



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107548465 B

(45) 授权公告日 2021.06.11

(21) 申请号 201680024635.2

威尔弗雷德·布伊吉

(22) 申请日 2016.04.21

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

(65) 同一申请的已公布的文献号

代理人 宋融冰

申请公布号 CN 107548465 A

(51) Int.CI.

G01S 5/26 (2006.01)

(43) 申请公布日 2018.01.05

G01S 5/16 (2006.01)

(30) 优先权数据

G01S 5/10 (2006.01)

1507208.5 2015.04.28 GB

G01S 5/02 (2010.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01S 5/00 (2006.01)

2017.10.27

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/GB2016/051113 2016.04.21

WO 2013008169 A1, 2013.01.17

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2014028632 A1, 2014.01.30

W02016/174396 EN 2016.11.03

CN 102713903 A, 2012.10.03

(73) 专利权人 索尼特技术公司

CN 1488076 A, 2004.04.07

地址 挪威奥斯陆

审查员 崔瑞云

(72) 发明人 奥伊斯丁·奥尔森

权利要求书4页 说明书20页 附图2页

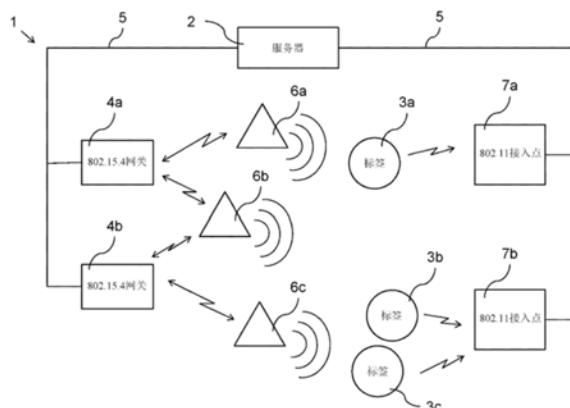
(54) 发明名称

定位系统

(57) 摘要

本申请公开一种用于确定移动接收器单元(3a、3b、3c)的位置的系统(1)，所述系统包含静态发射器单元(6a、6b、6c)，其各自包含相应时钟，所述静态发射器单元使用所述相应时钟根据相应发射时间表发射定位信号。所述移动接收器单元(3a、3b、3c)接收来自所述静态发射器单元中的任一个的定位信号。第一处理装置(2)使用与所述所接收定位信号相关的信息来确定所述移动接收器单元的所述位置。第二处理装置(2)使用与所述静态发射器单元的每一个时钟的相应漂移和/或偏移相关的信息来产生用于所述静态发射器单元的发射时间表。每一发射时间表指示相应静态发射器单元(6a、6b、6c)根据所述静态发射器单元的时钟在一或多个预定时间发射定位信号。

B
CN 107548465



1. 一种用于确定移动接收器单元的位置的系统,所述系统包含:
多个静态发射器单元,其各自包含相应无线电发射器和相应时钟且被配置成使用所述相应时钟根据相应发射时间表发射定位信号;
移动接收器单元,其被配置成接收来自所述静态发射器单元中的任一个的定位信号;
第一处理装置,其被配置成使用与所述移动接收器单元所接收的所述定位信号相关的信息来确定所述移动接收器单元的所述位置;以及
第二处理装置,其被配置成使用与所述静态发射器单元的每一个时钟的相应漂移和/或偏移相关的信息来产生用于所述静态发射器单元的发射时间表,每一发射时间表指示相应静态发射器单元根据所述静态发射器单元的时钟在一或多个预定时间发射定位信号,
其中所述系统包含用于通过无线电与所述静态发射器单元通信的一或多个无线电网关,每一无线电网关包含时钟;
其中所述一或多个无线电网关通过网络耦合到所述第二处理装置;
其中所述第二处理装置被配置以选择所述无线电网关中的一个作为所述系统的参考无线电网关,并确定每一静态发射器单元相对于所述参考无线电网关的时钟的偏移和/或漂移信息;以及
其中所述第二处理装置被配置以:
针对由两个无线电网关和/或由一个无线电网关与一个静态发射器单元形成的多个配对,根据一或多个质量准则确定所述第二处理装置是否已接收到足够信息以在所述配对的时钟之间准确地映射时间;
确定表示装置图形的信息,所述装置图形包含所述参考无线电网关和所述第二处理装置能够在其时钟之间准确地映射时间的那些无线电网关和静态发射器单元;以及
通过以下方式产生用于静态发射器单元的发射时间表:针对所述参考无线电网关与所述静态发射器单元之间的最短路径对所述装置图形进行搜索,并撰写沿所述最短路径的装置的相对偏移和/或漂移信息以便将来自所述参考无线电网关的时钟的时间和/或时间周期映射到所述静态发射器单元的时钟。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述发射时间表指示所述静态发射器单元在不同相应时隙中发射定位信号。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述发射时间表指示所述静态发射器单元基本上与彼此同时地发射定位信号。
4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第一处理装置远离所述移动接收器单元,且其中所述移动接收器单元被配置以经由一或多个有线或无线链路将与所述移动接收器单元所接收的所述定位信号相关的信息发送到所述第一处理装置。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第二处理装置远离所述静态发射器单元,且被配置以经由一或多个有线或无线链路将所述发射时间表发送到所述静态发射器单元。
6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第二处理装置使用与所述静态发射器单元的每一个时钟的漂移和偏移两者相关的信息来产生用于所述静态发射器单元的发射时间表。
7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述静态发射器单元被配置以每隔一定间隔发射离散定位信号。
8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述定位信号为超声波信号。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中所述定位信号中的至少一些对与发射所述相应定位信号的所述静态发射器单元相关联的相应标识符进行编码。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中每一发射时间表包含确定根据所述静态发射器单元的时钟的所述静态发射器单元应发射定位信号的一或多个时钟值的集合的一或多个值。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中每一发射时间表将时钟值和周期传达到静态发射器单元,且其中每一静态发射器单元被配置以在所述静态发射器单元的时钟等于所述相应所传达时钟值时发射定位信号,并以由所述相应周期定义的间隔发射其它定位信号。

12. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第一处理装置被配置以根据由以下组成的群组中的任何一或者来确定所述移动接收器单元的所述位置:识别发射所述移动接收器单元所接收的所述定位信号的静态发射器单元的信息;与所述定位信号的时序相关的信息;与所述定位信号的接收信号强度相关的信息;与所述定位信号的频率相关的信息;与所述定位信号的频移相关的信息;以及与所述定位信号的到达角相关的信息。

13. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第二处理装置被配置以在所述第二处理装置确定所述静态发射器单元上的时钟与预期时间偏离超过阈值水平时将更新后的发射时间表发送到静态发射器单元。

14. 根据权利要求1所述的系统,其中与所述静态发射器单元的每一个时钟的相应漂移和/或偏移相关的所述信息以所述系统中装置对之间的相对偏移和/或漂移的形式存储。

15. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第二处理装置被配置以使用所述系统中装置对之间的相对偏移和/或漂移来导出每一静态发射器单元相对于共同参考时钟的偏移和/或漂移信息。

16. 根据权利要求1所述的系统,其中每一静态发射器单元被配置以每隔一定间隔通过无线电广播发射器单元消息,且其中每一无线电网关被配置以将其从所述静态发射器单元接收到的发射器单元消息转递到所述第二处理装置。

17. 根据权利要求16所述的系统,其中每一发射器单元消息包括表示根据所述静态发射器单元的时钟的所述静态发射器单元发射其最近定位信号的时间的信息,且其中所述第二处理装置被配置以在产生用于所述静态发射器单元的更新后发射时间表时使用此信息。

18. 根据权利要求16所述的系统,其中每一无线电网关被配置以在将从静态发射器单元接收的消息转递到所述第二处理装置时,将表示根据所述无线电网关的时钟的所述无线电网关从所述静态发射器单元接收所述消息的时间的接收时间戳发送到所述第二处理装置。

19. 根据权利要求18所述的系统,其中每一静态发射器单元被配置以将表示根据所述静态发射器单元的时钟的所述静态发射器单元发射每一发射器单元消息的时间的发射时间戳发送到所述第二处理装置,且其中所述第二处理装置被配置以使用发射器单元消息的发射时间戳和来自一或多个无线电网关的相应接收时间戳来确定所述静态发射器单元的时钟的漂移和/或偏移信息。

20. 根据权利要求19所述的系统,其中针对无线电网关和静态发射器单元的配对,所述第二处理装置被布置以在缓冲器中存储与来自所述静态发射器单元的多个发射时间戳和来自所述无线电网关的对应接收时间戳相关的信息,并使用存储在所述缓冲器中的信息来估计所述无线电网关的时钟与所述静态发射器单元的时钟之间的相对漂移。

21. 根据权利要求18所述的系统，其中所述第二处理装置被配置以使用来自两个或更多个无线电网关的与来自静态发射器单元的由所述两个无线电网关接收的单一发射器单元消息相关的接收时间戳来确定所述两个或更多个无线电网关的时钟之间的相对偏移和/或漂移。

22. 根据权利要求21所述的系统，其中针对两个无线电网关的配对，所述第二处理装置被布置以在缓冲器中存储与来自所述无线电网关的多个对应接收时间戳相关的信息，并使用存储在所述缓冲器中的信息来估计所述无线电网关的时钟之间的相对漂移。

23. 一种使用多个静态发射器单元来确定移动接收器单元的位置的方法，所述多个静态发射器单元各自包含相应无线电发射器和相应时钟，所述方法包含：

 使用与所述静态发射器单元的每一个时钟的相应漂移和/或偏移相关的信息来产生用于所述静态发射器单元的发射时间表，每一发射时间表指示相应静态发射器单元根据所述静态发射器单元的时钟在一或多个预定时间发射用于在所述移动接收器单元处接收的定位信号；

 所述静态发射器单元中的每一个使用其时钟根据用于所述静态发射器单元的相应发射时间表来发射用于在所述移动接收器单元处接收的相应定位信号；

 在所述移动接收器单元处接收所述定位信号中的一个；以及

 使用与在所述移动接收器单元处所接收的所述定位信号相关的信息来确定所述移动接收器单元的所述位置；

 所述方法还包含：

 使用用于通过无线电与所述静态发射器单元通信的一或多个无线电网关，每一无线电网关包含时钟；

 选择所述无线电网关中的一个作为系统的参考无线电网关；

 确定每一静态发射器单元相对于所述参考无线电网关的时钟的偏移和/或漂移信息；以及

 针对由两个无线电网关或由一个无线电网关与一个静态发射器单元形成的多个配对，根据一或多个质量准则确定是否已接收到足够信息以在所述配对的时钟之间准确地映射时间；

 确定表示装置图形的信息，所述装置图形包含所述参考无线电网关和能够在其时钟之间准确地映射时间的那些无线电网关和静态发射器单元；以及

 通过以下方式产生用于静态发射器单元的发射时间表：针对所述参考无线电网关与所述静态发射器单元之间的最短路径对所述装置图形进行搜索，并撰写沿所述最短路径的装置的相对偏移和/或漂移信息以便将来自所述参考无线电网关的时钟的时间和/或时间周期映射到所述静态发射器单元的时钟。

