



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111433622 A

(43)申请公布日 2020.07.17

(21)申请号 201780097458.5  
 (22)申请日 2017.10.03  
 (85)PCT国际申请进入国家阶段日  
 2020.06.03  
 (86)PCT国际申请的申请数据  
 PCT/EP2017/075046 2017.10.03  
 (87)PCT国际申请的公布数据  
 W02019/068312 EN 2019.04.11  
 (71)申请人 内斯特威弗联合股份公司  
 地址 法国巴黎  
 (72)发明人 C·拉比  
 (74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
 司 31100  
 代理人 杨学春 张鑫

(51)Int.Cl.  
 G01S 5/02(2006.01)  
 H04W 64/00(2006.01)  
 G01S 1/02(2006.01)  
 G01S 1/04(2006.01)  
 G01S 1/20(2006.01)

权利要求书1页 说明书20页 附图12页

(54)发明名称

用无线信号进行精确的短程定位

(57)摘要

在无线网络中的通信设备的定位确定由定位设备支持,定位设备接收[230]来自主定位蜂窝小区的紧密同步信号;从中确定[232]它们的实际到达时间与理论到达时间之间的多个时间差;基于由所述时间差调整的接收到的紧密同步信号同步[234]定位蜂窝小区时钟;以及在由所述同步确定的时间处,向所述通信设备发射[236]定位信号。所述定位信号包括所述定位蜂窝小区的标识符,并且所述定位信号以不干扰由所述无线网络发送的定位导频信号的方式发送。所述定位设备可以替代地从另一定位蜂窝小区而不是主定位蜂窝小区接收同步信号。



1. 一种由定位蜂窝小区实现的用于支持在无线网络中的通信设备的定位确定的方法,所述方法包括:

由所述定位蜂窝小区从主定位蜂窝小区接收多个紧密同步信号;

由所述定位蜂窝小区确定所述多个紧密同步信号的到达时间与所述多个紧密同步信号的理论到达时间之间的多个时间差,其中所述理论到达时间通过沿从所述主定位蜂窝小区到所述定位蜂窝小区的直接视线路径的理论飞行时间来校正;

基于由所述多个时间差中的一个或多个调整的接收到的紧密同步信号中的一个或多个来同步所述定位蜂窝小区,其中所述同步包括同步所述定位蜂窝小区中的时钟;

在由所同步的时钟确定的时间处,由所述定位蜂窝小区向所述无线网络中的所述通信设备发射定位信号;其中所述定位信号包括指示所述定位蜂窝小区的标识符的数据;其中所述定位信号以不干扰由所述无线网络发送的定位导频信号的方式发送。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中从所述主定位蜂窝小区接收的所述多个紧密同步信号由所述主定位蜂窝小区同步到来自另一主定位蜂窝小区、蜂窝网络、WiFi网络或卫星导航系统的同步信号。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述指示所述定位蜂窝小区的标识符的数据包括局部物理蜂窝小区标识(PCI)并且没有全局蜂窝小区标识。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中所述定位信号的所述发射使用多路复用,使得所述定位信号正交于由所述无线网络发送的导频信号。

5. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括:由所述定位蜂窝小区从所述主定位蜂窝小区接收指示在所述主定位蜂窝小区处的所述定位信号的测量到达时间与在所述主定位蜂窝小区处的所述定位信号的理论到达时间之间的时间差的数据;以及

由所述定位蜂窝小区从所述指示时间差的数据确定在来自所述定位蜂窝小区的后续定位信号的发射时序中的调整。

6. 一种由定位蜂窝小区实现的用于支持在无线网络中的通信设备的定位确定的方法,所述方法包括:

由所述定位蜂窝小区从第一定位蜂窝小区接收紧密同步信号,其中所述紧密同步信号由所述第一定位蜂窝小区同步到由所述第一定位蜂窝小区从主定位蜂窝小区接收的紧密同步信号,所述主定位蜂窝小区同步到蜂窝网络、WiFi网络或卫星导航系统;

在所接收到的同步信号的接收之后的预定时间段之后,由所述定位蜂窝小区向在所述无线网络中的所述通信设备发射定位信号;其中所述定位信号包括指示所述定位蜂窝小区的标识符的数据或时序。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述定位信号以不干扰由所述无线网络发送的定位导频信号的方式发送。

## 用无线信号进行精确的短程定位

### 发明领域

[0001] 本发明总体上涉及用于使用RF电磁波定位无线通信设备的技术。更具体地,本发明涉及用于使用来自多个定位蜂窝小区的定位信号进行定位的技术。

### 背景技术

[0002] 在室内或场所(例如,商店或商场、体育场、停车场、建筑物、企业、工厂)中精确地定位无线通信设备有很多应用。当今大多数解决方案使用蓝牙、WiFi、UBW(超宽带)、相机或运动传感器。但是所有这些解决方案都存在缺点,例如,典型的精度不超过5m。

### 发明内容

[0003] 在一个方面,本发明提供了一种由定位蜂窝小区实现的用于支持在无线网络中的通信设备的定位确定的方法。所述方法包括:由所述定位蜂窝小区从主定位蜂窝小区接收多个紧密同步信号;由所述定位蜂窝小区确定所述多个紧密同步信号的到达时间与所述多个紧密同步信号的理论到达时间之间的多个时间差,其中所述理论到达时间通过沿从所述主定位蜂窝小区到所述定位蜂窝小区的直接视线路径的理论飞行时间来校正;基于由所述多个时间差中的一个或多个调整的接收到的紧密同步信号中的一个或多个来同步所述定位蜂窝小区,其中所述同步包括同步所述定位蜂窝小区中的时钟;以及在由所同步的时钟确定的时间处,由所述定位蜂窝小区向所述无线网络中的所述通信设备发射定位信号,其中所述定位信号包括指示所述定位蜂窝小区的标识符的数据,并且其中所述定位信号以不干扰由所述无线网络发送的定位导频信号的方式发送。

[0004] 优选地,从所述主定位蜂窝小区接收的所述多个紧密同步信号由所述主定位蜂窝小区同步到来自另一主定位蜂窝小区、蜂窝网络、WiFi网络或卫星导航系统的同步信号。可选地,所述指示所述定位蜂窝小区的标识符的数据包括局部物理蜂窝小区标识(PCI)并且没有全局蜂窝小区标识。优选地,所述定位信号的所述发射使用多路复用,使得所述定位信号正交于由所述无线网络发送的导频信号。

[0005] 所述方法还可包括:由所述定位蜂窝小区从所述主定位蜂窝小区接收指示在所述主定位蜂窝小区处的所述定位信号的测量到达时间与在所述主定位蜂窝小区处的所述定位信号的理论到达时间之间的时间差的数据;以及由所述定位蜂窝小区从所述指示时间差的数据确定在来自所述定位蜂窝小区的后续定位信号的发射时序中的调整。

[0006] 在另一个方面,本发明提供了一种由定位蜂窝小区实现的用于支持在无线网络中的通信设备的定位确定的方法。所述方法包括:由所述定位蜂窝小区从第一定位蜂窝小区接收同步信号,其中所述同步信号由所述第一定位蜂窝小区同步到由所述第一定位蜂窝小区从主定位蜂窝小区接收的紧密同步信号,所述主定位蜂窝小区同步到蜂窝网络、WiFi网络或卫星导航系统;以及在所接收到的同步信号的接收之后的预定时间段之后,由所述定位蜂窝小区向在所述无线网络中的所述通信设备发射定位信号,其中所述定位信号包括指示所述定位蜂窝小区的标识符的数据或时序。优选地,所述定位信号以不干扰由所

述无线网络发送的定位导频信号的方式发送。

### 附图说明

[0007] 图1是根据本发明的一些实施例的示出定位蜂窝小区的框图；

[0008] 图2是概述通过定位蜂窝小区实现的用于支持在无线通信网络中的通信设备的定位确定的方法的流程图

[0009] 图3是根据本发明的一些实施例的示出用于定位连接到云的通信设备的系统的框图；

[0010] 图4A是根据本发明的一些实施例的示出在场所中的一组定位蜂窝小区的示意图，在所述场所中我们将一些定位蜂窝小区放置在相对于其他定位蜂窝小区的视线中(靠近视线)，以便实现所有定位蜂窝小区之间的紧密同步；

[0011] 图4B是根据本发明的一些实施例的示出在允许紧密同步的定位蜂窝小区之间的视线可见性方面的最小条件的示意图；

[0012] 图4C是根据本发明的一些实施例的示出在允许紧密同步的定位蜂窝小区之间的视线可见性方面的最小条件的另一示例的示意图；

[0013] 图4D是根据本发明的一些实施例的(定位蜂窝小区之间的)紧密同步信号和(朝向所述通信设备的)定位信号的通用传输图；

[0014] 图4E是根据本发明的一些实施例的示出统一紧密同步信号和定位信号的方法的图形；

[0015] 图4F是根据本发明的一些实施例的示出在第一阶段(其稍后是定位信号)中执行紧密同步的方法的时序图；

[0016] 图4G是示出图4F中的蜂窝小区如何可以在地理上从LoS的视点连接的图形。在本质上，该小图片阐明了较大的图片。小图片是地理的，而较大的图片是基于时间的。

[0017] 图5是根据本发明的一些实施例的示出定位蜂窝小区的状态机的流程图。

[0018] 图6是根据本发明的一些实施例的示出通信设备的状态机的流程图。

[0019] 图7是示出紧密同步信号和定位信号的传输、以及在实现精确同步和校准之前的预期时间漂移的示意图。

[0020] 附图不旨在是排他性的，也不旨在将本发明限制于所公开的精确形式。应当理解，本发明可以通过修改和变更来实现，并且本发明仅受到权利要求及其等同方案限制。

### 具体实施方式

[0021] 本发明的实施例可与各种不同的现有无线通信或定位系统相结合实现和部署。可能性包括使用有执照频谱的蜂窝网络、使用无执照频谱的WiFi或蓝牙(Bluetooth)网络、或卫星导航系统。虽然出于说明的目的，本文中 will 使用这样的示例来描述本发明的实施例，但是本领域技术人员将认识到本发明不局限于这些特定的示例。阅读该说明书后，本领域技术人员将理解如何可以在不同和替代的无线环境中实现本发明。

[0022] 用于定位的蜂窝技术的使用可以是有利的，因为蜂窝网络一直在线，具有低功耗、低干扰并且可由运营商控制。观察到时间差(OTDOA)定位是一种已知的方法，其提供了20m-200m的定位精度。然而，没有可靠精度小于10米、可无处不在地提供在室内和室外、并

且可扩展的室内或基于场所的蜂窝或其他定位解决方案。当前的定位方法(诸如WiFi或蓝牙定位)或是不精确,或是不可用,或是不可扩展。例如,WiFi定位通常需要在每个接入点(AP)与通信设备之间交换消息;这是一种不可扩展的方法,因为它造成干扰并且它是耗能的。此外,精确地同步和校准AP是目前尚未解决的问题,尤其是由于先听后说(Listen Before Talk) (LBT)的约束。

[0023] 在本发明的一些实施例中,通过增加虚拟蜂窝站点的数量、通过增加额外的定位蜂窝小区来增强(3G或4G)蜂窝观察到时间差(OTDOA)定位。定位蜂窝小区是一种毫微微蜂窝(femtocell),其发射特殊的定位信标,但不一定像典型的基站或接入点那样提供其他形式的蜂窝服务。这些定位蜂窝小区自动学习它们周围的蜂窝网络的身份和同步,自动配置自身(借助网络、配置设备和配置服务器),并且然后仅在蜂窝电话从蜂窝网络监听定位信标的时间间隔期间发射它们自己的定位信标,而不干扰网络。此种定位信标可以在不同的上下文中由其他术语指代,例如,它们可被称为p-信标、定位导频(positioning pilot)、或定位信号。

[0024] 定位蜂窝小区与蜂窝网络之间的连接可以是直接的,或者通过连接到蜂窝网络的配置设备206(图3)介导的;例如,蜂窝电话或另一个定位蜂窝小区,并且使用WiFi、蓝牙或蜂窝连接。定位蜂窝小区与由用户使用的通信设备202之间的用以获得用户的位置的通信可以在蜂窝网络的有执照频谱中或者在无执照频谱中。

[0025] 由此,本发明的一些实施例的方面涉及配置用于与位置解算器204和与蜂窝网络同步的通信设备202相结合使用的定位系统,其中定位系统包括多个定位蜂窝小区。每个定位蜂窝小区包括配置用于发射和接收射频信号的收发器、配置用于存储数据的存储单元、以及配置用于处理数据和用于控制收发器的操作的处理单元。定位蜂窝小区中的至少一个连接到或可以听到蜂窝网络,并且定位蜂窝小区被配置用于发射相应的定位信号(即定位导频,或定位信标),该定位信号可由通信设备202在由蜂窝网络所使用的频率中接收。定位蜂窝小区还被配置成接收由蜂窝网络发射的同步信号。同步信号是来自蜂窝网络的信号,同步信号使设备或定位蜂窝小区能够粗略地或紧密地与发射宏蜂窝小区220同步,并且定位时隙,在该时隙处,定位蜂窝小区可以安全地发送而不干扰蜂窝网络。同步信号优选地包括蜂窝小区主同步信号或次级同步信号、蜂窝小区参考信号、蜂窝小区定位信号(导频)、广播或多播信息以识别和定位各种信号和时隙。粗略同步是100ns到1000ns的量级,而紧密同步是3ns到30ns的量级。每个定位信号包括指示发射该定位信号的定位蜂窝小区的标识符的数据。位置解算器204可以是通信设备的部分或者是单独的设备,位置解算器204与通信设备202通信。位置解算器被配置用于:(i)接收来自通信设备202的指示定位信号至通信设备202的到达时间的第一数据,指示到达时间的每条数据附加有相关联定位蜂窝小区的标识符;(ii)处理到达时间并使用定位蜂窝小区的已知位置来确定通信设备202相对于定位蜂窝小区的位置,例如使用多点定位;以及(iii)向通信设备202、或向云210中的应用发送指示该位置的第二数据。

[0026] 可选地,定位蜂窝小区与相应物理蜂窝小区标识(PCI)相关联,定位蜂窝小区不一定具有在蜂窝网络中的全局蜂窝小区标识。

[0027] 优选地,定位信号被设计成使得它们不干扰蜂窝网络。例如,定位信号可包括在时域中与蜂窝网络的定位导频正交的第一定位信号;在频域中与蜂窝网络的定位导频正交的

第二定位信号;和/或在附近的蜂窝网络的宏蜂窝小区不发射定位导频或其他数据的间隙期间发射的第三定位信号,其中优选地第三定位信号具有低于阈值功率的发射功率,从而不会淹没由任何更远的宏蜂窝小区在同一时间发射的定位导频。

