，基站 10 包括允许基站给无线通信设备 20 定位的额外功能，这将在下面明确描述。通信天线 201 包括接收 CDMA 天线 42 来接收 CDMA 信号和发送 CDMA 天线来发送 CDMA 信号。由天线 42 接收到的信号被发送到通信电路 207。通信电路 207 包括：通信接收机 44、速率检测器 61、开关 63、声码器 64、数/模转换器 (D/A) 65、发射机 69、声码器 68 以及模/数转换器 (A/D) 66。接收机 44 直接从天线 42 接收信号。实际上，接收机 44 包括解调器、去交错器、解码器以及其它电路。接收到的信号被分配给一个适当的信道，这个信道与速率检测器 60 相关联。控制处理器 62 使用该检测信号的速率来检测语音。如果是在接收帧检测速度，控制处理器 62 通过开关 63 将接收帧切换到声码器 64。声码器 64 将各种不同速率编码的信号解码并且提供数字输出信号作为回答。数字化的声码解码信号通过 D/A 转换器 65 和诸如扬声器（未画出）的输出设备转换成语音。

从麦克风或其它输入设备（未画出）输入的语音由 A/D 转换器 66 转换成数字信号并由声码器 68 进行编码。编码语音被输入到发射机 69。实际上，发射机 69 包括：调制器、交错器和其它本领域的技术人员理解的编码器。发射机 69 的输出被馈给发送天线 43。

正如图 3 所示，GPS 收发机/时间单元 203 包括：接收机 74 和定时和频率装置 72。定时和频率装置 72 接收来自 GPS 接收机 74 的 GPS 引擎的信号并且使用这些信号产生 CDMA 系统的正确操作的参考定时和频率。因而，在许多这样的 CDMA 系统中，每个区站都与 GPS 时间同步（也就是，使用导出时间上关键的（包括导频 PN 序列，帧和 Walsh 函数）GPS 时基参考）。此常规定时和频率装置和 GPS 引擎在 CDMA 系统中是很普通的，并且在技术领域广为所知。常规定时和频率装置提供频率脉冲和定时信息。相反，现揭示的方法和设备中的定时和频率装置 72 还输出仰角、伪距、卫星识别（也就是，每个卫星关联的伪噪声（PN）偏移）以及每个卫星相关联的多普勒频移信息，来帮助无线通信设备 20 捕获卫星（也就是，减少捕获卫星的时间）。在常规定时和频率装置中的信息是可提供的，但外部设备不需要也不供给该设备。由定时和频率装置提供的额外信息最好用和通常的基站的定时和频率装置的常规做法相同的方式传给 BSC14。

图 4 是关于本方法和设备的实施例中的无线通信设备的框图。无线通信设备包括双向天线 92，适应接收 GPS 信号和 CDMA 传输。在一个可选择的本方法和设备的实施例中，接收和发送 GPS 信号、CDMA 信号以及其它诸如可选择的系统信号，将使用单独的天线。天线 92 最好馈给天线共用器 94。天线共用器 94 最好馈给接收机 100 并由发射机 200 馈给。如本领域的技术人员所知，时间频率子系统 102 向接收机 100、控制信号接口 300 和发射机 200 提供模拟和数字参考信号。CDMA 功率控制由增益控制电路 104 提供。在本发明的一个实施例中，控制信号接口 300 是数字信号处理器（DSP）。作为选择，控制信号接口也可以是另一种能够提供增益控制功能的电路。控制信号接口 300 为无线通信设备 20 提供控制信号。接收机 100 提供射频（RF）下变频和中频（IF）下变频的第一级。数字中频专用集成电路（ASIC）400 提供中频基带下变频抽样和模数（A/D）转换的第二级。移动解调器 ASIC500 搜索来自数字中频 ASIC400 的数字基带信息并对其求相关，来探知伪距，这将在下文详细描述。

连同任何声音和数据，伪距由移动解调器 500 传递给数字中频调制器 400。数字中频调制器 400 提供接收自移动解调器 500 的数据的第一级 IF 上变频。发射机 200 提供这些信号的第二级 IF 上变频和 RF 上变频。这些信号随之将被发送到基站 10 并且将按下述方法进行处理。值得注意的是，无线通信设备 20 和 BSC14 间要传达的位置信息，诸如无线通信设备接收到的伪距，最好由无线通信设备 20 通过数据猝发串类型消息向基站 10 传达，诸如通过短消息服务（SMS）传送，该 SMS 由美国电信工业协会/美国电子工业协会（TIA/EIA）公布的行业标准 TIA/EIA/IS-167 定义。这样的消息通过基站 10 传送到 BSC14。作为选择，一种新定义的猝发串类型消息可由无线通信设备 20 向基站 10 传送。

图 5 是本发明无线通信设备 20 中的接收机、控制信号接口、数字中频，和移动解调电路部分的说明性实现框图。无线通信设备的发射机部分与常规无线通信设备的发射机部分在本质上是相同的，为简化，在此就不作讨论。在较佳实施例中，接收机 100 被实现为第一通路 103 和第二通路 105，它们通过第一个开关 106 和天线共用器 94 与天线 92 连接。本领域的技术人员将认识到双向通信设备和 GPS 接收机之间可以做到更高度的综合。作为选择，带有合适接口的两个分开的接收机可以实现本发明中的方法和设备。

第一条路径 103 将接收到的 CDMA 信号进行下变频，并且提供常规的 CDMA

射频下变频后的输出信号。第一条路径 103 包括低噪声放大器 108、第一带通滤波器 112、第一混频器 118 和第二带通滤波器 126。第二条路径经来自图 1 中 GPS 卫星 60、70、80 或 90 的信号加以变频。第二条路径 105 包括第二低噪声放大器 110、对第三带通滤波器 114 进行馈给。带通滤波器 114 的输出是第二混频器 120 的输入。第二混频器的输出输入第四带通滤波器 128。第一、第二混频器分别由第一、第二本地振荡器 122 和 124 馈给信号。第一、第二本地振荡器在一个双锁相环 (PLL) 116 的控制下工作于不同的频率。双锁相环保证了每个本地振荡器 122 和 124 保持一个参考频率能有效地对接收到的 CDMA 信号 (在第一混频器 118 的条件下) 或对 GPS 信号 (在第二混频器 120 的条件下) 进行下变频。

中频解调器 130 的输出是数字中频专用集成电路中第二开关 402 的输入。第一和第二开关 106 和 402 在控制信号接口的控制下工作, 将接收到的信号转为常规 CDMA 方式的声音或数据输出处理, 或通过第三混频器 404, 第五带通滤波器 406, 自动增益控制电路 408 以及 A/D 转换器 410 进行 GPS 处理。第三混频器 404 的第二个输入是一个本地振荡器的输出。混频器 404 将施加的信号转换到基带。经过滤波和增益控制的信号输入 A/D 转换器 410。A/D 转换器 410 的输出包括同相 (I) 数字流分量和正交 (Q) 数字流分量。这些数字化的信息馈入数字信号处理器 520, 处理 GPS 信号并输出用于定位的伪距信息。

在一个可供选择的本发明的实施例中, 两个带通滤波器 126, 128 的输出馈入基带专用集成电路 (ASIC), 将带通滤波器 126, 128 的中频信号输出数字化地转换到基带, 并且输出数值流来代表正交和同相的基带信号。这些信号将被用于搜索器。该搜索器在本质上和用于 CDMA 解调器中的搜索器相同。然而, 该搜索器最好编程实现搜索与基站发送的 CDMA 信号相关的 PN 码或与 GPS 卫星相关的 PN 码。搜索器当从基站接收 CDMA 信号时在 CDMA 信道间进行区别, 并且在 GPS 模式下决定发射接收到的 GPS 信号的 GPS 卫星。此外, 一旦捕获到 GPS 信号, 搜索器指示出与 PN 码关联的时间偏移, 来决定接收信号的卫星的伪距, 为本领域的技术人员所知。

本领域的技术人员将会认识到, 可用双变换处理 (如图 5 所示)、单变换和中频抽样技术或者直接变换, 产生所需的 I 和 Q 抽样。此外, 图 5 所示的实施例的结构可以在许多方面改变, 这并不影响本发明的方法和设备的操作。例如, 通用可编程处理器可以用来代替图 5 中的 DSP。如果数据流通过系统的速

率很低而不需要缓冲的话，存储器 510 也是不需要的。带通滤波器 406 和自动增益控制电路 408 在特定条件下可以被省略，使用数字技术或模拟技术，或其他明智的改变。对于图 5 所示的结构，许多其他的诸如此类的改变可被使用而无需更改本发明。此外，值得注意的是，一个可供选择的实施例可以在 GPS 和无线接收机间有大部分或少部分共享的硬件软件资源。

图 6 是包含本发明所揭示的方法和设备的通信系统的各组成部分的高级框图。在运作中，根据所揭示的方法，BSC14 从基站 10 中的控制处理器 62 (图 3) 请求 GPS 信息。这信息包括所有正被 GPS 收发机 74 (图 3) 观察的卫星，它们的仰角、多普勒频移以及在特定时刻的伪距，但不限于这些。注意到，基站 10 的 GPS 接收机拥有最新的处于视线之内的每个卫星的位置信息、频率信息以及 PN 偏移，因为该基站总是跟踪所有视线中的卫星。作为选择，基站 10 可以发送数据到那些可被无线通信设备 20 观察到的卫星的一部分，假如基站 10 存储了有关街道宽度和周围建筑高度的信息。这就是说，如果基站 10 拥有确定无线通信设备观察一个或多个卫星受阻隔的能力，基站 10 将不会发送那些关于被阻隔的卫星的信息。

值得注意的是，相对于接受器的内部 GPS 时钟，通用 GPS 接收机记录下接收卫星信号的时间。然而，接收机的内部 GPS 时钟并不是精确地与真正的 GPS 时间同步。因此，接收机不能知道卫星信号被接收的真正 GPS 时间的精确点。然后，导航算法使用第四个卫星来修正误差。这就是说，如果接收机内的时钟与每一个卫星内的始终精确同步，通用 GPS 接收机仅仅需要三个卫星来给接收机精确定位。然而，由于接收机的时钟并不是与卫星时钟精确同步，就需要额外的信息。这个额外的信息是通过记录第四个卫星信号被接收的时间来提供的。这可以通过注意存在四个方程式（也就是，每一个方程式分别与四个卫星中的每一个相关联）以及四个待解未知数（也就是，接收机的  $x$ ,  $y$ ,  $z$  坐标，以及接收时钟的误差）加以理解。因此，为求三维解，一个通用 GPS 接收机至少需要对不同卫星的四次测量。

相反，本系统使用一个与真实 GPS 时间同步的地球站。在一个实施例中，这样的站是 CDMA 基站。本领域中的人员知道 CDMA 基站是与 GPS 时间同步的。在基站没有较好的同步的情况下，时间偏移可以被校准。此外，所有通过这样的 CDMA 基站使用 CDMA 协议进行通信的无线通信设备都与一个偏移的 GPS 时间同步，这对每一个无线通信设备 20 都是唯一的。时间偏移与信号传送的“实

际延迟”相等（也就是，由基站天线到无线通信设备天线的无线电信号延迟引发的单向延迟加上由基站传输链中的硬件延迟引起的内部延迟所产生的“传输延迟”）。这是由于无线通信设备通过从基站接收 GPS 时间的指示来同步自己的时钟（在时间/频率子系统 102 中）。然而，在指示到达无线通信设备时，指示具有很大的偏差，这与当信号在基站和无线通信设备传送时产生的实际延迟相等。通过测量信号在基站和无线通信设备间一个往返所花费的时间，可判定这个实际延迟。单向延迟将近似等于往返延迟的一半。本领域的技术人员可用很多方法来测量往返延迟。