24. 一种适用于用以确定移动接收器单元的位置的系统的服务器，所述系统包含多个静态发射器单元，所述多个静态发射器单元各自包含相应无线电发射器和相应时钟且被配置以使用所述相应时钟根据相应发射时间表发射定位信号，其中所述服务器被配置以：

 使用与所述静态发射器单元的每一个时钟的相应漂移和/或偏移相关的信息来产生用于所述静态发射器单元的发射时间表，每一发射时间表指示相应静态发射器单元根据所述静态发射器单元的时钟在一或多个预定时间发射定位信号；且

从所述移动接收器单元接收与由所述移动接收器单元从所述静态发射器单元中的一个所接收的定位信号相关的信息，并使用所述信息来确定所述移动接收器单元的所述位置，

其中所述系统包含用于通过无线电与所述静态发射器单元通信的一或多个无线电网关，每一无线电网关包含时钟；

其中所述一或多个无线电网关通过网络耦合到第二处理装置；

其中所述服务器被配置以选择所述无线电网关中的一个作为所述系统的参考无线电网关，并确定每一静态发射器单元相对于所述参考无线电网关的时钟的偏移和/或漂移信息；以及

其中所述服务器被配置以：

针对由两个无线电网关和/或由一个无线电网关与一个静态发射器单元形成的多个配对，根据一或多个质量准则确定所述第二处理装置是否已接收到足够信息以在所述配对的时钟之间准确地映射时间；

确定表示装置图形的信息，所述装置图形包含所述参考无线电网关和所述第二处理装置能够在其时钟之间准确地映射时间的那些无线电网关和静态发射器单元；以及

通过以下方式产生用于静态发射器单元的发射时间表：针对所述参考无线电网关与所述静态发射器单元之间的最短路径对所述装置图形进行搜索，并撰写沿所述最短路径的装置的相对偏移和/或漂移信息以便将来自所述参考无线电网关的时钟的时间和/或时间周期映射到所述静态发射器单元的时钟。

定位系统

技术领域

[0001] 本发明涉及用于确定移动单元的位置的方法和设备。

背景技术

[0002] 在许多情形中期望能够发现可移动对象(例如人或一件设备)在例如医院等区域内的位置。

[0003] 已知提供例如附接到天花板或墙壁的静态基站网络以及将标签或类似装置附至可移动对象,其中在基站与标签之间发送例如无线电、超声波或红外信号等定位信号以使得能够确定经标记对象的位置。此类系统可例如用于确定对象处于建筑物中的哪个房间。由于超声波不可被人类检测到,因此非常适合于此目的。此外,超声波比无线电波缓慢得多地传播通过空气且更快速地衰减,尤其是在存在例如墙壁、天花板和地板等结构性建筑构件的情况下。此情形可有助于使用飞行时间(TOF)信息和/或接收信号强度(RSS)信息的接近度检测。

[0004] 定位系统可通过仅在发射定位信号的时间左右激活其接收器来减小其电力消耗。这在接收器为电池供电的情况下尤其有利。在将发射器中的一些或全部同步成在与彼此大致相同的时间进行发射的情况下,进一步电力节省是可能的,因为这允许接收器在不降低定位系统的更新速率的情况下休眠更长时间。

[0005] 本申请人的WO 2004/051303描述一种用于确定移动识别标签的位置的系统,所述移动识别标签装备有超声波接收器和无线电发射器。建筑物的每个房间装配有固定主控单元以及任选的固定从属单元。当用户想要定位标签时,所述用户从服务器发起位置更新过程。随后针对每个房间,服务器使得所述房间中的固定单元同时发射经译码超声波脉冲。这些经译码脉冲由房间中的任何识别标签接收。这些识别标签中的每一个计算其接收的超声波脉冲的到达时间,并且通过无线电将此信息与所述标签的ID代码一起发射到服务器。服务器随后可用识别标签的位置来更新数据库。由房间中的固定单元进行的超声波脉冲的同时发射可通过从服务器发送到主控单元的同步消息而实现,所述主控单元转而将同步消息发送到其连接的从属单元。这些同步消息可通过无线电发送。识别标签可装备有无线电接收器,所述识别标签使用所述无线电接收器来拦截从服务器发射到主控单元的无线电波,且所述识别标签可在拦截无线电波后的特定周期内开启其超声波接收器。

[0006] 此类系统具有某些缺点。确切地说,每次位置更新涉及大量无线电通信开销,为了使定位过程成功,必须可靠地发射和接收所述无线电通信开销。当需要询问多个房间时,由于是依次询问每个房间,因此每次位置更新还可能花费非常长的时间。

发明内容

[0007] 本发明采用一种不同的方法。

[0008] 根据第一方面,本发明提供一种用于确定移动接收器单元的位置的系统,所述系统包含:

[0009] 多个静态发射器单元，其各自包含相应时钟且被配置成使用所述相应时钟根据相应发射时间表发射定位信号；

[0010] 移动接收器单元，其被配置成接收来自所述静态发射器单元中的任一个的定位信号；

[0011] 第一处理装置，其被配置成使用与所述所接收定位信号相关的信息来确定所述移动接收器单元的所述位置；以及

[0012] 第二处理装置，其被配置成使用与所述静态发射器单元的每一个时钟的相应漂移和/或偏移相关的信息来产生用于所述静态发射器单元的发射时间表，每一发射时间表指示相应静态发射器单元根据所述静态发射器单元的时钟在一或多个预定时间发射定位信号。

[0013] 根据第二方面，本发明提供一种使用多个静态发射器单元来确定移动接收器单元的位置的方法，所述多个静态发射器单元各自包含相应时钟，所述方法包含：

[0014] 使用与所述静态发射器单元的每一个时钟的相应漂移和/或偏移相关的信息来产生用于所述静态发射器单元的发射时间表，每一发射时间表指示相应静态发射器单元根据所述静态发射器单元的时钟在一或多个预定时间发射定位信号；

[0015] 所述静态发射器单元中的每一个使用其时钟根据用于所述静态发射器单元的相应发射时间表来发射相应定位信号；

[0016] 在所述移动接收器单元处接收所述定位信号中的一个；以及

[0017] 使用与所述所接收定位信号相关的信息来确定所述移动接收器单元的所述位置。

[0018] 由此，所属领域的技术人员将看出，根据本发明，所述系统有效地使用每一静态发射器单元的本地时钟的模型来产生用于发射器单元的个别化发射时间表。所述发射时间表考虑到每一发射器单元时钟的预期漂移和/或偏移，从而使得多个静态发射器单元能够在预定的协调时间发射定位信号。

[0019] 在一些实施例中，可指示静态发射器单元在不同相应时隙中发射定位信号。所述定位信号可在相互并未重叠的相应发射窗口中发射。这可避免无用的干扰，从而改进可靠性和准确度。所有时隙可以都不相同，或时隙中的一些可与其它时隙相同或可与彼此部分重叠。在一些实施例中，时隙可在每一静态发射器单元的半径内（例如在50米内）为唯一的，或其可在整个系统内为唯一的。

[0020] 然而，在其它实施例中，可指示静态发射器单元中的至少一些彼此至少部分重叠地发射其定位信号，例如基本上与彼此同时发射其定位信号（例如，所述定位信号从多个发射器单元的发射基本上与彼此同时开始）。

[0021] 不同于上文所描述的先前技术，这种方法并不要求服务器在每次需要定位更新时将无线电同步消息传达到每一发射器单元。其因此为更稳健和可靠的系统。同时可更容易地跨较大设施（例如跨较大医院综合设施）缩放，因为其不需要服务器随设施扩大而以甚至更高的无线电发射功率发射同步消息以使所有静态单元同步。替代地，如果发射时间表在静态发射器单元远处产生，那么可使用任何合适的有线或无线链路将所述发射时间表发送到发射器单元。所述发射时间表不需要一定在这些链路上立即传送。

[0022] 第一和第二处理装置可包含任何适当的硬件和/或软件。第一处理装置可为第一处理子系统。第二处理装置可为第二处理子系统。在一些实施例中，其可包含相同硬件；例

如,其两者都可在同一服务器上实施。移动接收器单元和/或静态发射器单元中的一或多个可包含第一处理装置中的一些或全部。举例来说,移动接收器单元可能够确定其自身位置,其随后可例如在所述移动接收器单元的显示器上向用户输出其自身位置。然而,更优选地是,第一处理装置与移动接收器单元和静态发射器单元部分或完全不同和/或部分或完全远离;例如,处于第一服务器上。移动接收器单元优选地被配置成经由一或多个有线或无线链路(例如通过无线电)将与所接收定位信号相关的信息传达到第一处理装置。移动接收器单元和/或静态发射器单元中的一或多个可包含第二处理装置中的一些或全部。然而,优选地,第二处理装置与移动接收器单元和静态发射器单元部分或完全不同和/或部分或完全远离;例如,处于第二服务器上(所述第二服务器可与先前所提及的第一服务器相同或可不同)。

[0023] 在一些实施例中,发射时间表使得静态发射器单元基本上与彼此同时地或在共同时间窗口中发射定位信号。相比于分时隙方法,此情形提供低时延且允许移动接收器单元的电力消耗减少。定位信号以及系统的任何其它特征可如先前在本申请人的WO 2012/137017或WO 2014/020348中所描述,所述申请案的全部内容在此以引用方式并入。

[0024] 第二处理装置优选地使用与静态发射器单元的每一个时钟的漂移和偏移两者相关的信息来产生用于静态发射器单元的发射时间表。然而,这并非必需的,且如果信息更新得足够频繁,那么可用同步在仅使用偏移信息的情况下可为可能的。如果已知所有时钟在一时刻具有一或多个特定值,那么仅漂移信息可足以使系统同步。一般来说,时钟的漂移指示所述时钟测量时间与参考时钟相比快多少或慢多少,而时钟的偏移表示在特定时间点所述时钟与参考时钟之间的数值差。

