



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101644755 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 18

(21) 申请号 200810144395. 7

(22) 申请日 2002. 11. 01

(30) 优先权数据

PR8634 2001. 11. 02 AU

(62) 分案原申请数据

02825992. 0 2002. 11. 01

(73) 专利权人 QX 有限公司

地址 澳大利亚首都区

(72) 发明人 戴维·斯莫尔

(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 11038

代理人 宋海宁

(51) Int. Cl.

G01S 1/02 (2006. 01)

G01S 5/02 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1305592 A, 2001. 07. 25,

US 6281834 B1, 2001. 08. 28,

US 5982324 A, 1999. 11. 09,

审查员 余莹洁

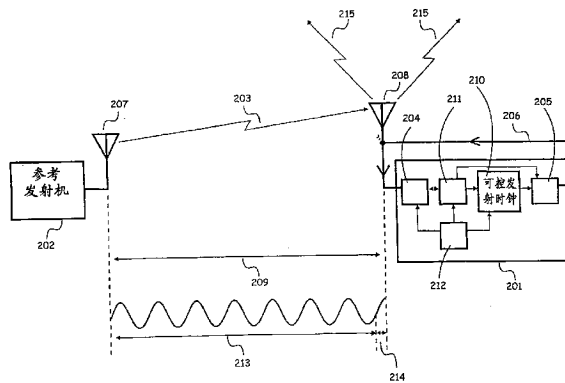
权利要求书3页 说明书17页 附图9页

(54) 发明名称

在位置网络内定位流动位置接收机

(57) 摘要

本发明公开了一种定位系统和方法,用来使流动位置接收机能确定其自身位置。该定位系统包括一个专用收发机(在下文中称为定位单元装置),其从其他定位单元装置和/或其他有资格的参考定位信号源接收一个或多个参考定位信号。每个接收到的参考定位信号优选地具有一个载波部分,一个伪随机码部分,和一个数据部分。该定位单元装置响应于所接收的参考定位信号和它们的已知位置,产生一个唯一定位信号。该唯一定位信号具有按时序同步于所接收的参考定位信号的一个或多个载波部分的载波部分,按时序同步于所接收的参考定位信号的一个或多个伪随机码部分的伪随机码部分,以及按时序同步于所接收的参考定位信号的一个或多个数据部分的数据部分。



1. 一种用于在定位系统中确定流动位置接收机的位置的方法, 该定位系统包括至少一个参考发射机和至少一个定位单元装置, 所述方法包括步骤:

a) 依照所述至少一个参考发射机的时基, 所述至少一个参考发射机中的每一个产生和发射参考定位信号, 其中所述至少一个参考发射机中的每一个在已知位置上;

b) 所述至少一个定位单元装置中的每一个:

i) 接收和解释参考发射机或中间定位单元装置发射的信号, 以确定从参考发射机或中间定位单元装置的信号传输延迟;

ii) 将其内部产生的定位信号按时序同步于参考发射机或中间定位单元装置发射的信号; 以及

iii) 接下来发射按时序同步于所述至少一个参考发射机的时基的唯一定位信号; 以及

c) 流动位置接收机接收:

i) 所述按时序同步的唯一定位信号; 或

ii) 所述参考定位信号和所述按时序同步的唯一定位信号两者;

以及随后计算其自身的位置而不需要微分校正。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中

a) 所述至少一个参考发射机还被配置为产生和发射多个不同频率定位信号, 所述多个不同频率定位信号显示相位不相干;

b) 所述至少一个定位单元装置中的每一个还包括步骤:

i) 产生和发射多个不同频率定位信号;

ii) 从所述至少一个参考发射机或从包括其自身的其他定位单元装置或者从两者处接收所述多个不同频率定位信号; 以及

iii) 将来自所述至少一个参考发射机或所述其他定位单元装置或两者处的每个不同频率定位信号独立地按时序同步于来自所述定位单元装置的相应的不同频率定位信号;

从而所有所述定位单元装置具有公共的距离误差; 以及

c) 所述流动位置接收机还包括步骤:

i) 接收所述独立地按时序同步的不同频率定位信号; 和

ii) 解释所述公共的距离误差作为接收机时钟偏差;

从而包含所述接收机时间偏差来计算精确位置解。

3. 如权利要求 1 所述的方法, 其中在步骤 (c) 中的所述流动位置接收机的计算位置由载波单点位置 - 速度 - 时间 (PVT) 解来确定。

4. 如权利要求 1 所述的方法, 其中步骤 (c) 中的所述接收信号包括伪随机码部分, 并且其中所述流动位置接收机确定从每个接收信号中的所述伪随机码部分中获得的伪随机码单点位置解。

5. 如权利要求 1 所述的方法, 其中步骤 (c) 中的所述接收信号包括载波部分, 并且其中所述流动位置接收机确定从每个接收信号中的所述载波部分中得到的载波单点位置解。

6. 如权利要求 1 所述的方法, 其中步骤 (c) 中的所述接收信号包括数据部分, 并且其中所述流动位置接收机从每个接收信号中的所述数据部分中接收导航信息。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 还包括相对于参考发射机的时钟确定所述流动位置接收

机的时间。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述至少一个或多个参考发射机中的每一个包括定位单元装置、广域增强系统卫星、全球导航卫星系统卫星或伪卫星。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述至少一个或多个参考发射机中的每一个包括任意有效时间源的组合。

10. 一种定位系统,其能够使流动位置接收机确定其自身的位置,所述定位系统包括:

a) 至少一个参考发射机,所述至少一个参考发射机中的每一个被配置为依照所述至少一个参考发射机的时基来产生和发射参考定位信号;以及

b) 至少一个定位单元装置,每一个定位单元装置包括:

i) 用于接收和解释由参考发射机或中间定位单元装置发射的信号,以确定从参考发射机或中间定位单元装置的信号传输延迟的装置;

ii) 用于将其内部产生的定位信号按时序同步于参考发射机或中间定位单元装置发射的信号的装置;以及

iii) 用于接下来发射按时序同步于所述至少一个参考发射机的时基的唯一定位信号的装置;

其中,所述流动位置接收机包含装置用于:接收:

i) 所述按时序同步的唯一定位信号;或

ii) 所述参考定位信号和所述按时序同步的唯一定位信号两者;

以及随后计算其自身的位置而不需要微分校正。

11. 如权利要求 10 所述的定位系统,其中:

a) 所述至少一个参考发射机还被配置为产生和发射多个不同频率定位信号,所述多个不同频率定位信号显示相位不相干;并且

b) 所述至少一个定位单元装置还包括:

i) 用于产生和发射多个不同频率定位信号的装置;

ii) 用于从所述至少一个参考发射机或其他定位单元装置包括其自身或者从两者接收所述多个不同频率定位信号的装置;以及

iii) 用于将来自所述至少一个参考发射机或所述其他定位单元装置或者两者的每个不同频率定位信号独立地按时序同步于来自所述定位单元装置的相应的不同频率定位信号的装置;

从而所有所述定位单元装置具有公共的距离误差;

其中,所述流动位置接收机还包括:

i) 用于接收所述独立地按时序同步的不同频率定位信号的装置;和

ii) 用于解释所述公共的距离误差作为接收机时钟偏差的装置;

从而包含所述接收机时间偏差来计算精确位置解。

12. 如权利要求 10 所述的定位系统,其中所述流动位置接收机的计算位置由载波单点位置-速度-时间(PVT)解来确定。

13. 如权利要求 10 所述的定位系统,其中所述流动位置接收机接收的信号包括伪随机码部分,并且其中所述流动位置接收机确定从每个接收信号中的所述伪随机码部分中获得的伪随机码单点位置解。

14. 如权利要求 10 所述的定位系统,其中所述流动位置接收机接收的信号包括载波部分,并且其中所述流动位置接收机确定从每个接收信号中的所述载波部分中得到的载波单点位置解。

15. 如权利要求 10 所述的定位系统,其中所述流动位置接收机接收的信号包括一个数据部分,并且其中所述流动位置接收机从每个接收信号中的所述数据部分中接收导航信息。

16. 如权利要求 10 所述的定位系统,其中所述定位系统适于相对于参考发射机的时钟确定所述流动位置接收机的时间。

17. 如权利要求 10 所述的定位系统,其中所述至少一个或多个参考发射机中的每一个包括定位单元装置、广域增强系统卫星、全球导航卫星系统卫星或伪卫星。

18. 如权利要求 10 所述的定位系统,其中所述至少一个或多个参考发射机中的每一个包括任意有效时间源的组合。

在位置网络内定位流动位置接收机

[0001] 本申请是申请号为 02825992.0、申请日为 2002 年 11 月 1 日、发明名称为“按时序同步位置网络的方法和装置”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明一般涉及用于为移动设备产生精确的位置确定的系统和方法。本发明尤其应用于精确的到达时间位置确定系统。本发明不受现有技术的要求所约束,如在发射机信标之间的物理连接,如需要连接到每个发射机的原子时标准,或者需要微分校正技术。

背景技术

[0003] 在本领域中容易理解精确的到达时间位置确定依赖于所使用的发射机时钟的精度。在其最基本的形式中,置于已知位置并通过三个等长电缆连接到一个公共时钟的三个发射机信标将满足到达时间定位系统的基准。然而,由于需要得到精确定时的电缆在时标之间的潜在远距离之上分布高频定时信号,生产和安装这种基本定位系统是非常不切实际的。作为选择,具有很低的漂移率的精确原子时标准可以被安装于每个发射机信标,并使用一个置于已知位置并连接到一个参考时基的参考接收机来监控。响应于从发射机信标所接收到的定位信号,通过一个 RF 数据链,时钟校正被从参考接收机发送到每个信标,用于向用户设备的后续转播。诸如 GPS 的现代卫星定位技术采用这种技术,其中铯和铷时间标准被安装在每个 GPS 卫星中,同时, GPS 地面控制部门连续不断地监控所有 GPS 卫星,并每 24 小时向每颗卫星向上传输时钟校正。于是,这些校正通过每颗卫星的导航消息被转播到 GPS 用户设备,这样, GPS 用户设备内的定位算法能够解决卫星时钟误差。具有至少 4 颗 GPS 卫星可视,在 GPS 用户设备使用一种被称作常规的码基 GPS 位置解决方案的标准技术实现一个三维定位。这种标准技术通常也被本领域技术人员称为“单点位置”。

[0004] 常规的码基 GPS 位置解决方案(单点位置)

[0005] 在常规的码基 GPS 中,靠近地球的任一点的纬度、经度和高度能够从来自至少 4 颗可视的 GPS 卫星的定位信号的传播时间计算出来。一个 GPS 接收机基于内部产生的伪随机码(PRN)序列和所接收到的来自每颗 GPS 卫星的伪随机码序列的相关性进行距离计算。所测得的距离被称作伪距,因为在卫星上的时钟和 GPS 接收机内的时钟之间存在时间差或者偏移。有必要确保接收机的时钟和卫星星座的时钟同步,以便精确测量在卫星伪随机码序列的传输和通过一个 GPS 接收机接收该伪随机码序列之间的耗用时间。导航消息也从每颗卫星进行传输,其包括时间信息、卫星轨道信息和卫星时钟校正项。对于三维定位,一个 GPS 接收机需要 4 颗卫星信号以求解四个未知量,即位置(x, y, z)和时间(t)。对于二维定位(2-D),高度是固定的,需要三个卫星信号求解三个未知量,即位置(x 和 y)和时间(t)。常规的码基 GPS 位置解决方案能够使一个至少 4 颗卫星可视的 GPS 接收机具备确定一个具有大约 10 到 20 米精度的绝对三维(3-D)位置的能力。

[0006] 这种常规的码基 GPS 位置解决方案是一种自主的解决方案,没有来自参考接收机的微分校正数据就能够确定位置、速度和时间(PVT)。因此,它在本领域中被称作“单点位

置”解决方案。

[0007] 常规的码基微分 GPS(相对定位)