依照本发明，时间/频率子系统 102 中的处理电路修正时间/频率子系统的内部时钟来使无线通信设备与 GPS 时间更精确同步，这是通过计算由信号在基站 10 和无线通信设备 20 间传送所产生的延迟。

值得注意的是，无线通信设备 20 中进行的处理在图 4 所示的功能块中被分开。然而，用来进行处理功能的典型结构可以是单片处理器电路，功能分组与本发明所示的分组不同的一些个体电路。可进行这种可供选择的硬件中的功能分组，不影响所揭示的方法和设备的操作。这就是说，为本领域中的人员所知，处理功能可以在贯穿整个无线通信设备 20 的不同处理电路中被分离或组合，而不会明显的影晌所揭示的方法和设备的操作。

此外，基站 10 和无线通信设备 20 之间的距离可以被用来作为给无线通信设备 20 定位的辅助。因此，在基站 10 和无线通信设备 20 间有直接视线 (LOS) 的情况下，仅仅需要两个卫星距离测量和一个基站距离测量。在服务基站和无线通信设备间没有直接 LOS 的情况下，计算一个三维位置需要三个卫星测量和一个往返延迟测量。需要额外的卫星测量来修正由附加延迟引入的附加距离，附加延迟由多径效应引起。往返延迟被用于修正无线通信设备中的时钟误差。

在此描述的系统允许一个有效的 CDMA 无线通信设备在任何时刻利用无线定位功能 (WPF) 18 (图 6) 来定位，只要无线通信设备 20 处于 CDMA 网络的无线电覆盖范围内以及有足够好的 CDMA 网络服务质量。WPF 由输入输出端口和处理电路组成。那些本领域中的人员可以认识到处理电路可以是通用计算机、微处理器、微机、专用状态机、专用离散硬件电路、专用集成电路 (ASIC) 或其它可完成 WPF 所执行上述功能的电路。

无线通信设备定位的处理可以由无线通信设备 20、网络或外部实体 (诸如内部定位应用 (ILA) 17、外部定位应用 (ELA) 15 或紧急服务应用 (ESA) 13)

等启动。13、15、17 的每一个既可以是硬件也可以是软件，能够请求和/或接收位置信息。在一个实施例中，ILA17 是与 BSC14 连接的终端，是操作者可直接直接请求并接收关于无线通信设备的位置信息。作为选择，ILA17 可以是 MSC12 中的处理器执行的软件应用程序。

WPF18 最好是常规可编程处理器，能够受理来自无线通信设备和卫星的原始数据（也就是，两个卫星的伪距、无线通信设备和基站的距离以及时间修正因子），并且能够计算无线通信设备的位置。不管用何种方法，任何能够接收用于计算无线通信设备位置和输出这个位置的信息的设备可以被使用。例如，WPF18 可以是专用集成电路 ASIC、离散逻辑电路、状态机、或其它网络设备（如 BSC14）中的软件应用。此外，应该知道 WPF18 可以位于基站 10 内、BSM14 内或 MSC12 内。WPF18 最好是由在与 BSC14 通信中的专用处理器执行的软件应用。相应地，基站 10、BSC14 以及 MSC12 不需要作专门修改来用通用器件实现本发明。作为选择，WPF18 是由 BSC14 中的处理器执行的软件应用。WPF18 最好通过一个通信端口与 BSC14 通信，这个端口类似于由与常规 BSC 连接的处理器执行的常规计费功能、管理功能、归属位置寄存器/访问者位置寄存器功能以及其它辅助性的功能所用的端口。

Parkinson, B. W, 和 Spilker, J. J. 编写的《全球定位系统：理论和应用——卷 I》（美国航空航天机构，华盛顿特区，1996 年出版）提供了计算位置的算法。另外，值得注意的是，卷 II 介绍了如何进行差动 GPS 修正。WPF18 必须进行这样的修正来精确计算无线通信设备的位置。

根据本发明的一个实施，服务提供商可以根据诸如容量、安全性、业务记录等若干条件限制定位服务。定位服务可以支持每一个或一部分下述服务：

- (1) 无线通信设备发出的定位请求（WPF）。
- (2) 网络发出的定位请求（NRP）。
- (3) 每一服务示例的定位许可（PSI）：无线通信设备为外部应用提供暂时定位该装置的许可，以便提供特定服务。
- (4) 带有或不带无线通信设备识别的定位（PWI/PWO）：将所有处于确定地域的无线通信设备定位。PWI 将给出这些设备的标识和位置，而 PWO 仅仅给出它们的位置。
- (5) 在封闭群内的定位（PCG）：考虑建立能决定定位特权的组群（车队管理）。

发起方\周期性	按需要 (单一/多重事例)	按周期	事件触发
无线通信设备	WPF, PSI, PCG	WPF, PCG	WPF
网络	PWO	PWO	NRP/PWO
外部	PWO, PWI, PCG, PSI	PWO, PWI, PCG	

根据无线通信设备 20 发出定位请求的所揭示方法和设备的实施例，无线通信设备 20 向 MSC12 发送定位请求。MSC12 确认请求来确保无线通信设备 20 已经预定了所请求的服务类型。然后 MSC12 向服务 BSC14 发送请求来查找无线通信设备 20 的位置。BSC14 向服务基站 10 询问定位辅助信息。服务基站 20 响应该请求，发送：

- (1) 视线内各卫星的清单，
- (2) 这些卫星的多普勒频移，
- (3) 这些卫星的多普勒变换速率，
- (4) 这些卫星的伪距，
- (5) 这些卫星的仰角，
- (6) 这些卫星的信噪比 (SNR)，以及

(7) 可以确定在无线通信设备和基站间传送所受延迟量 (例如，无线通信设备和服务基站间的往返行程延迟 (RTD)) 的指示。

值得注意的是用于决定信号在无线通信设备和基站间传送所受的延迟量的指示可以从基站到无线通信设备的往返行程或从无线通信设备到基站的往返行程所遭受的往返行程延迟。可通过记录信号从往返行程起始点发送的时间，确定信号在往返行程远端重新发送需要的时间，并且记录重新发送的信号被接收的时间，进行计算。如果基站始发信号并且进行往返行程延迟的测量，那么基站就能够

(1) 发送信息，无线通信设备通过这个信息可以计算基站和无线通信设备之间的单向延迟 (诸如往返延迟)，或

(2) 计算从基站到无线通信设备的单向延迟 (假如，无线通信设备上信号接收间的周转时间或者周转时间上的接收信息可以忽略) 并向无线通信设备



发送单向延迟。

同样，如果无线通信设备始发信号并且进行往返行程延迟的测量，那么无线通信设备就能够：

(1) 直接从已测量的往返延迟中计算单向延迟，假如基站在接收和重发间的时间可以忽略；

(2) 从基站接收关于接收和重发来自无线通信设备的信号之间流逝的时间的指示，由此无线通信设备可以计算单向延迟；或

(3) 将已记录的往返延迟传回基站，基站随之计算单向延迟并向无线通信设备传送指示单向延迟的值。

根据所揭示的方法和设备的一个实施例，基站和无线通信设备 20 间的往返延迟是由基站发送的信号帧起点和基站接收的来自无线通信设备 20 的信号帧的起点的差异来确定的。这就是所知的由 CSM（区站调制解调器）测量的第一个到达搜寻指针的搜寻指针偏移延迟。值得注意的是往返延迟是以下几点

- 的总和：
- (1) 前向链路（基站发送链路）的硬件延迟；
  - (2) 基站天线和无线通信设备天线间的单向传播；
  - (3) 无线通信设备（接收和发送链路）中的硬件延迟；
  - (4) 无线通信设备天线和基站天线间的单向延迟。

根据美国电信工业协会/电子工业协会（TIA/EIA）公布的电信行业标准 IS-95，无线通信设备需要调整它的发送定时来补偿它自身的硬件延迟，这样无线通信设备 20 发送的信号帧的起点和无线通信设备 20 接收到的信号帧的起点就对应起来了。相应地，条目（3）中所说的硬件延迟在一个能够容忍的范围内被消除了。

条目（1）中的延迟可以被校准到约 50 纳秒的精确度。因此，在存在视线的条件下，可以使用 RTD 测量来确定无线通信设备 20 和基站 10 间的距离。

注意到，基站 10 中的 GPS 接收机 74 始终跟踪视线中的卫星而能够拥有关于卫星的最新参数。BSC14 将使用 RTD、伪距、卫星仰角、每个卫星的多普勒频移和多普勒变换速率，在时域和频域中计算搜索窗口的中心和搜索窗口的大小，如下所述（见图 7）

在时域上，第  $i$  个航天器（“ $SV_i$ ”）的搜索窗口的中心等于图 7 中基站 10 和  $SV_i$  间的伪距  $pb$ 。 $SV_i$  的搜索窗口的大小等于  $d\cos(\phi_i)$ ， $d$  等于基站 BS 与无

线通信设备（图 7 中的 MS）间的往返延迟的一半， $\cos(\phi_i)$ 是关于地球半径的卫星仰角的余弦，这个半径始于地心并且通过接收机。

注意到基站和卫星之间的距离比基站和无线通信设备间的距离大的多，本领域的技术人员将认识到这层关系。相应地，当卫星在头顶上时，距离值  $p_{m1}$ 、 $p_b$  和  $p_{m2}$  实质上是相等的。当卫星的仰角接近 90 度， $p_{m1}$  和  $p_{m2}$  的差异将达到  $2d$ ，并且搜索窗口的大小将达到  $d$ 。

跟据此揭示的一个实施例，搜索窗口中心和大小可以通过以下信息进一步地精确：

- (1) 关于无线通信设备当前位置的任何信息，
- (2) 关于无线通信设备可以从哪些其它基站（如果存在）接收信号的信息，
- (3) 从其它基站接收到的信号的相对强度，
- (4) 无线通信设备能够接收辅助信号的其它基站的相对位置，
- (5) 无线通信设备接收到的信号是否由扇区化的基站发送，并且，假如这样的话，信号从哪一个扇区发送，以及
- (6) 使用来自任何源（包括任何基站）的发送信号，借助有关该发送信号的到达时间或到达时间差的信息，进行三角测量的尝试。

在频域中， $SV_i$  的搜索窗口的中心等于  $f_o+f_{di}$ ； $f_o$  等于 GPS 信号的载频， $f_{di}$  等于  $SV_i$  传送的信号的多普勒频移。 $SV_i$  的搜索窗口的大小等于由于接收机的频率误差和多普勒变换速率引起的频率不确定性。BSC14 发送包含视线内的卫星、搜索窗口中心和大小、在时域和频域两方面的信息，以及无线通信设备 20 定位所需的最少卫星数量的信息。

根据一个实施例，发送到无线通信设备的消息将在无线通信设备 20 中触发重调谐信号。这消息也能够具有“作用时间”（以后接收机将重调谐至 GPS 接收机频率的具体时间）。作为回答，无线通信设备 20 将在作用时间激活第一、第二个开关 106 和 402（图 5）并且由此重调谐到 GPS 频率。数字中频专用集成电路 400 改变它的 PN 发生器（未画出）到 GPS 模式并且搜索所有指定的卫星。

一旦无线通信设备 20 获得所需卫星的最低数量，它就在无线通信设备 20 内的 GPS 时钟的基础上计算伪距，重调谐到通信系统频率，并且与首次使用的三个卫星的信噪比一起向 BSC14 发送伪距结果和最新的 CDMA 导频搜索结果。