[0025] 与静态发射器单元的每一个时钟的相应漂移和/或偏移相关的信息可存储在一或多个存储器中。所述信息可以数据库或表或任何其它适合格式进行存储。所述信息可存储在同步数据存储中,所述数据存储可为集中的或分散的。所述信息可涉及任何数目个静态发射器单元;例如,两个、多于两个、三个、多于三个、五个或更多个、十个或更多个,等等。(当然,可存在其它静态发射器单元,与其时钟的相应漂移和/或偏移相关的信息并未被第二处理装置存储或使用;例如,因为此类信息不可用。)

[0026] 在一些实施例中,所有静态发射器单元的被存储和/或使用的漂移和/或偏移信息可相对于参考时钟加以确定,所述参考时钟例如服务器上的时钟或静态发射器单元中的参考静态发射器单元上的时钟。然而,所述信息可相对于系统中另一装置的时钟加以存储,所述装置例如无线电网关装置(如下文更详细地描述)。所述信息可以系统中装置对之间的相对偏移和/或漂移的形式存储,例如静态发射器单元与无线电网关装置之间的相对偏移和/或漂移。提供足够的此类对,可有可能通过以数学方式撰写形成两个装置之间的路径的一连串对中的偏移或漂移,来根据这类信息计算任何两个装置之间的相对偏移和/或漂移。在一些实施例中,与系统中装置对之间的相对偏移和/或漂移相关的信息是通过系统确定,且用于导出每一静态发射器单元相对于共同参考时钟的偏移和/或漂移信息。此推导可提前进行,或每当针对特定静态发射器单元产生新的发射时间表时进行。应了解,所述漂移和/或偏移信息可以任何合适的格式或数学表示并且以任何适当的精确度或准确度等级进行存储。下文更详细地描述可如何获得所述信息。

[0027] 系统可包含同步数据存储,其存储与静态发射器单元的每一个时钟的漂移和/或

偏移相关的信息。第二处理装置可包含同步数据存储,或第二处理装置可被布置以存取同步数据存储(例如经由网络连接)。

[0028] 发射时间表可由静态发射器单元自身基于与其时钟的漂移和/或偏移相关的信息而产生,所述静态发射器单元可从服务器或从单独的同步数据存储接收或存取所述信息。在此情况下,静态发射器单元可形成第二处理装置的一部分。然而,优选的是,服务器被配置成产生用于静态发射器单元的发射时间表。服务器可(例如通过无线电或经由以太网连接)将发射时间表发送到静态发射器单元。用于静态发射器单元的发射时间表可由总发射时间表产生,所述总发射时间表可根据参考时钟加以定义。所述总发射时间表可针对不同静态发射器单元指定不同的预定时间(例如在分时隙系统中),或其可指定待由所有静态发射器单元使用的一组预定时间(例如在同时发射系统中)。

[0029] 根据另一方面,本发明提供一种服务器,其适用于用以确定移动接收器单元的位置的系统,所述系统包含多个静态发射器单元,所述静态发射器单元各自包含相应时钟且被配置成使用所述相应时钟根据相应发射时间表来发射定位信号,其中所述服务器被配置以:

[0030] 使用与所述静态发射器单元的每一个时钟的相应漂移和/或偏移相关的信息来产生用于所述静态发射器单元的发射时间表,每一发射时间表指示相应静态发射器单元根据所述静态发射器单元的时钟在一或多个预定时间发射定位信号;且

[0031] 从所述移动接收器单元接收与由所述移动接收器单元从所述静态发射器单元中的一个所接收的定位信号相关的信息,并使用所述信息来确定所述移动接收器单元的所述位置。

[0032] 在本文中所描述的实施例中的任一个中,服务器可为单个物理装置,或其可包含多个装置,例如两个或更多个可通过数据网络彼此连接的物理上不同的计算机或处理器。第一和第二处理装置的功能可以任何适当方式在多个装置或处理单元之间共享。

[0033] 定位信号可采用任何合适的形式。在一些实施例中,定位信号可包含可听信号、红外信号、无线电信号,或任何其它声学信号或电磁信号。可存在在同一系统内使用的其它类型的定位信号(例如超声波定位信号与无线电定位信号的混合信号)。一个静态发射器单元可潜在地被配置成发射多于一种类型的定位信号,或不同静态发射器单元可发射不同的相应类型的定位信号。发射时间表可使得一种类型的定位信号(例如超声波信号)由多个静态发射器单元同时发射,而另一类型的定位信号(例如射频信号)在相应时隙中发射。此情形在移动接收器单元相对擅长于在一种类型(例如超声波)的重叠信号之间进行辨别但相对不擅长于在另一类型(例如RF)的重叠信号之间进行辨别时可为有利的。

[0034] 举例来说,在一些实施例中,静态发射器单元中的至少一些可包含近场通信发射器。在一些实施例中,定位信号可包含低频无线电信号。这些低频无线电信号可具有几米(例如约10米或更短)的有效范围。静态发射器单元中的一或多个可位于天然阻塞点,例如门口,由此移动接收器单元在其经过时将必须极为接近所述静态发射器单元。此类方法不限于低频无线电信号,而是也可与较高频率的无线电信号(例如低功率2.4GHz信标)一起使用。

[0035] 在优选实施例集合中,定位信号包含超声波信号。因此,所述多个静态发射器单元优选地包含相应超声波发射器。移动接收器单元优选地包含超声波接收器。超声波信号可

为有利的,因为其行进相对缓慢且因此可相对直接地加以处理。此外,超声波信号由于建筑物的结构构件而衰减,这可有助于位置确定且不干扰人类。

[0036] 定位信号优选地为离散信号。所述定位信号优选地每隔一定间隔发射,所述间隔优选为规则的。所有静态发射器单元可以相同间隔进行发射。举例来说,每一静态发射器单元可每隔一秒发射定位信号。静态发射器单元可基本上与彼此同时地进行发射。

[0037] 定位信号可包含脉冲、啁啾、消息或任何其它合适的信号。定位信号中的至少一些可对与发射所述定位信号的静态发射器单元相关联的标识符进行编码。此位置标识符可为与静态发射器单元相关联的任意值(例如序列号),或其可表示静态发射器单元的物理位置(例如含有发射器单元的房间的名称或网格参考坐标)。这类编码可涉及定位信号的频率信息和/或相位信息和/或振幅信息。在一些实施例中,位置标识符在定位信号中经频移键控(FSK)编码和/或经直接序列扩展频谱(DSSS)编码。定位信号可编码其它信息,这类信息与定位信号的传输时间或既定接收方相关。由特定静态发射器单元发射的连续定位信号可彼此相同或可不同。举例来说,发射器单元有时可发射对发射器单元的标识进行编码的定位信号,且有时可发射含有适用于极精确到达时间确定的图形的定位信号(例如,如W02012/137017中所描述)。这两种类型的定位信号可交替,或可每n次发射(例如每三次、十次或一百次发射)发射一种类型,其间发射另一类型。

[0038] 来自不同静态发射器单元的定位信号可全部具有与彼此相同的长度,或其可具有不同长度。在定位信号是在共同时间窗口中发射的实施例中,此共同时间窗口可具有与定位信号相同的长度(如果所述定位信号全都具有相同长度),或具有与定位信号中最长的定位信号相同的长度(如果所述定位信号具有不同长度),或为这些长度的某一倍数(例如1.5或2倍此长度)。在一些实施例中,发射时间表可使得所述多个静态发射器单元全部基本上与彼此同时地发射定位信号。通过同时发射定位信号的开头,或通过存在所有静态发射器单元同时发射定位信号的某一时刻,可在基本上与彼此相同的时间发射定位信号。应理解,在实践中,所存储的漂移和/或偏移信息可能并非始终准确(例如,当静态发射器单元中的时钟经历快速温度改变时,所述改变使其加速或减速),且因此,虽然发射时间表可指示多个静态发射器单元与彼此同时地发射定位信号,但实际上,一些发射在时间上可能并非始终重叠,尤其当定位信号具有较短持续时间时。

[0039] 当然,多个静态发射器单元中的一或多个可在与其它静态发射器单元不同的时间发射额外定位信号。

[0040] 系统可部署在一或多个建筑物和/或户外区域内。静态发射器单元可安装在建筑物的不同房间中。多个静态发射器单元可与彼此安装在同一房间中。静态发射器单元可由外部电源电池组供电,但优选地由电池供电,因为这可使得安装更容易且更灵活。所述静态发射器单元可通过有线链路连接到数据网络,但优选地被布置成使用一或多个无线数据链路进行通信。所述静态发射器单元可具有有线和无线网络连接两者;无线数据链路有利于确保精确同步,如下文更详细地描述。应了解,虽然静态发射器单元通常既定为静态的,但其偶尔可被移动(例如在安装或例行维护期间);然而,优选的是所述静态发射器单元的位置已经被编程到系统中(例如作为地图上的点)和/或设计成使所述静态发射器单元既定在一个位置中保持很长一段时间。所述静态发射器单元可为位置固定的,例如紧固到一或多个结构构件,所述结构构件例如墙壁、天花板、地板或柱子。为避免疑问,重要的是应注意,

静态发射器单元的内部状态不一定是静态的(例如,其软件或硬件可被布置成通过无线电或其它装置动态地重新配置)。

[0041] 静态发射器单元优选地包含晶体振荡器(例如32kHz晶体振荡器)以提供稳定的时间基准。所述静态发射器单元优选地包含基于这些晶体振荡器的时钟(计时器)。静态发射器单元中的时钟可被设定成测量根据共同偏移的时间(例如Unix时间),但所述时钟优选地具有任意偏移。每一时钟可在静态发射器单元进行装置重设之后被重设。在一些实施例中,时钟为24位计时器,其可每几分钟环绕。

[0042] 每一静态发射器单元可将相应发射时间表存储在(例如)静态发射器单元的易失性或非易失性存储器中。发射时间表可采用任何合适的形式。所述发射时间表可包含静态发射器单元应发射定位信号的一或多个时钟值的集合。所述发射时间表可包含确定静态发射器单元应发射定位信号的一或多个时钟值的集合的算法或公式,或其可包含确定静态发射器单元应发射定位信号的一或多个时钟值的集合的一或多个值(例如,用于预定算法或公式的一或多个参数)。每一发射时间表优选地指示静态发射器单元根据所述静态发射器单元的时钟在多个预定时间发射定位信号。发射时间表可表达预定时间的无限集合。

[0043] 在一些实施例中,每一发射时间表将时钟计数器值和周期传达到静态发射器单元(以通过本地静态发射器单元时钟进行测量)。这些值可以任何适当方式加以编码。时钟计数器值可定义下一定位信号的发射时间,且周期可定义间隔等于所述周期的后续定位信号的有限或无限序列。时钟计数器值和/或周期可具有小数表示以改进固有时钟节拍分辨率(例如32kHz分辨率)。