[0028] 优选地,在接收同步信号之前,定位蜂窝小区被配置用于执行蜂窝网络的分析,并且基于该分析与蜂窝网络同步,以便确定在针对相应时间间隔的每个周期用于接收的适当时序,在该相应时间间隔内,预期蜂窝同步信号到达相应定位蜂窝小区。定位蜂窝小区可以通过以下方式来进一步提高其与蜂窝系统的同步的精确度:使用蜂窝定位信号或蜂窝小区参考信号,以及对与蜂窝网络宏蜂窝小区220的已知距离进行校正(我们用宏蜂窝小区表示蜂窝通信网络蜂窝小区,其可以是宏蜂窝小区、微微蜂窝小区或小蜂窝小区,能够发送定位信号并且由蜂窝网络运营商部署,但是其不是本申请的主题的定位蜂窝小区;宏蜂窝小区也可以表示接入点、卫星收发器或来自通用无线网络的其他收发器)。或者,它们可以通过以下方式来粗略地同步到蜂窝系统:使用不太精确的信号(诸如主同步信号或次级同步信号),或者不对到宏蜂窝小区的距离进行校正。优选地,至少一个定位蜂窝小区(诸如主定位蜂窝小区)应当执行此操作并且粗略地或紧密地同步到蜂窝网络,以便定位被分配用于发送定位信号而不干扰蜂窝网络的时隙。可定制软件的定位蜂窝小区可以由安装者自动或手动选为主设备或从设备。被选为主蜂窝小区的此类定位蜂窝小区优选地在一定程度上位于大多数其他定位蜂窝小区的中心,或者使得它能够听到蜂窝网络。其余的定位蜂窝小区将随后与该主定位蜂窝小区紧密地同步。与蜂窝网络的粗略同步和定位蜂窝小区之间的紧密同步通常是无线地执行,但是也可以使用有线连接执行。

[0029] 可选地,定位蜂窝小区配置用于通过以下方式来分析蜂窝网络:从蜂窝网络的大量多运营商蜂窝小区接收多个同步信号;使用指示由多个同步信号中的每一个所行进的距离以及与不同运营商和频带相关联的同步信号之间的恒定时序偏移的预定信息平均多个信号的到达时间。

[0030] 可选地,定位蜂窝小区配置用于通过以下方式来分析蜂窝网络:将预定的滤波器应用于多个同步信号以降低蜂窝网络的宏蜂窝小区的同步中的波动的影响。

[0031] 定位蜂窝小区可配置用于在蜂窝网络中的给定运营商的频谱、在蜂窝网络中的多个运营商的频谱、和/或在蜂窝网络中的与任何运营商不相关联的无执照频谱中发送定位信号。

[0032] 可选地,定位蜂窝小区配置用于初始地以不使用蜂窝网络的方式连接到配置设备206,从配置设备206接收有关蜂窝网络的信息,并且仅在随后根据所接收的有关蜂窝网络的信息监听蜂窝网络。

[0033] 可选地,每个定位蜂窝小区以预定的周期(例如,1秒或10秒)周期性地发送定位导频。通信设备存储预定的周期和配置,并且可以由此在每个周期的短间隔期间监听定位导频,而不需要定位信号的搜索阶段。此周期可以在所有使用该系统的场所上相同,并且基本上与一些通用时间同步。另一方面,每个场所可被分配该周期内的不同时隙,以便增加定位蜂窝小区的容量。希望使用该系统的任何运营商应该具有同步的网络,即同步的宏蜂窝小区。另外,运营商可以指示其用户监听另一运营商的定位信号(如果两个运营商具有协议),或者运营商可以指示其用户监听在无执照的频带中发送的定位信号。

[0034] 可选地,任何给定的定位蜂窝小区配置用于监听至少一个先前的定位蜂窝小区

(即,在当前定位机会中稍早发送的定位蜂窝小区);确定由先前的定位蜂窝小区发射的定位信号(或紧密同步信号)的到达时间与如果由先前的定位蜂窝小区发射的定位信号采取从该先前的定位蜂窝小区到给定的定位蜂窝小区的最短路径则将发生的理论到达时间之间的时间差;以及在接收先前的定位蜂窝小区的定位信号之后的时间间隔发射相应定位信号,所述时间间隔等于预定的传输时序减去该时间差。

[0035] 可选地,给定的定位蜂窝小区配置成确定减去由例如服务器204提供的在该定位蜂窝小区与先前的定位蜂窝小区之间的最短路径距离之后的时间差。

[0036] 可选地,定位蜂窝小区被划分成组;属于任何相同组的定位蜂窝小区被配置用于在相同时间发射相应的定位信号,该时间与其他组中的蜂窝小区发射它们的定位信号时的时间不同;每一组定位蜂窝小区中的蜂窝小区被配置用于与在同一组中的其他定位蜂窝小区同时发射相应的定位信号,或者在同步信号之后的相应时间快速接连地发射;任何组的第一定位蜂窝小区被配置用于监听由不同组的第二定位蜂窝小区发射的第二定位信号;第一定位蜂窝小区被配置用于确定在第一定位蜂窝小区处的第二定位信号的到达时间与如果第二定位蜂窝小区与第一单位蜂窝小区同步则将发生的相应理论到达时间之间的时间差;第一定位蜂窝小区被配置用于有线或无线地发送指示与第二定位蜂窝小区的差的数据;第二定位蜂窝小区被配置成根据此差调整第二定位信号的发射时序,以便与第一定位蜂窝小区同步。在一些实施例中,可以存在多于一个的第一定位蜂窝小区和多于一个的第二定位蜂窝小区。

[0037] 可选地,多个第一定位蜂窝小区被配置用于接收由第二定位蜂窝小区发射的至少一些第二定位信号,第一定位蜂窝小区属于相同的第一组或多个不同的第一组;第一定位蜂窝小区被配置用于创建在第二定位蜂窝小区与第一定位蜂窝小区同步的情况下将发生的第二定位信号的到达时间与相应的理论到达时间之间的多个相应的时间差图(map);第一定位蜂窝小区被配置用于有线或无线地向至少一些第二定位蜂窝小区发送指示相应图的数据;每个第二定位蜂窝小区被配置用于接收多个图,并且用于从中提取与和由第二定位蜂窝小区相对于多个第一定位蜂窝小区发射的第二定位信号相关联的时间差有关的相应数据;每个第二定位蜂窝小区被配置用于处理从多个图提取的数据以确定在特定定位信号的相应发射时序中的相应调整,以便在当前周期中或在后续周期中与多个第二定位蜂窝小区同步,并且与多个第一定位蜂窝小区同步。

[0038] 可选地,图包括表示由第二定位蜂窝小区中的一些所发射的定位信号的质量的信息;并且每个第二定位蜂窝小区被配置用于通过计算相对于多个第一定位蜂窝小区的时间差加权平均来确定相应调整,应用于时间差的每个权重是与时间差相关联的定位信号的质量的测量。

[0039] 可选地,每个第一定位蜂窝小区被配置用于接收由至少一些第二定位蜂窝小区发射的至少一些第二定位信号,所述至少一些第二定位蜂窝小区不属于第一定位蜂窝小区的组。可选地,至少一个组由单个定位蜂窝小区组成。可选地,至少一个组由两个或更多定位蜂窝小区组成。可选地,给定定位蜂窝小区被分配给多于一个的组。

[0040] 可选地,至少一个第一定位蜂窝小区被配置用于通过以下之一确定时间差:具有对来自至少一个第二定位蜂窝小区的最短路径的距离的访问,并且计算时间差;将第二定位蜂窝小区的到达时间中继到配置设备或配置服务器,并且从该配置设备或配置服务器接

收时间差。

[0041] 可选地,每个第一定位蜂窝小区被配置成通过以下之一确定图:具有对指示第一定位蜂窝小区与至少一些第二定位蜂窝小区的距离的信息的访问,并且计算第二定位信号的到达时间与如果第二定位蜂窝小区与第一定位蜂窝小区同步将发生的相应的理论到达时间之间的时间差;将第二定位蜂窝小区的到达时间中继到配置设备或配置服务器,并且从配置设备或配置服务器接收图。

[0042] 可选地,(i) 第一定位蜂窝小区是与蜂窝网络同步的主定位蜂窝小区,主定位蜂窝小区被配置用于响应于每个周期的同步信号的接收而在每个周期发射紧密同步信号(图4D中的400d)。来自主定位蜂窝小区或从定位蜂窝小区的紧密同步信号是使主定位蜂窝小区与从定位蜂窝小区之间能够紧密同步并且在相同频带或不同频带中、在有执照或无执照频带中发送的信号;紧密同步信号400d可以是主定位蜂窝小区或从定位蜂窝小区的定位导频402d,或者可选地,使用较低功率或较短脉冲串的一些保留信号;紧密同步使得同步能够到约1米(即约3ns)的精度。另外,(ii) 多个第二定位蜂窝小区是从定位蜂窝小区,配置用于在每个周期开启达预定时间长度,以便监听紧密同步信号;接收紧密同步信号;并且在接收到紧密同步信号400d之后在预定时间段发射第二定位信号402d,使得当通信设备202仍在监听的同时,在通信设备202接收到第一定位导频不久之后由通信设备202接收第二定位信号;其构思是用户不在主定位信号与从定位信号之间等待太久,以便节约电池;但是更重要地,我们具有如下约束:从设备在它们的时序漂移前在听到主设备信标之后相对快速地发送。漂移可以是每秒几米或每10秒几米。因此,从设备应该在主设备信标之后不久发送。另外,(iii) 主定位蜂窝小区被配置用于接收从定位信号,并且编译从定位信号的到达时间与如果从定位蜂窝小区与第一定位主定位蜂窝小区同步将发生的相应的理论到达时间之间的时间差的图;在这种情况下,主设备不在与从设备相同的时间发送。另外,(iv) 主定位蜂窝小区被配置用于向从定位蜂窝小区发送指示图的数据;这在第二定位蜂窝小区(从定位蜂窝小区)彼此之间校准,但是其不用从定位蜂窝小区校准主定位蜂窝小区。时不时地,应该形成另一个组以便校准主定位蜂窝小区。另外,(v) 每个从定位蜂窝小区被配置用于从指示图的数据中提取指示用于后续周期的对相应从定位信号的发射时序的相应调整的相应信息;(vi) 在后续周期中,每个从定位蜂窝小区被配置用于调整发射时间,以及用于调整预定时间长度的开始和结束。

[0043] 可选地,主定位蜂窝小区与所有从定位蜂窝小区在视线中。

[0044] 如图4D的404d中所示,为定位蜂窝小区提供了在接收紧密同步信号与发送定位信号(或发送另一紧密同步信号)之间的从接收到发送的时间间隙,以便在重新调整它们的同步之后,允许它们在接收信号与发送它们自身的信号之间有足够的处理时间。

[0045] 粗略同步、紧密同步和RF校准过程

[0046] 主定位蜂窝小区粗略地同步到网络,并且借助配置设备和配置服务器以定位所述定位蜂窝小区可以在有执照频带中发送而不干扰蜂窝网络的时隙、或者其可以在可以由通信设备快速定位而不需要广泛搜索的给定时间处在给定有执照或无执照频带中发送的时隙。

[0047] 从定位蜂窝小区通过在有执照或无执照频谱中从主定位蜂窝小区监听消息或者通过监听蜂窝网络来获得此粗略同步;并且它们从配置设备和配置服务器获得剩余的配



置。

[0048] 在定位蜂窝小区发送它们的定位信号前少于一秒(理想情况是在1ms到100ms之前),主定位蜂窝小区410发送紧密同步信号406,在到主定位蜂窝小区的直接视线(Line-of-Sight) (LoS) 中的一个或多个第一从定位蜂窝小区412a、412b(如图4A所示) 将听到紧密同步信号406。这些第一从定位蜂窝小区412a、412b将估计其到达时间、将减去信号的理论飞行时间、将学习它们的时钟相对于该信号漂移多少、并且随后将调整它们的时钟以与该信号重新对准并与主定位蜂窝小区重新同步。

[0049] 在重新同步它们的时钟之后的几毫秒内,第一从定位蜂窝小区412a、412b将依次发送紧密同步信号,优选地在至第一从定位蜂窝小区的直接LoS中的一个或多个第二从定位蜂窝小区414a、414b、414c将听到该紧密同步信号、将估计其到达时间、将减去信号的理论飞行时间、将学习它们的时钟相对于该信号漂移多少、并且随后将调整它们的时钟以与该信号重新对准并与主定位蜂窝小区重新同步。优选地,不在LoS中的每对定位蜂窝小区(即在非视线(Non-Line-of-Sight) NLOS 404中的两个定位蜂窝小区) 不涉及用于紧密同步或RF校准的它们的信号的直接测量;原因是测量质量被NLOS情况劣化。

[0050] 以此类推直到所有从定位蜂窝小区与主定位蜂窝小区同步。在此阶段,在它们的时钟漂移前少于一秒内,所有定位蜂窝小区将同时地或快速接连地在与紧密同步频带相同或不同的频带中发送定位信号。可选地,紧密同步信号本身是定位信号并且不需要重新发送定位信号。

[0051] 为了使紧密同步过程在初步初始化过程期间工作,配置设备和配置服务器对每个定位蜂窝小区通知其角色和其应该监听和同步的定位蜂窝小区,以及到该定位蜂窝小区的距离或飞行时间。发射定位蜂窝小区和监听定位蜂窝小区将理想地处于直接LoS中以获得最佳的同步精度。配置设备和配置服务器构建具有LoS链接和路径的从主定位蜂窝小区移动到每个从定位蜂窝小区的图,像以下的树:从主定位蜂窝小区开始并且分支到第一组从定位蜂窝小区,并且然后再次分支到第二组从定位蜂窝小区,以此类推直到已经到达所有从定位蜂窝小区。在一个(最不期望的) 极端中,树可以是呈一个长分支的形式,即到达最后的从定位蜂窝小区的直线需要通过所有其他定位蜂窝小区。在另一个极端中,每个从定位蜂窝小区与主定位蜂窝小区在LoS中直接链接。

[0052] 如图7所示,主定位蜂窝小区702和从定位蜂窝小区*i* 704和*j* 706发送紧密同步信号或定位信号708。在该示例中,每个定位蜂窝小区还监听较早已经发送的定位蜂窝小区。在该示例中,传输周期710是蜂窝小区的传输之间的理想时间延迟,并且一旦执行准确同步和校正就可以实现。然而,我们观察到由于定位蜂窝小区的硬件之间的时钟差异和RF差异而来的时间漂移。

[0053] 让我们假设定位蜂窝小区*j* 监听定位蜂窝小区*i*,以便找到其同步误差。由定位蜂窝小区*j* 测量的从定位蜂窝小区*i* 接收的紧密同步或定位信号的到达时间估计的通式是:

$$[0054] \quad t_{ij} = d_{ij} + (\tau_i + s_{ib}) - (\tau_j - s_{jb}) + n_{ij}$$

[0055] 其中 $t_{ij}$ 是由定位蜂窝小区*i* 发送并由定位蜂窝小区*j* 接收的紧密同步信号的测量到达时间。 $\tau_i$ 是定位蜂窝小区*i* 中的时间基准,并且 $\tau_j$ 是定位蜂窝小区*j* 中的时间基准。时间基准参考主定位蜂窝小区的时间基准720(其 $\tau = 0$ )。因此, $\tau_i$ 和 $\tau_j$ 是相对于先前的定位机会的积累漂移,并且将在每个紧密同步机会期间被重新校正。 $s_{ib}$ ,相应地 $s_{jb}$ 724,是接