[0008] 利用一个所建立的精确原子时基, GPS 星座仅能够向一个 GPS 接收机提供约为 10 到 20 米的绝对三维位置精度。这是因为定位信号来自六个主要误差源的毁坏:(1) 电离层延迟,(2) 对流层延迟,(3) 星历误差,(4) 卫星时钟误差,(5)GPS 接收机噪声,以及(6) 多径。电离层延迟是由电磁波穿过在电离层中的电离粒子带时所经历的时间延迟。对流层延迟是由电磁波穿过较低大气中的湿气时所经历的时间延迟。星历误差是实际卫星位置和由卫星轨道数据所预报的位置之间的差。接收机噪声是由 GPS 接收机的内部电子器件所产生的噪声。多径是由极接近 GPS 接收机的局部信号反射所引起的信号延迟。这些误差源的大部分在相对短的距离(即,几十公里)上是空间相关的。这意味着相互邻近的两个不同的 GPS 接收机将观察到相同的误差。因此,使用一种被称作“微分校正”的方法改善空间相关的误差源是可能的。置于一个众所周知位置上的一个参考接收机对于它所探测的每个卫星信号计算一个假定的伪距。它接着测量从 GPS 卫星所接收到的伪距,并从所接收到的伪距中减去假定的伪距,形成对每颗可视卫星的微分距离校正。参考接收机于是通过一个 RF 数据链将这些校正当作数字数据发送到 GPS 接收机。接下来,GPS 接收机在计算一个位置解之前将这些校正加到它所测量的伪距(对于参考接收机的同一颗可视卫星)上。参考接收机和 GPS 接收机的公共的误差可完全由这个步骤去除。诸如多径和接收机噪声的不相关的误差源留在伪距中,继而降低位置精度。在低多径环境中,利用码基微分 GPS 校正,可以获得几米范围内的位置精度。

[0009] 常规的基于载波的微分 GPS(相对定位)

[0010] 常规的基于载波的微分 GPS(CDGPS) 使用在参考接收机和用户接收机所测得的卫星的载波相位之差计算参考位置和用户位置之间的差。一个置于一个众所周知位置的 CDGPS 参考接收机对所有可视的卫星计算同时的载波相位测量,然后,通过一个 RF 数据链将载波相位数据广播到用户接收机。用户接收机还对所有可视的卫星计算同时的相位测量,然后,计算一个相位差以确定用户接收机相对于参考接收机位置的位置。载波相位测量是基于来自 GPS 卫星的载波频率上出现的多普勒频移的连续周(cycle)的计数。每个初相,这个连续周计数(从前一初相的值加上在当前初相中相位上的前进)可从接收机获得。更明确讲,在一个初相期间的相位上的前进是通过综合在该初相间隔内的载波多普勒偏移确定的,因此,命名为综合载波相位(ICP)。

[0011] 用户接收机能够测量部分相位加上该载波的任意个完整周,但是不能直接确定在伪距中确切的完整周数目。这个数目,被称为“整数周模糊度”,必须由其他方法确定。用于解算载波相位整数模糊度的传统策略分为三大类:搜索法,过滤法和几何法。这些传统的方法不能产生瞬时的整数周模糊度解。一种被称作“宽-通道收缩(laning)”的方法已被发展用于解决这个非瞬时整数周模糊度问题。宽通道收缩相乘并滤波两个载波频率(传统为 GPS L1 和 L2 频率)以形成一个拍频信号。这个拍频波长大大长于两个单独载波的波长。因而,整数解能够通过使用伪距观测得到,以确定由该拍频信号所形成的更宽的“通道(lane)”的整数模糊度。这些整数解大大降低了用于解算整数模糊度所必须搜索的整数量。

[0012] 对于 CDGPS 方法,主要的约束首先是 RF 数据链的完整性和等待时间,其次,是在用户接收机处缺乏时间确定。RF 数据链的数据带宽约束微分数据更新速度,导致数据等待时

间并降低位置精度。由物理障碍和多径引起的微分数据的不良接收导致数据毁坏,这降低位置精度最多,并且以最坏程度导致地整个链路故障和没有位置更新。CDGPS 的第二个不足是缺少时间确定。一种常规的单点位置解决方案解出四个未知量,即位置 (x, y, z) 和时间 (t) 。CDGPS 使用被称为“二重微分”的处理,其能消除参考接收机和用户接收机的接收机时钟项。因此,用户接收机能够确定相对于参考接收机位置的准确位置,但是不能确定时间。如果用户只是关注位置,这是不重要的。然而,准确知道一个精确的系统时基对于包括计算机网络和电信系统的许多用户应用是非常有益的,缺乏时间确定是有关 CDGPS 现有技术系统的主要问题。

[0013] 伪卫星 (pseudolite) 增强

[0014] 另一种用于帮助 GPS 位置确定的方法是使用如伪卫星的基于地面的增强系统。伪卫星能够被引入常规的基于码和载波的微分 GPS 系统,而不需要任何附加的基础设施。它们能够被用作附加的测距信号,也被用作 RF 数据链以将微分校正发送到用户设备。作为选择,伪卫星能够同步于 GPS 时基。一个 GPS 接收机从使用至少 4 颗 GPS 卫星的一种常规的码基 GPS 解决方案中确定 GPS 时间,并将所确定的时间传送到一个共址的伪卫星发射机。该 GPS 时基的精度受 GPS 误差源的约束,包括电离层和对流层延迟,卫星时钟误差、卫星位置误差、接收机噪声和多径。约为 50 到 100 纳秒的时间精度可通过使用 GPS 时基方法获得。然而,这仅转换为在几十米范围内的位置精度。这种精度对于精确导航系统来说是太过于粗略了。

[0015] 使用“全向标记”伪卫星的基于载波的微分 GPS

[0016] 科恩 (Cohen) 的标题为“用于产生精确的基于码和载波相位位置确定的系统和方法”的美国专利号 5, 583, 513 描述了一种微分校正方法,由此,一种所谓的“全向标记”伪卫星作为一个向一个定位接收机转播信息的信道以进行微分测距校正 (第 6 栏,第 43 ~ 46 行)。该“全向标记”伪卫星能够被表述为一种比喻性的镜子,由此, GPS 卫星信号从已知的全向标记伪卫星位置被同相“反射”到位置接收机。因此,发出的载波和每个信标标记信号的 PRN 码部分对于在 GPS 信号中的他们的输入对应部分确切是相位相干的 (专栏 6,行 28 ~ 32)。处于一个高飞的飞行器中的一个位置接收机从 GPS 卫星接收定位信号,还从全向标记伪卫星接收“反射的”GPS 定位信号,随后计算微分距离测量。

[0017] 科恩的微分方法不必需要常规的基于码和载波的微分系统所需要的一种传统的数字数据链。然而,全向标记位置接收机依然必须接收 GPS 卫星和全向标记信号以计算一个微分距离测量。单接收全向标记信号将不会允许计算位置。同样,全向标记必须产生并向每个可视的 GPS 卫星传输单独的载波和 PRN 部分,这使全向标记复杂且昂贵。当前,这将会需要多达 12 个从单个全向标记的单独传输。此外,一个全向标记位置接收机需要常规的微分 GPS 接收机的接收信道的两倍,这增加了成本和复杂性。

[0018] 使用“地面收发信机”伪卫星的微分测距

[0019] Sheynblat 申请的标题为“地面收发信机网络”的美国专利第 6, 121, 928 号描述了一种微分校正方法,借此,所谓的“地面发射机”和“地面收发信机”伪卫星网络用作信道,中继信息到用于对用户位置进行微分确定的位置接收机 (第 5 栏,第 31 到 36 行)。Sheynblat 讲述了使用微分校正克服主时钟偏置 (第 5 栏,第 23 到 36 行) 和由地面收发信机硬件引入的线路偏置 (第 5 栏,第 38 到 67 行和第 6 栏,第 1 到 23 行)。Sheynblat 的微分方法和

实施例包括：(i) 区别地面收发信机信号与地面发射机信号的用户接收机（第 5 栏，第 31 到 36 行，和权利要求 2），(ii) 区别多个主地面发射机信号与地面收发信机的用户接收机（第 6 栏，第 25 到 67 行，和第 7 栏，第 1 到 33 行），以及 (iii) 区别地面收发信机信号的用户接收机，其结合了已经区别卫星信号的信号（第 7 栏，第 34 到 67 行，和第 8 栏，第 1 到 34 行）。Sheynblat 的专利讲述了微分方法的改进，但没有讲述，展示或建议将在流动位置接收机从地面收发信机网络产生单点位置解的更为期盼的系统。

[0020] 现有技术系统允许到达时间位置确定，至少需要以下一个方面：(a) 发射机信标之间的物理连接；(b) 每个发射机的原子时标准；(c) 同步一个 GPS 时基；(d) 某种形式的微分校正。一个能够提供极精确的到达时间定位信号、而没有任何这些约束的系统，是极为人所盼的。本发明通过按时序同步一个无线电收发机系统（下文称作定位单元装置）实现这个所期盼的目标。

发明内容

[0021] 本发明的一个目的在于提供一种定位系统和方法用于进行精确的码和载波相位位置确定，而不需要定位单元装置之间的物理互连。

[0022] 本发明还有一个目的在于提供一种定位系统和方法用于进行精确的码和载波相位位置确定，而不需要原子时标准。

[0023] 本发明还有一个目的在于提供一种定位系统和方法用于进行精确的码和载波相位位置确定，而不需要一种全球导航卫星系统时基。

[0024] 本发明还有一个目的在于提供一种定位系统和方法用于进行精确的码和载波相位位置确定，而不需要微分校正技术。

[0025] 本发明还有一个目的在于使定位单元装置按时序同步于一个系统时基，该系统时基不必绝对精确。

[0026] 本发明还有一个目的在于通过地理上分布的定位单元装置传播一个参考时基。

[0027] 本发明还有一个目的在于向一个流动位置接收机提供按时序同步的码相位伪距，以便单点码相位位置解不借助微分校正就能够得到确定。

[0028] 本发明还有一个目的在于向一个流动位置接收机提供按时序同步的码相位伪距，以便一旦整数周模糊度被解出，单点载波相位位置求解不借助微分校正就能够得到确定。

[0029] 本发明还有一个目的在于向一个流动位置接收机提供精确的网络传输时间信息。

[0030] 本发明的上述目的由一个定位系统实现，该系统包括一个在关于一个参考坐标系已知位置的定位单元装置，该定位系统从关于一个参考坐标系已知位置的参考发射机接收一个或多个参考定位信号。参考发射机包括其他定位单元装置，广域增强系统 (WAAS) 卫星，全球导航卫星系统 (GNSS) 卫星，伪卫星，或包含定时信息的任何其他信号。每一个所接收的参考定位信号优选具有一个载波部分，一个伪随机码部分和一个数据部分。定位单元装置，响应于所接收的参考定位信号和它们的已知位置，产生一个唯一定位信号。该唯一的定位信号具有一个按时序同步于所接收的定位信号的一个或多个载波部分的载波部分，一个按时序同步于所接收的定位信号的一个或多个伪随机码部分的伪随机码部分，和一个按时序同步于所接收的定位信号的一个或多个数据部分的数据部分。一旦一个定位单元装置按时序同步于一个参考发射机，进入该网络的其它定位单元装置能够使用它的唯一发射

的定位信号作为参考定位信号。按时序同步的定位单元装置的地理分布产生一个定位信号的时间相干网络。由此,本发明的方法允许一种在相当大范围的地理区域内传播一个极精确的时基的独特能力。

[0031] 该系统还包括至少一个流动位置接收机。该流动位置接收机通过对每一个所接收的按时序同步的伪随机码部分进行伪距测量能够进行基于码的单点位置确定,并且一旦载波整数周模糊度被解算出,它通过对每一个所接收的按时序同步的载波部分进行伪距测量能够进行基于载波的单点位置确定。一个按时序同步的定位系统的形成允许流动位置接收机有能力自主计算基于码和精确载波的单点定位的解,而不需要微分校正。而且,在该网络内不需要绝对的时间精度(在现有技术通常由原子时标准获得)。

[0032] 上面所述的方法,其中定位单元装置按时序同步于至少一个参考发射机,将在下文被称作“时间同步”。

附图说明

[0033] 图 1 是根据本发明的一个实施例的图示,包含向多个定位单元装置广播的单个参考发射机和确定一个自主单点位置解的一个流动位置接收机。

[0034] 图 2 是根据本发明的关于时间同步的另一个实施例的图示,包含向一个定位单元装置广播的单个参考发射机。

[0035] 图 3 是根据本发明的关于时间同步的另一个实施例的图示,包含向多个定位单元装置广播的单个参考发射机。

[0036] 图 4 是根据本发明的关于时间同步的另一个实施例的图示,包含通过一个中间定位单元装置进行广播的一个参考发射机。

[0037] 图 5 是根据本发明的关于时间同步的另一个实施例的图示,包含向一个定位单元装置广播的多个参考发射机。

[0038] 图 6 是根据本发明的关于时间同步的另一个实施例的图示,包含向四个定位单元装置广播的一个广域增强系统(WAAS)参考发射机。这些定位单元装置随后将他们自己唯一的按时序同步的定位信号传输给置于卫星盲区中的一个流动位置接收机。