如果设备不能获得三个卫星并且服务基站与无线通信设备 20 间没有直接的视线通路，那么就需要导频测量结果。但是，只要能用可获得的信息（诸如导频搜索信息）计算诸如另一基站的另一的往返延迟，也能用少于三个卫星。基于导频搜索信息的确定往返延迟的技术广为人知。

BSC14，和服务基站 10 的位置、相应的往返延迟测量、在考虑中的（关于一个固定的、预先确定的参考起点）卫星的位置（空间中）、以及计算无线通信设备 20 位置的 WPF18 的差动 GPS 修正一起，发送无线通信设备 20 产生的伪距测量。通过 BSC14 无线通信设备 20 接收到的和传到 WPF18 的伪距是与无线通信设备 20 内的时钟相对的。因此，它们是错误的（也就是，由服务 BTS10 和无线通信设备 20 间的往返延迟引起偏差）。图 8 显示了 WPF18 是如何修正本地时钟偏差的。在图 8 中， $\delta 1$  表示收到从基站 10 到无线通信设备 20 的信号时的伪距（往返延迟的一半），反之亦然； $pm1$ ， $pm2$  和  $pm3$  是无线通信设备 20 到第一、第二、第三个被选 GPS 卫星 60、70、80 的伪距。这些测量是相对于无线通信设备 20 的本地时钟进行的。但是由于本地时钟有对于 GPS 时间的偏移  $\delta 1$ ，修正的伪距就是：

$$\rho 1 = pm1 + \delta 1$$

$$\rho 2 = pm2 + \delta 1$$

$$\rho 3 = pm3 + \delta 1$$

WPF18 使用上述三个方程、三个卫星的位置（空间中）、服务基站的位置以及相应的 RTD 测量来计算无线通信设备 20 的位置。注意到 RTD 相当于知道无线通信设备本地时钟相对于真实 GPS 时间的偏差。这就是说，解来自三个卫星的三个伪距方程就足够了。此外，如果在基站和无线通信设备间存在直接传输路径，由于 RTD 能被用于确定时钟偏差和基站的伪距测量，那么三个卫星就可以提供超定解。

同样注意到，如果无线通信设备 20 和基站 10 之间有直接的视线连接，使无线通信设备 20 和基站 10 间的距离可以由它们之间的 RTD 直接确定，所需的卫星的最少数量可以减至两个。如果其它导频（站点）的信息能够使用的话，这个数量还可以进一步减少。例如，如果无线通信设备 20 正在与两个或更多的基站通信（例如，软切换），没有一个基站与无线通信设备间有直接的视线，则计算不止一个往返延迟，并且因此两个卫星都是给无线通信设备 20 定位所需要的。这就是说，计算可以基于五个方程（两个与两个卫星伪距测量相关的

方程、两个与两个基站 RTD 测量相关的方程，以及一个与服务基站相关的允许无线通信设备 20 将本地时钟与 GPS 时间同步的 RTD 的方程)。这在 GPS 卫星被建筑物和树木遮挡的情况下是十分有用的。WPF18 发送已计算的位置信息到 BSC14，并且 BSC14 发送这个信息到 MSC12 或直接将它发送到无线通信设备 20。

除了使用来自其它基站的 RTD，本发明还能够使用来自不同基站或来自基站和卫星之间的导频之间的到达时间差 (TDOA) 来辅助确定无线通信设备的位置。除了来自 GPS 卫星的卫星信号的 TDOA 之外，这样的 TDOA 也被使用。当至少一个同步的基站可用 (也就是，基站与 GPS 时间同步) 或可提供至少两个非同步的基站 (也就是，基站之间互相同步，但不与 GPS 时间同步) 以及少于所需的可用卫星的数量时，这样的使用有助于确定无线通信设备的位置。来自前向链路的 TDOA 测量的使用，甚至能够在缺少 RTD 信息的情况下减少卫星的数量。

下面是几种本发明的实施例的描述，这些实施例使用前向链路信息来辅助进行无线通信设备的定位。应该认识到本发明中的设备从本质上来说是通用处理器、数字信号处理器、专用电路、状态机、专用集成电路或其它本领域公知的能实现本发明功能的电路。

为了定位无线通信设备，未知数 (例如，设备的  $x, y, z$  坐标和确切时间) 的数量必须符合包含这些未知数的方程的数量。下述方程用于每一对进行 TDOA 测量的信号 (例如，每一对信号包括由第一个基站 BS1 传送的一个信号和由第二个基站 BS2 传送的一个信号)：

$$\text{TDOA}_{\text{bs1,bs2,wcd}} = \Delta t + \left[ \sqrt{(x_{\text{bs1}} - x_{\text{wcd}})^2 + (y_{\text{bs1}} - y_{\text{wcd}})^2 + (z_{\text{bs1}} - z_{\text{wcd}})^2} - \sqrt{(x_{\text{bs2}} - x_{\text{wcd}})^2 + (y_{\text{bs2}} - y_{\text{wcd}})^2 + (z_{\text{bs2}} - z_{\text{wcd}})^2} \right] / c$$

其中  $\text{TDOA}_{\text{bs1,bs2,wcd}}$  是无线通信设备 (wcd) 从第一个基站 (bs1) 以及第二个基站 (bs2) 接收的信号间的 TDOA；

$\Delta t$  是用于产生每个信号源传送的信号的时钟的偏差以及基站 bs1 和 bs2 的内部 BS 延迟间的任何差异；

$x_{\text{bs1}}$  是定位基站 bs1 的  $x$  坐标；

$x_{\text{bs2}}$  是定位基站 bs2 的  $x$  坐标；

$y_{bs1}$  是定位基站 bs1 的  $y$  坐标；

$y_{bs2}$  是定位基站 bs2 的  $y$  坐标；

$z_{bs1}$  是定位基站 bs1 的  $z$  坐标；

$z_{bs2}$  是定位基站 bs2 的  $z$  坐标；

$x_{wcd}$  是定位无线通信设备的  $x$  坐标；  $y_{wcd}$  是定位无线通信设备的  $y$  坐标；

$y_{wcd}$  是定位无线通信设备的  $y$  坐标。

就上述方程而言，未知数是无线通信设备的  $x, y, z$  坐标和  $\Delta t$ 。可对卫星 TDOA 的测量写出相类似的方程。因为有四个未知数，就必须有四个这样的方程，其中需要任何组合的至少四个卫星或基站，并假设  $\Delta t$  对于卫星和基站来说是常量。如果这种假设不正确的话（也就是，基站没有与 GPS 时间同步），那么将加入一个额外的未知数，所以也就需要一个额外的信号源。此外，如果基站和 GPS 不同步，那么至少需要两个卫星和至少两个基站以便卫星和基站都用。

如果通信基站之间相对同步，相对于每个其它导频的每个导频的 TDOA 可以利用上述方程确定。如果基站也同步于 GPS 时间，就与 CDMA 通信基站的情况相同，使用都与 GPS 时间同步的前向链路导频 TDOA 和卫星 TDOA 的方法在此称为“同步 GPS/前向链路模式”。

在通信基站没有和 GPS 时间同步的情况下，使用前向链路 TDOA 和卫星 TDOA 的方法在此称为“异步 GPS/前向链路模式”。在这种情况下，“异步”指，用于进行前向链路到达时间测量的时间参考与用于 GPS 卫星信号到达时间测量的时间参考之间存在未知的偏差。应该认识到“异步”这个术语并不意味着基站之间没有互相同步，也不意味着 GPS 卫星之间没有互相同步。实际上，每个基站都较佳的与其它每一个基站同步，使得可相对于每个其它基站确定基站能接收的每个信号的到达时间差。同样，在 GPS 组合中每个 GPS 卫星都与其它卫星互相同步。

图 A-D 讨论了由三个基站 10a、10b、10c 产生和传送的导频 PN 序列间的定时。值得注意的虽然基本上对于一个 CDMA 系统说明现揭示的方法和设备，当把它用于与 GPS 时间无关的同步通信系统，比如时分多址接入（TDMA）通信系统时，异步 GPS/前向链路模式是非常有用的。

#### 同步 GPS/前向链路模式

图 9 说明了由三个基站传送的导频 PN 序列间的关系。图 9 显示了三个导

频 PN 序列 901、903 和 905，每个导频 PN 序列有编号从 1 至 9 的九个芯片。“芯片”在这里定义为伪随机 (PN) 噪声序列中的信息的最小单元。每个芯片具有二进制值 (或逻辑值) (也就是 1 或 0)。

导频 PN 序列在本发明中被定义为长度为  $N$  的序列，每隔  $N$  个芯片重复 (图示中  $N=9$  芯片)，任何连续  $N$  芯片的序列中  $N$  是随机的。那些本领域中的人员应该知道由 CDMA 基站传送的导频 PN 序列大约有  $2^{15}$  个芯片长度。然而，为了简单而清楚地描述本发明，图 9 所示的导频 PN 序列仅仅只有 9 个芯片的长度。

图 9 显示了三个导频序列 901、903、905 的时隙，这三个导频序列由三个基站 10a、10b、10c 的控制处理器产生。每个基站 10 产生一个这样的导频 PN 序列。CDMA 通信系统中的每一个基站 10 传送同样的导频 PN 序列。然而，由每个基站 10b、10c 产生的导频 PN 序列的始端由控制处理器 62 有意偏移一段预先设定的时间。为了进行本讨论，基站 10a 内的控制处理器传送一个“零偏 PN 序列”。零偏 PN 序列是作为每个其他 PN 序列的参考。据此，产生零偏 PN 序列的控制处理器 62 引入零偏移 (因而称为“零偏 PN 序列”)。同样应该注意的是，本发明并不需要任何特定的基站来产生零偏 PN 序列。展示零偏 PN 序列仅仅是为了说明性目的。那些本领域中的技术人员应该知道在常规的 CDMA 通信系统中，每个导频 PN 序列偏移与每一个基站是一一对应的。这就是说，每个基站都被指定一个唯一的偏移并且以这个偏移产生导频 PN 序列。

由每个基站 10a、10b 的控制处理器 62 有意引入的偏移有一段持续时间，它等于传送整数个芯片所需的时间。在通信系统中，对于每个基站来讲，偏移是唯一的。在图 9 所示的例子中，零偏 PN 序列 901 由基站 10a 的控制处理器 62 产生，以  $T_0$  作为起始时间， $T_{end}$  作为结束时间。在一个 CDMA 通信系统中，时间  $T_0$  和  $T_{end}$  是相对于 GPS 时间预先确定的时间。因为导频 PN 序列是固定长度和重复的，导频 PN 序列的起点将出现在相对于 GPS 时间的规则的可预测的间隔上。

第一个这样的导频 PN 序列 901 是零偏 PN 序列，用于定时参考。第二个这样的导频 PN 序列 903 始于  $T_1$  并且偏离零偏 PN 序列 8 个芯片。因而，当产生零偏 PN 序列 901 的基站 10a 产生导频 PN 序列 903 的第一个芯片 907 时，产生导频 PN 序列 903 的基站产生第九个芯片 909。导频 PN 序列 905 始于  $T_2$  并且偏离零偏 PN 序列 3 个芯片。因此，当零偏 PN 序列产生第一个芯片 907 时，产生导

频 PN 序列 905 的基站产生第四个芯片 911。每个基站同步于基站时间。因此，系统中的每个基站能够同步产生对系统中其他基站的导频 PN 序列偏移。可以看出，即使不知道零偏序列的起始时间，也能确定产生每个信号时导频 PN 序列 903 和导频 PN 序列 905 间的偏移是四个芯片。