收至发送RF校准误差,所述RF校准误差添加到定位蜂窝小区*i*(相应地,定位蜂窝小区*j*)相对于主定位蜂窝小区的时间偏移,并且取决于每个定位蜂窝小区的TX和RX电子设备、温度以及频带*b*,紧密同步信号在该频带*b*上发送。 $\tau_x$ 与 $s_x$ (其中*x*是指数*i*或*ib*等)之间的主要区别是,例如, $\tau_x$ 是由于时钟和漂移估计不精确而变化的短期漂移,而 $s_x$ 是随温度变化的长期漂移。 $\tau_x$ 应该在例如10秒的每个周期中被估计。而 $s_x$ 可在例如1小时的每个周期中被估计。此外,如果由紧密同步信号使用的频带与由定位信号使用的频带不同, $s_x$ 可取决于由紧密同步信号使用的频带。

[0056] 假定通过将所有时间量乘以光速而将所有时间量归一化成距离。 $d_{ij}$ 是信号从定位蜂窝小区*i*到定位蜂窝小区*j*行进的距离。 $n_{ij}$ 是估计噪声。

[0057] 我们将稍后解释如何通过定位蜂窝小区确定 $s_{ib}$ 、 $s_{jb}$ 。现在我们假设它们是已知的。 $d_{ij}$ 由网络安装者确定、存储在配置服务器中、并且由配置服务器和配置设备复制到接收定位蜂窝小区*j*中。如果定位蜂窝小区*i*已经(稍早,在足够的漂移再次发生前)适当地同步到主定位蜂窝小区,则 $\tau_i + s_{ib} = 0$ 。 $t_{ij}$ 被估计为紧密同步信号的到达时间。理想地, $n_{ij}$ 是在LoS条件下被忽略的小噪声。因此,定位蜂窝小区*j*可以根据

[0058]  $\tau_j \approx t_{ij} - d_{ij} - s_{jb}$

[0059] 计算并校正其时间基准。其传输将与主定位蜂窝小区的传输加上期望的时段对准。

[0060] 该方法还包括相对于主定位蜂窝小区校准从定位蜂窝小区的RF收发器,即相对于发送定位信号的频带估计用于给定频带*b*的量 $s_{jb}$ 。该过程通过RF校准表示,并且可以定期或不时地在定位蜂窝小区在期望的频带中发送定位信号时,通过使定位蜂窝小区监听相邻的定位蜂窝小区(优选地在直接LoS中(图4A、4B、4C中的402))实现。在该上下文中,相邻的定位蜂窝小区定义为可以由感兴趣的定位蜂窝小区在直接LoS中听到的定位蜂窝小区。非相邻定位蜂窝小区定义为不能由感兴趣的定位蜂窝小区在直接视线中听到的定位蜂窝小区;即其位于非视线(NLOS)中,并且其信号可能被障碍物阻挡或者可能遭受多径干扰(例如,信号从墙上反弹)。例如,图4B、4C、4E、4F中的每一个示出了连接定位蜂窝小区(三角形表示定位蜂窝小区)序列的LoS路径(直虚线)。

[0061] 在一些实施例中,系统中的定位蜂窝小区被分组成偶数组和奇数组。例如,图4E示出了偶数组482和奇数组481。图4F示出了偶数组484和奇数组485。奇数编号的蜂窝小区可以在相邻的偶数编号的定位蜂窝小区发送定位信号时监听后者。并且同样地,偶数编号的蜂窝小区可以在相邻的奇数编号的定位蜂窝小区发送它们的定位信号时监听后者。另外,至少一个偶数编号的定位蜂窝小区应该被给予机会以监听至少一个奇数编号的定位蜂窝小区的定位信号,或者反之亦然,并且优选地具有直接LoS可见性450。图4G示出了图4F中的蜂窝小区如何可以从LoS的视点在地理上被连接。该方案亦在图4D中示出。例如,定位信号402d首先从奇数编号的定位蜂窝小区发送(偶数定位蜂窝小区监听奇数定位蜂窝小区的RF校准),随后从偶数编号的定位蜂窝小区传输(奇数定位蜂窝小区监听偶数定位蜂窝小区的RF校准),并且随后从一个或多个奇数定位蜂窝小区传输(剩余的奇数定位蜂窝小区监听奇数至偶数RF校准)。

[0062] 定位信号不需要由主定位蜂窝小区开始,并且主定位蜂窝小区可能不一定在定位信号中起特殊作用(除非定位信号和紧密同步信号组合成相同的信号)。主定位蜂窝小区在

紧密同步过程中起重要作用,因为它定义了所有从定位蜂窝小区应该精确跟踪的时序节拍。此外,从定位蜂窝小区可以不直接监听主定位蜂窝小区;它可以监听已经与主定位蜂窝小区紧密同步的(中间的)从蜂窝小区。

[0063] 每个定位蜂窝小区测量与其在直接LoS中相邻的至少两个相邻定位蜂窝小区的定位信号之间的时间差。如果定位蜂窝小区在直接LoS中只与一个定位蜂窝小区相邻,则此类蜂窝小区不能参与以下过程。

[0064] 用于由定位蜂窝小区*i*、*i'*发送并且由定位蜂窝小区*j*接收的信号的到达时间的估计公式由下式给出:

$$[0065] \quad t_{ij} = d_{ij} + (\tau_i + s_{ib}) - (\tau_j + s_{jb}) + n_{ij}$$

[0066] 其中量已经在上文描述,并且其中 $\tau_x + s_x$ 是相对于迄今已进行的校正的残差。如果不存在漂移并且不存在由于RF引起的变化,这些残差等于0。

[0067] 将两个公式相减,并忽略小的噪声得到:

$$[0068] \quad (\tau_{i'} + s_{i'b}) - (\tau_i + s_{ib}) \approx t_{i'j} - t_{ij} - d_{i'j} + d_{ij} = \epsilon_{i'ij}$$

[0069] 右手侧项 $\epsilon_{i'ij}$ 是在定位蜂窝小区*i*和*i'*之间的小漂移误差,并且由定位蜂窝小区*j*测量。项 $(\tau_i + s_{ib}) = \epsilon_i$ 是可以通过连接主定位蜂窝小区与定位蜂窝小区*i*的路径递归地获得的小漂移误差。因此,项 $\epsilon_i$ 将(在校正将定位蜂窝小区*i*链接到主定位蜂窝小区的所有先前的定位蜂窝小区的项之后)以递归的方式被校正并且将收敛到零。因此,唯一剩余的项是

$$[0070] \quad (\tau_{i'} + s_{i'b}) \approx \epsilon_{i'ij}$$

[0071] 并且可以由定位蜂窝小区*j*估计并转发到定位蜂窝小区*i'*用于校正。由于定位蜂窝小区*i'*假定其已经校正其自身的 $\tau_{i'}$ ,所以量 $\epsilon_{i'ij}$ 将等于 $s_{i'b}$ 中的任何变化。因此,定位蜂窝小区*i'*将该量加到存储用于 $s_{i'b}$ (累计校正)的其内部值。在发生估计误差的情况下,在下一个RF校准机会处,该值将被校正。因此,优选的是不大幅地延迟下一个RF校准机会。

[0072] 最初,对于频带,量 $s_{i'b}$ 可以初始化为零或合理的值。在第一次RF校准过程之后,我们确定其用于频带*b*的值。然后我们跟踪它的通常由于温度变化而随着时间推移缓慢变化的值。我们也可以测量它的用于紧密同步可在其中发生的不同频带的值。

[0073] 多点定位过程

[0074] 如图6中所示,通信的定位过程包括以下步骤:602从数个定位蜂窝小区接收定位信号并且测量每一个定位信号的到达时间;604转发测量值到位置解算器,位置解算器可放置在通信设备内部;606位置解算器对测量值执行多点定位操作以计算通信设备的位置,这需要知道定位蜂窝小区的位置以及每一个定位蜂窝小区的传输时间;608将估计的位置发送回到通信设备。

[0075] 在交叉处中具有至少一个定位蜂窝小区的多个域的紧密同步

[0076] 两个或更多交叉域可以可选地紧密同步以提高整体通信设备的准确性。

[0077] 可选地,系统包括多个主定位蜂窝小区以及多个从定位蜂窝小区,其中:主定位蜂窝小区被配置用于与彼此同步;在同步之后,主定位蜂窝小区被配置用于在每个周期发射各自的紧密同步信号,每个从定位蜂窝小区配置用于:接收多个紧密同步信号,通过使用从定位蜂窝小区距主定位蜂窝小区的各自的已知距离计算紧密同步信号的理论到达时间;计算多个差,每个差是与相应主设备相关联的理论到达时间和相应主设备的紧密同步信号的到达时间之间的差;选择最小可靠差(其中可靠的意思是,例如,接收的信号的最高可接受

SNR级别,或其他最低质量级别);并且在与最小可靠差相关联的紧密同步信号的到达时间之后的预定时间发射从定位信号。

[0078] 可选地,主定位蜂窝小区不在彼此的视线中,并且它们之间的紧密同步通过遵循来自自主定位蜂窝小区的视线链接的路径实现,所述路径经过一个或多个从定位蜂窝小区并且到达次级主定位蜂窝小区。每个定位蜂窝小区监听来自前导(predecessor)的信号,与前导同步,然后发送其自身的定位信号。

[0079] 该步骤在与剩余的从设备紧密同步之前执行。基本上,两个或更多的域表现为一个大域,其中紧密同步信号被快速转发到次级主设备,以便依次快速开始调度到其相邻的从定位蜂窝小区。可选地,主要主设备从设备位于朝向两个或更多域的交叉处以加速紧密同步阶段。

[0080] 可选地,(i)主定位蜂窝小区包括主要主定位蜂窝小区和多个次级主定位蜂窝小区;(ii)定位蜂窝小区被细分成3组:主要主定位蜂窝小区组、次级主定位蜂窝小区组和从定位蜂窝小区组;(iii)主要主定位蜂窝小区配置用于在从蜂窝网络接收到同步信号时发射主紧密同步信号,并且次级主定位蜂窝小区配置用于监听主要主定位蜂窝小区,同步到紧密同步信号,并且随后在主紧密同步信号之后的预定时间发射相应的次级紧密同步信号;(iv)每一个从定位蜂窝小区配置用于:接收多个主紧密同步信号,通过使用从定位蜂窝小区距主定位蜂窝小区的相应已知距离计算主紧密同步信号的理论到达时间;计算多个差,每个差是与相应主定位蜂窝小区相关联的理论到达时间和相应的主紧密同步信号的到达时间之间的差;选择最小可靠差;并且在与最小可靠差相关联的主紧密同步信号的到达时间之后的预定时间发射从定位信号。

[0081] 可选地,云服务210包括分布在多个地点的多个处理元件。

[0082] 可选地,云服务210被配置用于使用与定位蜂窝小区和/或配置服务器相关联的处理单元。

[0083] 本发明的一些实施例的另一方面涉及配置用于与位置解算器和与蜂窝网络同步的通信设备202相结合使用的定位系统,该定位系统包括多个定位蜂窝小区。每个定位蜂窝小区包括:收发器,配置用于发射和接收射频信号,并且与配置用于存储数据的非易失性存储单元相关联;处理单元,配置用于处理数据以及用于控制收发器的操作;以及电源,配置用于为收发器供电。定位蜂窝小区中的至少一个连接到蜂窝网络,并且定位蜂窝小区配置用于响应于由蜂窝网络发射的同步信号的接收,发射可由通信设备202在由蜂窝网络使用的频率中接收的相应定位信号,每个定位信号包括指示发射定位信号的定位蜂窝小区的标识符的数据;位置解算器与通信设备202通信,位置解算器配置用于:从通信设备202接收指示定位信号到通信设备202的到达时间的第一数据,指示到达时间的每个数据片段被附加到相关联的定位蜂窝小区的标识符;处理到达时间并且使用定位蜂窝小区的已知位置确定通信设备202相对于定位蜂窝小区的位置;以及向通信设备202[或向云]发送指示位置的第二个数据。定位蜂窝小区包括主定位蜂窝小区和多个从定位蜂窝小区,主定位蜂窝小区与蜂窝网络同步,并且被配置用于响应于每个周期的同步信号的接收而在每个周期发射紧密同步信号;从定位蜂窝小区配置用于:在每个周期开启达预定的时间长度,以便监听紧密同步信号;接收紧密同步信号;以及在接收到紧密同步信号之后的预定时间段发射第二定位信号,使得在通信设备202接收第一定位导频之后不久,而通信设备202仍在监听的同时,由通

信设备202接收第二定位信号。

[0084] 可选地,每个从定位蜂窝小区被配置用于在相应的时隙期间发送,使得从定位蜂窝小区被配置用于快速接连地一个接一个地依序发送。

[0085] 可选地,每个从定位蜂窝小区被配置用于:监听至少一个先前的主定位蜂窝小区或从定位蜂窝小区;确定由先前的主定位蜂窝小区或从定位蜂窝小区发射的从定位信号的到达时间与如果由先前的主定位蜂窝小区或从定位蜂窝小区发射的主定位信号或从定位信号采取从先前的主定位蜂窝小区或从定位蜂窝小区到给定从定位蜂窝小区的最短路径则将发生的理论到达时间之间的时间差;以及在接收到先前的主定位蜂窝小区或从定位蜂窝小区的定位信号之后的时间间隔发射相应的从定位信号,所述时间间隔等于预定的延迟减去该时间差。

[0086] 图1示出了本发明的定位蜂窝小区的结构。本发明的定位蜂窝小区100包括:收发器102,配置用于接收和发射射频(RF)信号,并且收发器与电源104相关联;存储单元106,配置用于存储数据;以及处理单元108,配置用于接收、处理和输出数据,以及用于根据所存储、输入或输出的数据控制收发器的操作。收发器102尤其被配置用于发射定位信号,该定位信号包括指示已经发射信号的定位蜂窝小区的身份的数据。

[0087] 在图1的实施例中,定位蜂窝小区100是包括收发器102、相应的存储单元106和相应的处理单元108的自含式设备。如图所示,定位蜂窝小区100可连接到外部电源104,或者其可以包括其自身的内部电源。定位蜂窝小区可以以蜂窝基站(例如,宏蜂窝小区、微蜂窝小区、微微蜂窝小区或毫微微蜂窝小区)、网关设备(例如,家庭DOCSIS调制解调器/路由器)或者其他无线设备(例如,WiFi接入点)的形式或部分实现。它还可以被实现为专用定位蜂窝小区。

[0088] 图2概述了通过定位蜂窝小区实现的用于支持在无线通信网络中的通信设备的定位确定的方法的步骤。在步骤230,定位蜂窝小区从主定位蜂窝小区接收多个紧密同步信号。在步骤232,定位蜂窝小区确定多个紧密同步信号的到达时间与多个紧密同步信号的理论到达时间之间的多个时间差。通过沿直接视线路径从主定位蜂窝小区到定位蜂窝小区的理论飞行时间校正理论到达时间。在步骤234,定位蜂窝小区基于由多个时间差中的一个或多个调整的接收到的紧密同步信号中的一个或多个同步其时钟。在步骤236,定位蜂窝小区在由其紧密同步的时钟确定的时间处向无线网络中的通信设备发射定位信号;其中定位信号包括指示定位蜂窝小区的标识符的数据或时序;其中以不会干扰由无线网络发送的定位导频信号的方式发送定位信号。