[0039] 图 7 是根据本发明的关于时间同步的另一个实施例的图示,包含向其他三个定位单元装置广播的一个定位单元装置参考发射机。这些定位单元装置随后将他们自己唯一的按时序同步的定位信号传输给一个流动位置接收机。

[0040] 图 8 是根据本发明的关于时间同步的另一个实施例的图示,包含两个自主定位单元装置网络。边界定位单元装置随后向该流动位置接收机传输网络间的校正。

[0041] 图 9 是根据本发明的定位单元装置硬件的框图。

具体实施方式

[0042] 综述

[0043] 定位单元装置是一种专用的无线电收发机,位于一个已知的位置并从至少一个参考发射机接收至少一个参考定位信号。优选地,参考发射机是另一种的定位单元装置,或一颗 WAAS 卫星。响应于所接收的参考定位信号,定位单元装置将内部产生的定位信号按时序同步于参考发射机时基,并将它的唯一定位信号传送到所有其它可视的位置接收机。形成

一个自主位置网络最少需要至少两个按时序同步于一个参考发射机的定位单元装置。在这个自主网络里的所有传输信号的一个可视的流动位置接收机有能力确定自主码和载波单点位置解,而不需要微分校正。此外,参考发射机振荡器不需要现有技术系统所需要的原子时标准的固有稳定性,由此,允许一个廉价的晶体振荡器被用作对于整个位置网络的一个参考时基。

[0044] 因此,如下详述,一个定位单元装置可能作为一个比喻性的“频道”用于将按时序同步的定位信号分发到一个流动位置接收机。这允许该流动位置接收机计算基于码和载波的单点位置确定,而不需要定位单元装置之间的物理连接,不需要原子时标准或 GNSS 时基,以及不需要微分校正。

[0045] 系统和方法

[0046] 图 1 示出使用基于码和载波的单点位置计算产生精确位置确定的一种定位系统的一个配置。多个定位单元装置 101-1 和 101-2 位于对于一个参考坐标系统的已知位置,分别接收由至少一个参考发射机 103 广播的至少一个参考定位信号 102,该参考发射机也位于对于一个参考坐标系统的已知位置。响应于所接收的参考定位信号 102,定位单元装置 101-1 和 101-2 发射一个或多个按时序同步于参考发射机 103 的唯一定位信号 104-1 和 104-2。一个流动位置接收机 105,位于装置 101-1、101-2 和 103 的网络内,接收来自参考发射机 103 的参考定位信号和来自定位单元装置 101-1 和 101-2 的唯一定位信号 104-1 和 104-2,并从按时序同步的定位信号的网络中自主计算基于码和载波的单点位置确定。

[0047] 时间同步

[0048] 时间同步定位单元装置同步于一个能够具有任意值和任意变量的公共时序时基。因此,任何如晶体振荡器的简单、廉价的时钟源将能够满足作为在参考发射机中的参考时钟。在优选实施例中,使用温度补偿晶体振荡器 (TCXO) 或更好的晶体振荡器。一个定位单元装置首先获得一个参考发射机定位信号,并从已知的参考发射机坐标和已知的定位单元装置的坐标计算所谓的穿越时间偏移。穿越时间偏移考虑由参考定位信号从参考发射机到定位单元装置传输所经历的传输时间延迟。在自由空间中,电磁波每 3 纳秒传输约 1 米。接着,定位单元装置将穿越时间偏移应用到一个内部所产生的定位信号,并将这个定位信号对齐输入的参考定位信号,因此,使内部所产生的定位信号与参考发射机时序对准。明确讲,当一个定位单元装置的内部所产生的定位信号具有与输入的参考定位信号频率相干,与参考发射机时基时序相干时,同步得以实现。

[0049] 一个参考定位信号从一个参考发射机通过射频 (RF) 载波进行传输。该参考定位信号能够从任何有效的时源中产生,时源可以包括定位单元装置、广域增强系统 (WAAS) 卫星、全球导航卫星系统 (GNSS) 卫星,伪卫星,或任意有效源的组合。现在参考图 2,位于从一个参考发射机 202 的已知距离的定位单元装置 201 接收由参考发射机 202 传输的参考定位信号 203。参考定位信号 203 具有一个载波部分、一个唯一伪随机码部分和一个数据部分。定位单元装置 201 包含一个位置接收机 204 和一个同位发射机 205。位置接收机 204 能够接收来自所有可视的参考定位信号的定位信号,也可以接收来自它的同位发射机 205 的定位信号。响应于所接收的参考定位信号 203,定位单元装置 201 从它的发射机 205 发射一个所谓的从定位信号 206,该从定位信号由定位单元装置位置接收机 204 接收。从定位信号 206 具有一个载波部分、一个唯一伪随机码部分和一个数据部分。定位单元装

置位置接收机 204 接收并同时抽样来自参考发射机 202 的参考定位信号 203 和来自同位发射机 205 的从定位信号 206。那么,在所接收的参考定位信号 203 和所接收的从定位信号 206 之间的传输时间差得到计算。传输时间差,如用于优选实施例的,由以下确定:

[0050] (a) 比较从参考定位信号 203 和从定位信号 206 的载波部分所确定的综合载波相位 (ICP) 测量以确定一个载波频率差。

[0051] (b) 解调并比较从参考定位信号 203 和从定位信号 206 的导航数据部分以确定一个粗略的传输时间差。

[0052] (c) 比较从参考定位信号 203 和从定位信号 206 的伪随机码部分所确定的伪距测量以确定一个码伪距差。

[0053] (d) 比较从参考定位信号 203 和从定位信号 206 的载波部分所确定的瞬时载波相位测量以确定一个载波相位差。

[0054] 因为从定位信号 206 对参考发射机 202 时基的精确时间同步,参考发射机天线 207 和定位单元装置接收机天线 208 之间的信号传播延迟必须进行说明。从参考发射机天线 207 到定位单元装置接收机天线 208 的以米为单位的已知地理距离 209 能够通过公式:穿越时间=距离/光速被转换为信号穿越时间。定位单元装置 201 包含一个受控的发射机时钟 210,该发射机时钟能够由定位单元装置 CPU 211 进行频率上的调整。受控的发射机时钟 210 由定位单元装置 CPU 211 从参考定位信号 203 和从定位信号 206 之间的时差得到确定,该时间差由位置接收机 204 测得,由参考定位信号穿越时间 209 抵消。这使从定位信号 206 时序同步于参考发射机 202 时基。

[0055] 所接收的参考定位信号 203 和从定位信号 206 之间微分过程消除定位单元装置位置接收机时钟项,由此允许定位单元装置 201 跟随参考发射机 202 时基,而没有本地定位单元装置振荡器所引起的任何时钟偏差。此外,相同位置接收机 204 的两个信道之间的微分消除由位置接收机电子器件引起的任何接收机线路偏差或组延迟。

[0056] 定位单元装置的控制状态

[0057] 在优选实施例中,定位单元装置使用以下控制状态时间同步于参考发射机:

[0058] 状态 0:复位

[0059] 复位所有硬件。

[0060] 状态 1:获得参考信号

[0061] 定位单元装置 CPU 211 通过定位单元装置位置接收机 204 开始搜索一个参考定位信号 203。

[0062] 状态 2:同步参考信号

[0063] 定位单元装置位置接收机 204 获得一个参考定位信号 203,参考发射机 202 位置和时间由定位单元装置 CPU 211 从它的导航数据部分解调出。

[0064] 状态 3:同步从信号

[0065] 定位单元装置 CPU 211 等待考虑与参考定位信号导航数据部分的粗略时间对准。然后,一个内部时钟发生器由 CPU 211 进行初始化。

[0066] 状态 4:初始化从信号

[0067] 定位单元装置 CPU 211 为这个特殊的定位单元装置 201 确定一个合适的、唯一的 PRN 码序列,并将这个 PRN 码序列分配给定位单元装置发射机 205。对于参考定位信号 203,

当前的频率偏移（相对于定位单元装置振荡器 212）也被定位单元装置 CPU 211 分配给定位单元装置受控的发射机时钟 210。这用于将定位单元装置发射机 205 初始化为一个近似于与参考定位信号 203 的频率相同的频率。定位单元装置 CPU 211 也将所确定的 PRN 码序列分配给定位单元装置位置接收机 204 中的一个空闲接收机信道。该接收机信道被初始化为具有与定位单元装置发射机 205 一样的频率偏移和随机码相位值，以便有助于定位单元装置位置接收机 204 获得从定位信号 206。然后，定位单元装置初始化从定位信号 206 的传输。

[0068] 状态 5 : 获得从信号

[0069] 定位单元装置位置接收机 204 初始化对从定位信号 206 的搜索。

[0070] 状态 6 : 同步从信号

[0071] 定位单元装置位置接收机 204 获得从定位信号 206，并从它的导航数据部分解调出粗略的从时间。

[0072] 状态 7 : 参考 / 从频率同步

[0073] 对于参考定位信号 203 和从定位信号 206 的同时综合载波相位 (ICP) 测量由定位单元装置位置接收机 204 进行初始化（设为 0）和微分。这个所微分的值代表参考定位信号 203 和从定位信号 206 之间的频率和相位的差。在定位单元装置 CPU 211 内的控制环对定位单元装置受控发射机时钟 210 进行连续校正以保持参考定位信号 203 和从定位信号 206 之间的 0ICP 差，因而保持频率同步。

[0074] 作为选择，所接收的参考定位信号频率偏移值，如由定位单元装置位置接收机 204 测得的，能够被直接反馈到定位单元装置受控发射机时钟 210，以产生一个所谓的“频率跟踪系统” (FTS)。受控发射机时钟 210 消除输入的参考定位信号 203 的频率偏移，因而保持频率同步。这种方法需要定位单元装置振荡器 212 在位置接收机 204 和发射机 205 之间是公共的。

[0075] 状态 8 : 参考 / 从码同步

[0076] 一旦获得状态 7 的参考 / 从频率同步，参考定位信号 203 和从定位信号 206 之间的时间差能够被准确测得，并且任何时间偏差得到消除。当定位单元装置受控发射机时钟 210 被转动到必需的时间数量以使参考和从定位信号进入 PRN 码队列中时，参考 / 从码同步得到完成。穿越时间值 209 被用于抵消所测得的参考 - 从时间差以消除参考信号传播延迟的影响，然后，所算出的时间差被用作定位单元装置受控发射机时钟 210 的一个时钟校正。时钟校正通过采用频率跟踪系统 (FTS) 和对于一个预定的时间周期将一个附加的频率偏移应用于受控发射机时钟 210 而获得。这个附加的频率偏移允许从定位信号 206 及时转动直到它与参考发射机 202 时基时间相干。一旦这个时间转动得到完成，控制环得到重新采用。作为选择，码同步能够通过保持频率同步的同时将定位单元装置发射机 205 PRN 码产生器转动到必需的码相位数量（芯片）而得到完成。

[0077] 码同步是基于具有固有噪声的 PRN 码准确度，在优选实施例中，固定的定位单元装置将 PRN 码噪声过滤到一个子载波周级别上。

[0078] 状态 9 : 参考 / 从相位同步

[0079] 一旦获得状态 7 的参考 / 从频率同步和状态 8 的参考 / 从码同步，依然存在必须进行校正的两种时间误差：(1) 180 度相位模糊度，以及 (2) 穿越时间相位偏移。

[0080] (1) 校正 180 度相位模糊度 :使用一个专门的锁相环,在本领域众所周知的“科斯塔斯 (Costas) 环”,从一个 PRN 码定位信号中解调出数据。科斯塔斯环技术固有包含一个 180 度相位模糊度,因此能够获得和跟踪具有半周模糊度的定位信号。这个半周模糊度代表在 2.4GHz 处的近似 200 皮秒的时间偏移。科斯塔斯环模糊度能够通过参考一个预定的数据位序列得到解算,该序列通常被称为前缀,由位置网络内的发射机在导航数据部分进行传输。当科斯塔斯环模糊度得到解算,一个在频率同步的参考和从定位信号的位置接收机相位寄存器之间的任意固定相位微分显然可以得到。这个任意相位偏移归因于从定位信号的任意相位,并在下面接下来的步骤 (2) 中得到校准。