[0044] 在以所指示时钟计数器值发送定位信号之后,静态发射器单元可将周期增加到时钟计数器值并等待对整数部分的时钟告警,从而使小数部分累积以用于后一定位信号。以此方式,已发现,静态发射器单元有可能在所指示发射时间表上自主运行若干小时,同时与其它静态发射器单元保持在一毫秒误差内协调。

[0045] 移动接收器单元可被配置成从所接收定位信号解码信息,例如发射所述定位信号的静态发射器单元的标识。所述移动接收器单元可将此标识或任何其它相关信息传达到第一处理装置。移动接收器单元可被配置以确定定位信号在所述移动接收器单元处的到达时间。所述移动接收器单元可将与到达时间相关的信息传达到第一处理装置,所述信息例如根据移动接收器单元的时钟的到达时间时间戳。在一些实施例中,移动接收器单元可被配置以确定所接收定位信号的发射时间,例如通过确定与定位信号同时发射的光速通信的到达时间。移动接收器单元可由此确定定位信号的飞行时间。所述移动接收器单元可将飞行时间或与其相关的信息传达到第一处理装置。

[0046] 移动接收器单元可使用任何适当的通信信道将信息发送到第一处理装置;在一些实施例中,其可通过无线电(例如通过802.11组播或通过ZigBee消息)发送信息。在一些实施例中,系统包含通过网络(例如以太网络)连接到第一处理装置的一或多个802.11基站。移动接收器单元优选地实施Wi-Fi标签的CiscoTM兼容扩展中的一些或全部。移动接收器单元优选地在发送信息到第一处理装置时发送与其自身相关联的标识符。

[0047] 在一些实施例中,移动接收器单元被配置以确定新接收到的位置标识符是否不同于先前接收到的位置标识符(优选地为最近接收到的较早位置标识符),且如果不同,那么将与新接收到的位置标识符相关的信息发送到第一处理装置。如果标识符尚未改变,那么

移动接收器单元可被配置以不将这类信息发射到第一处理装置。

[0048] 与静态发射器单元相关联的标识符可包含第一部分(例如五位区ID)和第二部分(例如五位区域ID)。标识符优选地分配到静态发射器单元使得邻近静态发射器单元组具有相同的相应第二部分。移动接收器单元随后可被配置成首先解码第一部分,且仅当第一部分不同于最近所解码的前一部分时才解码第二部分。由于标识符在空间上分布的方式,这允许移动接收器单元通过在其不大可能已改变时不解码第二部分而节省电力。

[0049] 移动接收器单元优选地包含计时器,所述计时器可为相对较低准确度的(例如大约千分之二)。移动接收器单元优选地被布置成在接收到定位信号之后去激活其定位信号接收器,且基于最近定位信号的到达时间在预期下一定位信号时使用计时器再激活所述定位信号接收器。移动接收器单元可在下一定位信号的预期到达之前的预定时间(例如10毫秒)再激活接收器。这允许计时器的一定的不准确性,且允许更接近静态发射器单元的移动接收器单元的可能移动。

[0050] 移动接收器单元优选地包含用于检测移动接收器单元何时处于运动中的运动检测器。当移动接收器单元处于运动中时,移动接收器单元优选地被配置成每隔一定间隔、优选地每隔一定规则间隔(例如每一秒)侦听定位信号。当移动接收器单元未处于运动中时,其优选地被配置成进入休眠状态,在此期间其以大体上较长的间隔(优选地规则间隔)侦听定位信号,所述间隔可为非休眠间隔长度的至少10或100倍(例如10分钟间隔)。

[0051] 移动接收器单元可包含用于将移动接收器单元附接到对象(例如个人或一件设备)的紧固装置。移动接收器单元优选地为电池供电的。应了解,移动接收器单元将不一定始终处于运动中;然而,其优选地为移动的,因为其被设计为便携式的。

[0052] 第一处理装置可从移动接收器单元接收识别所述移动接收器单元接收其定位信号的静态发射器单元的信息;第一处理装置可使用此信息来确定所述移动接收器单元的位置。举例来说,定位信号可确定移动接收器单元与特定静态发射器单元处于同一房间中(例如接近度检测)。在确定移动接收器单元的位置时,移动接收器单元和/或第一处理装置可使用与所接收定位信号的强度相关的信息(例如,如果移动接收器单元同时检测到两个或更多个定位信号,那么其可报告所述移动接收器单元以最强接收信号强度接收其定位信号的静态发射器的标识)。第一处理装置可将移动接收器单元的位置估计值存储在存储器(例如数据库)中。第一处理装置可存储或存取与静态发射器单元的位置和/或场所的平面图或地图(例如衰减构件(例如墙壁和天花板)的位置)相关的数据。第一处理装置可被布置成例如在显示屏上输出指示移动接收器单元的位置或可能位置集合的数据,以向用户显示。

[0053] 系统可包含多个移动接收器单元(例如两个、三个、五个、十个或更多个),所有移动接收器单元都被配置成从静态发射器单元接收定位信号,并将与所接收定位信号相关的信息传达到第一处理装置。移动接收器单元可各自具有上文所描述的特征中的任一者或全部。第一处理装置可使用所述信息来确定所有移动接收器单元的位置。应理解,这类位置可分为估计值,且可包含可能位置的范围,例如面积或体积。

[0054] 系统优选地被配置成每隔一定间隔重复地确定一或多个移动接收器单元的位置,所述间隔可为规则间隔(例如每一秒左右)。

[0055] 在一些实施例中,在确定移动接收器单元的位置时,第一处理装置可被配置以使用与静态发射器单元与移动接收器单元之间的定位信号的发射时间和/或到达时间和/或

飞行时间相关的信息。第一处理装置可使用与多个静态发射器单元发射的多个定位信号相关的时序信息来确定移动接收器单元的位置。第一处理装置可执行多点定位计算来确定移动接收器单元的位置。在一些实施例中，在确定移动接收器单元的位置时，第一处理装置可使用与静态发射器单元与移动接收器单元之间的定位信号的角度相关的信息。第一处理装置可使用频率或频移信息，例如与多普勒频移(Doppler-shift)相关的信息，来确定与移动接收器单元的移动相关的信息。在确定移动接收器单元的位置时，第一处理装置可使用与移动接收器单元的移动相关的信息。

[0056] 第二处理装置可被配置成每隔一定间隔将发射时间表发送到静态发射器单元。如果静态发射器单元具有有线网络连接，那么可经由有线网络连接接收发射时间表。通过发送更新后的发射时间表，可改进系统的同步准确度。这些更新后的发射时间表可每隔一定间隔发送；例如，每五分钟。然而，所述间隔不需要一定为规则的，且在优选实施例中，第二处理装置被配置成在所述第二处理装置确定静态发射器单元上的时钟与预期时间偏离超过阈值水平时将更新后的发射时间表发送到静态发射器单元。以此方式，系统可高度同步而不具有过度的通信开销。所述阈值可为可由用户配置的。系统还可被配置成在从前一更新后发射时间表被发送到发射器单元起已经过超过阈值时间的情况下将更新后的发射时间表发送到所述静态发射器单元。

[0057] 在一些实施例中，静态发射器单元被配置成具有发射时间表超时，使得如果静态发射器单元在所述超时内并未接收到发射时间表更新，那么静态发射器单元将停止发射定位信号。

[0058] 系统优选地包含一或多个无线电网关。每一网关优选地通过网络耦合到第二处理装置，所述网络可为有线网络，例如以太网。所述网关可为内部供电的，但优选地从外部源接收电力(例如经由以太网供电)。其无线电优选地持续作用中。每一网关优选地能够通过无线电与静态发射器单元中的至少一者通信。每一静态发射器单元优选地能够通过无线电与网关中的至少一者通信。因此，静态发射器单元优选地包含无线电发射器(且优选地还包含无线电接收器)。此无线电通信优选地基于IEEE 802.15.4标准；其可实施ZigBee协议或类似私有协议。其可使用802.15.4地址空间中的预定地址范围。其可使用特定802.15.4个人局域网标识符。可潜在地替代地使用其它无线电协议，例如Z-Wave、无线USB、WiMax、GSM、UMTS、CDMA2000、DECT或WiFi，或其变体或修改。

[0059] 网关优选地被布置成在静态发射器单元与第二处理装置之间中继消息。当然，消息的此中继或转递包含以任何适当的方式重新格式化、简化、扩展、压缩、解压缩、再译码或以其它方式变换所述消息。

[0060] 每一网关优选地包含时钟。每一网关可被配置成在所述网关将从静态发射器单元接收到的消息转递到第二处理装置时将本地时间戳发送到第二处理装置。(当然，网关还可以不同方式处置某些其它消息或其它类型的消息；例如不发送相关联时间戳。)时间戳可与所转递的消息在同一通信中发送，或可分开地发送。此时间戳优选地为根据网关时钟的接收时间戳，其表示网关接收无线电消息的时间。在此过程中通常存在极少抖动。来自静态发射器单元的单一无线电消息可由多个网关接收，所述网关中的每一个随后转递所述消息以及相应的本地网关接收时间戳。网关还可将消息的接收信号强度信息(RSSI)发射到第一处理装置。第一第二处理装置可选择网关中的一个将来自第二处理装置的回应中继到静态发

射器单元。此选择可基于信号强度信息；例如，选择针对消息报告最高RSSI的网关。

[0061] 静态发射器单元优选地被配置成每隔一定间隔、优选地以规则间隔（例如大约每60秒或每120秒）通过无线电发射消息。这些发射器单元消息优选地以广播消息的形式发射，且因此可由网关中的任何一或多个接收。（当然，除这些发射器单元消息外，静态发射器单元还可发射其它消息或其它类型的消息。）接收此类发射器单元消息的每一网关优选地将消息传递到第二处理装置（优选地与网关接收时间戳和/或RSSI信息一起）。这些发射器单元消息不限于任何特定形式或目的。所述发射器单元消息可或可引起来自另一装置的回应。在一些实施例中，所述发射器单元消息包含对于第二处理装置可能等待以传送到静态发射器单元的任何数据的请求。所述发射器单元消息可定址到第二处理装置。

[0062] 每一静态发射器单元优选地发送根据静态发射器单元的时钟的发射器单元消息中的一些或全部的发射时间戳。所述发射时间戳优选地被包括作为每一发射器单元消息的一部分，但其可单独地发送。发射时间戳优选地（例如经由无线电网关中的一个）发送到第二处理装置。