[0089] 现在参考图3,图3是示出根据本发明的一些实施例的定位系统的框图。

[0090] 系统200包括多个(两个或更多)定位蜂窝小区100a、100b、100c,其中至少一个与蜂窝网络的宏蜂窝小区220和与云210直接或间接通信。系统200配置用于结合位置解算器204和与蜂窝网络通信的通信设备202使用。通信设备202可以是蜂窝电话、平板电脑、膝上型计算机,并且配置用于从定位蜂窝小区100a、100b、100c接收定位信号330。通信设备202记录不同定位信号的到达时间,并且将到达时间和附接到每个到达时间的定位蜂窝小区的标识符发送到位置解算器204。位置解算器204可以可选地驻留在通信设备内部;如果它驻留在通信设备外(例如,在云中),则通信设备与位置解算器之间的通信发生在例如WiFi、蓝牙或蜂窝信号上。位置解算器204具有对指示定位蜂窝小区的位置的数据的访问,所述数据

可以在系统200建立时已经输入到位置解算器中、通过配置服务器208和云210定期更新、或者可以包含在定位信号中。通过处理到达时间和使用定位蜂窝小区的已知位置,位置解算器204计算通信设备202相对于定位蜂窝小区的位置。位置解算器发送指示所计算的位置的数据到通信设备202或到云210。

[0091] 为了使它们的定位信号被通信设备202检测到,定位蜂窝小区配置用于当通信设备的接收器正主动从蜂窝网络接收信号时发射定位信号。此外,为了以高精度(例如,1-3米)确定通信设备202的位置,定位蜂窝小区100a、100b、100c与彼此紧密同步。

[0092] 首先,并且可选地,系统200将与蜂窝网络粗略地或紧密地同步。第二,建立定位蜂窝小区之间的紧密同步。第三,执行发射器和接收器的RF校准。

[0093] 为了最佳精度,优选地在视线条件下,通过由定位蜂窝小区发送并由其他定位蜂窝小区接收的紧密同步信号332实现紧密同步。紧密同步信号本身可以是定位信号,或者它们可以是不同信号,例如,具有较低功率的较短数据包。当发送紧密同步信号时,如果在相同频带中发送,(除非实现了昂贵的硬件)则定位蜂窝小区不能监听其他紧密同步信号;因此,定位蜂窝小区轮流发送和监听其他紧密同步信号。当定位蜂窝小区从另一个定位蜂窝小区接收紧密同步信号时,它确定信号的到达时间并且减去信号的预期飞行时间。

[0094] 与蜂窝网络同步

[0095] 最初,如图5的步骤500、502和504中所示,主要主定位蜂窝小区和可能更多的主定位蜂窝小区和从定位蜂窝小区被开启并且被假定连接到AC电源或由电池供电。对于电池供电的定位蜂窝小区,一些过程如下面解释的被最小化,以便延长电池寿命。为了初始化编程和接受网络辅助信息,定位蜂窝小区可以与具有用于网络辅助数据的适当凭证的附近的用户配置设备206(例如,电话或主定位蜂窝小区)通信,例如经由蓝牙或WiFi连接,或者经由主定位蜂窝小区与网络(特别是配置服务器208)之间的直接蜂窝连接。辅助数据提供运营商信息、要监听的频带和带宽、相邻宏蜂窝小区的物理蜂窝小区ID(PCI)、相邻定位蜂窝小区的PCI(如果已知)、帧类型、循环前缀类型、天线端口数量等。辅助数据的目标是极大地简化定位蜂窝小区中的硬件并且启用低成本软件定义的无线电;以及启用可选的电池运行的从定位蜂窝小区,其可以在必须对电池再充电前持续几个月;该定位蜂窝小区可以替代地是太阳能供电的并且包括电池。

[0096] 经由辅助数据,定位蜂窝小区调谐以监听蜂窝网络(例如LTE(4G))(功能502)。定位蜂窝小区进入监控模式并且监听由辅助数据提供的所有频带和蜂窝系统运营商。在LTE(4G)的情况下,定位蜂窝小区监听同步信号和采集信号(PSS/SSS)以找到蜂窝网络的最强宏蜂窝小区的帧同步和物理蜂窝小区ID(PCI)。蜂窝网络的信号可以在没有广播解码或控制解码或数据通道解码的情况下被分析。如果辅助数据对定位蜂窝小区通知相邻PCI,则不需要SSS解码。如果定位蜂窝小区不能从访问网络接收信号,并且更一般地用于从定位蜂窝小区,则它可以通过监听在有执照或无执照的频带上、或者经由有线,通过配置设备、通过主定位蜂窝小区、或者通过从主定位蜂窝小区或从配置设备获得信息的中间第二从定位蜂窝小区发送的信号、信息和网络辅助数据来获得粗略同步和配置信息。

[0097] 最佳运营商,即具有最近宏蜂窝小区的运营商,可以通过测量在每个频带中的能量确定。可选地,测量在每个频带中的接收信号强度标识符(RSSI)。在本发明的一些实施例中,可以在不启用收发器的基带(BB)块的情况下在RF块中测量RSSI。最强的RSSI通常发信

号通知最佳的运营商。

[0098] 定位蜂窝小区通过经由其蜂窝小区专用参考信号(CRS)导频或其他信号监听来自任何或所有运营商的网络上的最强宏蜂窝小区来精确且有效地确定其频率误差。由于定位蜂窝小区是固定的并且不期望具有(来自运动的)任何多普勒效应(Doppler),因此监听来自任何或所有运营商的最强蜂窝小区可以以低处理成本提供准确的频率误差估计,信号一般具有良好质量。定位蜂窝小区可进一步平均来自数个宏蜂窝小区的频率误差估计,或者使用加权平均,其中用于每个宏蜂窝小区的权重是从每个宏蜂窝小区接收的SNR的函数。替代地,为了节省功率,定位蜂窝小区可以选择仅使用(来自所有网络运营商的)最强宏蜂窝小区的信号估计频率误差。此过程可在初始化和频率误差的跟踪期间使用。

[0099] 定位蜂窝小区基于最强蜂窝小区PSS(任何网络运营商)确定时序同步(520),如果它们被同步(并且给定在运营商与频带之间的固定时间偏移,这经由辅助信息提供),则这自动地为剩余网络提供时序。为了解码最强蜂窝小区的PSS,相关性可以被限制成一个或几个比特(即仅加法器)以避免使用乘法器。因此,一个或几个比特的量化PSS参考序列可以在接收器中使用并且与来自强宏蜂窝小区或最强宏蜂窝小区的一个或几个比特的量化的接收信号相关。这样就减少了功率消耗。属于同一频带、不同频带、或者不同网络运营商的其他宏蜂窝小区的时序可以从强宏蜂窝小区的时序推导。通过增加配置服务器提供给定定位蜂窝小区的时序偏移来推导时序。为了提供时序偏移信息,配置服务器必须首先,例如从由其他定位蜂窝小区、由通信设备、由小蜂窝小区执行的测量,或者直接从网络运营商的数据库等获得时序偏移信息。例如,如果定位蜂窝小区或通信设备的位置是已知的,并且其到两个宏蜂窝小区的距离是已知的,定位蜂窝小区或通信设备监听来自两个不同网络运营商的至少两个宏蜂窝小区,则可以确定它们的PSS信号之间的时间偏移高至5ms重复周期。它将测量值与宏蜂窝小区身份、各自属于的频带和网络运营商一起报告给配置服务器。配置服务器从测量值中减去从每个宏蜂窝小区到定位蜂窝小区的大致飞行时间(注意,由于此过程是粗略同步过程的一部分,不需要精确的时间偏移)。因此,配置服务器获得两个不同网络运营商(或两个不同频带)的PSS信号之间的时序偏移的一个测量值。为了降低测量噪声,在来自多个定位蜂窝小区或通信设备的许多测量值上进一步对时序偏移进行平均。此外,如果宏蜂窝小区的位置对于配置设备是未知的,则平均可以降低由于定位蜂窝小区或通信设备与宏蜂窝小区之间的未知距离引起的误差。配置服务器可以由此创建在每个频带之间以及每个网络运营商之间的PSS时序偏移的内部数据库。数据库对每个区域(例如,一个城市、或者城市的一部分、或者一段道路)将是本地的。配置服务器可以随后将此信息提供给另一定位蜂窝小区,以便推测一些频带相对于定位蜂窝小区已监听的另一频带的时序偏移。因此,定位蜂窝小区可以监听最强的可用宏蜂窝小区并且确定所有其他宏蜂窝小区的时序。

[0100] 可以从强蜂窝小区的CRS导频获得更精确的时序并且更精确的时序可以补充从PSS信号获得的信息。同样,强蜂窝小区的CRS参考信号可以量化成几个比特,并且从宏蜂窝小区接收到的CRS信号也可以(在快速傅里叶变换(FFT)之前和/或之后)量化成几个比特。

[0101] 可选地,对于少数最强蜂窝小区(任何运营商),定位蜂窝小区(经由CRS导频)测量并提供差分到达时间测量。该信息可以被发送到配置设备206,并且随后被发送到云服务210用于进一步处理。云服务210通过配置设备连接到配置服务器和定位蜂窝小区。云服务210用作用于网络的中央控制单元,并且配置用于处理数据和请求、管理数据库和协调定位

单元的操作。云服务210可包括一个或多个处理单元和/或存储单元,其可以位于中心位置或者可以分布在多个位置上。云服务210可以和与定位蜂窝小区和/或与配置服务器相关联的处理单元和存储单元通信,以便执行它的一些操作。与云服务210的连接可以是有线的或无线的,并且可以经由任何类型的网络(诸如互联网和/或蜂窝网络)实现。通过知道定位蜂窝小区的(大致)位置,云服务210可以确定定位蜂窝小区与蜂窝网络的测量的宏蜂窝小区之间的大致距离。该信息可用于将定位蜂窝小区的传输提前,使得它更好地对准宏蜂窝小区在发射器侧的符号,尽管这有时是不期望的并且定位蜂窝小区的时序可以相对于在(每个频带)最近和最强蜂窝小区的接收器侧的到达时间设置,可能具有一些时序延迟以考虑来自其他更远的宏蜂窝小区的其他接收。替代地,配置设备206可以向定位蜂窝小区100通知用于蜂窝网络的给定蜂窝小区的期望的时序提前,因为配置设备206(假设其连接到最强蜂窝小区)通过其蜂窝网络连接、或者通过已知的到蜂窝小区站点的大致距离具有对该信息的访问。根据一些预定义协议的要求,该信息可用于定位蜂窝小区100中的时序提前或者时序对准,使得由定位蜂窝小区发送的定位信号与来自宏蜂窝小区的定位信号时间对准。如果除了定位蜂窝小区的定位信号之外,通信设备没有使用宏蜂窝小区的定位信号用于其定位操作,则该过程是不需要的。

[0102] 当与4G/LTE蜂窝网络一起使用时,定位蜂窝小区100从PSS信号获得5ms半帧边界。定位蜂窝小区100可以解码强蜂窝小区的一个SSS以便获得10ms边界,并且其身份和扰码由配置设备206提供。或者定位蜂窝小区100可以通过尝试CRS导频的两个假设(例如,每5ms尝试一次那些子帧零导频)推测10ms边界,并且其身份和扰码由配置设备206提供。在测得的脉冲响应中的表现出较强能量的CRS假设导致10ms边界。相对使用SSS的优点可以是更宽的带宽,使得能够更快地检测信号。

[0103] 接下来,定位蜂窝小区100被配置用于确定系统帧号(SFN),通常通过解码物理广播信道PBCH发现系统帧号。但这是相对昂贵的操作。因此,提供了用于代替PBCH解码的两个变化例。

[0104] 在第一变化例中,定位蜂窝小区100仅解码最强蜂窝小区PBCH,而不需要维特比(Viterbi)解码或使用卷积码的低成本解码(例如,法诺(Fano)解码器)。存在足够的重复和交织,天线的数量已知,可以使用低成本信道估计知道某些比特,并且如果平均SNR后累计达到10dB(这对于强蜂窝小区是典型的),则可以以相对低的成本解码PBCH。

[0105] 在第二变化例中,在不解码PBCH的情况下,配置设备206提供其知道的SFN号。为实现这点,配置设备206需要连接到具有10ms时间分辨率的定位蜂窝小区100。在定位蜂窝小区100与配置设备206之间的类似蓝牙的协议应该在硬件或固件级别提供具有时间戳的这样的选项,使得当数据包由较上层解码时,可以确定其被发送的那个时刻。此时刻由定位蜂窝小区100使用以确定在该点处的SFN是什么。

[0106] 类似于PRS信号,定位蜂窝小区和通信设备可以将不同频带或不同网络运营商的宏蜂窝小区的SFN号之间的时序偏移报告给配置服务器。配置服务器可以创建并维护SFN号之间的时序偏移的数据库。然后,它可以向另一个定位蜂窝小区通知各种宏蜂窝小区的SFN号之间的时序偏移。SFN号主要用于使定位蜂窝小区能够在给定频带中获得超帧结构或通用时序上的信息,这使得它能够知道何时发送与蜂窝网络或与一些无线网络粗略地或紧密地同步的定位信号。例如,配置服务器可以向定位蜂窝小区,特别是向主定位蜂窝小区告



知,当第一宏蜂窝小区的SFN号将等于T1时,或者等效地当第二宏蜂窝小区的SFN号将等于T2时,它可以在时间T发送定位信号。SFN提供10ms边界。10ms边界内的时序的部分由PSS时序偏移提供。由于(主)定位蜂窝小区已经对至少在SFN上并且来自强蜂窝小区的至少一个PSS解码,所以给定由配置服务器提供的信息,它可以随后推测第二宏蜂窝小区的SFN号和PSS时序。如果指示它在给定粗略或精细时序处在第二宏蜂窝小区的频带中发送定位信号,它知道如何发现该时序。

[0107] 由配置服务器向定位蜂窝小区100提供定位参考信号(PRS)配置和具有其自身配置的虚拟PCI。定位蜂窝小区100可以随后开始发送PRS导频(定位信号),最初没有紧密同步,但是在已知时间处具有粗略同步,以防止干扰到蜂窝网络。

[0108] 注意,配置服务器可以是分散管理的,对场所是本地的,并且自行决定将PCI和定位信号分配给定位蜂窝小区。然而,它将需要与集中式配置服务器协调,集中式配置服务器确保所有场所都做出适当的决定并且避免场所间干扰。

[0109] 在本发明的一些实施例中,如果定位蜂窝小区重新启动,则使用与配置设备206的连接重启用于该蜂窝小区的整个过程。配置设备206可以在一些点检测由定位蜂窝小区丢失的PRS导频传输并且触发请求以重新发起所述过程。在电池更换或重新充电后,或者如果蜂窝网络的宏蜂窝小区重新启动或改变配置,也可以使用该过程。然而,参数和决策可以存储在定位蜂窝小区内的一些存储单元中,并且在重新启动后重新使用以降低启动过程的长度。

[0110] 如果蜂窝网络中的任何运营商的PRS配置改变,则定位蜂窝小区中的PRS信息必须经由有执照或无执照频带消息、并且经由配置设备被更新。

[0111] 定位蜂窝小区100、100a、100b、100c可以通过提供更精确的定位改善紧急响应。此外,如下面所将解释的,它们可以与来自蜂窝网络的蜂窝小区的其他PRS保持完全正交(编码/时间/频率正交)。或者,如果运营商分担PRS负担,则它们可以在一些PRS时隙中静音更多宏蜂窝小区并且使定位蜂窝小区仅在那些宏静音的时间期间发送。