那些本领域中的技术人员将知道，真实的 GPS 时间能够在任何拥有 GPS 接收机和处理器的基站中通过从接收自四个卫星的 GPS 信号，计算一个完整的关于基站位置的解答中获得。这样一个完整的解答将输出接收基站 10a 的坐标  $x$ ， $y$ ， $z$  和 GPS 时间  $t$ ，这在本领域中是众所周知的。较广义而言，真实的 GPS 时间可以通过利用  $N+1$  个卫星计算位置的  $N$  维解答精确确定出来。基站 10a 将相应使零偏 PN 序列 901 起始于相对于真实 GPS 时间的特定时间。

应该注意到，不需要知道零偏 PN 序列起始的绝对时间，因为无线通信设备的两个接收信号的到达时间差是由相对测量确定的。一旦无线通信设备确定了能够接收基站发送的导频信号，接收机随之从基站发送的“同步”信号中解调信息。同步信号上的解调信息包含对导频序列施加的 PN 偏移（相对于零偏 PN 序列）。因此，零偏 PN 序列充当基准，来确定由 CDMA 通信系统中的每个基站传送的每个导频 PN 序列相对时间。

然而，虽然每一个 CDMA 基站 10 中的控制处理器 62 同步于 GPS 时间，存在与传送每个导频 PN 序列 901 到发送基站 10 的通信天线 201 中的发送天线 43 辐射中心关联的传播延迟。这个贯穿发送链的硬件延迟（以下被称为“内部 BS 延迟”）在导频 PN 序列关于真实 GPS 时间的起始时间（也就是，控制处理器 62 上的导频 PN 序列起始时间）与导频 PN 序列从天线 43 的辐射中心发送的开始时间之间，引入了偏移。内部 BS 延迟也许在每个基站 10 中不同。因而，CDMA 基站在基站发射天线 43 的辐射中心上不是精确地与 GPS 时间同步，或者互相同步。这个精确度对于通信并不会产生重大问题，但是当试图非常确切地确定到达时间差以进行定位时会带来问题。

图 10 显示了由内部 BS 延迟引起的对导频 PN 序列 901、903、905 的相对时间的影响。第一个导频 PN 序列 901 从  $T_a$  延迟到  $T_b$ 。同样，导频 PN 序列 903 从  $T_a$  延迟到  $T_d$ 。导频 PN 序列 905 从  $T_a$  延迟到  $T_c$ 。图 10 中可以看出相对导频 PN 序列 901，导频 PN 序列 903 和导频 PN 序列 905 各自偏移一段时间  $S_1=T_b-T_d$  和  $S_2=T_b-T_c$ ，这是由于贯穿每个基站 10 的内部 BS 延迟的差异。为了精确确定在无线通信设备 20 上接收的来自三个基站 10 的三个导频信号 209、211、213

的 TDOA，必须知道相对偏移  $S_1$  和  $S_2$ 。

每个基站 10 的内部 BS 延迟和相对偏移  $S$  都不会随着时间的流逝而发生大变化。相应的，在本发明的一个实施例中，能在基站启动的时候测量每个基站 10 的内部延迟，或者相对偏移  $S$ 。作为选择，内部 BS 延迟或者相对偏移  $S$  能够在规则的间隔加以确定，并且被发送到无线通信设备。在另一个实施例中，内部 BS 延迟或相对偏移  $S$  能连续确定并可按需要，以规则的间隔或响应值的变化，传送到无线通信设备。

测量 CDMA 基站中（或来自其它与 GPS 时间同步的基站）的内部 BS 延迟和相对偏移的一种方法是使用位于已知距离的远端同步站（也就是，已知从基站 10 的天线到远端同步站的延迟）来接收来自基站 10 的导频 PN 序列。图 11 显示了这样一个位于离多数基站 10a、10b、10c 已知距离的远端同步基站 1101 的简单框图。远端同步基站 1101 由时钟 1103、接收机 1105、发射机 1107 以及处理电路 1109 组成。因为基站 10a、10b、10c 和远端同步站 1101 的距离是固定的，这样一个能够从不只一个基站接收信号并且在已知位置上工作的远端同步站能被用于确定基站间的偏移。因为能对位于已知位置的远端同步站方便地确定来自已知位置的源的信号的到达时间偏差，所以远端同步站 1101 能确定预期的到达时间差与测量的到达时间差之间的差异。

作为选择，如果远端同步站 1101 有 GPS 接收机，它就能确定下述所引入的延迟。基站能从 GPS 接收机确定真实 GPS 时间。基站也能确定基站 10 中的控制处理器 62 产生信号的时间，因为基站将在一个相对于 GPS 时间的预定时间产生导频 PN 序列。

图 12 是使用已知距离处或能以已知发送延迟对该处发送信号的远端同步站 1101 确定基站控制处理器 62 和发射天线 43 的辐射中心之间引入的延迟用的方法的说明。如图所示，导频 PN 序列在第一个时间  $t_1$  产生。导频 PN 序列从基站传送到发射天线 43 的辐射中心并且在时间  $t_2$  开始发射。相应地，因为相对于真实 GPS 时间， $t_1$  和  $t_2$  都是已知的，所以导频 PN 序列从控制处理器 62 传送到远端同步站 1101 所需的时间也是已知的。此外，因为信号经过的距离和/或者路径可以测量并确定，信号从发射天线 62 到远端同步站 1101 传送所需的时间（也就是，时间  $t_1$  和  $t_2$  的差异）是已知的。

确定时间  $t_1$  和  $t_2$  的差异的一种方法是测量往返延迟。例如，接收信号的无线通信设备可以是适合提供基站 10 和电话间的往返延迟的通用的无线移动



电话。作为选择，基站 10 可以是能够确定基站 10 与无线通信设备间的往返延迟的通用基站。那些本领域中的技术人员将知道这些是确定产生于基站 10 与无线通信设备间的传输延迟的几种方法。一些其它众所周知的技术能用于进行这项测量。那些本领域中的技术人员也同样会认识到远端同步站 1101 可以是通用的无线电话、专门设计用于执行同步功能的测试设备或任何其它能适应执行在此描述的功能的接收机，诸如另一个基站。

一旦这些值已知，时间上  $t_1$  和  $t_2$  的差异可以通过从  $t_1$  和  $t_3$  间的时间减去  $t_2$  和  $t_3$  间的时间产生的  $t_1$  和  $t_2$  间的时间中计算出来。

图 13 显示了根据同步 GPS/前向链路模式计算基站 TDOA 的方法。如图 13 所示，三个基站 10a、10b、10c 中的每一个基站在相同时间  $T_1$  产生导频 PN 序列。然而，每个基站 10a、10b、10c 拥有不同的内部 BS 延迟。因而，第一个基站 10a 在时间  $T_2$  传送基站 10a 产生的导频 PN 序列，第二个基站 10b 在时间  $T_3$  传送基站 10b 产生的导频 PN 序列，第三个基站 10c 在时间  $T_4$  传送基站 10c 产生的导频 PN 序列。每个基站内的内部 BS 延迟可如上所述那样确定。一旦确定了，内部 BS 延迟能被或者保存在或者传送到无线通信设备。

一旦三个导频 PN 序列分别由相关基站 10 传送，每个导频 PN 序列会遇到不同的从传送基站 10 的发射天线 43 的辐射中心通过空中传播到接收无线通信设备 20 的传输延迟。可以看出基站 10a 和基站 10b 间的 TDOA，例如，好像是时间  $T_6$  和  $T_7$  间的差异。然而，因为到达时间差仅仅应该测量信号在空中传输所需时间的差异，必须考虑由在从控制处理器 62 到发射天线 43 的辐射中心传送导频 PN 序列中遇到的内部 BS 延迟的差异引入的误差。这可以通过简单的从时间  $T_5$ ， $T_6$  和  $T_7$  中减去已知的内部 BS 延迟产生时间  $T_8$ ， $T_9$  和  $T_{10}$ 。相应地，修正的 TDOA 就是三个时间  $T_8$ ， $T_9$  和  $T_{10}$  中每对时间的差异。此外，减去内部 BS 延迟可以使每个基站与 GPS 时间同步。因此，因为每个 GPS 卫星与 GPS 时间同步，基站信号的到达时间和卫星信号的到达时间可以一起用来形成 TDOA 值，用于最小均方 TDOA 等式，这在本领域中广为人知。那些本领域中的技术人员将认识到由于卫星信号与基站信号同步，从基站和卫星传送的导频 PN 序列间的关系就已知了。相应地，不需要知道信号从基站或卫星传送的确切时间，就知道相对于卫星信号传送时间的基站信号传送时间。因此，通过从任何其它来自基站或卫星的信号中减去任何来自基站或卫星的信号的到达时间，能精确定到达时间差。

### 异步 GPS/前向链路模式

如同同步 GPS/前向链路模式中的情况，异步 GPS/前向链路模式假设所有的基站互相同步。然而，在异步模式下，前向链路上接收的信号到达时间差不能与 GPS 信号的到达时间组合产生有意义的 TDOA 测量，这在同步 GPS/前向模式中是可行的。反之，来自基站的信号的到达时间仅仅可以与来自其它基站的信号到达时间组合形成 TDOA 测量。同样，来自 GPS 卫星的信号到达时间仅仅可以与来自其它卫星的信号到达时间组合形成 TDOA 测量。

但是，如果无线通信设备能从  $N$  个基站 ( $N$  至少等于 2) 接收信号，那么，所有所需的信号就是来自  $4-N-1$  个卫星的信号。任何能被接收到的附加的卫星将提供超定解，从而产生更可靠和精确的解。同样本领域技术人员从本发现的揭示还会认识到两个或更多的非同步系统可以组合在一起来减少所需卫星的数量到  $4 - (N_1 - N_2 \dots - N_x) - X$ ，其条件为除了卫星系统外还有  $X$  个系统，每个这样的系统有至少一个能被无线通信设备接收的基站，并且系统  $X$  的  $N$  个能被接收的基站。

此外，异步 GPS/前向模式中确定内部 BS 延迟的差异的过程与同步 GPS/前向模式中的过程不同，这是由于基站与 GPS 时间不同步。在异步 GPS/前向模式下，接收机接收来自通信系统中至少两个基站的信号。接收机置于已知位置上，以便知道每对基站传送的信号间的 TDOA。相应地，TDOA 的已知值与测量值之间的差异与内部 BS 延迟的差异（以及基站间的任何时钟偏差）相等。对每一对基站，都进行这样的测量。当计算 TDOA 值时必须考虑到这些差异，或被存储，或被传送到无线通信设备的位置 20。作为选择，这些差异可以或者被储存，或者被传送到 WPF18 中，来自无线通信设备 20 的 TDOA 测量将被发送到 WPF18 中。在这种情况下，WPF18 修正 TDOA 以考虑基站间的同步误差。如果传送计算值，它们将在新基站启动时刻，按照需要，以规则定时时间间隔或根据变化加以传送。

这里描述的 GPS/前向链路模式将每个基站作为“伪卫星”处理。把伪卫星定义为传送同步于卫星的信号并且能与卫星一起用于 TDOA 测量的设备。WPF18 储存基站年历，包括基站位置、天线高度、天线特性（天线方向图和增益）、基站结构（如扇区数量、扇区方向以及每个扇区的时钟误差）。这样，定位系统会认为所有无线通信设备接收的信号具有一个共用的时间参考（也就是，作

为接收信号参考的 GPS 时间)。应该注意到本发明揭示的方法和设备既可以使用前向也可以使用反向链路测量, 如果它们是可行的。这就是说, 在多个基站根据无线通信设备传送的信号进行的同类测量可以用来代替或加入无线通信设备接收到的信号。相同的技术将适用。然而, 到达时间的信息必须传送到一个公共的位置, 以使确定每个基站上来自无线通信设备的信号的相对到达时间差异。