[0063] 发射器单元消息中的每一个优选地还包含表示在发射发射器单元消息之后静态发射器单元将激活其无线电接收器以侦听应答消息的时间间隔的值（在本文中被称作“接收开启（Rx on）”延迟）。“接收开启”时间延迟可约为100毫秒。其优选地为可配置的。其被设定成允许网关具有足够时间将发射器单元消息传递到第二处理装置，允许第二处理装置观测来自多个网关的可能广播接收，且允许通过网关中继第二处理装置的应答。发射器单元消息还可包括表示静态发射器单元发射其最近定位信号的根据所述静态发射器单元的时钟的时间的信息。此时间值使得第二处理装置能够产生用于静态发射器单元的经修改发射时间表，而不用必须保持其发送到所述静态发射器单元的上一发射时间表的历史。已发现此“无状态”方法是有利的，因为其避免了由于静态发射器单元的数目增加而使第二处理装置过载；其还可有助于从硬件运转中断（例如在重启第二处理装置时）快速恢复。发射器单元消息还可包括静态发射器单元所接收的最近发射时间表的细节。

[0064] 第二处理装置可被配置以应答从静态发射器单元接收的此类发射器单元消息。所述应答优选地包含第二处理装置具有的针对所述静态发射器单元的任何排队请求。请求可在初始配置阶段期间发送的指令；其后，请求可包含来自静态发射器单元的针对状态信息（例如电池状态）的偶发性轮询。如果不存在排队请求，那么应答可包含确认消息（例如预定二进制值）；这比没有应答更省电，因为这允许静态发射器单元在其接收到确认消息时关闭其无线电接收器。当第二处理装置确定已经满足将更新后的发射时间表发送到静态发射器单元的一或多个准则时，第二处理装置优选地在应答中包括用于静态发射器单元的更新后发射时间表。

[0065] 第二处理装置优选地指示网关中的一个在根据所述网关的时钟的特定时间将应答发射到发射器单元消息。所述时间优选地基于静态发射器单元发射发射器单元消息的时间（其可由第二处理装置从所包括的发射时间戳导出）。所述时间优选地为此发射时间加上用发射器单元消息传达的“接收开启”延迟。第二处理装置还可在指示所选择的网关发射应答时将静态发射器单元的无线电地址告知所述网关。

[0066] 第二处理装置优选地根据由发射器单元发送的时间戳、优选地根据与发射器单元消息包括在一起的发射时间戳确定静态发射器单元的时钟的漂移和/或偏移信息。

[0067] 在一些较不优选实施例中,这些发射时间戳可由第二处理装置接收(例如通过网关中继)。第二处理装置可使用与静态发射器单元与第二处理装置之间的发射延迟(例如基于所测量的往返时间而估计)相关的信息来估计静态发射器单元时钟与第二处理装置时钟之间的偏移。通过随时间推移监测这些发射时间戳或偏移,第二处理装置可估计每一发射器单元时钟的漂移,例如,通过对一系列时间戳或偏移应用线性回归运算或移动平均滤波。

[0068] 然而,在实践中已发现这种方法略微不准确,因为难以准确地确定静态发射器单元与第二处理装置之间的发射延迟。因此,优选地,第二处理装置另外使用来自无线电网关的接收时间戳来确定静态发射器单元的时钟的漂移和/或偏移信息。

[0069] 静态发射器单元和网关优选地被布置成使得针对每一网关,存在在所述网关和至少一个其它网关的无线电通信范围内的至少一个静态发射器单元。以此方式,通过此类静态发射器单元进行的无线电消息广播可由两个或更多个网关接收。广播消息可定址到无线电网关的特定集合,或其可定址到一般广播地址,或其可根本不含有接收方地址。出于切实可行的目的,可假定两个或更多个网关对广播消息的接收是同时的(且与无线电消息的发射同时)。第二处理装置优选地接收来自所有两个或更多个网关的接收时间戳。第二处理装置优选地使用这些接收时间戳来确定两个或更多个网关的时钟之间的相对偏移和/或漂移;此操作可以成对方式进行。广播消息可含有来自静态发射器单元的发射时间戳,但这并非必需的,因为有可能在没有所述发射时间戳的情况下使一对网关同步。第二处理装置优选地确定在发射器单元的共享范围内的每一对网关的相对偏移。优选地,静态发射器单元和网关被布置成使得网关以拓扑形式形成单一连通图形,其中网关对为图形的边缘。

[0070] 第二处理装置优选地被配置以选择网关中的一个作为用于系统的参考网关。所选择网关的时钟随后成为用于系统的参考时钟;即,第二处理装置产生发射时间表使得定位信号以如通过参考时钟所测量的预定时间间隔发射,例如参考时钟的每32,000循环。

[0071] 第二处理装置优选地被布置成使用来自静态发射器单元的发射时间戳和来自网关的对应接收时间戳(可假定其与同一时刻有关)来确定发射器单元时钟与网关时钟之间的相对偏移和/或漂移。优选地确定第二处理装置已接收到其适当发射和/或接收时间戳的所有静态发射器单元与网关对的相对偏移。

[0072] 第二处理装置可被配置以对所接收时间戳进行滤波以移除并非单调递增的任何值。其优选地被布置成校正计时器环绕。

[0073] 第二处理装置优选地被布置成将与每对装置的多个发射和/或接收时间戳或者相对偏移相关的信息存储在(例如)缓冲器中。第二处理装置优选地使用所存储的信息来确定所述对装置的时钟之间的相对漂移。第二处理装置可通过对所述信息应用线性回归运算来进行此操作。在确定相对漂移时,第二处理装置可忽略在时间上比阈值最小间隔更接近彼此的时间戳。第二处理装置可忽略与在过去超过阈值时间发生的通信有关的信息。第二处理装置可忽略满足离群值去除准则的信息,例如线性回归残差超过中位数或平均残差阈值次数的时间戳。如果信息不满足一或多个质量准则,例如不具有足够的数据或足够良好的线性拟合,那么第二处理装置可使漂移确定过程失败。所述对装置随后可被视为“未锁定的”。

[0074] 第二处理装置可在存储器中存储识别已确定其有效相对偏移和漂移信息的每一对装置的信息(在本文中被称所述对为“锁定的”)。

[0075] 给定足够的锁定对,第二处理装置可以数学方式在任何两个装置(静态发射器单元和网关)的时钟之间映射时间值。确切地说,第二处理装置可在参考网关时钟与每一静态发射器单元的时钟之间进行转换。第二处理装置优选地使用偏移和漂移信息来产生用于发射器单元的更新后发射时间表。

[0076] 为此,第二处理装置优选地确定表示装置图形的信息,所述装置图形包含在锁定关系下可到达的参考网关和其它网关以及发射器单元。此装置图形可包括网关-网关边缘和网关-发射器单元边缘。在一些实施例中,可例如基于两个节点之间的消息的接收信号强度指示符(RSSI)对装置图形中的至少一些边缘进行加权。在优选实施例中,接收信号强度信息用于确定网关与静态发射器单元之间的边缘是否包括在装置图形中;例如,仅当两个装置之间的RSSI超过阈值时才包括所述边缘。

[0077] 对于每一静态发射器单元,第二处理装置优选地例如使用装置图形的广度优先搜索来确定参考网关与静态发射器单元之间的最短路径。第二处理装置随后可撰写沿所述最短路径的所有装置(节点)的成对偏移和/或漂移信息,以便将来自参考时钟的预定时间映射到静态发射器单元的时钟。随后,可使用此线性映射来寻找根据参考网关时钟将下一定位消息映射到发射器单元时钟的新的发射时间表偏移。所撰写线性映射中的比例因子可用于设定新发射时间表中的周期。举例来说,参考时钟下的周期可为32,000节拍,第二处理装置将把所述周期映射到特定发射器单元时钟的相等数目个节拍。可响应于第二处理装置接收到来自特定静态发射器单元的发射器单元消息而对所述静态发射器单元执行这些操作,或可提前执行这些操作。

[0078] 如果第二处理装置确定所述第二处理装置不再可到达所选择的参考网关或所选择的参考网关不再能够锁定到其它装置,那么第二处理装置选择新的参考网关。在使用此新参考网关产生发射时间表时,第二处理装置尝试保持与前一参考网关一起使用的相同偏移。然而,可根据新参考时钟对周期进行测量,所述新参考时钟可略微地比前一参考时钟更快或更慢。替代地,系统可将根据前一参考时钟的周期映射到新参考时钟。

[0079] 当然,系统可包含不一定具有上文所描述的所有特征的其它静态发射器单元和/或移动接收器单元。举例来说,系统可包含并不与第二处理装置通信且根据独立发射时间表操作的一或多个静态发射器单元。在其它实施例中,系统可包含两个或更多个静态发射器单元集合,其中每一集合中的发射器单元与彼此同时地发射其定位信号,但不与另外一或多个集合中的发射器单元同时。此情形可在系统跨建筑物的多个楼层或跨场所中的多个建筑物部署时出现,其中每一楼层或建筑物使用不同的定位信号发射时间表。

[0080] 本系统和其组成部分可使用任何适当的硬件和/或软件进行控制、监测等等。视需要,第一处理装置、第二处理装置、服务器、网关、静态发射器单元、移动接收器单元和同步数据存储或其任何组合中的任一个可包含一或多个处理器、微控制器、CPU、DSP、ASIC、易失性存储器、非易失性存储器、模拟电路、数字电路、电源、接收器、发射器、换能器、输入端、输出端、用户接口等等。其功能性可使用硬件、软件、固件或其一组合加以实施。系统的装置中的任何处理器可包括可操作以存储软件指令的存储器或与所述存储器通信,所述存储器可为非易失性的或可采用与处理器通信的非暂时性计算机可读媒体的形式。

[0081] 应了解,本文中所提及的信息,例如时间戳、偏移、装置图形等,可以任何适当的方式进行存储和/或处理,且本发明不限于这类信息的任何特定物理或数学表示。对一条信息

的提及应理解为涵盖以任何适合格式或编码表示所述信息或者经由任何适当变换或运算从所述信息导出的任何数据。

[0082] 应了解,发射或接收时间戳仅可大致地表示发射或接收事件或窗口的实际开始或结束,例如,这是因为硬件或软件延迟(例如缓冲)会引入一定程度的不准确性。更一般来说,本文中提及的任何测量值可仅为近似值。

[0083] 超声波信号为频率高于正常人类听觉范围的声学信号;此通常意味着频率大于20kHz的信号,例如30kHz与100kHz之间的信号。

[0084] 在适当时,本文中描述的任何方面或实施例的特征可适用于本文中描述的任何其它方面或实施例。在参考不同实施例或实施例集合时,应理解,这些实施例或实施例集合不一定为不同的而是可重叠。