[0112] 一旦所有定位蜂窝小区被配置并粗略同步(例如,通过来自配置服务器和配置设备的消息,以及应该如何执行传输顺序的图形或树(图4B、4C、4E)),可以开始紧密同步过程522,随后是定位信号传输524。如步骤530中所示,定位蜂窝小区可以随后从其他定位蜂窝小区接收其他紧密同步信号或定位信号并且执行校准过程540,这改善紧密同步522。

[0113] 由定位蜂窝小区发射的定位信号的设计

[0114] 可选地,为了防止分配给定位蜂窝小区的PCI与属于蜂窝网络的宏蜂窝小区的PCI混淆,可以为每个定位蜂窝小区预留一组PCI。或者可以选择虚拟PCI,其可以是给定的宏蜂窝小区的再循环PCI;为了防止宏蜂窝小区的定位信号与定位蜂窝小区的定位信号之间的冲突或混淆,如果同时发送,后者可以将其定位信号以某个循环时间偏移发送;可以通过使用频域中的相位斜坡,或者通过时域中的每个符号的循环移位来执行循环时移。例如,如果宏蜂窝小区距离定位蜂窝小区不超过5km,并且具有不超过4km的信道,则宏蜂窝小区的PCI可以以10km的循环移位被循环。如果距离和信道小于上述的非限制性示例性值,假如信道脉冲响应不冲突,则几个定位蜂窝小区可以使用不同的移位。从给定的定位蜂窝小区到通信设备202的每个信道在OFDM符号内占用一定量的时间。在通信设备202中的信道接收到最后的可听到的回波之后,任何剩余的回波太弱以致不能在接收到的信号中产生任何明显的

差异。例如,通道的总持续时间是10微秒。例如,如果OFDM符号是70微秒,则我们可以拟合7个信道,其中每个信道在时域上循环移位以占据70微秒中的10微秒。

[0115] 可选地,为了进一步增加由宏蜂窝小区220发射的蜂窝网络的信号与由定位蜂窝小区100a、100b、100c发射的信号之间的正交性,可以向每个定位蜂窝小区添加时域覆盖码。假设设备不太快地移动,这样时域(OFDM)符号,例如乘以+1或-1,以便在平均附近的符号之后使它们正交。这对于本系统是正确的假设,其被配置用于定位在小环境中以非常低的速度行进的通信设备202。通过使用(循环)时间移位和正交时间覆盖码(对于给定的固定扰码,即固定的再循环PCI),PCI的空间可以充分地增加以允许可分配给定位蜂窝小区的更多虚拟PCI。这样的定位蜂窝小区发射不干扰在场地附近的蜂窝网络的信号。一些虚拟PCI可用于天线分集,即用于从具有其自身的虚拟PCI的第二天线端口传输。因此,可以用循环时间移位来创建额外的虚拟PCI;每个蜂窝小区或每个天线占用不同的循环时间偏移。注意,在LTE的情况下,在1ms PRS机会内存在8个OFDM符号。这可以使用相同的再循环PCI提供用于8位哈达玛(Hadamard)码字,即具有正交定位信号的8个定位蜂窝小区。

[0116] 可选地,为室内和场所定位蜂窝小区预留的时隙完全没有任何宏蜂窝小区传输,并且因此定位信号可以专门针对短距离情况而设计,独立于宏蜂窝小区,使得大量的定位蜂窝小区能够在1ms左右的时间内存存。

[0117] 虚拟PCI可以请求标准改变,或者它们可以是专有解决方案和专有产品的一部分。

[0118] 关于蜂窝网络中的一个运营商或多个运营商的选择,应当注意,每个定位蜂窝小区100需要每个运营商的虚拟PCI以及它们使用的每个频带。为了节省RF资源,定位蜂窝小区可以一次在一个(或几个频带)上发送。在定位蜂窝小区需要同时在两个或更多(例如,属于两个或更多运营商的)频带上发送定位信号(PRS导频)的情况下,定位蜂窝小区可以在两个(或更多)频带之间交替,每个交替的时间在其中的一个上传输。这是一种PRS静音机制,例如,其中定位蜂窝小区应该每X秒发射一次,但是它反而每2X秒发射一次。每个其他传输被静音。可选地,云服务210被通知静音模式,并且它通知用户设备。

[0119] 在本发明的一些实施例中,当可行时,相邻的多频带和/或多运营商定位信号可以被级联到一个频带中,同时或几乎同时(例如,相隔几毫秒)传输,这有效地导致较宽频带。可选地,定位蜂窝小区为每个频带传输确保相同的相位/幅度和众所周知的时序。在该实施例中,具有宽频带能力(例如,载波聚合)的通信设备202可以将多个频带/运营商在相隔少于几毫秒接收的定位信号在相位中组合,以获得更精确的其位置的确定。如果通信设备202的信道在两个带间传输之间没有太多变化,则这是可能的。例如,对于步行者,(要被级联的)两个频带传输之间的时间应当小于10ms。如果通信设备202的信道已经在测量到的其他位置之间大幅改变,则从多个频带/运营商接收的定位信号可以在功率中而不是在相位中组合。

[0120] 在本发明的一些实施例中,定位蜂窝小区配置成在来自第一运营商的唯一频带上发送,而与其他第二运营商相关联的通信设备202知道定位蜂窝小区在哪个频带上发送并且能够调谐到这样的频带以用于确定它们自己的位置。在这种情况下,我们节省了第二运营商的带宽。或者,提供服务的第一运营商可以向与第二运营商相关联的用户(以及相应的应用)收取额外费用。如果第二运营商没有同步的网络并且可以依赖于第一运营商来提供室内定位服务,则这是特别有用的。在相关实施例中,例如,运营商可以选择每600ms发送

PRS,而不是每200ms发送PRS。两个其他运营商也可以选择每600ms发送PRS,优选地以恒定间隔散布或交错。通信设备202监听某一运营商,可以随后使用规则的间隔以监听不同运营商的PRS。因此,对于缓慢移动的通信装置202,该解决方案提供了更多的具有更好的几何结构的站点以执行位置定位。换句话说,代替承载PRS传输的全成本(即保留用于PRS的带宽)的每个运营商,以便允许仅基于其自身网络的可接受的移动定位,可以在两个或更多运营商之间分摊负担或成本。每个运营商发送PRS导频的较少实例(例如,每2X秒或每3X秒,而不是每隔X秒)。然后,当运营商静音其自身的传输时,另一运营商执行其自身的传输(再次,以每2X或3X秒的速率)。来自两个或更多运营商的传输可以在时间上平均地交错(其确保快速移动设备的最佳性能)或在时间上位置非常接近(具有较长静默期),使得设备快速地一个接一个地在一个时隙中唤醒并监听所有运营商、执行定位操作并返回休眠。可选地,以速度为代价,对设备的电池寿命是有利的(由于传输在时域中没有均匀地交错,而是以长的空周期彼此相邻地发射)

[0121] 上述方案实现节省PRS时隙并将它们保留用于各种场所内的定位蜂窝小区。

[0122] 由蜂窝网络控制的定位蜂窝小区(例如,使用有执照频谱)可以在无执照频谱中发送/发射定位信号(PRS导频)。因为定位蜂窝小区发射的定位信号对蜂窝网络的运营商是完全透明和不可见的,所以对于使用无执照频谱具有良好的激励。因此,消除了蜂窝网络和定位系统之间的干扰。然而,由于不可管理的干扰,无执照频带在任何场景下和在任何环境中不保证相同的服务质量和精确度。

[0123] 如果没有先听后说(LBT)约束,则如上文针对有执照频谱描述地进行对定位蜂窝小区的配置。通信设备202可以使用其WiFi、蓝牙或其他模块来监听定位信号。它们可以具有与在蜂窝有执照频带中使用的那些结构类似的(或相同的)结构。云服务210通知通信设备202该频带是具有给定中心频率和带宽的无执照频带。无执照频谱中的带宽可能宽得多,并且可以设计不同的PRS导频。

[0124] 在本发明的一些实施例中,给定短距离和室内信道,定位蜂窝小区可以发射针对有执照或无执照频谱而设计的定位信号,以考虑到较短的距离和室内信道。特别地,符号和FFT大小可以短得多以降低功耗或存储要求。符号仍然可以覆盖在蜂窝网络的PRS区域上,并且它们可以与蜂窝网络的PRS信号正交,但是可以通知用户设备这些是较短的符号。

[0125] 定位蜂窝小区之间的WiFi同步

[0126] 到目前为止,描述主要针对用于经由在蜂窝频率中或在定位蜂窝小区类似于蜂窝小区工作并为此而设计的频率中的定位信号的发射来定位通信设备202的系统和方法。

[0127] 该部分涉及重复使用已部署或待部署的WiFi站或接入点(AP)的定位蜂窝小区的系统。以下描述的技术仅需要在通信设备和WiFi站中的软件升级;还将描述包括对通信设备202和/或WiFi站的硬件改变的一些选项。随着升级,WiFi AP可以像定位蜂窝小区一样工作。

[0128] 应注意,通常,WiFi站受先听后说(LBT)约束限制,其中每个站在其开始传输前首先感测其无线电环境。

[0129] 通常每个AP每102.4ms发送WiFi信标,可以跨越20MHz。该频带不够宽,不能实现1米内的可靠定位。然而,在802.11ac中,AP中的数据带宽可以高达80或160MHz,这足够用于1米的精度。

[0130] 当今802.11ac精确定位通过测量通信设备202(例如,移动电话)与每个AP之间的往返延迟来工作。该技术包括向每个AP发送数据包和接收数据包(在每个方向上至少一个数据包,具有宽频带)。由于通信设备202必须与附近的每个AP交换通信、为每个定位测量发送数据包并解码数据包,因此该技术用尽通信设备的电池。假定1m的期望精度,如果通信设备202移动几米,则前往和来自每个AP的数据包传输必须再次开始。此外,因为该技术使用大量带宽用于交换消息,所以当场所中的通信设备的数量增长时,该技术不可扩展。

[0131] 为了减少功率消耗和消息交换,发明人已采用类似于上文所述的同步网络的技术。AP监听彼此的定位信标(定位信号)并且它们如本申请中的紧密同步过程中稍早描述的那样与彼此同步。在实施例中,AP位于升高的位置并且在彼此的LOS中,这实现了改进的紧密同步。

[0132] 一旦被紧密同步,每102.4ms,来自AP的正常信标将出现在某个预定时间,没有漂移或具有被定期校正的最小漂移。然而,由于载波在无执照频带中感测,信标可以在等待另一传输结束的同时轻微移位。

[0133] 在实施例中,AP被配置用于发射p信标(p-beacon)(定位信标或定位信号,并且其也充当紧密同步信号)。每个AP在期望的周期(例如,每1s、5s或10)发送p信标。AP所处的场所决定周期。在一些场所中,网络负载不大,所以每1s或更少进行的p信标发射是可能且可扩展的而不影响网络容量。可选地,所有p信标在它们的传输周期内以预定和相邻的时序发送,这使得通信设备202能够快速监听快速接连发送的所有p信标,并且因此节省电池。正常信标可以包括指示所有p信标相对于正常信标的位置在哪里的数据。以这种方式,通信设备202不需要搜索p信标。替代地,AP被同步到蜂窝网络(或到卫星导航)并且由配置服务器和云通知通信设备202在哪里定位p信标而不解码任何正常信标。定位p信标可以是在时间和/或频率上的正交波形(OFDM符号上的正交覆盖码,或者每几个OFDM符号一个信标,以及OFDM符号上的正交循环移位信标)。p信标包括用于测量飞行时间的导频。

[0134] 在最简单的方案中,每个AP将发送包含主要导频的几个OFDM符号,随后是下一个AP,以此类推。可以在传输之间使用小的间隔。典型的或特殊的前导码可以在OFDM符号之前。这使得对硬件/固件的改变最小或没有改变。

[0135] p信标可以仅包括前导码,而不是发送OFDM符号。

[0136] 配置服务器基于客户要求保留用于适合于场所的p信标的时间。该时间与蜂窝网络或其他网络同步。因为蜂窝网络SFN周期是10.24秒,所以该时间还将与102.4ms正常WiFi信标同步,并且因此正常信标和p信标将不会出现相对于彼此的漂移。例如,重复周期可以是1s或5s或10s的量级。蜂窝网络可以向通信设备通知整个区域或城市中的p信标的位置。因此,通信设备可以在不做任何搜索的情况下快速地定位p信标。

[0137] 与正常信标不同,p信标跨域宽频带(例如,80或160MHz)并且不需要是正常数据包。p信标可选地设置成非常短的脉冲串,并且可以仅包含足够计算信道估计(即到达时间)的字段(前导码、可选地虚但已知的数据、可选地没有数据的正交频分复用(OFDM)导频等)。通信设备202估计信道而不需要执行任何数据解码。

[0138] 在原理上,如果p信标的传输是同步的,并且对于每个p信标具有已知的传输时序,可以执行精确到达时间差(TDOA)多点定位以定位通信设备202。然而,由于在无执照频谱中载波感测的需要,p信标可能必须被延迟直到另一传输终止并且可能因此在时间中移位。时

间移位打破同步性,并且传输时序不再是已知的。

[0139] 为了解决该时间移位问题,当AP由于另一正在进行的传输而必须延迟其传输时,它被配置成将p信标相对于错过的原始传输时序以固定且已知的时间单位(或距离单位)的倍数的数量进行时间移位。例如,延迟是200米(即600ns)的倍数,或者1000m(即3us)的倍数。时间单位必须比AP与通信设备之间、或者AP与另一可能在监听的AP之间的最长预期飞行时间更长。通过以200m(即600ns)的倍数移位p信标,通信设备202可以确定存在移位(由于它比任何实际信道更长)以及它需要从测得的到达时间减去200m的倍数,即模200m运算(否则到达时间显得太晚以至于无效;减去200m的倍数修正了该问题)。因此,在不知道精确传输时序的延迟传输的情况下,通信设备202仍然可以通过使用模200m运算弄明白时间移位。因此,尽管AP必须延迟其传输,可以像传输已同步一样使用常规TDOA多点定位。

[0140] 替代地,为了防止在600ns等待期间来自另一设备的又另一传输,AP可以通过开始传输虚比特(区别于p信标信号)来保留媒介,直到p信标可以在600ns边界处开始。在本质上,AP在等待p信标的理想起始时间的同时通过虚比特保留媒介。该方法使得一些已部署的AP能够经由软件升级而提供精确的定位。

[0141] 此外,发送p信标的第一AP可以表现得像主定位蜂窝小区。之后很快发送p信标的第二AP在其发送其第二p信标前将其自身与第一p信标重新同步。以此类推,每个AP在发送其自己的p信标之前将自身重新同步到先前的p信标。这确保了p信标的传输紧密同步到第一主AP。因此,创建传输顺序是有用的,以使每个AP有机会听到主AP或稍早发送的另一AP。优选的顺序是,使得下一个发送的AP在相对于先前已发送的AP的LoS中。并且以此类推直到所有AP以类似树的方式被覆盖。此外,需要传输之间的一些间隔以允许通信设备解码每个p信标,而且用于AP解码先前的p信标、调整AP时序以及开始发送AP自身的p信标。最后,通过使偶数编号的AP监听奇数编号的AP(或者反之亦然)(如图4B中所示),以及至少一个偶数编号的AP监听一个奇数编号的AP(或者反之亦然),可以实现RF校准。RF校准过程在上文中详细描述。