[0081] (2) 校正穿越时间相位偏移 :一个部分周的穿越时间相位偏移目前归因于参考发射机天线 207 和定位单元装置天线 208 之间的参考定位信号传输延迟。在参考发射机和定位单元装置之间的地理距离 209 能够表示为一个整载波周 (整数部分) 213 加上一个部分载波周 (分数部分) 214 的数字。穿越时间相位偏移是从参考发射机天线 207 和定位单元装置天线 208 之间的已知地理距离中所算出的部分周数量 214。整数部分 213 是在上面所述的状态 8 的参考 / 从码同步控制状态中得到校正。然而,分数部分 214 太细微了而不能在状态 8 的参考 / 从码同步状态中得到校正,因此必须作为载波相位校准进行校正。频率跟踪系统 (FTS) 得到采用,并且定位单元装置受控发射机时钟 210 以必需的部分周数量 (从在上面步骤 (1) 中所确定的它当前所测得的任意相位值) 被时间转动到一个最近确定的穿越时间相位值。然后,时间同步环 (TLL) 得到采用。从定位单元装置天线 208 发出的定位单元装置载波相位从定位信号 206 现在按时序同步于从参考发射机天线 207 发出的参考发射机 202 载波相位定位信号。

[0082] 状态 10 :参考 / 从所有同步

[0083] 一旦所有的上面状态得到实现,CPU 211 声明时间同步,定位单元装置 201 开始发射它现在的全同步的唯一定位信号 215。该定位单元装置的唯一定位信号 215 现在以皮秒的精度按时序同步于参考发射机 202,这个能力基本超出了任何现有技术的能力。

[0084] 唯一定位信号

[0085] 在优选实施例中,每个定位单元装置发射一个唯一定位信号,包括一个载波部分,一个伪随机码部分和一个导航数据部分。载波相位部分是优选在 2.4GHz ISM 波段中传输的正弦射频波,尽管本发明的方法同样可应用于其它频段。伪随机数 (PRN) 码部分在载波部分上得到调制,并由一个唯一码序列组成,该码序列能够区别与由其它装置以相同载波频率所传输的其他伪随机码序列。这种技术被认为是码分多址 (CDMA),并在本领域中众所周知。导航数据部分是在伪随机码部分调制的特有信息,并提供一条通信链路以向定位单元装置和流动位置接收机传送导航信息。导航信息可以包括网络时间,定位单元装置位置,比喻性的“参考时钟系”信息,以及其他所期望的网络数据。

[0086] 时间同步配置

[0087] 时间同步可以在许多不同的配置中得到实现。这些配置包括 :

[0088] 1. 向单个定位单元装置广播的单个参考发射机。

[0089] 2. 向多个定位单元装置广播的单个参考发射机。

[0090] 3. 通过中间定位单元装置广播的一个或多个参考发射机。

[0091] 4. 向一个或多个定位单元装置广播的多个参考发射机。

[0092] 5. 点位置时间同步。

[0093] 向单个定位单元装置广播的单个参考发射机

[0094] 单个参考发射机能够被用于向单个定位单元装置广播一个参考定位信号。图 2 示出位于一个已知位置的一个定位单元装置 201 和也位于一个已知位置的一个参考发射机 202。定位单元装置 201 接收由参考发射机 202 所发射的参考定位信号 203 和由定位单元装置发射机 205 所发射的从定位信号 206。响应于所接收的参考定位信号 203, 定位单元装置 201 确定参考定位信号传输延迟 209, 并应用一个适当的发射机时钟校正以将它的内部产生的从定位信号 206 的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分按时序同步于参考发射机定位信号 203 的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分。定位单元装置接下来发射一个唯一定位信号 215, 该信号按时序同步于参考发射机 202 时基。

[0095] 两个定位信号不足以确定在一个流动位置接收机中的一个位置解。然而, 如果参考发射机是一个 WAAS 卫星, 时间同步定位单元装置信号将以皮秒级同步于 GPS 时间, 因此, 对于一个常规的基于码的 GPS 求解能够被一个位置接收机用作一个附加的精确测距源。

[0096] 向多个定位单元装置广播的单个参考发射机

[0097] 当多个定位单元装置处于参考发射机的清晰的可视范围内时, 单个参考发射机能够被用于形成一个定位单元装置网络。

[0098] 图 3 示出位于已知位置 301-1 和 301-2 的多个定位单元装置和也位于一个已知位置的一个参考发射机 302。定位单元装置 301-1 和 301-2 接收由参考发射机 302 所发射的参考定位信号 303。响应于所接收的参考定位信号 303, 每个定位单元装置 301-1 和 301-2 确定它各自的从参考发射机 302 的信号传输延迟 304-1 和 304-2, 并应用一个适当的发射机时钟校正以将它的内部产生的定位信号的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分按时序同步于参考发射机定位信号 303 的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分。每个定位单元装置接下来发射唯一定位信号 305-1 和 305-2, 这些唯一定位信号按时序同步于参考发射机 302 时基。

[0099] 通过中间定位单元装置广播的一个或多个参考发射机

[0100] 一个或多个时间同步参考发射机能够被用于形成一个定位单元装置网络, 而没有所有的定位单元装置处于一个参考发射机的清晰的可视范围内。在这种配置中, 定时信号通过中间定位单元装置得到级联。当一个中间定位单元装置声明时间同步时, 接下来的定位单元装置能够将这个中间定位单元装置用作它们的参考定位信号。

[0101] 图 4 示出位于一个已知位置的一个参考发射机 401 和也位于一个已知位置的第一定位单元装置 402。第一定位单元装置 402 接收由参考发射机 401 所发射的参考定位信号 403。响应于所接收的参考定位信号 403, 第一定位单元装置 402 确定从参考发射机 401 的信号传输延迟 404, 并应用一个适当的发射机时钟校正以将它的内部产生的定位信号的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分按时序同步于参考发射机定位信号 403 的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分。定位单元装置接下来发射一个唯一定位信号 405, 该唯一定位信号按时序同步于参考发射机 401 时基。

[0102] 第二定位单元装置 406, 位于一个已知位置, 但由于建筑物 409 所导致的信号障碍而不在参考定位信号 410 的可视范围内, 接下来接收来自第一定位单元装置 402 的定位信号 405。响应于所接收的参考定位信号 405, 第二定位单元装置 406 确定从第一定位单元

装置 402 的信号传输延迟 407, 并应用一个适当的发射机时钟校正以将它的内部产生的定位信号的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分按时序同步于第一定位单元装置定位信号 405 的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分。第二定位单元装置 406 接下来发射一个唯一定位信号 408, 该信号包括载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分。这个唯一定位信号 408 按时序同步于第一定位单元装置 402, 也按时序同步于参考发射机 401 时基。

[0103] 向一个或多个定位单元装置广播的多个参考发射机

[0104] 多个时间同步参考发射机能够被用于向一个或多个定位单元装置广播参考定位信号。在这种配置中, 如多径和对流层延迟的任何参考信号误差源能够在参考发射机中得到均分以改善时基精度。

[0105] 图 5 示出位于已知位置的一个定位单元装置 501 和也位于一个已知位置、具有共同时基的多个参考发射机 502-1 和 502-2。定位单元装置 501 接收由参考发射机 502-1 和 502-2 所发射的参考定位信号 503-1 和 503-2。响应于所接收的参考定位信号 503-1 和 503-2, 定位单元装置 501 确定从每个参考发射机 502-1 和 502-2 的信号传输延迟 504-1 和 504-2, 并应用一个适当的发射机时钟校正以将它的内部产生的定位信号的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分按时序同步于两个参考发射机定位信号 503-1 和 503-2 的载波部分, 唯一 PRN 码部分和数据部分。定位单元装置 501 接下来发射一个唯一定位信号 505, 该唯一定位信号按时序同步于参考发射机 502-1 和 502-2 的时基。

[0106] 点位置时间同步

[0107] 一个定位单元装置没有参考发射机和已知的定位单元装置之间的地理距离 (参考定位信号传输延迟) 也能够同步于一个网络时基。对于这个时间同步实施例, 至少四颗时间同步定位单元装置必须可视。需要进入网络的定位单元装置通过计算单个点位置自己测量它的三维位置, 这个单点位置包含定位单元装置位置接收机的时钟偏移。定位单元装置位置接收机的时钟偏移精确提供网络时间 (相对于局部位置接收机时钟), 该时间能够被定位单元装置从发射机用作一个精确的网络时基。在优选实施例中, 定位单元装置使用单个点载波解以将精确的网络时间确定到皮秒级, 这一能力基本超出现有技术系统的能力。

[0108] WAAS 参考

[0109] 在优选实施例中, 一个参考发射机是一颗广域增强系统 (WAAS) 卫星。WAAS 卫星是同步通信卫星, 该卫星向 GPS 接收机传输 GPS 微分校正。WAAS 卫星也在 1575.42MHz 的 GPS L1 载波频率上发射一个唯一定位信号。这个唯一定位信号利用向 UTC 提供的校正精确同步于 GPS 时间。因此, 一颗 WAAS 卫星成为一个理想的参考发射机, 该发射机同步于世界标准时基 UTC。

[0110] 在优选实施例中, 一个定位单元装置包含用于接收来自 2.4GHz ISM 波段中的其它定位单元装置的定位信号, 也接收来自 L 波段频率中的 WAAS 和 GNSS 卫星的定位信号的装置。一个定位单元装置可以将一个 WAAS 卫星用作一个参考发射机, 并将它的 2.4GHz 的定位信号时间同步于 1575.42MHz 的 WAAS 定位信号。不同的载波频率之间的时间同步通过将输入的 WAAS 和定位单元装置载波相干下变频为定位单元装置位置接收机中的一个公共基带频率得到初始化。然后, 用前面所述的方法进行时间同步。相干下变频需要定位单元装置接收机中的局部振荡器从一个公共振荡器驱动。在优选实施例中, 公共振荡器驱动为

一个定位单元装置的所有部分产生时钟信息,这些部分包括位置接收机、发射机和中央处理器。由于 WAAS 的不同接收路径和下变频之前的定位单元装置载波频率,当计算相互的频率时间同步时,考虑线路偏差和群延迟。

[0111] 现在参考图 6,定位单元装置 601-1、601-2、601-3 和 601-4 位于具有可以看到天空的清晰视野的已知位置,并优选位于如山顶 602-1 和 602-2 和 / 或高建筑物顶 603-1 和 603-2 的高架位置。如果需要,一个定向的接收天线 604-1、604-2、604-3 和 604-4 也可以与每个定位单元装置 601-1、601-2、601-3 和 601-4 进行合并,并指向一个同步 WAAS 卫星 605(尽管这些附加的天线对于这种方法是优选的但不是根本的)。配置在定位单元装置的定向天线有助于减轻多径,并改善所接收的 WAAS 信号的信噪比,这接着改善参考时基精度。每个定位单元装置 601-1、601-2、601-3 和 601-4 时间同步于 WAAS 卫星信号 606,因此产生具有皮秒精度的精确 UTC 同步网络。由一个行人 608 所持的一个位置接收机 607 位于一个建筑物 609 内。WAAS 卫星信号 606 不能穿透建筑物 609,因为它的信号功率低。然而,来自定位单元装置 601-1、601-2、601-3 和 601-4 的定位单元装置信号 601-1、601-2、601-3 和 601-4 能够穿透建筑物 609,因为它们紧密相邻。位置接收机 607 能够接收来自全部四个定位单元装置的定位单元装置定位信号,这允许在卫星盲区中的单点位置确定。另外,一旦位置接收机 607 计算出一个位置解,UTC 能够得到准确确定。因此,本发明也提供在卫星盲区中的精确 UTC 时间变换。而且,当位置接收机 607 从建筑物 609 出来时,来自任意定位单元装置 601-1、601-2、601-3 和 601-4、可视的 WAAS 卫星 605 或 GNSS 卫星的信号能够被用于形成一个由多种因素确定的位置解,增加了所计算的行人位置的位置完整性。

[0112] 中间的 WAAS 参考

[0113] 位于 WAAS 卫星的清晰视野内的定位单元装置也可以用作在另一个实施例中的中间参考信号。不能接收 WAAS 卫星信号的定位单元装置可以使用中间的“中枢”定位单元装置作为它们的时间参考源。因此,UTC 可以遍及网络分布,而所有定位单元装置不必处于参考 WAAS 卫星的清晰视野内。