附图说明

[0085] 现将参考附图仅通过举例来描述本发明的某些优选实施例,在所述附图中:

[0086] 图1是体现本发明的系统的主要元件的示意图;且

[0087] 图2是展示在系统的组件之间发射的实例消息的示意图。

具体实施方式

[0088] 图1展示实时定位系统1。所述系统具有服务器2,其用于跟踪例如医院等建筑物附近的多个移动标签3a、3b、3c(移动接收器单元)的位置。标签3a、3b、3c通常将附接到个人(例如通过人脖子周围的系索或作为腕带的一部分)或附接到一件可移动设备(例如病床)。与标签相关联的对象的详情可存储在服务器2上。服务器2还可存储存在标签3a、3b、3c的场所的地图,例如医院建筑物的楼层平面图。所述服务器可输出指示标签3a、3b、3c的位置的文字、图形或其它数据,楼层平面图的此类视觉显示具有标记在所述楼层平面图上的一或多个标签的估计位置。

[0089] 服务器2通过有线以太网络5连接到多个802.15.4网关4a、4b。这些网关4a、4b含有用于使用在IEEE 802.15.4标准上建立的协议与静态位置发射器6a、6b、6c(静态发射器单元)通信的双向无线电。

[0090] 位置发射器6a、6b、6c含有用于与网关4a、4b通信的双向无线电。所述位置发射器还含有用于发射超声波定位信号的超声波发射器,所述超声波定位信号可由标签3a、3b、3c接收。所述位置发射器含有时钟和用于根据发射时间表发射超声波定位信号的其它电路,所述发射时间表存储于位置发射器的存储器中。

[0091] 标签3a、3b、3c含有超声波接收器。所述标签还含有用于将802.11组播信号发送到IEEE802.11接入点7a、7b的无线电发射器。标签3a、3b、3c不需要一定含有无线电接收器,但不排除此情形。标签3a、3b、3c可实施Wi-Fi标签的CiscoTM兼容扩展中的一些或全部。

[0092] 接入点7a、7b通过有线以太网络5连接到服务器2。

[0093] 应了解,实际上,系统可具有比图1中所展示更多的标签、位置发射器、网关和/或接入点。

[0094] 视需要,服务器2,移动标签3a、3b、3c,网关4a、4b,位置发射器6a、6b、6c,和接入点7a、7b可各自包含一或多个处理器、微控制器、CPU、DSP、ASIC、易失性存储器、非易失性存储

器、模拟电路、数字电路、电源、接收器、发射器、换能器、输入端、输出端、用户接口。其操作中的一些可通过软件控制。

[0095] 位置发射器6a、6b、6c优选地被布置成使得通常可能存在标签3a、3b、3c的所有区域在位置发射器6a、6b、6c中的至少一个的可听范围内。举例来说，建筑物中的每个房间可含有至少一个位置发射器。以此方式，服务器2应该有可能确定每个标签3a、3b、3c处于哪个房间。在一些实施例中，可能期望更精确地知道标签3a、3b、3c的位置，在此情况下，位置发射器可被布置成使得标签3a、3b、3c在正常使用时将位于三个或更多个位置发射器的可听范围内。这可实现二维或三维中的多点定位，以用于更准确的定位。

[0096] 在使用时，服务器2经由802.15.4网关4a、4b以不规则间隔将发射时间表发送到每一位位置发射器6a、6b、6c。每一位置发射器6a、6b、6c根据其相应发射时间表每隔一定间隔发射超声波定位信号。发射时间表被排列成使得所有位置发射器6a、6b、6c大体上同时发射其定位信号。每一定位信号对发射所述定位信号的相应位置发射器6a、6b、6c的标识进行编码。

[0097] 用于位置发射器6a、6b、6c的发射时间表由服务器2基于存储在服务器2上的与位置发射器6a、6b、6c中时钟的相应漂移和偏移相关的信息产生。下文更详细地描述服务器2确定此漂移和偏移信息的方法。每当服务器2根据位置发射器进行的带时间戳的通信确定位置发射器的时钟与原本根据所存储的漂移和偏移信息所预期的时间值偏离超过阈值量时，即将更新后的发射时间表发送到位置发射器6a、6b、6c。

[0098] 当标签3a、3b、3c从位置发射器6a、6b、6c中的一个接收超声波定位信号时，所述标签对信号进行解码以确定发射所述信号的位置发射器6a、6b、6c的标识。标签3a、3b、3c随后发射对标签3a、3b、3c的标识和位置发射器6a、6b、6c的标识进行编码的组播802.11消息。所述标签还可发射其它信息，例如定位信号的到达时间。标签3a、3b、3c可使其802.11发射交错以减小冲突机率。

[0099] 802.11接入点7a、7b侦听来自标签3a、3b、3c的组播消息，并将来自所接收组播消息的信息中继到服务器2。

[0100] 当服务器2接收到识别特定标签3a、3b、3c和特定位置发射器6a、6b、6c的消息时，所述服务器使用此信息来更新服务器2上的数据库中的标签的位置估计值。在一些实施例中，服务器2可从标签3a、3b、3c接收与超声波定位信号的时序和/或多普勒频移和/或到达角相关的信息，并且所述服务器可在确定标签3a、3b、3c的位置时使用此信息。如果所述服务器针对单个标签3a、3b、3c接收到关于多个位置发射器6a、6b、6c的这类信息，那么服务器2可执行三角测量或多点定位操作来确定或优化标签的位置估计值。服务器2可使用多普勒频移信息来确定标签3a、3b、3c的运动，所述服务器可使用所述运动来优化标签的位置估计值。

[0101] 现将提供一组特定实施例的其它细节。

[0102] 在一组实施例中，系统1包含电池供电的位置发射器6a、6b、6c和便携式标签3a、3b、3c，所述位置发射器发射识别位置的超声波消息，所述便携式标签从所述超声波消息中的一个检测位置并经由WiFi发射所述位置。位置发射器6a、6b、6c由服务器2经由射频(RF)网关4a、4b进行管理。网关-位置发射器通信是经由在802.15.4无线电上建立的专用无线电协议。为方便起见，所述专用无线电协议在本文中将被称作“Snobee”。Snobee协议类似于

ZigBee协议,但已进行简化以减小复杂度、电力消耗和代码大小,使得其可在具有较低成本的较小微控制器上运行。当然,潜在地可替代地使用其它无线电协议。

[0103] 系统1支持用于接收由标签3a、3b、3c发射的WiFi消息并将所述消息转递到服务器2的若干替代方式。标签3a、3b、3c在802.11二层组播上广播位置信息、按钮按压和状态信息。这避免了与WiFi网络关联所涉及的电力消耗,所述电力消耗在网络具有企业安全性(认证和加密)时尤其高。在一些实施例中,标签3a、3b、3c间或地与网络进行关联以检查固件更新和配置改变。

[0104] 系统1经设计以实现可靠的定位准确度,以至标签3a、3b、3c处于哪个房间或标签3a、3b、3c处于房间的那个子单元(例如较大病房内的经划分病室)的分辨率。其旨在以用于检测和报告位置改变的大约一秒的时延进行此操作,同时在固定信息基础设施和标签3a、3b、3c两者中提供较长电池使用时间。

[0105] 超声波相比于无线电为相对较慢的媒质。声速和室内声学通常将经超声波编码的数据通信的最大比特率限制在约50比特/秒。携载10比特位置ID的超声波消息需要大约300毫秒的时隙。在一些实施方案中,位置发射器6a、6b、6c中的至少一些可能并未与802.15.4网关4a、4b处于无线电通信,且因此可在其发射的超声波消息中编码额外状态信息(例如位置发射器的电池电量),所述额外状态信息经由标签3a、3b、3c中继到服务器2。实际上,所接收超声波消息可能需要接近500毫秒的时隙,包括用以接收任何显著回波的容限。

[0106] 在子空间分辨率部署中,标签3a、3b、3c通常将位于任何给定位置处的多个位置发射器6a、6b、6c的超声波范围内。位置发射器6a、6b、6c被布置成同时发射超声波消息,而非使用分时隙机制,所述分时隙机制会增加系统时延且减少标签3a、3b、3c的电池使用时间。当同时发射超声波消息时,超声波协议和标签3a、3b、3c上的超声波解码器被设计成使得解码器可基于飞行时间和信号强度信息两者而在多个超声波位置发射器6a、6b、6c之间进行辨别以识别最近的位置发射器6a、6b、6c。

[0107] 同时超声波发射在标签6a、6b、6c中提供低时延和低电池电量消耗。可通过向相应位置发射器6a、6b、6c分配二进制标识符以使得附近的位置发射器6a、6b、6c共享超声波消息位的共同主要部分来进一步提高效率。由此,还可通过以较低超声波功率或仅由位置发射器6a、6b、6c中的一些发射共同位来减少每一位置发射器6a、6b、6c的电力消耗。

[0108] 对同时超声波发射的最高需求是在高分辨率的子空间水准区域中,其中若干位置发射器6a、6b、6c在超声波范围内。超声波协议和超声波接收器可使得在这些区域中需要大约一毫秒的同步准确度。也就是说,任何超声波发射相对于参考发射时间表可至多偏离一毫秒,并且在重叠区域内,最后一次超声波发射必须在第一次超声波发射开始后的两毫秒内开始。

[0109] 典型的房间分辨率部署对同时超声波发射的不准确性的敏感度低得多,例如房间中的位置发射器6a、6b、6c与附近走廊中的位置发射器6a、6b、6c之间的不准确性。在此类情境中,超声波发射时间的任何不准确性可在房间与走廊之间的门洞中产生“灰色区域(grey area)”,但仅在房门打开时如此。

[0110] 系统2被设计成以一秒超声波消息周期进行操作,即,位置发射器6a、6b、6c各自每秒发送一次超声波消息。

[0111] 标签3a、3b、3c存储其当前位置,即,所述标签最近接收其超声波消息的位置发射

器6a、6b、6c的标识符。当标签3a、3b、3c中的超声波接收器检测并解码超声波消息以确定标识符时,如果位置与所存储的当前位置不同,那么标签3a、3b、3c向服务器2报告新的位置(标识符)。