[0142] 主AP可以进一步粗略地同步到蜂窝网络,这使得通信设备202能够快速定位所有p信标而不需要任何搜索,并且不需要解码任何正常信标。为了能够监听蜂窝网络,主AP通常需要硬件升级。替代地,对通信设备202进行软件升级,以辅助主AP和所有AP同步到蜂窝网络。当通信设备202进入场所(或与任何一个AP相距一定距离)时,AP将其p信标同步到已经同步到蜂窝网络的通信的设备时钟。其余的AP将根据需要通过,例如WiFi消息,通知它们应用在时序中的增量以校正其时序。仅p信标需要在时间上重新调整,以便将它重新对准到蜂窝网络,而正常信标可以保持在时间上的任何位置。在几小时之后,p信标仅移位1ms左右,这对于通信设备202搜索p信标来说仍然是短的时间。当第二通信设备202进入AP的范围,通信设备202可以首先在相对于蜂窝网络的已知位置处寻找p信标,无需搜索WiFi正常信标或解码WiFi正常信标。当通信设备202从室外(蜂窝网络)移动到室内(AP网络)时,这实现了LTE-OTDOA与WiFi之间更好的连续性,具有进一步降低的功耗。可以通过4G或WiFi从网络获得关于AP和p信标的信息(辅助信息)。如果第二通信设备不能检测p信标,则它随后向WiFi AP通知它们可能需要重新调整p信标的时序,并且它提供从蜂窝网络知道的时序。

[0143] 对卫星导航系统的同步

[0144] 在进一步实施例中,本文所述的系统、方法和设备可基于卫星导航系统(“卫星导

航(satnav)”) (诸如美国全球定位系统(GPS), 欧盟伽利略或俄罗斯的全球导航卫星系统(GLONASS)) 技术的使用来应用。如果至少主定位蜂窝小区位于室外, 并且如果系统不使用有执照频带, 而是仅使用无执照频带用于定位信号(例如, 使用WiFi信号作为场所内的定位信号), 则这是特别有用的。

[0145] 在实施例中, 主定位蜂窝小区可以配置成接收从多个卫星发送的导航消息。本领域技术人员将理解, 来自多个卫星的消息的解码和组合可以用于确定主定位蜂窝小区的位置以及建立精确的时间基准。

[0146] 在实施例中, 主定位蜂窝小区可以使用基于卫星导航的时间基准来确定紧密同步信号的时序。如本文所述, 可以以3GPP(例如, LTE) PRS导频的形式来构造紧密同步信号。主定位蜂窝小区可以发送紧密同步信号, 该紧密同步信号待由使用3GPP接收器的一个或多个次级主定位蜂窝小区或从定位蜂窝小区接收。接收定位蜂窝小区可以应用本文描述的时序和定位方法中的一个或多个以建立一个或多个到达时间并且同步进一步的定位信号的传输。

[0147] 在实施例中, 系统或配置服务器确定主定位蜂窝小区可以用来发起定位信号和紧密同步信号(例如, 在无执照频带中)的传输的方便的通用时间T和重复周期P。在这种情况下, 主定位蜂窝小区可以通过监听卫星导航信号来获得通用时间, 或者如果其不能听到卫星导航信号, 则通过监听来自蜂窝网络的强宏蜂窝小区并施加预定的时间偏移来找到通用时间T; 这假设宏蜂窝小区自身与卫星导航信号同步, 并且配置服务器可以学习宏蜂窝小区信号(特别是超级帧号和10ms边界)与预选的通用时间T之间的时间偏移, 并通知主定位蜂窝小区此时间偏移。此外, 为了防止卫星导航信号、蜂窝网络信号与潜在的WiFi信标信号之间的漂移, 重复周期P可以选择为102.4ms的倍数或者512ms的倍数。

[0148] 异步选项

[0149] 在实施例中, 场所中的定位蜂窝小区彼此之间是紧密同步且校准的, 但是不与诸如蜂窝网络或卫星导航信号之类的外部系统同步。在这种情况下, 定位蜂窝小区的时序将随着时间推移相对于外部系统漂移。当通信设备进入场所时, 由于定位信号随时间漂移, 所以将必须搜索定位信号。

[0150] 在实施例中, 每102.4ms发送的WiFi接入点的通常信标可以提供关于场所内的定位信号的时序和周期性的信息。因此, 通信设备可以通过监听通常信标来发现信号, 而无需为定位信号搜索许多秒。

[0151] 可以理解的是, 为清楚起见, 在分开的实施例的上下文中描述的本发明的某些特征也可以在单个实施例中以组合提供。相反地, 为简洁起见, 单个实施例的上下文中描述的本发明的各种特征也可以分开地提供、或者以任何合适的子组合提供、或者以适用于本发明的任何其它描述的实施例提供。在各种实施例的上下文中描述的一些特征不被认为是那些实施例的必要特征, 除非实施例在没有这些元素的情况下不工作。

[0152] 此外, 本文所阐述的各种实施例根据示例性框图、流程图和其它说明来描述。在阅读本文档之后, 对于本领域的普通技术人员将变得显而易见的是, 可以在不限制所示的示例的情况下实现所示实施例及其各种等效物。例如, 框图及其附带的描述不应被解释为强制要求特定的架构或配置。