在这里, 参照特定应用的特定实施例说明了该揭示的方法和设备。具有本领域普通技术且理解本讲授的人员将认识到在本发明范围内的另外的修正、应用和实施例。因此要由所附权利要求书涵盖任何这样的在本发明范围内的应用、修正、和实施例。

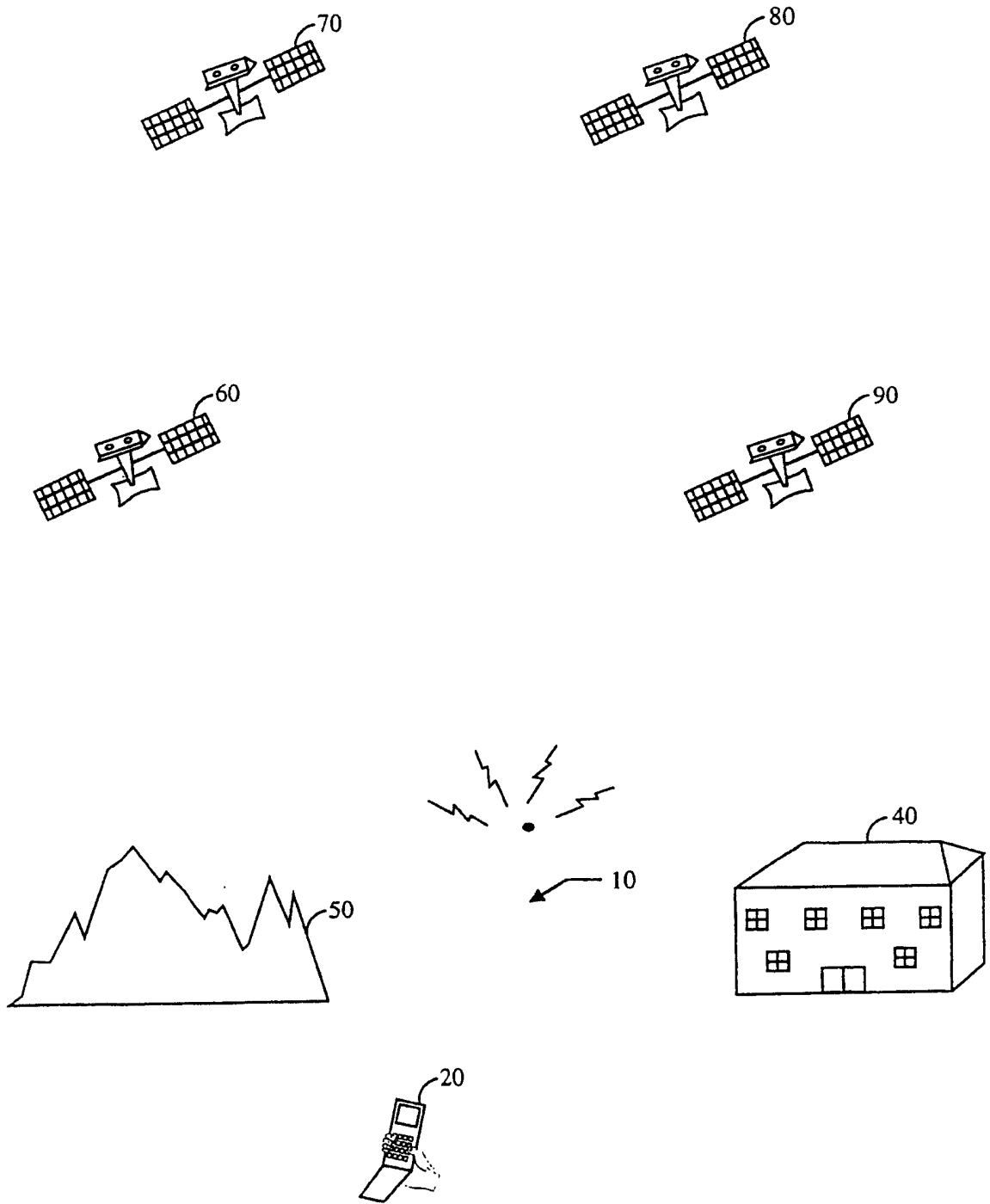


图 1

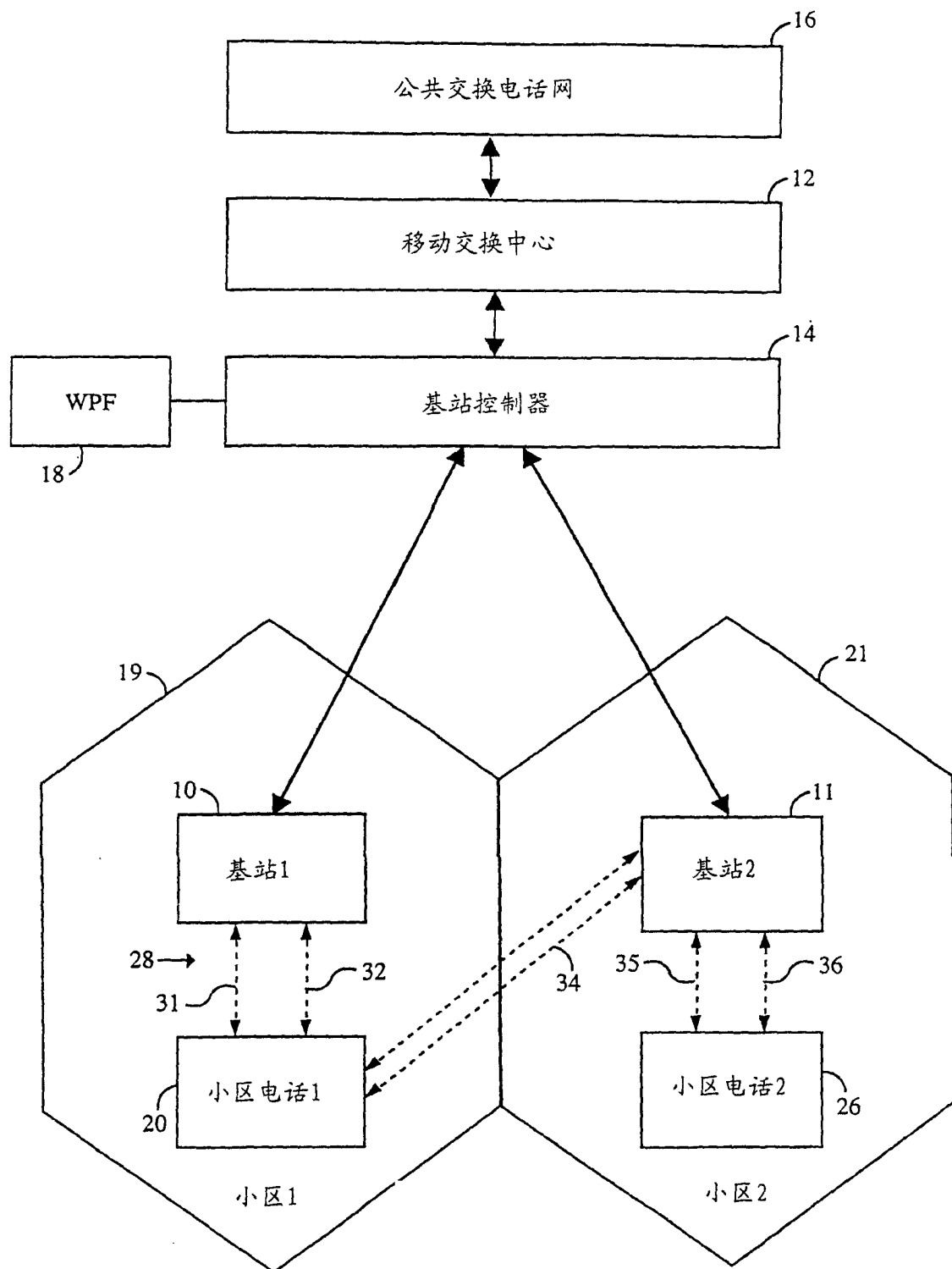