[0114] 定位单元装置参考

[0115] 在一颗 WAAS 卫星不可获得的情况下,可优选的是至少一个定位单元装置向定位单元装置网络提供时基。现在参考图 7,位于一个已知位置的第一定位单元装置 701 被指定作为参考发射机,并从它的内部所产生的时钟 702 中产生一个系统时基。位于已知位置的两个接下来定位单元装置 703 和 704 时间同步于第一定位单元装置的参考定位信号 705。第四定位单元装置 706,位于一个已知位置但超出第一定位单元装置 701 范围,同步于第二定位单元装置唯一定位信号 707。因此,系统允许通过定位单元装置通过中间定位单元装置进行精确的级联时间传递。位置接收机 708 接收由全部可视的定位单元装置 701,703,704 和 706 所发射的时间同步定位信号 709,并接下来计算一个单点位置解。此外,在位置接收机 708 处所计算的时间将按时序同步于参考定位单元装置 701 的参考时钟 702。如果用户仅关心位置确定,定位单元装置 701 内的参考时钟 702 的任意时间值是不重要的,那么,参考定位单元装置 701 内的参考时钟 702 需要转到 UTC。

[0116] 由 GNSS 时基所控制的定位单元装置参考

[0117] 在一颗 WAAS 卫星信号是不可获得且对于网络对准一个全球时基是必要的情况下,可优选的是参考定位单元装置由一个 GNSS 时基转到 UTC。一个 GNSS 时基需要位于一个

已知位置的一个位置接收机使用至少一个 GNSS 卫星计算一个时间解。使用这种技术,在 50 纳秒范围内的时间精度是可以获得的。同步于参考定位单元装置的定位单元装置之间的相对时间精度将保持在皮秒级。

[0118] 网络间的位置解

[0119] 多个参考发射机可以被用于产生多个自主网络。一个自主网络具有由参考发射机产生的它自己的唯一时基。位于单个自主网络内的位置接收机能够使用一个单点位置解确定位置、速度和时间 (PVT)。相对于网络时基 (即,参考发射机时钟) 的位置接收机的时间将得到确定,并被称为一种网络内的位置解。位于两个自主网络边缘并从两个网络的定位单元装置中接收定位信号的位置接收机必须在确定它们的位置之前首先区分两个网络时基。这能够被描述为一种网络间的位置解,并需要一个流动位置接收机在计算一个单点位置解决方法之前首先选择单个时基并将时钟校正应用于第二时基。

[0120] 在优选实施例中,定位单元装置在它们的网络数据中也包括网络标识 (网络 I. D.) 信息。网络 I. D. 映射定位单元装置的参考时间的互连关系,以便对于每个可视的定位单元装置,定位单元装置和位置接收机能够确定参考时钟数据的起源和比喻性的“血统”。这允许位于两个自主网络边缘的一个定位单元装置或位置接收机确定哪个定位单元装置与每个网络相关,因此,确定哪个定位单元装置需要在流动位置接收机位置计算内进行时钟校正。每个定位单元装置接收来自所有其他的可视定位单元装置的网络 I. D. 信息,并作为响应产生并向所有其他的可视定位单元装置和流动位置接收机发射它自己的网络 I. D. 信息。

[0121] 现在参考图 8,这里描述定位单元装置 801 和 802 的两个自主网络。定位单元装置 801-1、801-2 和 801-3 处于彼此的视野范围内,并通过定位信号 803-1、803-2 和 803-3 进行相互通信。定位单元装置 802-1、802-2 和 802-3 处于彼此的视野范围内,并通过定位信号 804-1、804-2 和 804-3 进行相互通信。位于两个网络边缘附近的定位单元装置 801-3 从一个相邻网络的定位单元装置 802-3 接收定位单元装置定位信号 804-3,并对于它自己网络 801 时基计算相邻网络时基的时基差或时钟偏差。定位单元装置 801-3 在它的网络数据中传输用于相邻网络的定位单元装置 802-1、802-2 和 802-3 的时钟校正,该校正包含在它的定位信号 803-3 中。因为在一个自主网络里的所有时钟是时间相干的,当形成一个网络校正正值时,来自仅一个相邻网络定位单元装置 801-3 的定位信号需要由定位单元装置 801-3 接收。此外,仅一个定位单元装置 801-3 需要测量一个相邻网络,因为它所传输的网络时钟校正,在关于它的定位信号 803-3 的网络数据中所发送,被接收并向在它自己的网络 801 内的其它定位单元装置进行转播,至于 803-1 和 803-2 接下来传输到流动位置接收机 805。

[0122] 所传输的校正值,在定位单元装置 801-3 定位信号 803-3 的网络数据中进行传输,是由在网络 801 和 802 之间流动的一个位置接收机 805 所接收。流动位置接收机应用来自定位单元装置 801-3 的所接收的网络时钟校正,并接下来使用所有可视的定位单元装置定位信号 803-1、803-2 和 803-3 和相邻网络的定位单元装置定位信号 804-3 计算一个单点位置解。利用所计算的一个单点位置解,流动位置接收机 805 时钟将与提供时钟校正的网络 801 时基时间相干。此外,相邻网络的定位单元装置 802-3 也能够接收来自第一定位单元装置 801-3 的定位信号 803-3,并测量对于它自己网络 802 时基的第一网络 801 的时基差。然后,相邻网络的定位单元装置 802-3 在它的定位信号 804-3 内的它的网络数据中传输用

于它的相邻网络的定位单元装置 801-1、801-2 和 801-3 的时钟校正,由此,如果需要,允许流动位置接收机 805 在时基之间进行选择。

[0123] 多频时间同步

[0124] 在优选实施例中,多个定位信号被从每个定位单元装置以多个频率传输。位置接收机接下来解释多个的定位信号以产生用于整载波周期模糊度解算 (AR) 的一个所谓的宽通道。RF 载波信号在通过发射机和接收机电子器件时经历一个被称为“群延迟”的时间延迟。群延迟依赖于频率和周围温度能够变化一些纳秒。因此,从一个公共振荡器中产生和通过同样传输路径传输的多个载波频率将因为载波频率的不同经历不等的时间延迟,并进一步经历由发射机电子器件的温度变化所引起的变化的时间延迟。这导致所传输的定位信号不是相位相干的。非相位相干的定位信号将距离误差引入宽通道模糊度解算 (AR) 过程。

[0125] 一个定位单元装置能够通过传输多个频率不同的定位信号消除来自一个参考发射机的非相干相位问题,这些定位信号单独同步于它们各自的输入参考定位信号。一个定位单元装置包含多个受控发射机时钟,能够控制以多个载波频率发射的多个定位信号。定位单元装置的位置接收机跟踪这些多个的频率不同的参考定位信号,也跟踪多个频率不同的从定位信号。定位单元装置时钟将每个频率不同的参考定位信号同步于它的各自的频率不同的从定位信号,这样,每个从定位信号按时序同步于参考发射机。然后,定位单元装置发射它的多个的频率不同的定位信号,这些信号时间相干于来自参考发射机的群延迟。利用至少三个可视的时间同步定位单元装置,一个位置接收机从每个可视的定位单元装置确定宽通道的整数模糊度解算 (AR)。参考发射机群延迟产生出一个 AR 距离误差,这在时间同步定位单元装置之间是公有的。因此,在每个定位单元装置伪距上,引入距离误差的相同 AR 是显而易见的。位置接收机将这种公有的伪距误差解释为一个接收机时钟偏差,并在单点位置计算中消除该误差。

[0126] 网络坐标构架

[0127] 对于时间同步的先决条件是知道关于一个参考坐标系的定位单元装置的位置。可以使用任何有效的坐标系,但在优选实施例中,使用地心地固 (ECEF) 坐标系,这也是 GPS 和 WAAS 所用的坐标系。在优选实施例中,定位单元装置从 GNSS,和 / 或 WAAS,和 / 或其他定位单元装置中进行自身观测以确定一个 ECEF 坐标。

[0128] 发射频率

[0129] 在优选实施例中,定位单元装置在不为法定的 2.4GHz 到 2.48GHz 的工业科学医学 (ISM) 带宽中进行发射。2.4GHz ISM 带宽允许定位单元装置网络的发展不受规章限制,不对如 GPS 的目前导航系统产生冲突。2.4GHz ISM 带宽也允许 83.5GHz 带宽,该带宽能够被用于直接序列展布频谱定位信号的所增加 chipping 率,或者对于宽通道整数周模糊度解算使用多载波。

[0130] 定位单元装置硬件说明

[0131] 在优选实施例中,一个定位单元装置包含一个位置接收机、一个发射机、一个中央处理器 (CPU) 和一个公共振荡器。位置接收机包含多个能够接收多个定位信号的接收信道,每个信号包括一个载波部分、一个 PRN 码部分和一个数据部分。发射机包含至少一个 RF 载波发生器、至少一个 PRN 码发生器和至少一个受控时钟。CPU 包括用于解释由位置接收机所接收的定位信号的装置,用于控制发射机响应装置受控时钟的响应装置和用于产生导航

数据的装置。公共振荡器向定位单元装置的所有部分提供一个相干的局部时基。

[0132] 现在参考图 9, 这里描述一种定位单元装置 901, 包含一个位置接收机 902、一个发射机 903、一个中央处理器 (CPU) 904 和一个公共振荡器 905。位置接收机 902 包含多个接收信道 906, 发射机 903 包含一个或多个载波发生器 907, 一个或多个码发生器 908 和一个或多个受控时钟 909。CPU 904 包括用于位置接收机通信的装置 910, 用于发射机通信的装置 911 和用于发射机受控时钟通信的装置 912。

[0133] 定位单元装置接收机

[0134] 一个定位单元装置接收机包括至少一个能够接收和解调至少一个来自一个参考发射机的参考定位信号的接收信道, 至少一个能够接收和解调至少一个同位发射机的从定位信号的接收频道。优选地, 一个定位单元装置接收机为了提高精确度和完整性能够接收多个参考定位信号。定位单元装置接收机也应该优选地能够接收来自其他定位单元装置的在 2.4GHz ISM 波段中传输的定位信号和来自 WAAS 和 GNSS 卫星的在微波 L 波段频率中传输的定位信号。一个定位单元装置接收机跟踪、解调并利用用于传统 GPS 接收机设计的相同方法解释定位信号。GPS 接收机的处理和设计在本领域是众所周知的, 不作为这里描述的主题。

[0135] 定位单元装置发射机

[0136] 一个定位单元装置发射机与一个常规 GPS 伪卫星具有许多相同之处, 有一个主要的、关键的改善: 一个受控发射机时钟。在优选实施例中, 受控发射机时钟是利用直接数字合成 (DDS) 技术在数字领域中产生。DDS 技术产生一个数字发生振荡器, 该振荡器能够被频率控制到毫赫兹精度, 因而允许发射机时钟精确“从属于”一个输入的参考信号。发射机也包括至少一个射频 (RF) 载波发生器和至少一个伪随机数 (PRN) 码发生器。RF 载波发生器产生优选以 2.4GHz ISM 波段中传输的正弦射频波的载波部分, PRN 码发生器产生一个包括一个能够区分于在相同载波频率上传输的其他伪随机码序列的唯一码序列码部分。多个的码能够在多个频率上产生以提供一个所谓的“宽通道”, 这允许载波整数周模糊度在一个流动位置接收机中得到解算。在优选实施例中, 定位单元装置发射机在一个时分多址 (TDMA) 方案中得到脉冲调制, 这样, 高功率的 CDMA 定位信号不干扰在相同载波频率上传输的较弱的 CDMA 定位信号。这种现象被称为“近 / 远问题”, 也是在本领域众所周知的。

[0137] 定位单元装置中心处理器

[0138] 定位单元装置 CPU 包括:

[0139] a) 用于确定定位单元装置的当前位置的工具。

[0140] 位置确定通过自身观测或通过手动初始化得到完成。

[0141] 自身观测需要定位单元装置处于至少四颗其他参考定位单元装置的可视范围内以确定一个三维单点位置解, 或者, 作为选择, 一个定位单元装置处于至少三颗 GNSS 卫星和至少一个参考定位单元装置的可视范围内。在这个优选实施例中, 参考定位单元装置向定位单元装置的所有可视的 GNSS 卫星提供码和相位微分校正。然后, 定位单元装置计算相对于参考定位单元装置的精确位置。

[0142] 手动初始化通过将定位单元装置放置在一个预定位置并手动将地理坐标值输入定位单元装置存储器中得到完成。在优选实施例中, 第一定位单元装置使用精确的已知坐标得到手动初始化, 接下来定位单元装置从 GNSS 卫星和第一定位单元装置中进行自身观