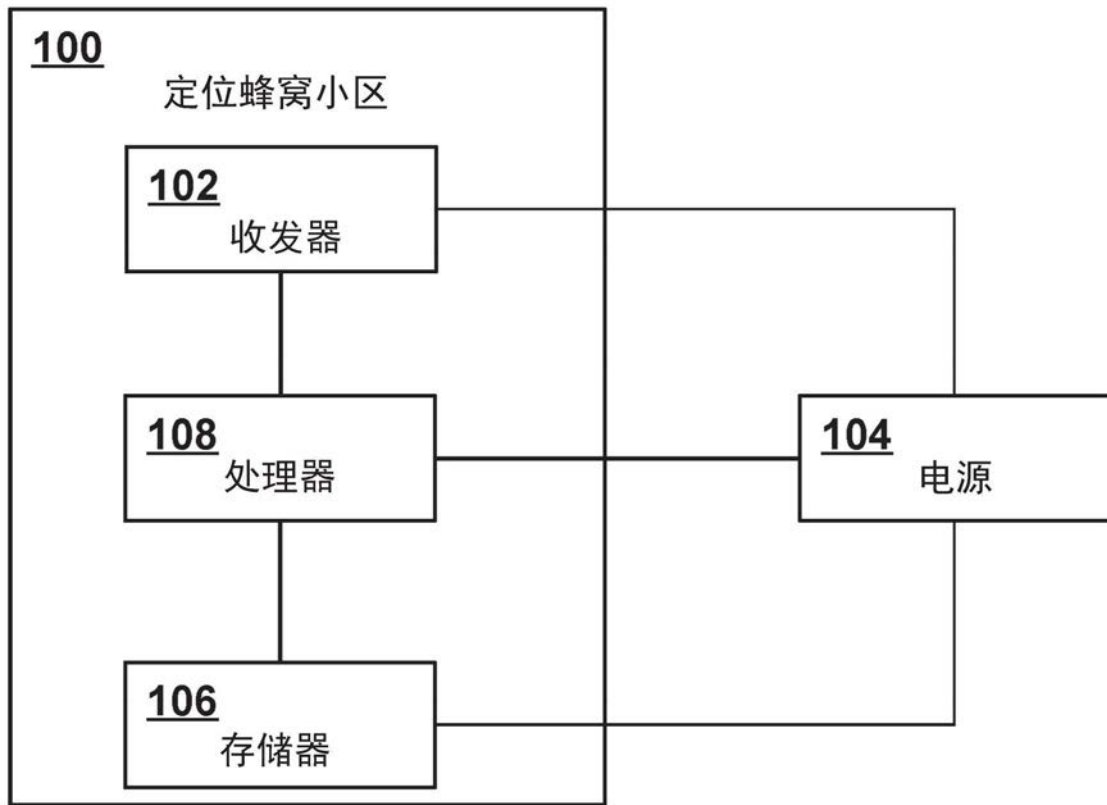


图1



图2



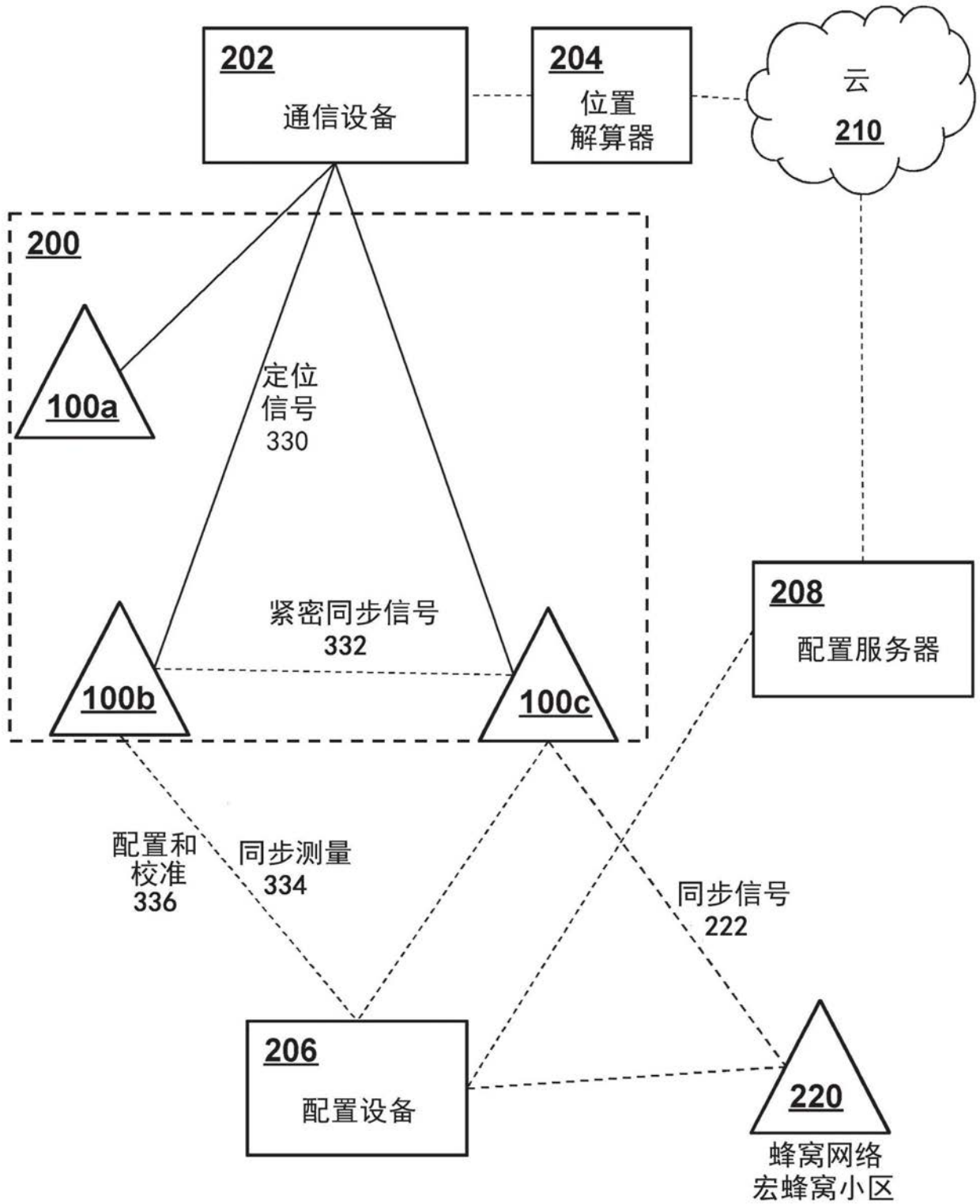


图3

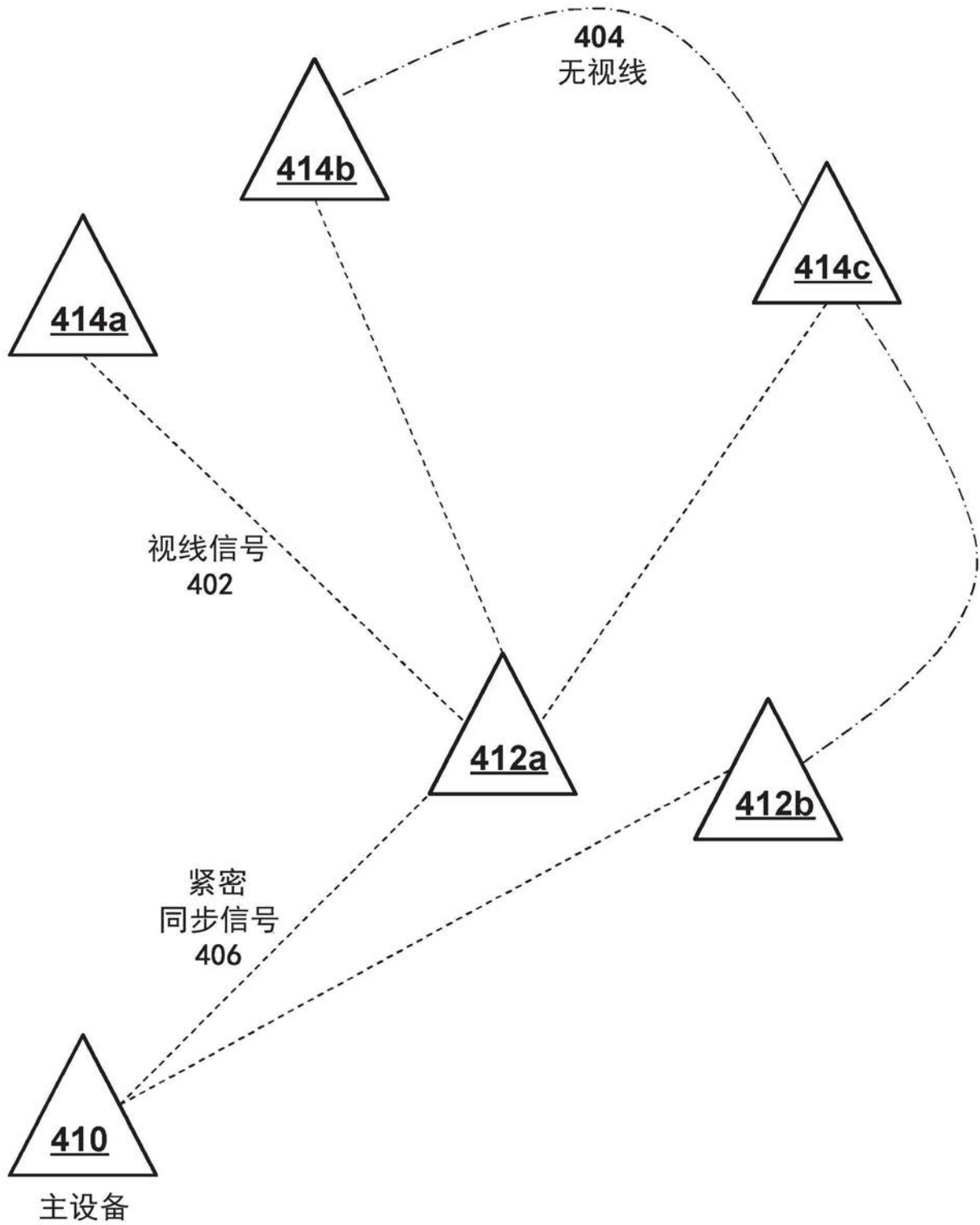


图4A

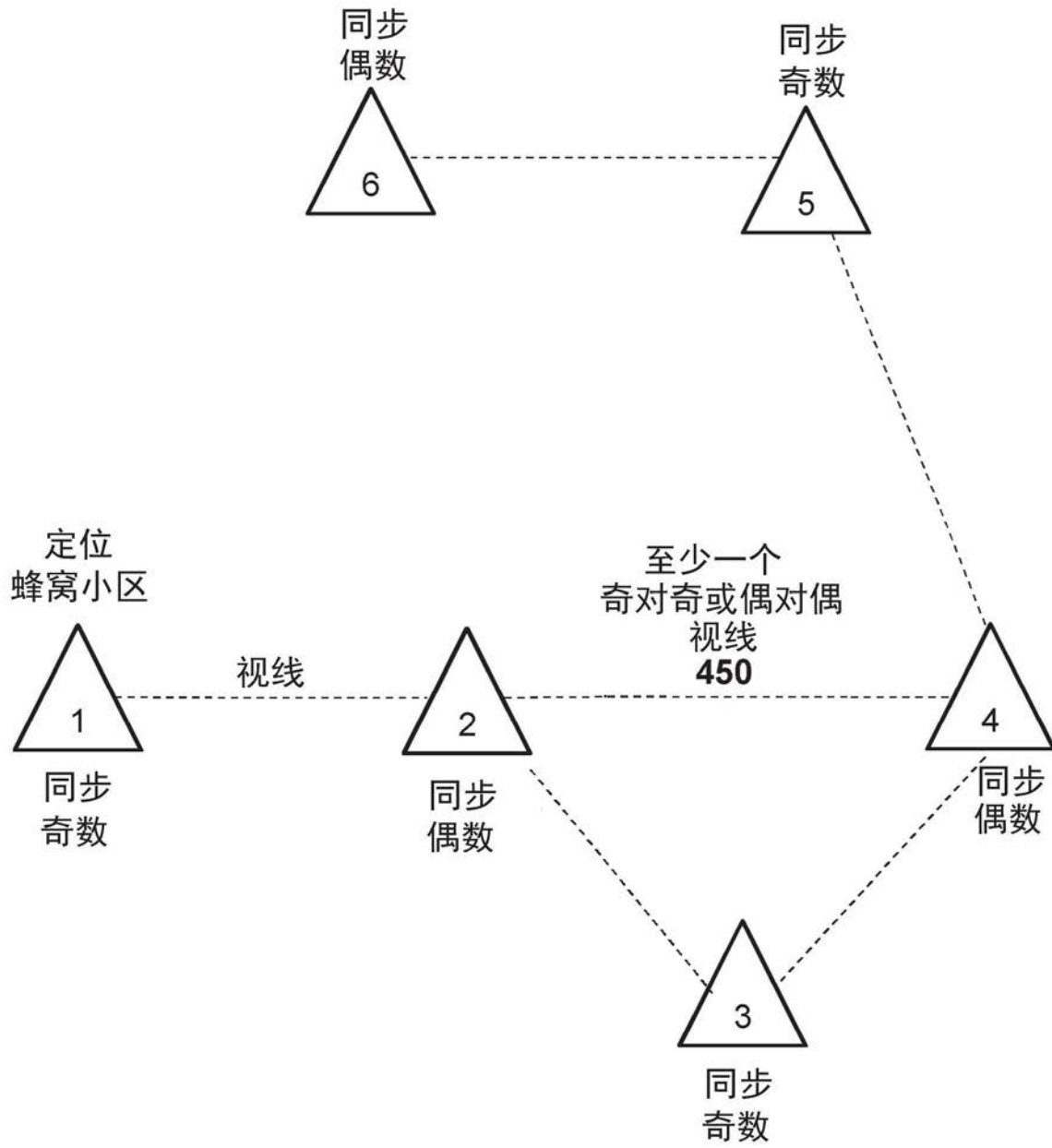


图4B

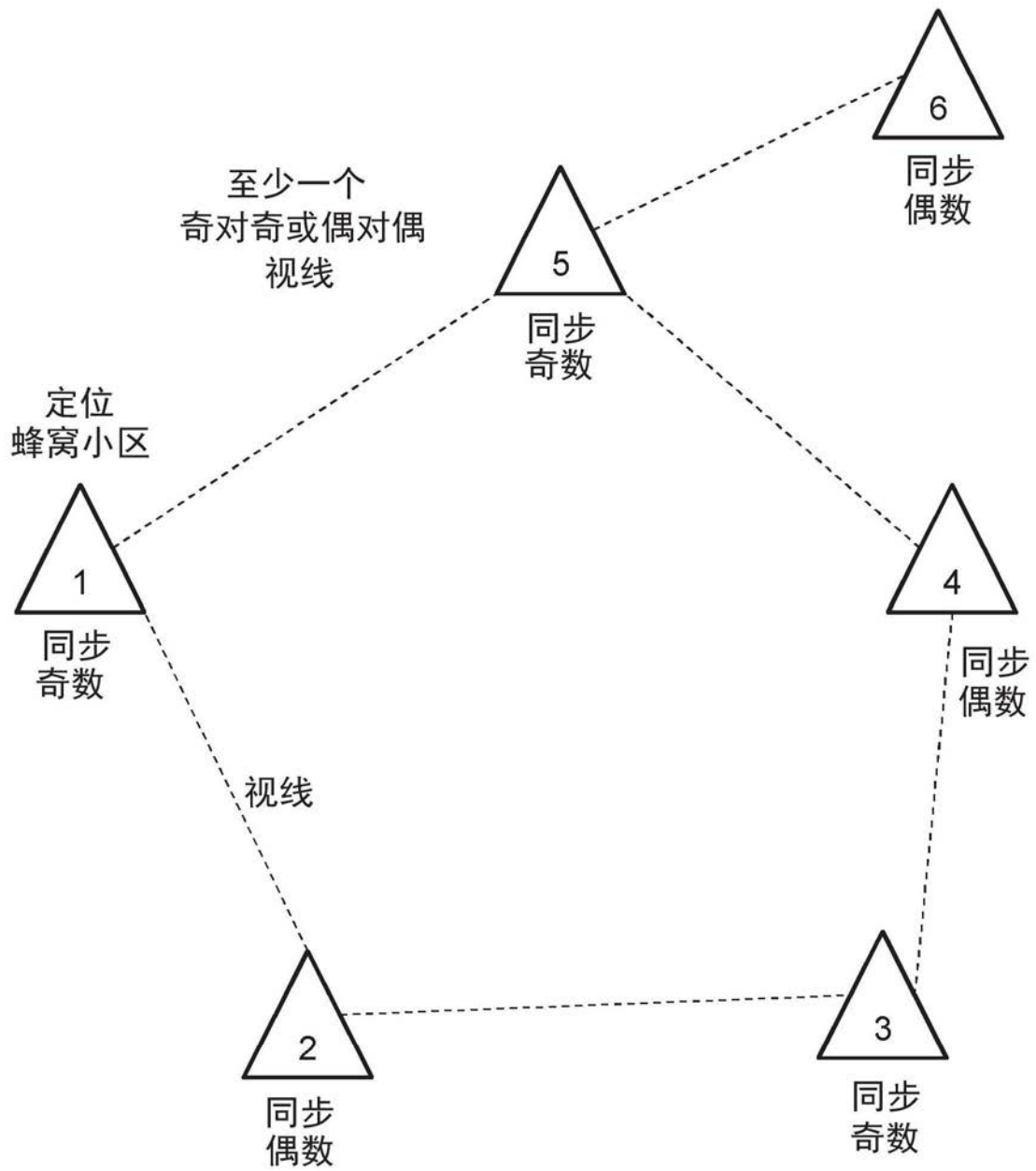


图4C

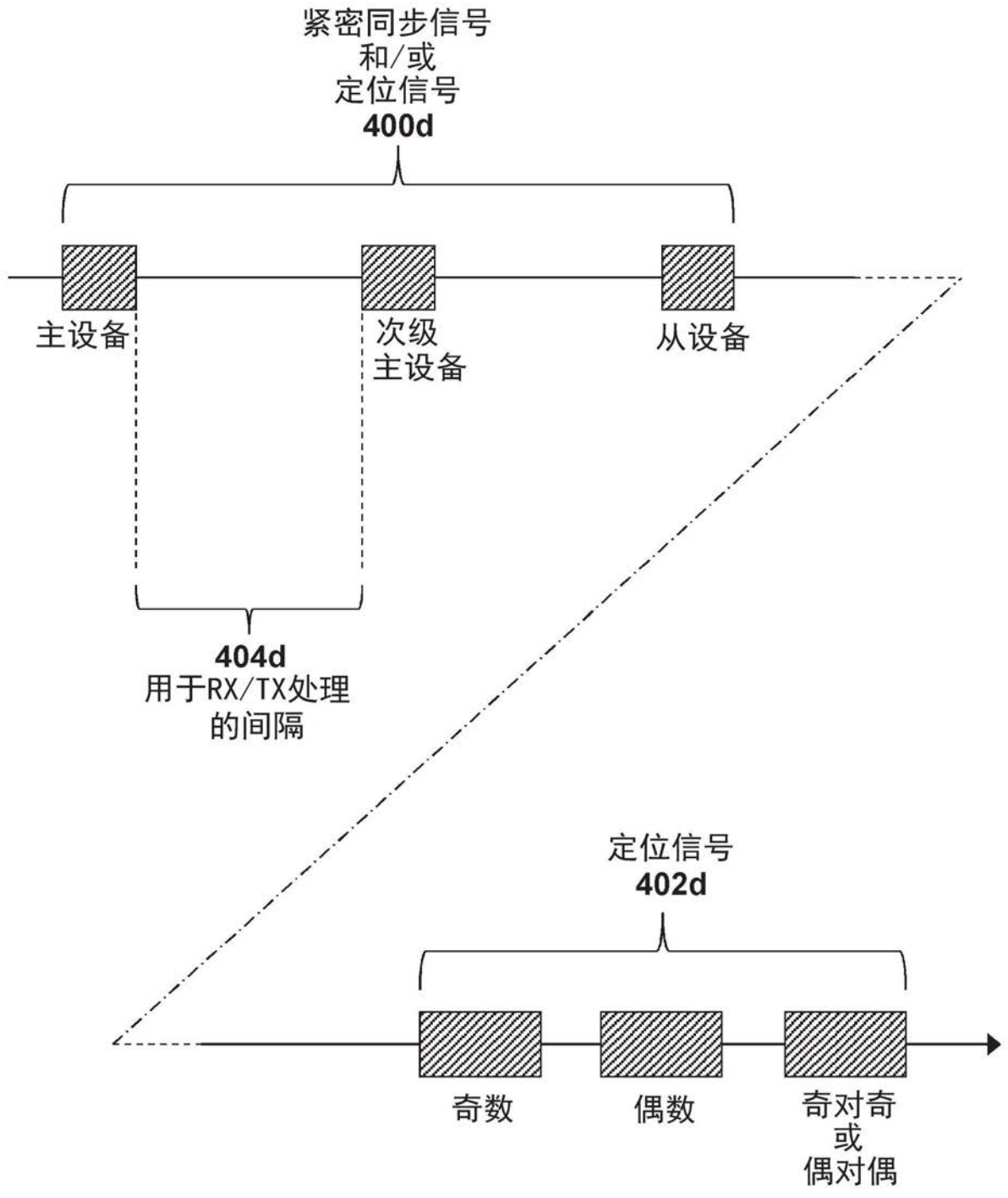