[0112] 标签3a、3b、3c可从服务器2接收发射时间表信息,但在一些实施例中,所述标签并非直接由服务器2同步。替代地,每一标签3a、3b、3c具有用于确定标签静止还是处于运动中的运动检测器,并且(i)当标签处于运动中时,其保持每秒侦听一次新的超声波消息,而(ii)当标签静止时,其进入休眠状态,每十分钟唤醒以侦听新的超声波消息。当标签3a、3b、3c从休眠唤醒时,其并不知道在何时预期下一超声波消息,且因此打开具有七秒超时时间的超声波接收窗口。如果解码窗口在未接收到超声波消息的情况下到期,那么标签3a、3b、3c向服务器2报告超声波超时。

[0113] 当标签3a、3b、3c处于休眠状态时,其移动触发立即唤醒。当标签3a、3b、3c处于运动中且每秒侦听超声波消息时,标签3a、3b、3c使用低准确度内部计时器在预期下一超声波消息之前的大约二十毫秒(即从上一经检测消息的开始起980毫秒)激活其超声波接收器。为节省电力,所述标签在接收窗口之间去激活超声波接收器。此内部计时器具有每秒约两毫秒的误差。提前二十毫秒开始是考虑到此内部计时器误差和连续超声波消息之间的任何飞行时间减少两者,所述飞行时间减少是由于标签3a、3b、3c与最近位置发射器6a、6b、6c之间的距离减小。在超时之前,标签3a、3b、3c在接收窗口期间至多持续侦听超声波消息七秒。如果未发现消息,那么其进入“非同步”状态,其中所述标签间歇地检查超声波能量并在存在超声波能量时打开接收窗口。如果在接收窗口期间接收到有效超声波消息,那么标签3a、3b、3c重新进入“同步”状态。

[0114] 在每一超声波消息中将位置编码为区id(ZID)部分和区域id(AID)部分。ZID和AID两者都为五位长且一起形成十位的超声波ID,服务器2可从所述超声波ID识别特定位置发射器6a、6b、6c,所述特定位置发射器的位置对于服务器2是已知的。超声波消息开始为ZID,后面为AID。在位置发射器6a、6b、6c当中分配超声波ID,使得十秒步行距离内的所有超声波ID具有不同的ZID,而AID可相同。(十秒等于七秒最大超声波解码窗口加上一秒采样周期加上两秒容限。)由此,标签3a、3b、3c中的超声波接收器可通过仅解码ZID而高效地刷新当前位置,且通过不对AID进行解码(除非所述ZID不同于标签3a、3b、3c中所存储的当前ZID状态)而节省电力。

[0115] 对于特定区域,如果位置发射器6a、6b、6c被布置成使得标签3a、3b、3c在正常使用时进入和离开所述区域的所有转变将在标签3a、3b、3c的超声波接收器中引起超时,那么此区域可被认为是“超声波隔离的”。覆盖“超声波隔离”区域的位置发射器6a、6b、6c应与彼此同时发射其超声波信号,但不必与其它区域中的位置发射器同步。举例来说,设施中的每一楼层或每一建筑物可具有不同的相应超声波发射时间表。

[0116] 系统1还可包括独立位置发射器(未图示),所述独立位置发射器与任何其它位置发射器6a、6b、6c不具有超声波重叠。这类独立位置发射器与服务器2不必具有任何无线电链路。所述独立位置发射器可根本不含有任何无线电发射器或接收器。

[0117] 与服务器2进行通信的位置发射器6a、6b、6c使用Snobee无线电协议经由802.15.4网关4a、4b来进行此通信。Snobee协议建立在IEEE 802.15.4无线电上。所述协议使用允许系统与其它802.15.4和ZigBee装置共存的802.15.4无线电帧。系统1在802.15.4地址空间

中的特定地址范围上(在特定PANID上)运行。

[0118] Snobee协议与ZigBee协议密切相关。电池供电的装置(例如位置发射器6a、6b、6c)广播“数据请求(Data Request)”消息。这些“数据请求”消息包括“接收开启”时间延迟,在所述时间延迟之后,装置将开始侦听对“数据请求”消息的应答。位置发射器可在“接收开启”时间延迟后的预定周期(例如10毫秒)内打开接收窗口。所述消息并非针对任何特定信息的请求,而是请求服务器发送其可能具有的用于位置发射器6a、6b、6c的任何数据的一般请求。网关4a、4b中的一或多个获取所述广播。网关4a、4b中的无线电接收器一直开启,且网关4a、4b将任何所接收消息与本地时间戳一起传递到服务器2。服务器2选择针对广播具有最强接收信号强度指示符(RSSI)的网关4a、4b来应答“数据请求”消息。

[0119] 当服务器2具有针对位置发射器6a、6b、6c的任何排队请求时,其使用队列中的第一请求作为对“数据请求”消息的应答;或者其发送“确认(Acknowledge)”消息,所述“确认”消息具有终止位置发射器6a、6b、6c中的无线电侦听窗口的作用,从而节省电力。

[0120] 服务器2发送命令到所选择的网关4a、4b,以在如通过特定网关上的本地时钟所测量的特定时间处将应答发射到位置发射器6a、6b、6c的802.15.4地址。这个时间是网关接收“数据请求”广播的本地接收时间戳加上所述“数据请求”消息中含有的“接收开启”时间延迟。“接收开启”时间延迟通常为100毫秒。这个时间延迟涵盖从网关4a、4b到服务器2的IP传输时间、服务器2中用于观测所有广播接收的累积间隔、用于使“发送数据”命令回到网关4a、4b的IP传输时间以及一些备用缓冲时间。

[0121] 电池供电的位置发射器6a、6b、6c通常每60秒广播“数据请求”,针对任何排队请求轮询服务器2。在初始配置阶段之后,队列中通常将不存在任何请求,除了服务器2针对状态信息的一些常规和相对少见的轮询。服务器2可在送至位置发射器6a、6b、6c的消息中用标记标明所述服务器2具有针对所述特定位置发射器排队的更多请求。位置发射器随后可决定其偏好在何时轮询此队列,但通常在两秒内跟随有下一“数据请求”。这些后续“数据请求”的间隔取决于位置发射器6a、6b、6c中的电池技术、充电电容器等。(无线电发射可能使装置中的电力贮存器暂时耗尽,从而需要一些时间来再充电。)

[0122] 所有位置发射器6a、6b、6c和网关4a、4b都含有相同的无线电模块设计。此无线电模块包括与32kHz晶体振荡器分离运行以提供稳定时间基准的计时器。此计时器在本文中被称作装置的时钟。典型晶体具有大约百万分之十的准确度。因此,在100,000秒中(正好24小时内),误差将约为一秒。这恰好满足上文针对超声波同步的100秒1毫秒准确度所论述的要求。计时器具有24位分辨率且大约每10分钟环绕。系统1调整位置发射器6a、6b、6c的超声波发射时间表以补偿随后的装置时钟漂移和时钟偏移(装置重置)。

[0123] 由位置发射器6a、6b、6c进行的Snobee“数据请求”广播包括来自装置时钟的位置发射器本地时间戳。所述广播可由一或多个网关4a、4b接收,每一网关4a、4b分配来自其网关时钟的网关本地时间戳。在此过程中存在极少抖动。位置发射器6a、6b、6c中的唯一抖动由分配本地时间戳(其调用广播程序)与物理开始RF发射之间的任何中断引起。同样,网关4a、4b中的唯一抖动由在网关4a、4b处物理接收消息与分配本地时间戳之间的任何延迟引起。出于实用目的,可假定广播中的网关本地时间戳和位置发射器本地时间戳表示同一时刻,因为一般来说,任何抖动都将比单一时钟节拍小得多。

[0124] 图2展示“数据请求”广播的示范性数据流,所述广播由位置发射器6a(LT₁)进行且

由两个Snobee网关4a、4b (GW_A 和 GW_B) 接收。在接收到广播之后, 所述广播包括根据位置发射器LT₁的本地时钟的发射时间戳, 每一网关4a、4b经由以太网络5通过TCP/IP将消息发送到服务器2, 所述消息含有所接收的LT₁时间戳和用于TCP/IP消息的根据网关本地时钟的网关发射时间戳。

[0125] 此数据为服务器2提供用于确定以下位置发射器与网关时钟对偏移的观测结果和数据点:

[0126] 时钟(LT₁)与时钟(GW_A) ;

[0127] 时钟(LT₁)与时钟(GW_B) ;和

[0128] 时钟(GW_A)与时钟(GW_B)

[0129] 与广播消息的内容无关, 由多个网关4a、4b进行的相同“数据请求”广播的观测结果为服务器2提供用于确定那些网关4a、4b之间的时钟偏移的数据。

[0130] 针对每一时钟对, 通过随时间推移从多个“数据请求”广播确定多个偏移, 服务器2可跟踪每一对的两个时钟之间的相对漂移。这通过在一系列时钟观测结果内执行线性拟合运算而进行。此线性拟合提供两个时钟之间的时钟漂移(标度)和时钟偏移(差值)。服务器2可跟踪系统1中适当时钟数据可用的位置发射器6a、6b、6c和网关4a、4b(在以下描述中统称为“装置”)的每一可能配对。替代地, 为减小处理负载, 服务器2可例如基于哪些对之间具有最强无线电链路(RSSI)而仅跟踪位置发射器-网关对的子集。

[0131] 对时钟观测结果进行第一次滤波以确保单调递增时钟。通过使用标准时钟频率从上一观测结果进行推断, 可检测并校正装置时钟(计时器)环绕。

[0132] 将每一时钟观测结果对附加到具有可配置大小(通常为30个数据点)的线性拟合缓冲器。线性拟合过程可为CPU资源密集型的, 且必须针对多个装置对进行。因此, 仅将上一所添加观测结果后超出可配置宽限期间(通常10秒)的观测结果添加到缓冲器中。这避免了对由于一系列快速“数据请求”而产生的紧密间隔数据点集群进行缓冲, 所述缓冲可能在将服务器2上的请求队列传输到位置发射器6a、6b、6c时发生。此类集群并未比单一点更多地为线性拟合质量提供支持。

[0133] 为了进一步减小CPU占用率且为了跟踪时钟漂移随时间推移的波动(例如由于电压和温度变化), 线性拟合缓冲器被限制为可配置时间间隔(通常为10分钟)。时间上更早的观测结果在每次线性拟合过程开始时被掩盖掉。

[0134] 所述线性拟合可经受离群值去除过程。

[0135] 在出现以下情形时线性拟合失败: (i) 在可配置数目次迭代(通常十次迭代)中不存在解; 或 (ii) 缓冲器中剩余的未掩盖点的数目小于可配置数目(通常为五个); 或 (iii) 每一未掩盖数据点的平均残差超过可配置阈值(通常为十)。