测。

[0143] b) 用于通过位置接收机初始化一个参考信号搜索的工具。

[0144] 位置接收机的所有信道被设置进行搜索任意可视的参考定位信号。

[0145] c) 用于获得至少一个参考定位信号并从导航数据部分提取网络时间和网络数据的工具。

[0146] d) 用于确定从参考发射机到定位单元装置的信号传播延迟的工具。

[0147] 参考发射机位置坐标首先从参考定位信号导航数据中提取出来,并与已知的定位单元装置位置进行比较。所计算的在参考发射机和定位单元装置之间的地理距离被转换成一个穿越时间偏移。

[0148] e) 用一个适当的唯一 PRN 码初始化从发射机码发生器的工具。

[0149] f) 产生并将适当的网络时间和网络数据传送到发射机的工具,该网络时间和网络数据作为在从定位信号中的导航数据进行传输。

[0150] 导航数据在发射机发生的 PRN 码上进行调制。导航数据包括周时间信息,定位单元装置位置和如其他定位单元装置和 GNSS 卫星的位置和状态的其他网络数据。

[0151] g) 应用所计算的穿越时间偏移并将从发射机初始化为适当的网络时间和频率的工具。

[0152] h) 启动位置接收机以搜索从定位信号的工具。

[0153] i) 获得从定位信号并应用一个控制环以获取参考和从定位信号的频率相干的工具。

[0154] CPU 测量参考和从定位信号的瞬时综合载波相位 (ICP) 差并应用一个被称为“时间同步环 (TLL)”的控制环。TLL 的输出将校正值应用到受控发射机时钟,以便将 ICP 差降为 0。

[0155] j) 从从定位信号导航数据部分中提取所传输的从时间并确定参考定位信号和从定位信号之间的时间差的工具。

[0156] k) 将受控发射机时钟时间转动到所需数量以参考定位信号和从定位信号之间的时间差降为 0 的工具,这样,从定位信号按时序与参考发射机时间对齐。

[0157] l) 表明时间同步状态的工具。

[0158] 公共振荡器

[0159] 通用振荡器向定位单元装置的所有部分提供一个相干局部时基。尤其是,同一个振荡器被用于驱动位置接收机, CPU 和受控的发射机时钟。一个相干局部时基使用一个所谓的频率跟踪系统 (FTS) 允许对所接收的参考定位信号进行开环频率跟踪。利用 FTS,所接收的参考定位信号频率偏移,如由定位单元装置位置接收机所测得的,被直接反馈到定位单元装置的受控发射机时钟。受控发射机时钟只是仿真输入的参考定位信号的频率偏移值,因而,消除公共振荡器项并保持在参考和从定位信号之间的参考 / 从频率同步。FTS 有助于从定位信号的获得和时间校准。

[0160] 移动系统描述

[0161] 一个流动位置接收机优选地包括多个能够接收并解释来自定位单元装置的定位信号的接收信道,定位信号优选地在 2.4MHz ISM 波段进行传输。流动位置接收机也优选地能够接收并解释来自 GNSS 和 WAAS 卫星的在 L 波段频率进行传输的定位信号。流动位置接

收机优选地能够解调包含来自所有可视的定位信号的网络数据的导航数据。这允许确定定位单元装置的网络时间、GNSS 时间、定位单元装置位置、卫星位置和其他网络和 GNSS 数据。在优选实施例中，网络时间通过 WAAS 卫星出自于 GNSS 时间，由此，使网络时间和 GNSS 时间时间相干。一个流动位置接收机也优选地包含对于每个可视定位信号进行基于码的伪距测量的装置，对于每个可视定位信号进行载波相位测量的装置，和使用单点位置确定解出位置、速度和时间 (PVT) 的装置。单点位置确定能够通过使用一种常规的 GPS 位置求解方法完成，这种方法通常是在本领域众所周知的最少平方回归的形式。

[0162] 流动位置接收机优选地包含确定整数周模糊度的装置。在优选实施例中，整数周模糊度使用宽通道技术得到解算。一旦整数周模糊度得到解算，从流动位置接收机到定位单元装置的一个精确载波相位伪距得到确定。载波伪距包括一个载波周期的整数（整数部分）和一个部分载波周数目（不足一周的部分或相位部分），并因为未知的接收机时钟偏差被称为伪距。时间同步定位单元装置展示出几十皮秒的时间相干，由此，允许从精确的载波伪距中形成一个单点位置解，而不需要微分校正。

[0163] 一个位置接收机使用常规 GPS 接收机设计中所使用的同样的方法跟踪、解调并解释由时间同步定位单元装置网络所产生的定位信号。GPS 接收机的处理和设计，还有宽通道模糊度解算在本领域中是众所周知的，不作为这里描述的主题。

[0164] 当然，应当意识到，虽然通过本发明的示例给出了上述内容，但对于本技术领域的技术人员显而易见的所有这些和其他的修改和变更，被认为落入在此陈述的本发明的大范围内。