图4D

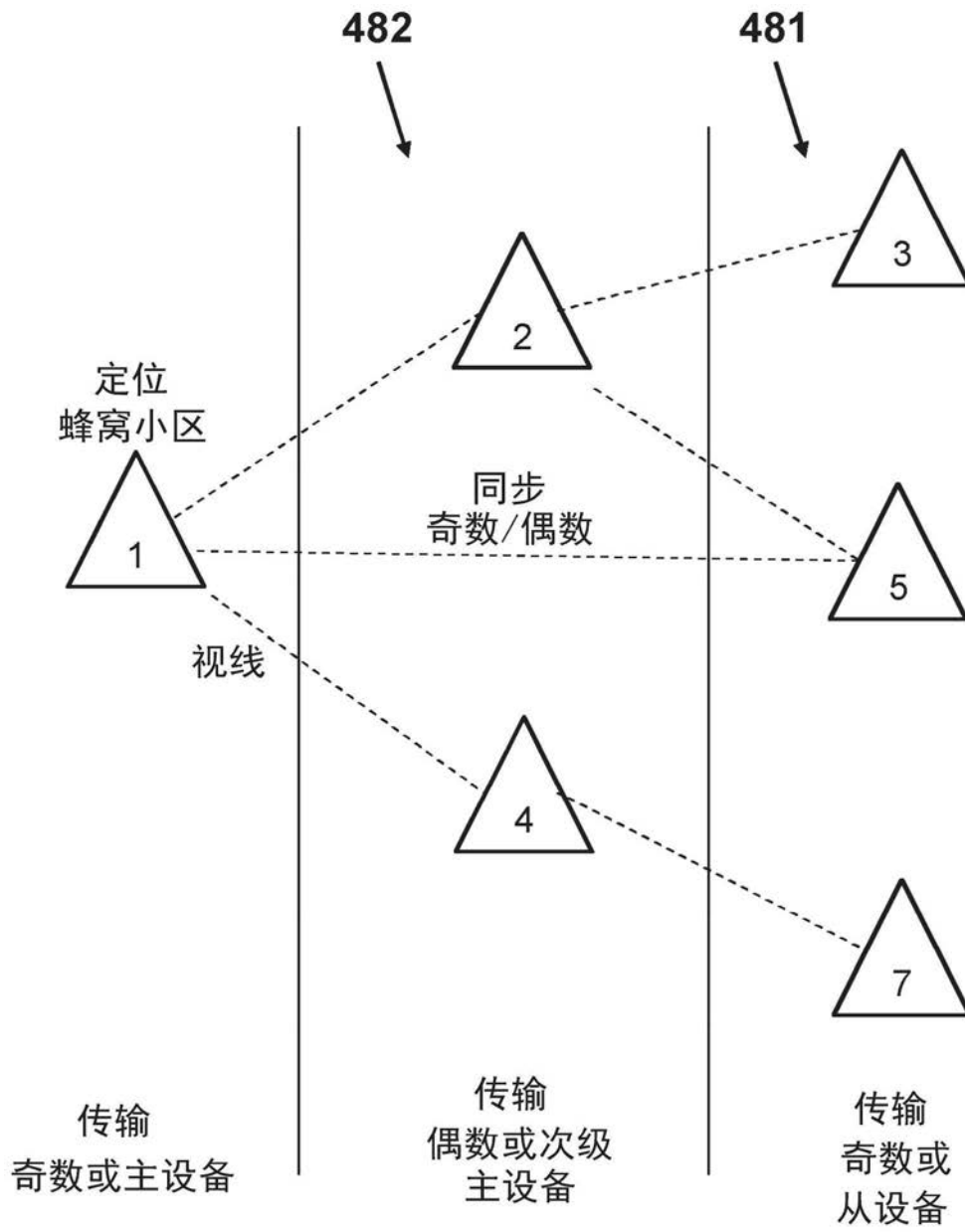


图4E

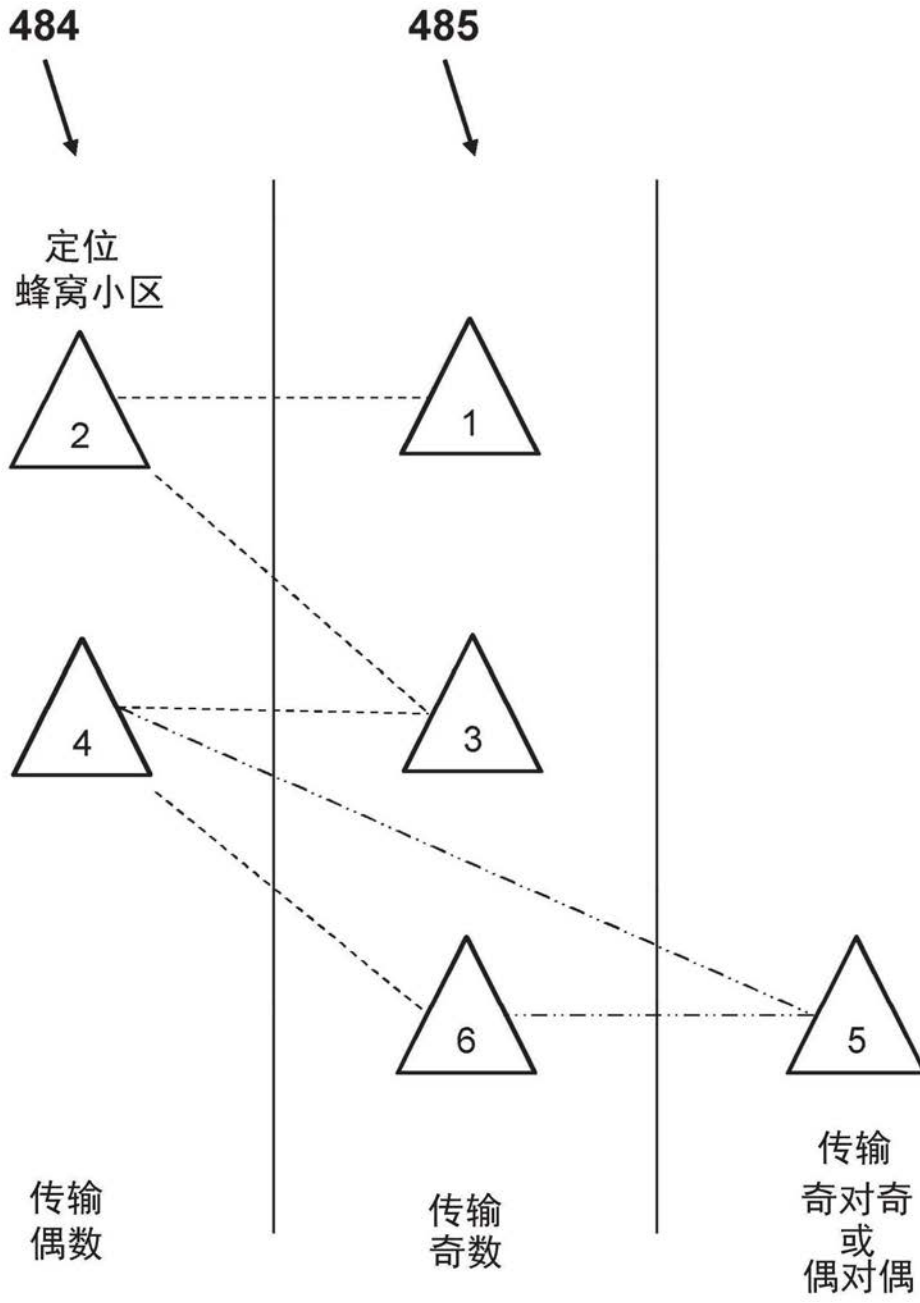


图4F

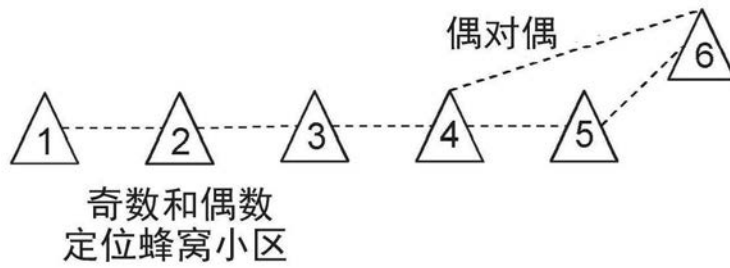


图4G

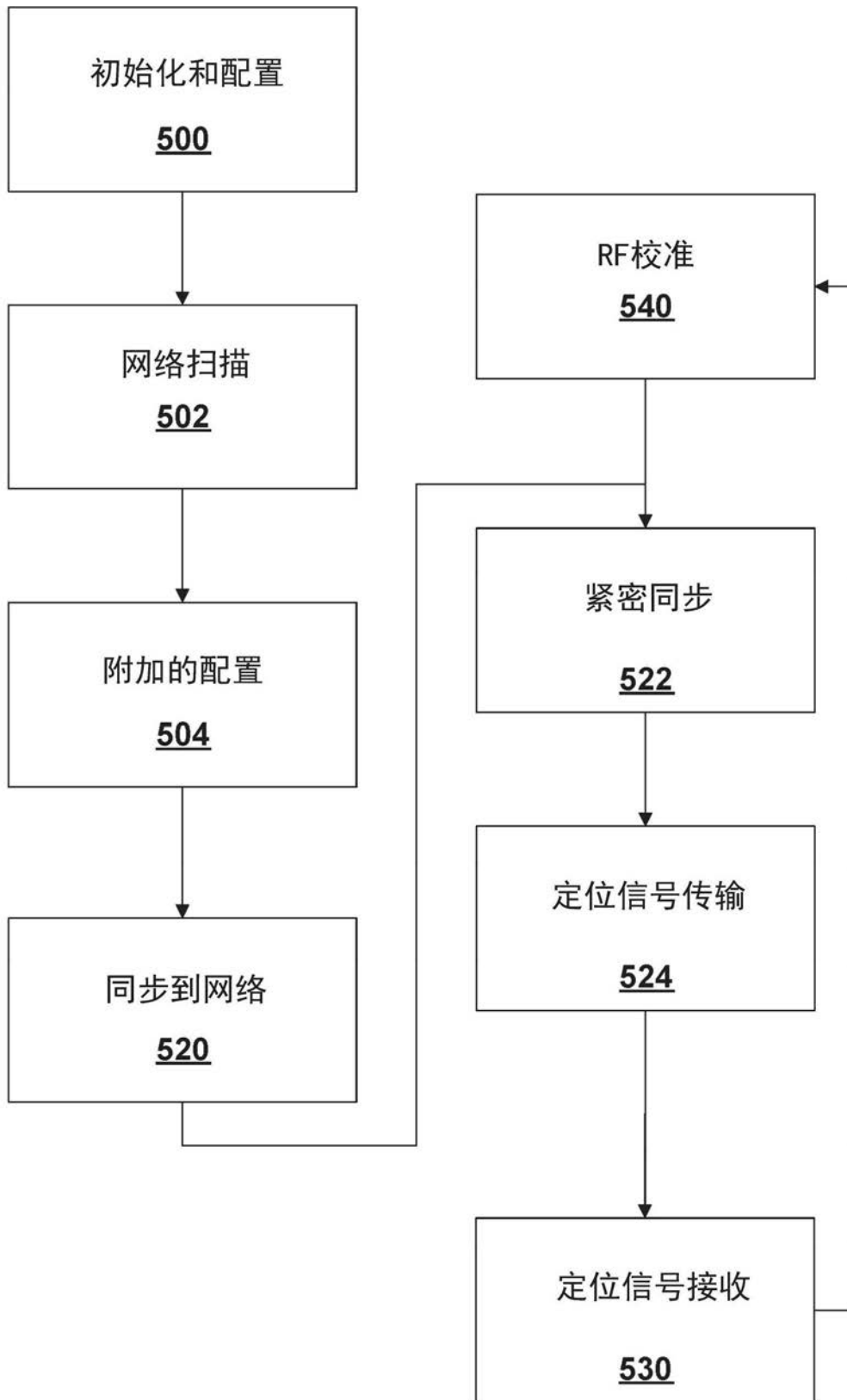


图5



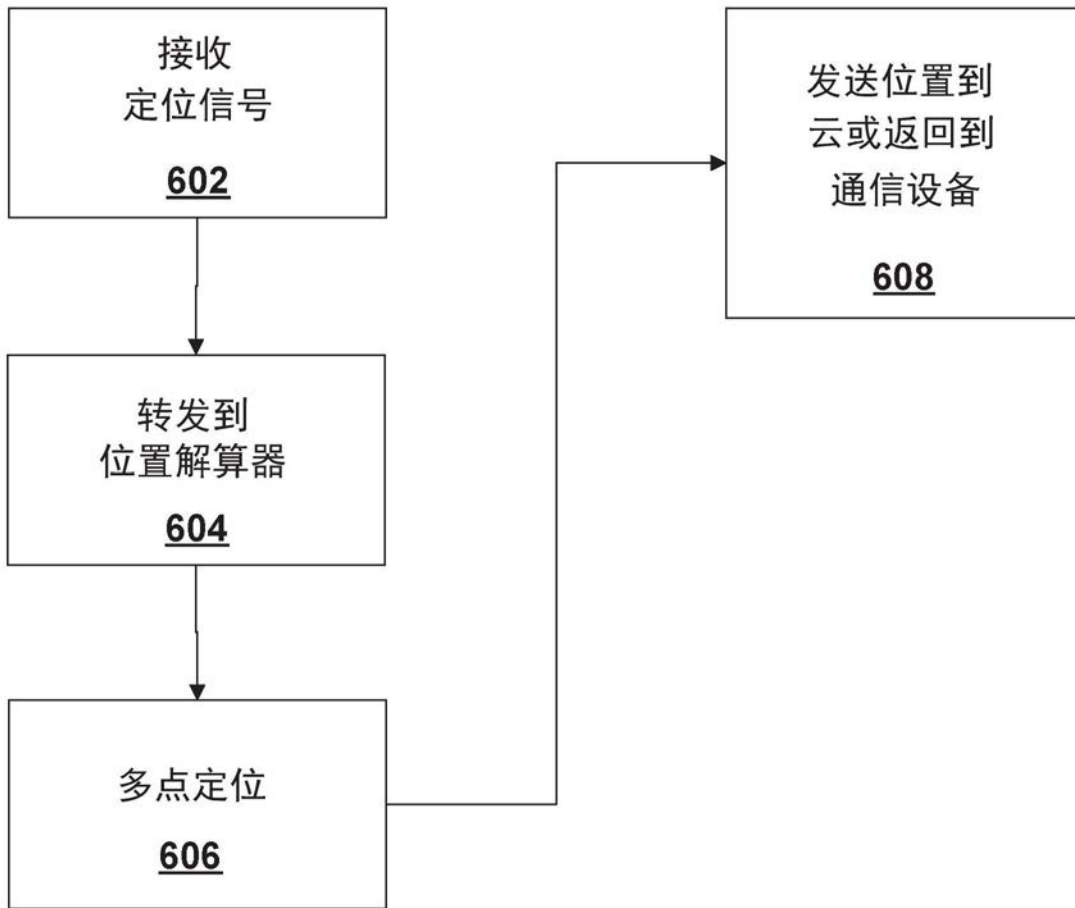


图6

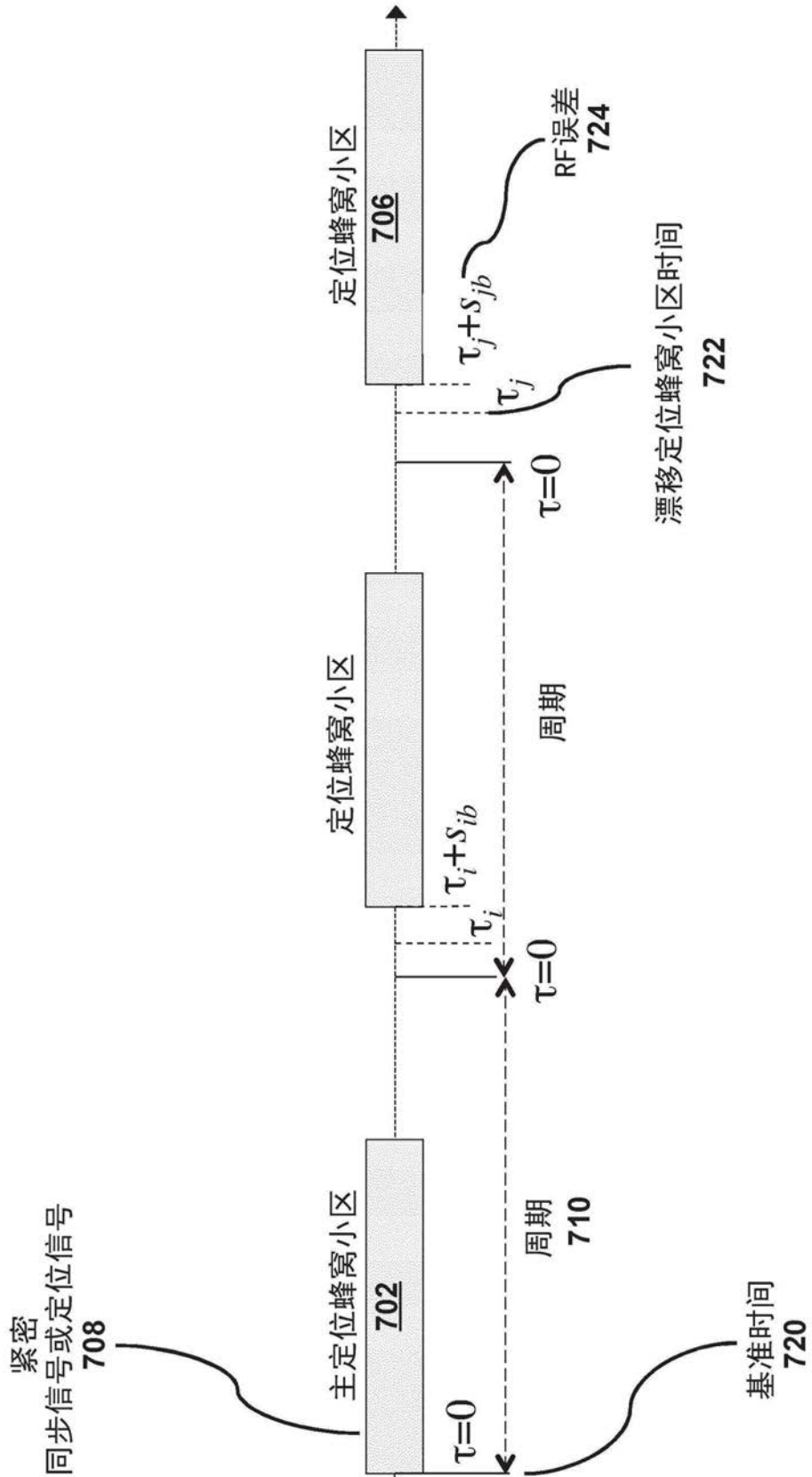


图7