图 2A

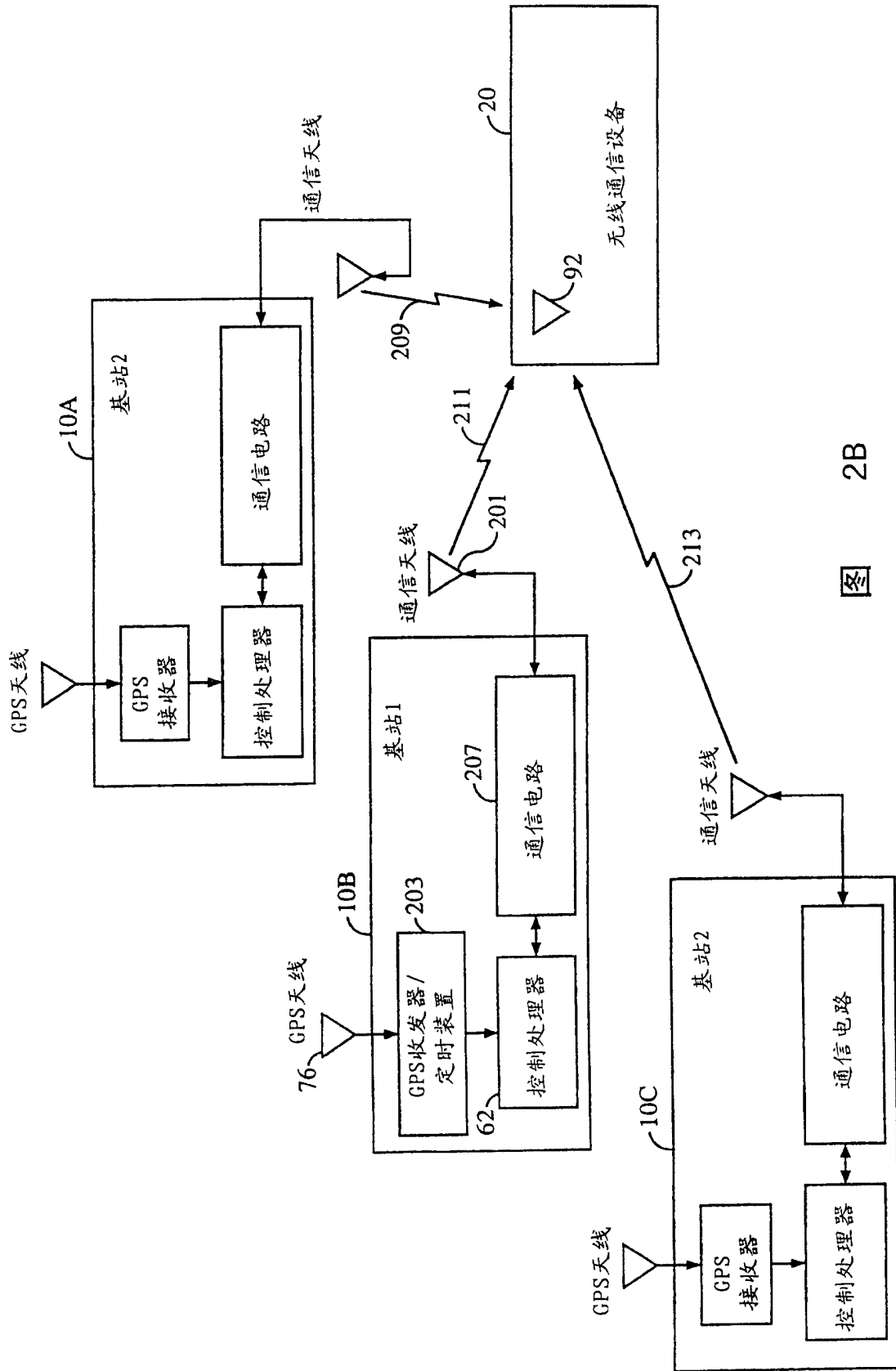


图 2B

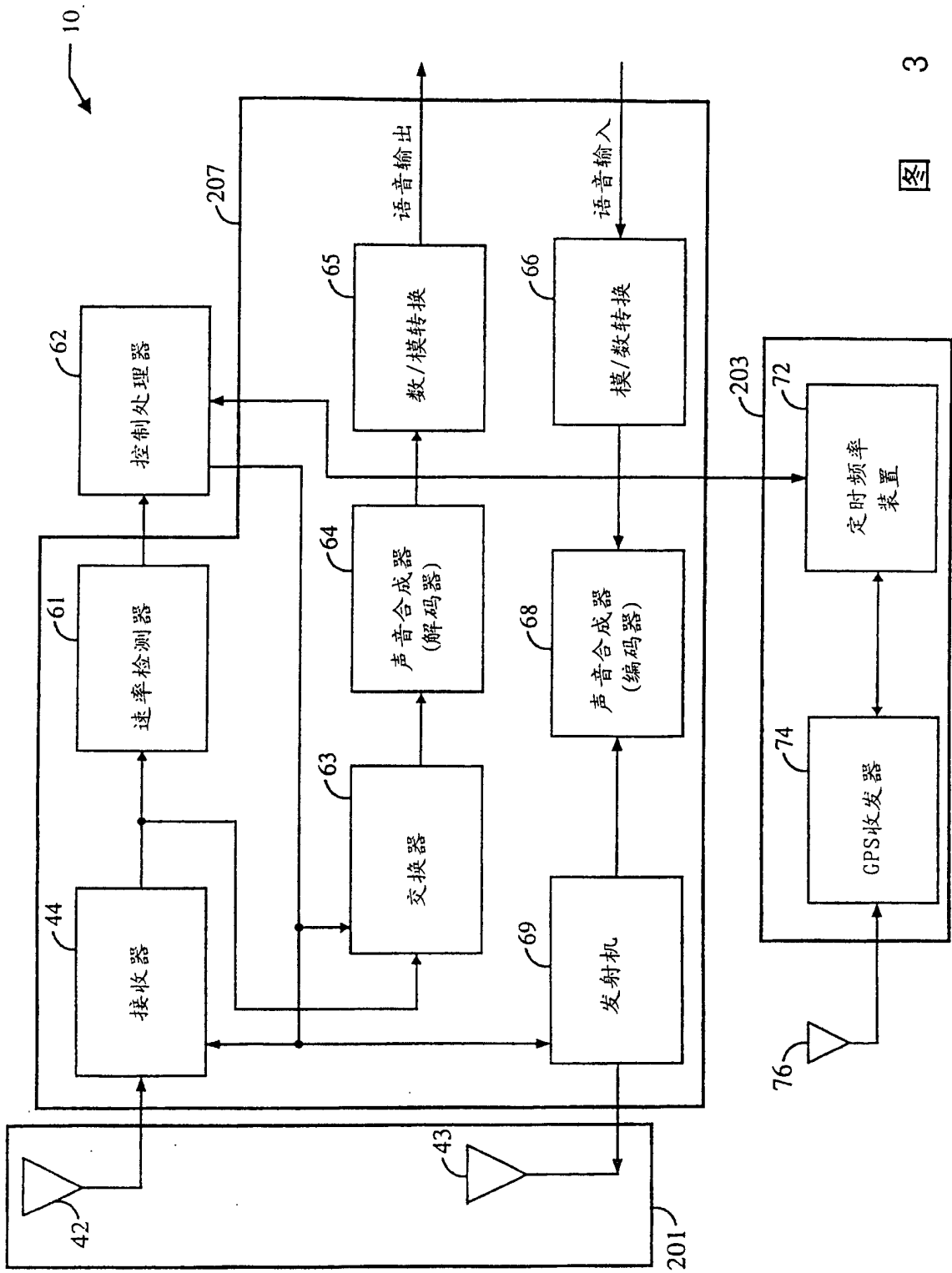


图 3

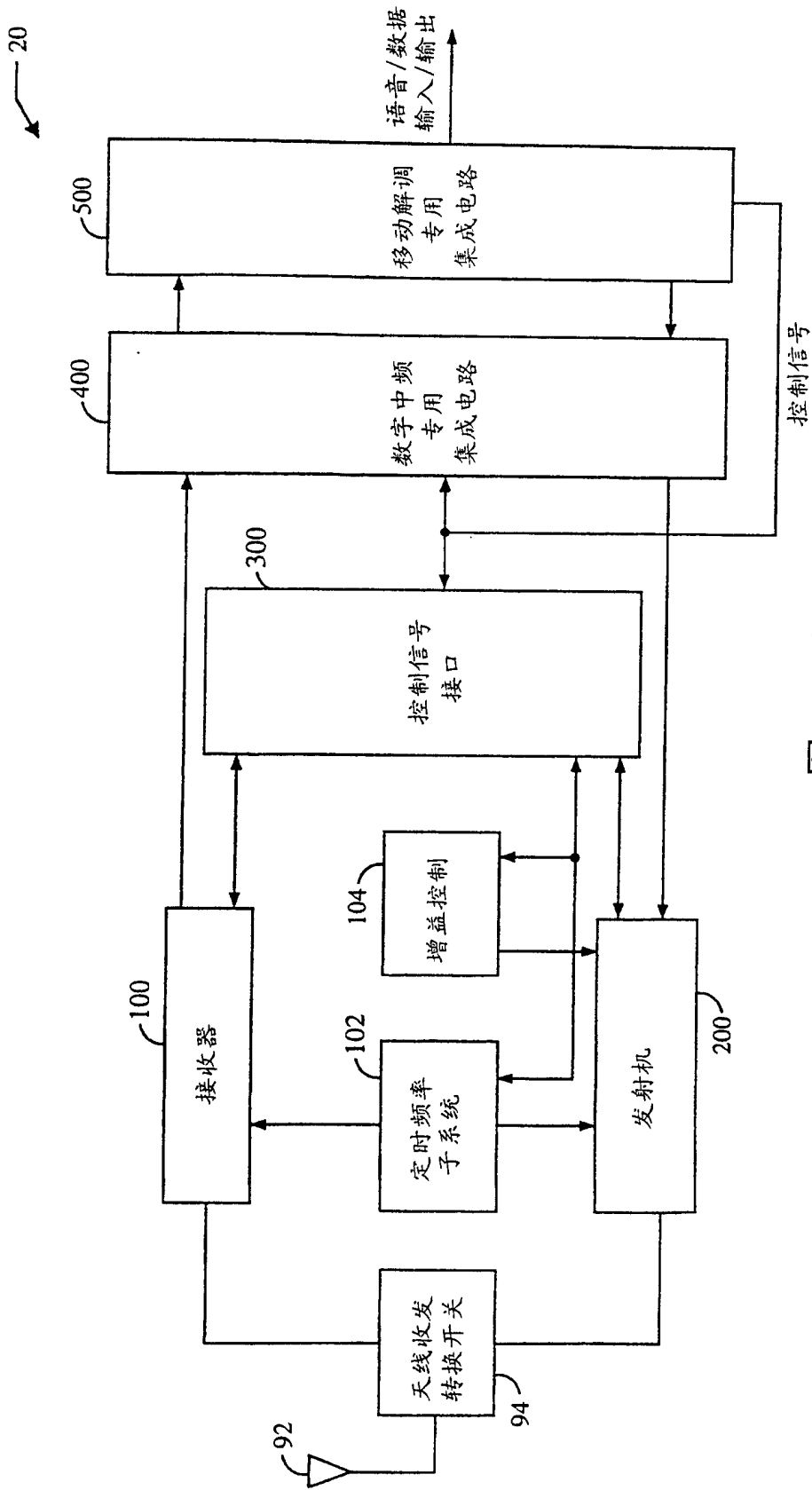


图 4



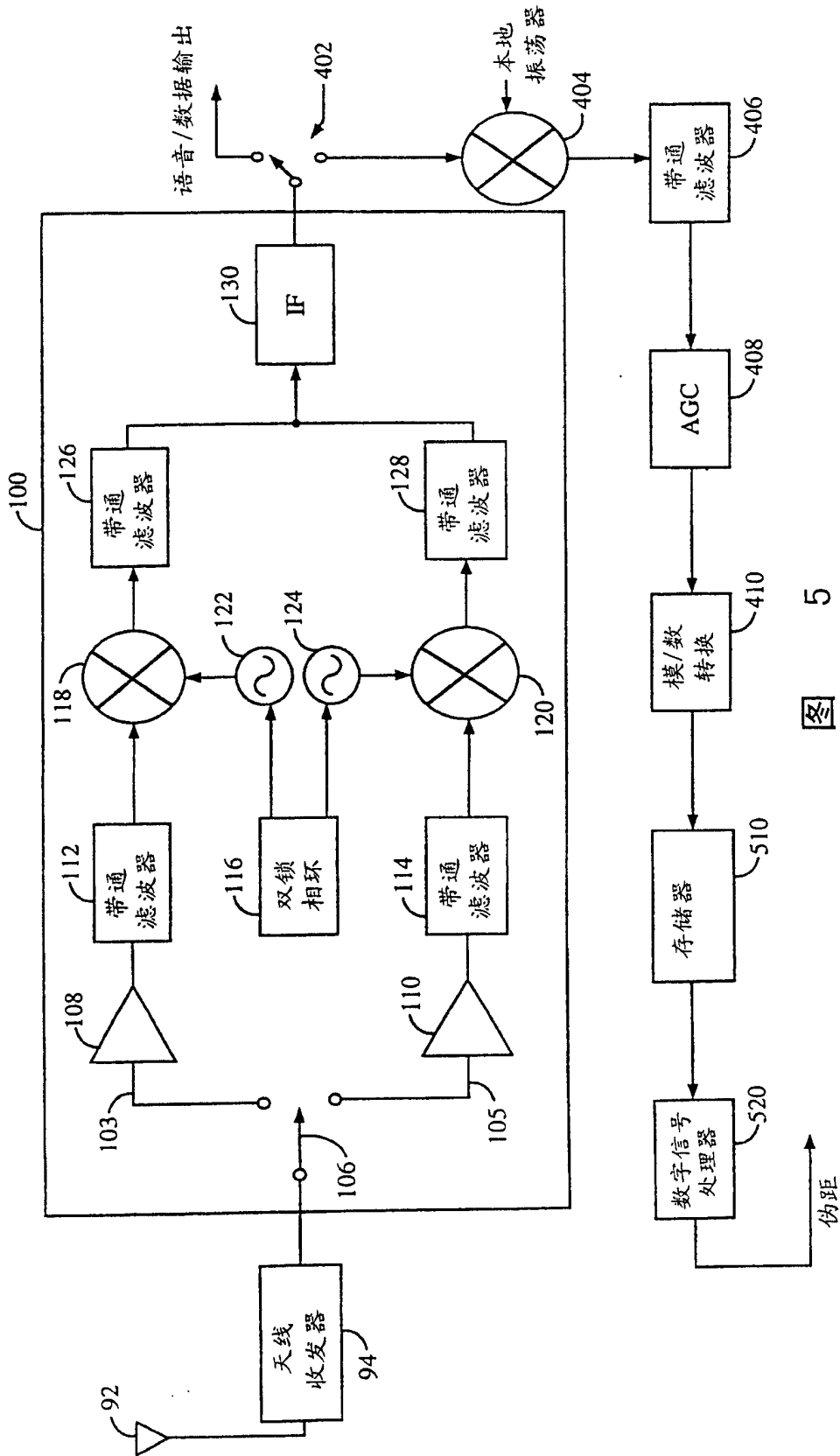