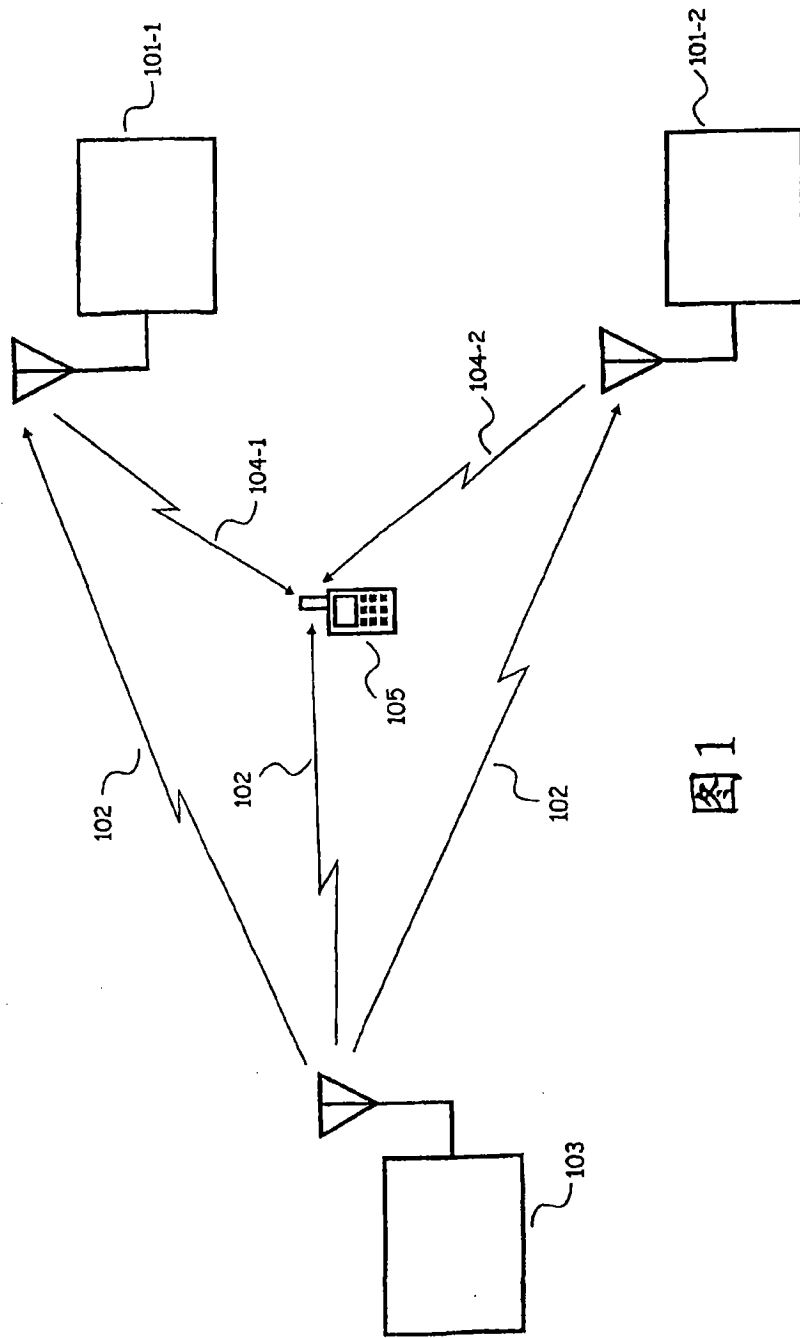


图 1

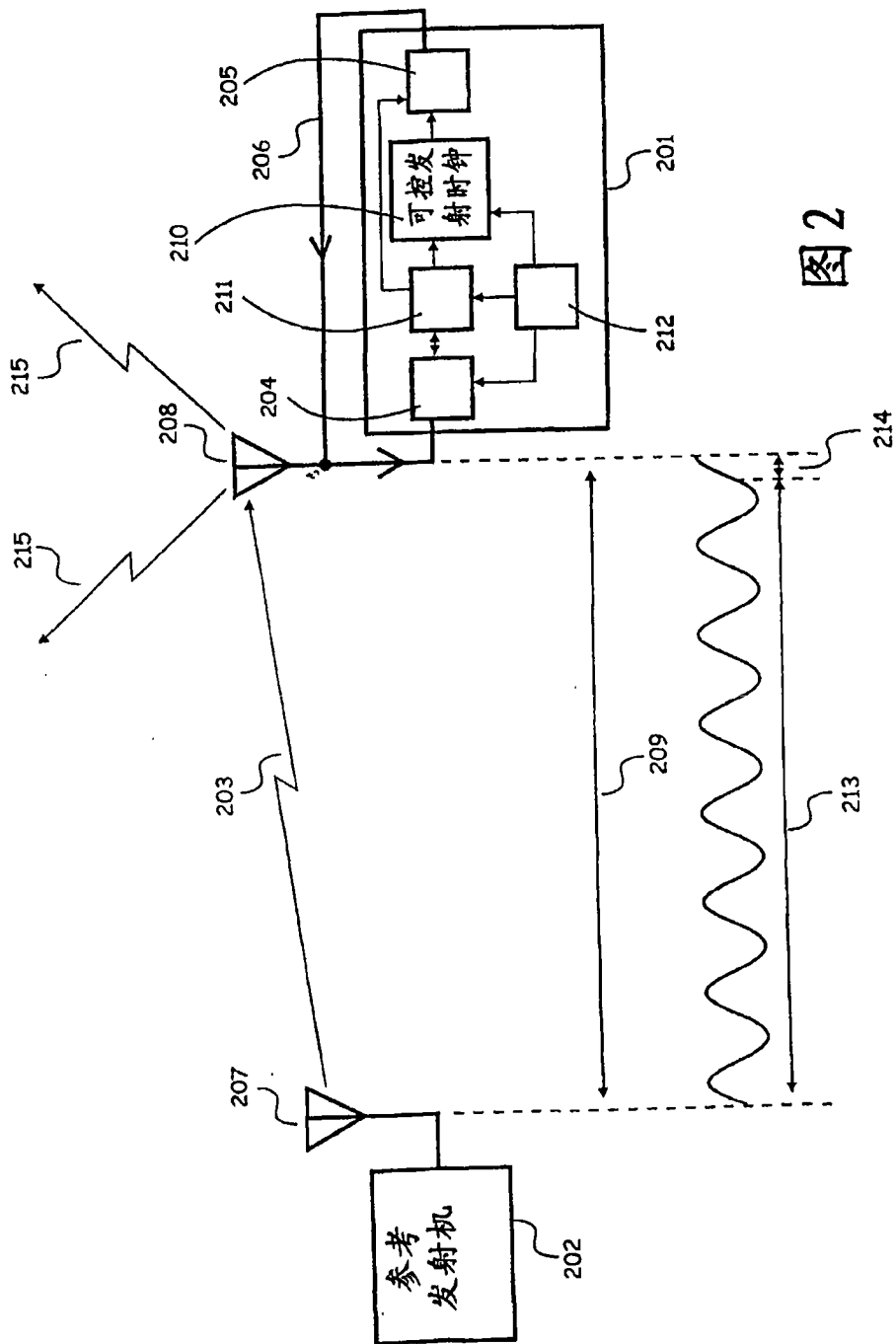


图 2

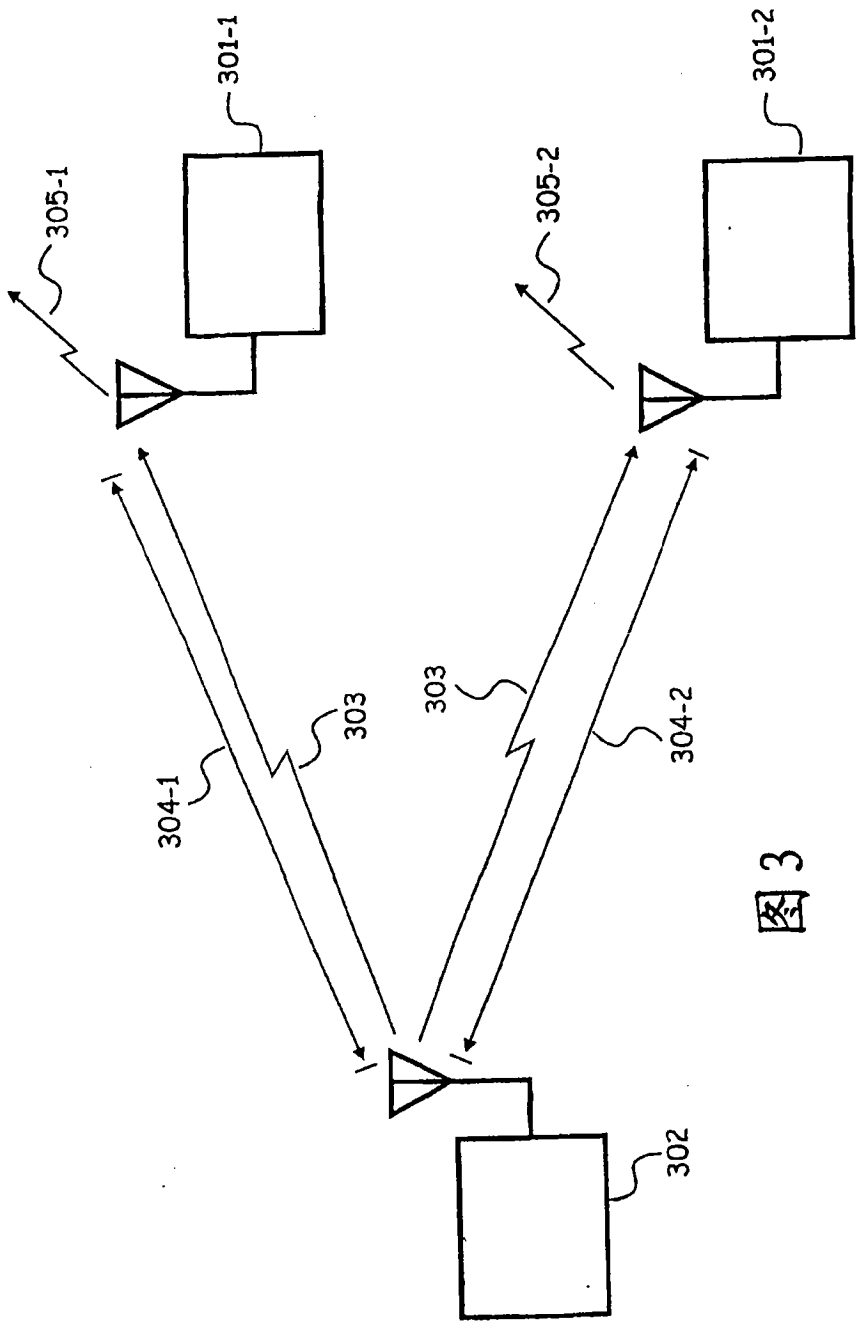


图 3

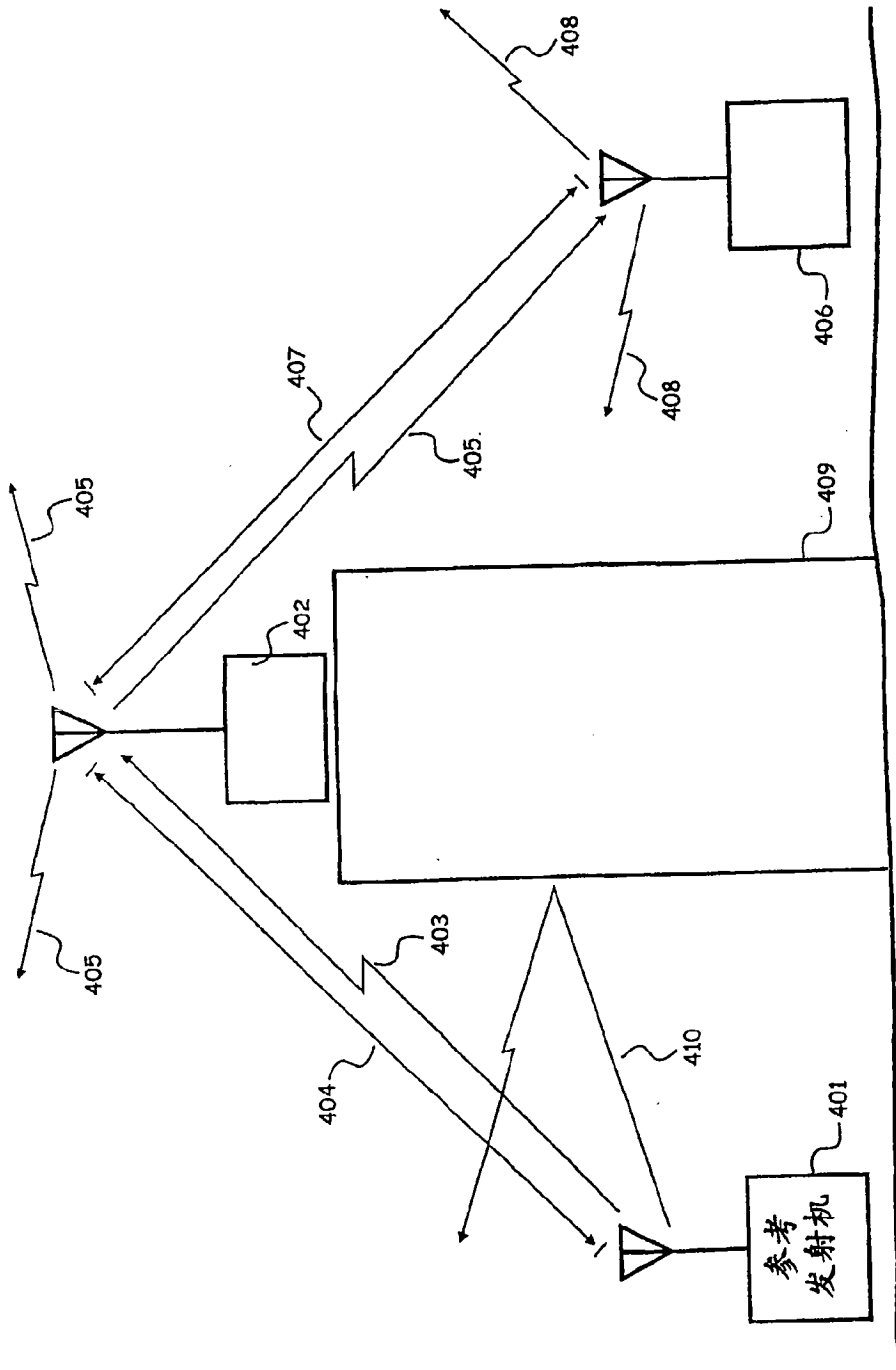


图 4

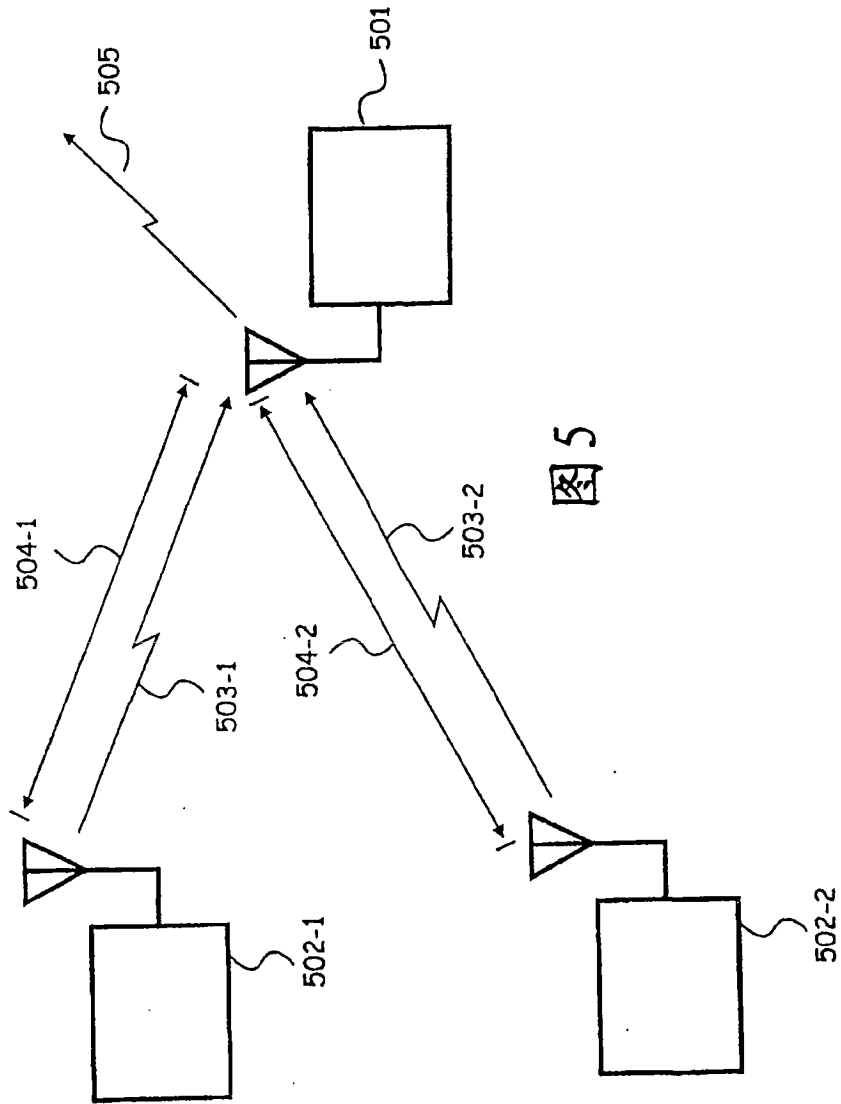


图 5

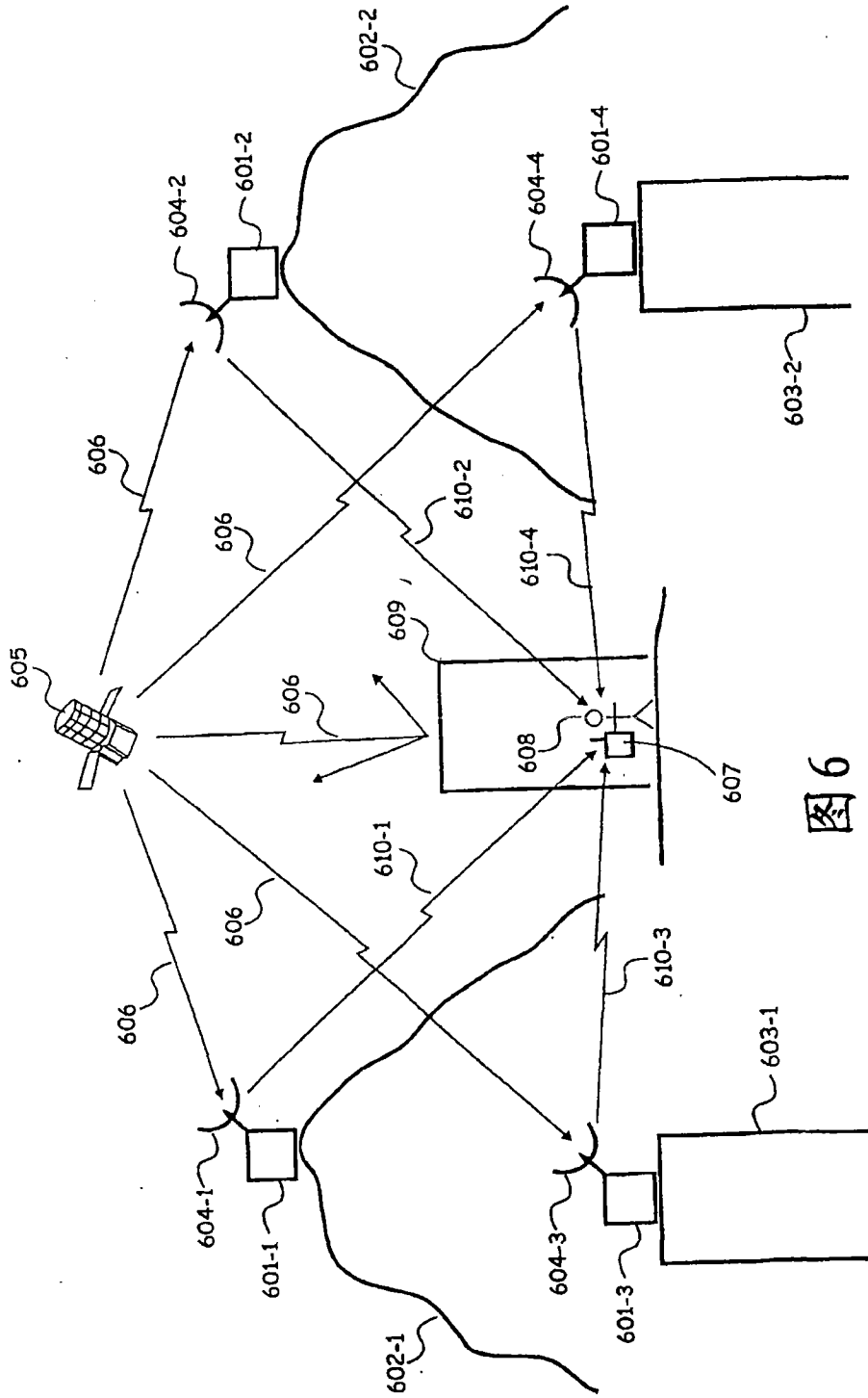
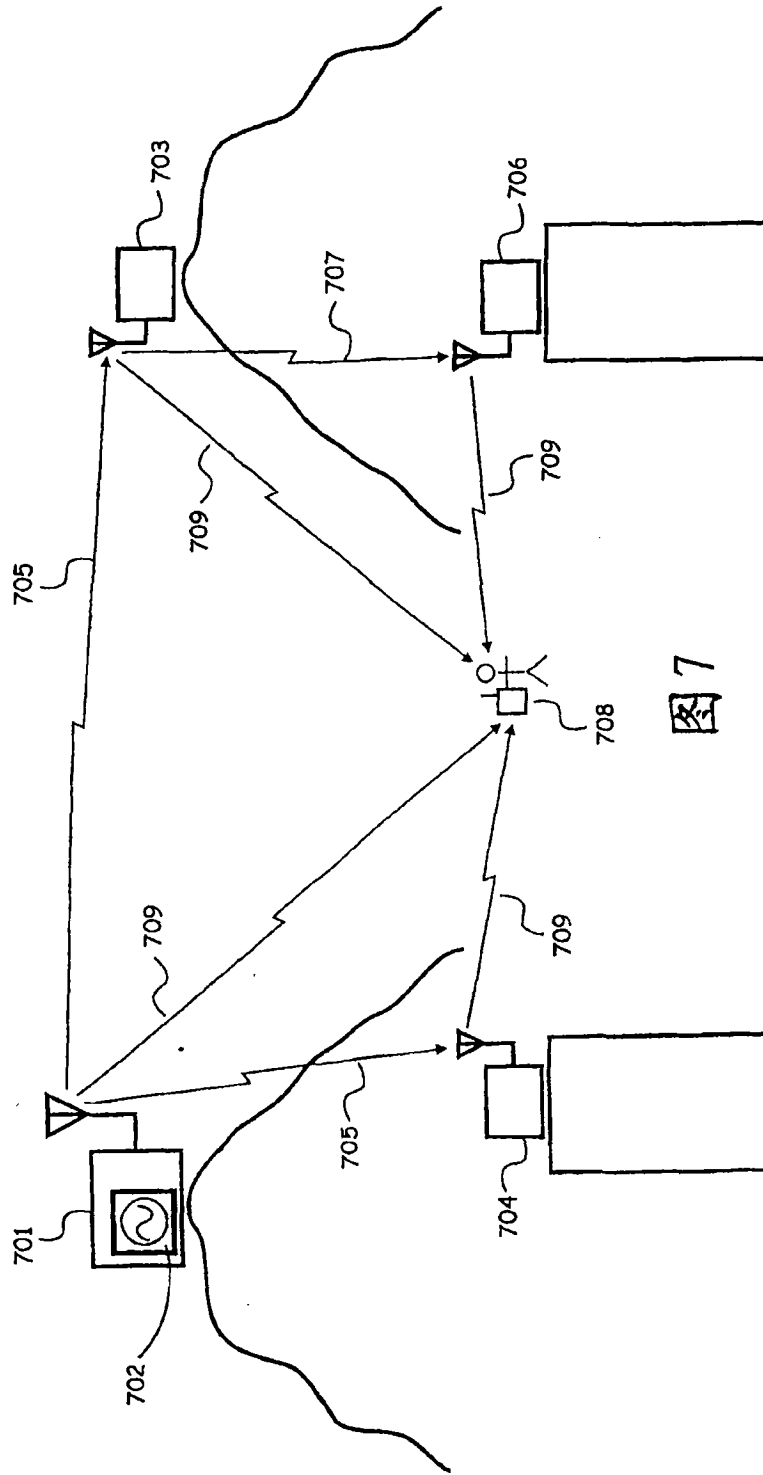
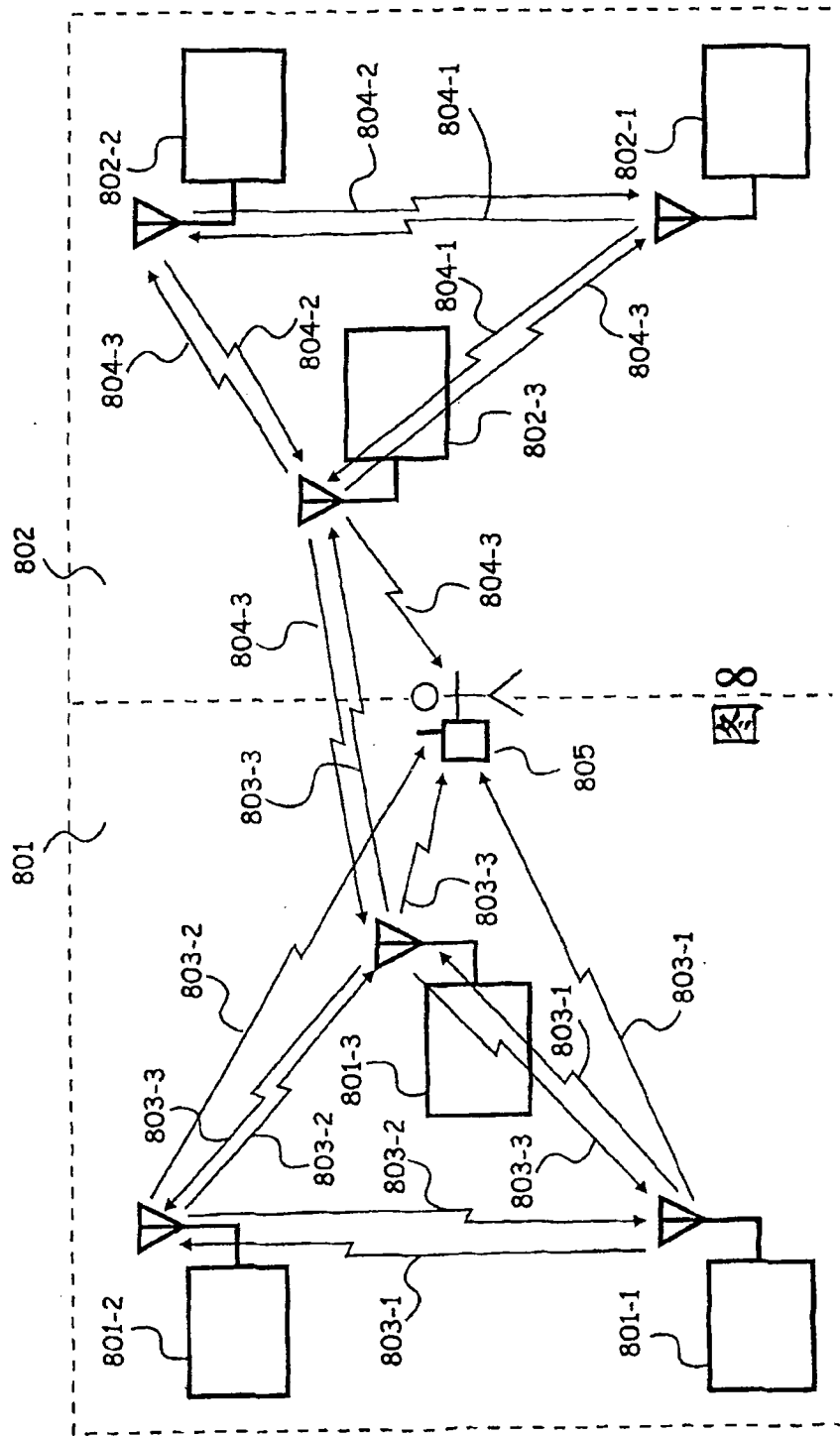


图6





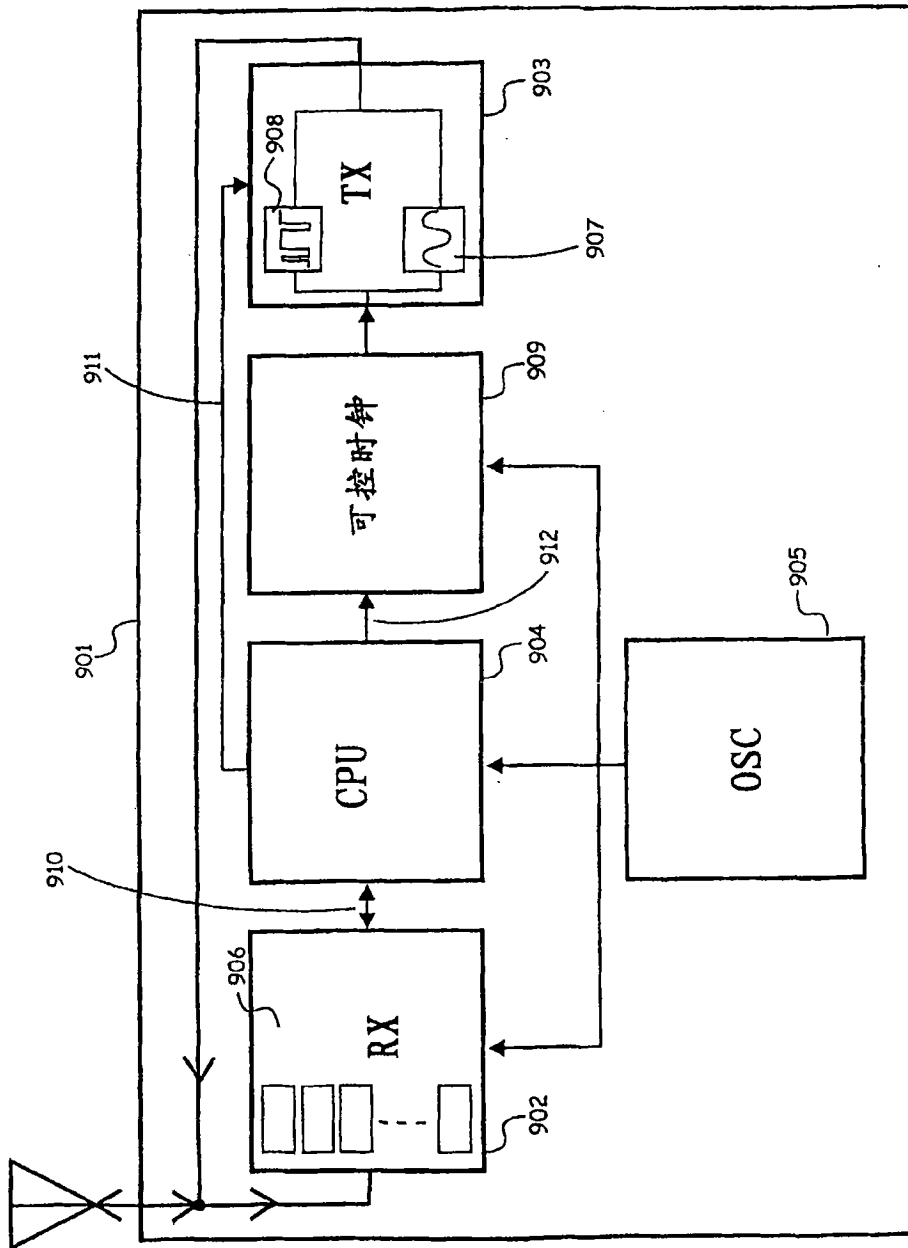


图9