图 5

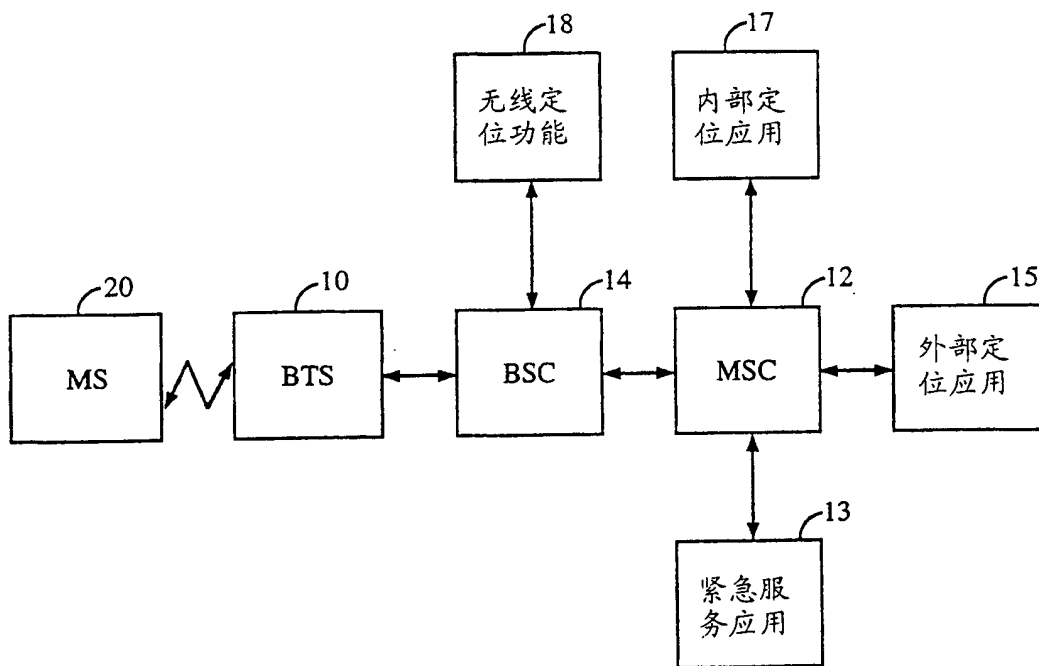


图 6

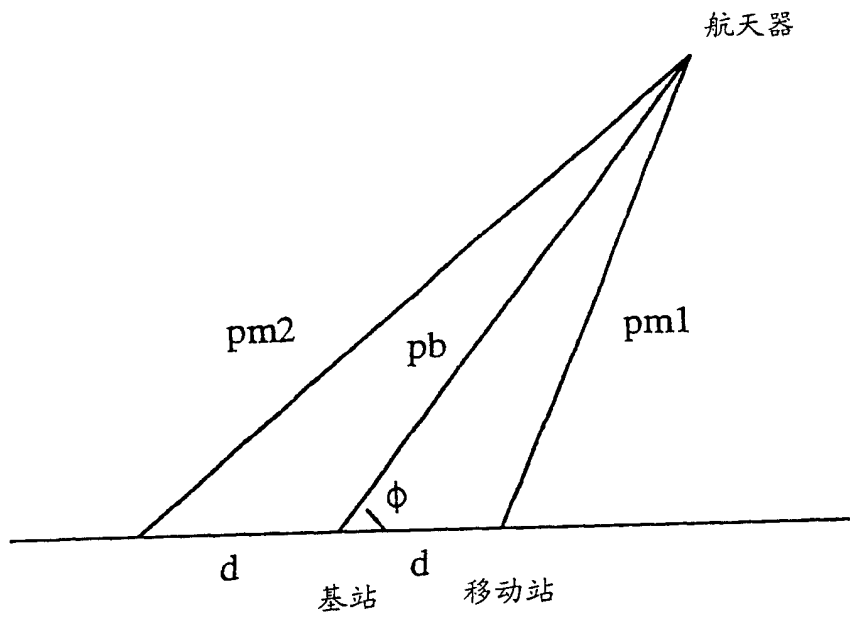


图 7

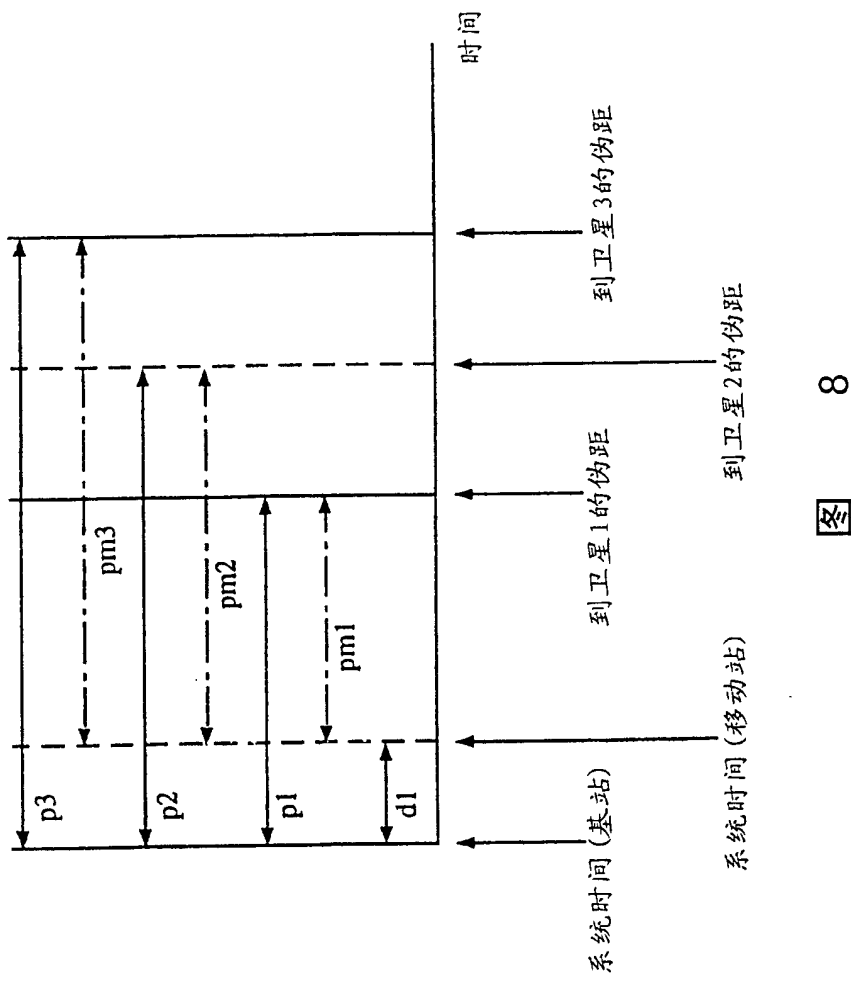


图 8

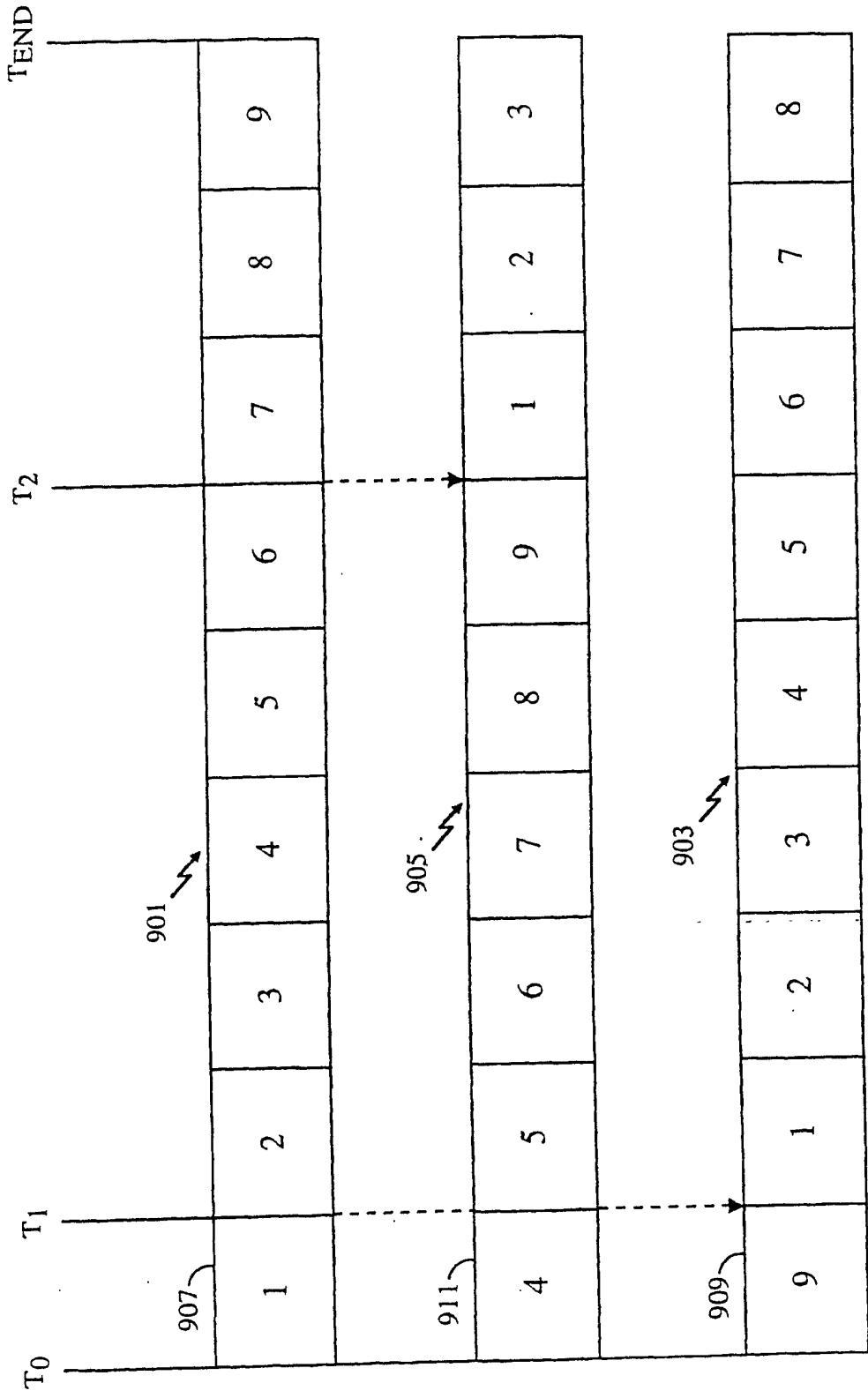


图 9

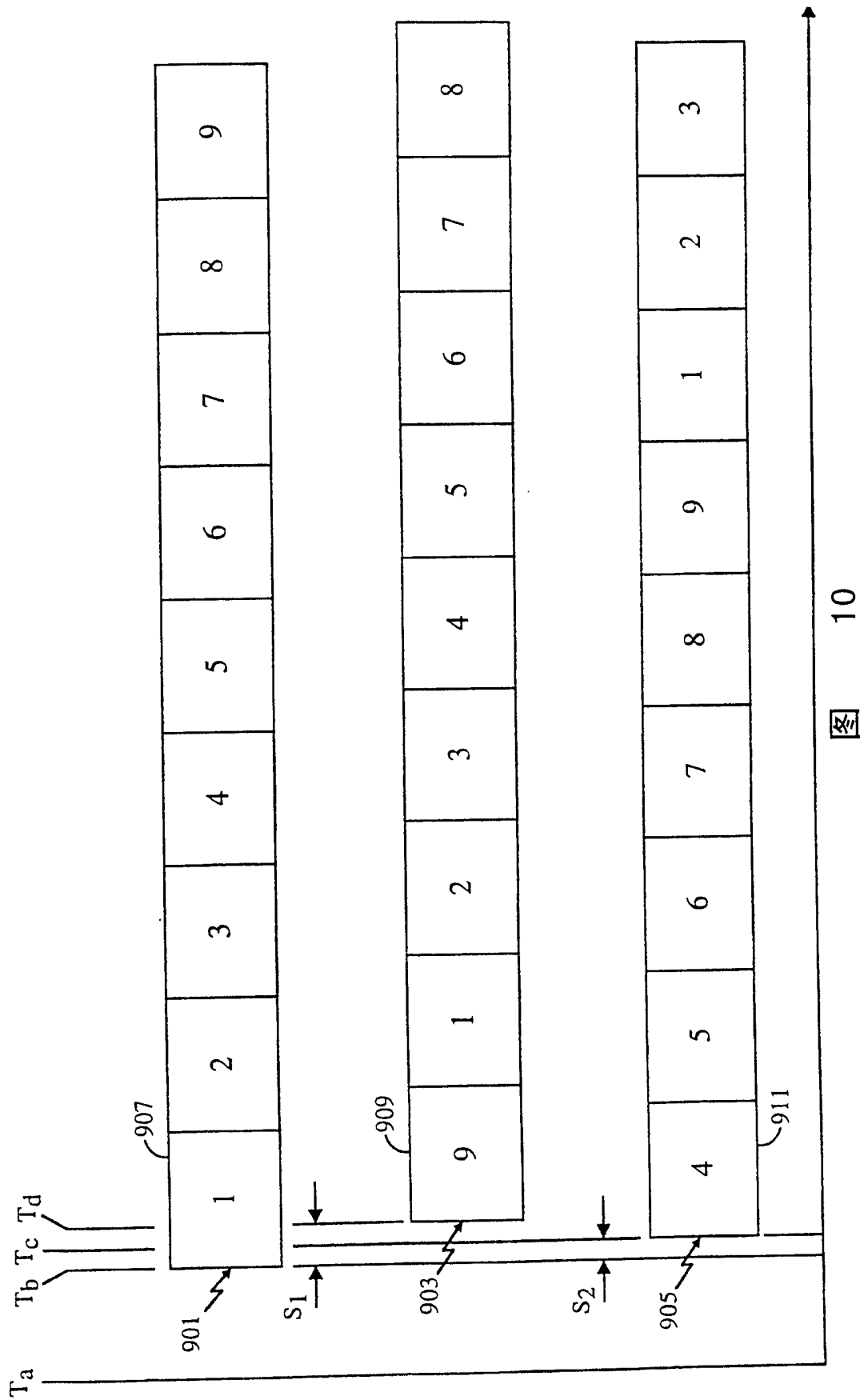


图 10

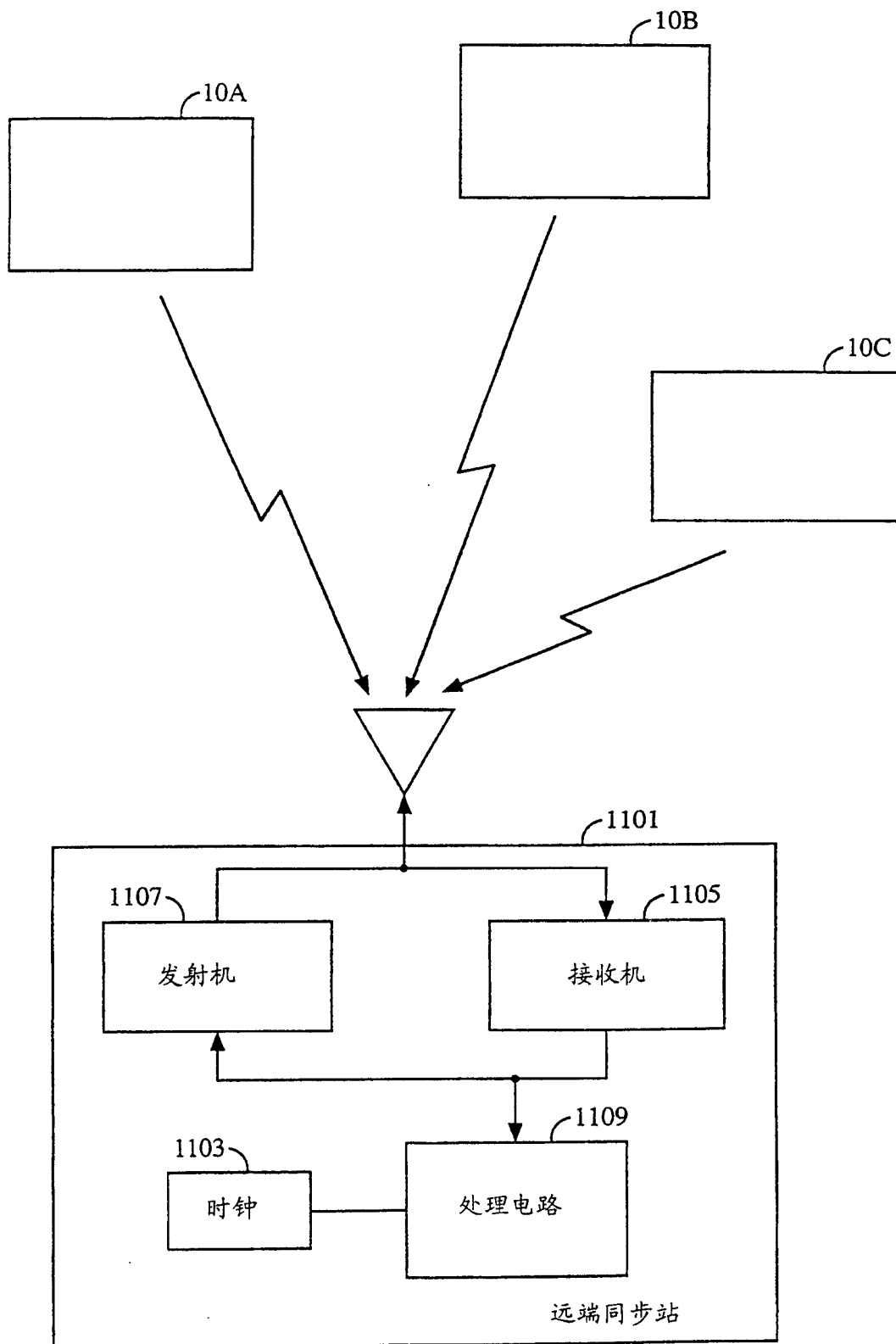


图 11

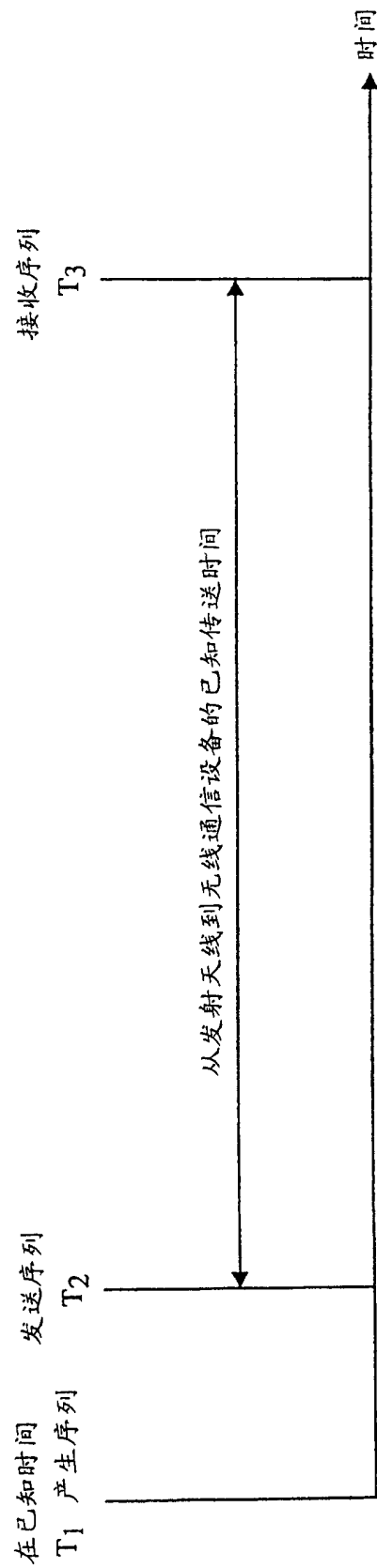


图 12



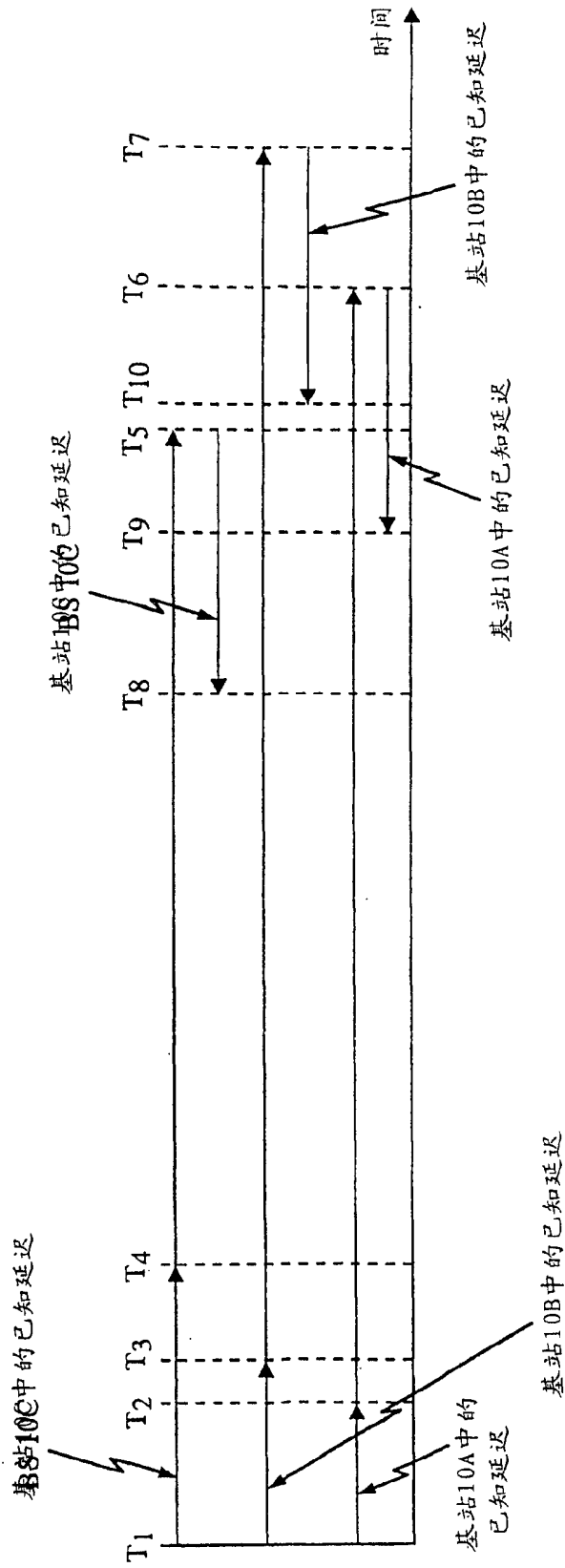


图 13