[0136] 每一对网关4a、4b与位置发射器6a、6b、6c具有两个状态: “未锁定”和“锁定”。

[0137] 当用于线性拟合运算的数据点数目不充足时或当线性拟合的质量不佳时, 所述对为未锁定的。当位置发射器6a、6b、6c或网关4a、4b重置时通知服务器2, 且所述服务器立即解锁涉及位置发射器或网关的所有对, 并清除所有相关联线性拟合缓冲器。

[0138] 当一对被锁定时, 有可能将时间值从一个装置时钟精确地映射到另一装置时钟, 且反过来也一样。两个装置A与B之间的“锁定(A,B)”二进制关系具有以下特性:

[0139] 其为对称的: 锁定(A,B) = 锁定(B,A);

[0140] 其为可传递的：如果锁定(A,B)且锁定(B,C)，那么锁定(A,C)；以及

[0141] 其为自反性的：锁定(A,A)为真。

[0142] 因此，“锁定(A,B)”关系为等价关系。

[0143] 服务器2将所观测装置对维持在一结构中，其中网关4a、4b和位置发射器6a、6b、6c的唯一装置名称以词法方式排序，使得所述对被唯一地表示，即，对(D1,D2)和对(D2,D1)映射到任何两个装置D1和D2的同一时钟跟踪器。

[0144] 位置发射器6a、6b、6c和网关4a、4b优选地在空间上分布遍及整个建筑物。网关4a、4b的密度优选地使得网关范围重叠。位于多个网关的范围内的位置发射器允许服务器2锁定那些网关。因此，服务器2通常将有可能锁定位于特定区域(例如建筑物的一楼层)内的所有网关4a、4b的集合。

[0145] 系统1中的位置发射器6a、6b、6c被同步成使得所有位置发射器每秒同时发送一个超声波消息。这通过每一位置发射器6a、6b、6c存储与位置发射器的相应时钟相关联的超声波时间表而实现。

[0146] 位置发射器6a、6b、6c将其当前超声波时间表与来自其本地时钟的其最近超声波发射的时间戳一起附加到所述位置发射器发送的每一“数据请求”。这减轻了服务器2必须跟踪每一位置发射器6a、6b、6c的状态的负担。替代地，服务器2可简单地使用来自位置发射器6a、6b、6c的时间戳作为用于计算位置发射器的更新后发射时间表的开始点。

[0147] 当服务器2从位置发射器6a、6b、6c接收到“数据请求”消息的一或多个观测结果时，所述服务器更新对所有受影响位置发射器-网关对和网关-网关对的时钟跟踪。

[0148] 在服务器2开始之后(例如在重启之后)，在一定时间后形成网关-网关锁定，且服务器2选择这些网关4a、4b中的一个作为参考网关，所述参考网关的时钟提供用于系统1的参考时钟。成对的偏移和漂移信息可用于计算每一个别装置时钟相对于参考网关的漂移和偏移信息，且由此有效地允许服务器2模型化每一个别装置时钟。位置发射器6a、6b、6c在被锁定之前不会发射定位信号，但其发送无线电广播使得服务器2可完成锁定。如果服务器2根据“数据请求”消息中所包括的信息确定跨一些位置发射器6a、6b、6c的超声波时间表一致(大致上为同时的)，那么服务器2选取并未移动超声波时间表的所选择参考网关4a、4b上的时钟偏移。然而，如根据参考网关的时钟所测量，服务器2将超声波时间表的周期改变为32,000时钟节拍。如果所观测的位置发射器6a、6b、6c具有不一致的超声波时间表，那么服务器2将选取参考网关上的任意时钟偏移。

[0149] 在更新时钟跟踪之后，服务器2进行到计算超声波时间表并将超声波时间表发送到位置发射器6a、6b、6c。可每隔一定间隔(例如每五分钟)发送更新后的时间表；然而，为了节省资源，优选地仅在通过服务器2根据“数据请求”时间戳而确定位置发射器的时钟与其在服务器2上的模型偏离超过可配置阈值量(例如100微秒)时，或在从上一次更新起已经过可配置的最大时间量时，将更新后的时间表发送到位置发射器6a、6b、6c。位置发射器6a、6b、6c通常可运行数小时，而不会出现超声波时间表严重漂移。

[0150] 超声波时间表是根据参考网关设定的。参考网关时钟确定用于所有位置发射器6a、6b、6c的超声波时间表的周期。在由服务器2所确定的偏移下，超声波时间表要求每隔参考网关时钟的32,000节拍发射超声波消息。

[0151] 对于其中存在不连续Snobee或超声波覆盖区的部署，例如建筑物之间或楼层之

间，系统1支持多个超声波时间表集群。可用“集群ID”标记网关4a、4b和位置发射器6a、6b、6c。每个集群选择一个参考网关，其中每一集群运行一个独立的超声波时间表。每一位置发射器6a、6b、6c将用其所属的集群的超声波时间表来加以更新。举例来说，服务器2可针对其 中存在不连续超声波的每一楼面产生不同集群，以便减少对服务器2的负载，以及通过避免较长的同步路径而改进同步准确度。

[0152] 如果参考网关操作失灵，那么服务器2将从网关4a、4b选取另一参考网关，从而尝试保持相同偏移，但在未来超声波时间表中变成使用新参考网关时钟的周期。这个新的周期可略微不同于旧参考时钟的周期。服务器2可被配置以将参考网关候选限制成在建筑物中间，以便使从参考网关到位置发射器6a、6b、6c的路径长度减到最小。

[0153] 在改变参考网关之后，在一段时间内将新的超声波时间表推送到位置发射器6a、6b、6c。因此，在此周期期间，存在位置发射器6a、6b、6c具有不一致超声波时间表的风险，其中一些位置发射器使用新参考网关的周期，而其它位置发射器仍在使用旧参考网关的周期。

[0154] 相对于本地位置发射器6a、6b、6c装置时钟，每一更新后的超声波时间表含有新的偏移和周期。所述偏移为下一超声波消息的时间，其被规定为位置发射器将发射下一超声波消息的绝对位置发射器时钟计数器值。服务器2通过将所述周期增加到由位置发射器6a、6b、6c所报告的所述位置发射器发射其最近前一超声波消息的时间来确定此偏移。所述偏移和周期具有小数表示，以便改良32kHz时钟节拍分辨率。

[0155] 在以所指示偏移发送超声波消息之后，位置发射器6a、6b、6c随后将周期增加到偏移并等待整数部分上的装置时钟告警，从而使小数部分累积以用于下一超声波消息。此过程重复直到接收到新的超声波时间表或直到超时流逝。此方案允许位置发射器6a、6b、6c在所指示时间表上自主运行若干小时，同时来自位置发射器6a、6b、6c的超声波保持在所要求的一毫秒误差内协调。位置发射器6a、6b、6c被配置成具有超声波时间表超时，如果位置发射器在所述超时内并未接收到超声波时间表更新，那么其可被配置成继续以其内部装置时钟32kHz周期发送超声波或停止发送超声波。

[0156] 为了产生用于位置发射器6a、6b、6c的更新后超声波时间表，服务器2首先寻找将当前参考时钟变换为位置发射器时钟的最佳方式。为此，服务器2基于当前时钟跟踪状态构建装置图形，在参考网关处开始，并添加在“锁定”关系下可到达的所有其它网关4a、4b和位置发射器6a、6b、6c。此装置图形可包括网关-网关边缘。所述图形并非是指传递消息的物理路径。实际上，其仅用于计算更新后的超声波时间表，以及用于估计当前超声波时间表中的误差(如下文所解释)。服务器2使用所述装置图形来产生用于特定位置发射器时钟的适当超声波时间表。

[0157] 所述装置图形原则上可例如通过Snobee接收信号强度指示符(RSSI)进行加权。然而，更直截了当地，仅当两个装置之间的RSSI超过可配置阈值(其可为零)时才在装置图形中包括网关4a、4b与位置发射器6a、6b、6c之间的边缘。使用装置图形的广度优先搜索来寻找从参考网关到位置发射器6a、6b、6c的最短路径。由此，可使用任何数目个网关-网关锁定来计算更新后的超声波时间表，随后使用网关-位置发射器锁定来进行最后一跳。

[0158] 基于装置锁定的从参考网关到位置发射器6a、6b、6c的最佳路径，沿所述路径撰写每一装置对的线性变换以形成从参考网关时钟到位置发射器时钟的线性映射。随后，使用

此线性映射来寻找根据参考网关时钟将下一超声波消息映射到位置发射器时钟的新的超声波时间表偏移。所撰写线性映射的比例因子提供就位置发射器时钟相对于参考网关时钟来说的新超声波时间表周期。参考时钟下的周期为32,000节拍,其映射到特定位置发射器时钟的一定数目的节拍。

[0159] 作为对“数据请求”的正常回应,将新的超声波时间表发送到位置发射器6a、6b、6c。所述回应经由以太网5从服务器2发送到恰当的网关4a、4b,例如首先将“数据请求”转递到服务器2的网关或通过所述位置发射器观测到具有最高信号强度(RSSI)的“数据请求”的网关。此网关将新的超声波时间表中继到位置发射器。所述中继网关自身并非一定必须锁定到参考网关或锁定到位置发射器。虽然系统1可潜在地被配置成允许回应经由其道路上的一或多个网关-网关跳跃而路由到位置发射器(即网状Snobee拓扑),但在本实施例中,每一消息仅传递通过单一网关4a、4b(即星形Snobee拓扑)。

[0160] 在每次时间表更新时,由服务器2根据参考网关时钟通过将包括在“数据请求”中的最近超声波消息的所报告时间反向映射到参考网关时钟,并从应该已经发射超声波消息的时间减去所述所报告时间来估计位置发射器6a、6b、6c的超声波时间表误差。当任何位置发射器6a、6b、6c的所估计超声波时间表误差超过可配置阈值时,可向管理员发出警告。

[0161] 此系统1可在需要极低时间表更新速率的同时实现微秒水平的同步。

[0162] 在一些替代实施例中,代替网关4a、4b中的一个提供用于系统1的参考时钟,服务器2上的时钟可用作参考时钟。虽然此情形是有可能的,但已发现其较不准确,因为经由以太网络5从服务器2到网关4a、4b并回到服务器2的往返IP延迟通常可为15到20毫秒,且非常多变,其标准差为5毫秒或更大。随时间推移,可使用线性拟合非常精确地继续跟踪位置发射器时钟,但在任何给定时间可能存在显著的瞬时误差,且因此在此类实施例中需要更多的平滑化。

[0163] 所属领域的技术人员应了解,虽然已通过描述一或多个特定实施例来对本发明加以说明,但本发明不限于这些实施例;在所附权利要求书的范围内,许多变化形式和修改是可能的。

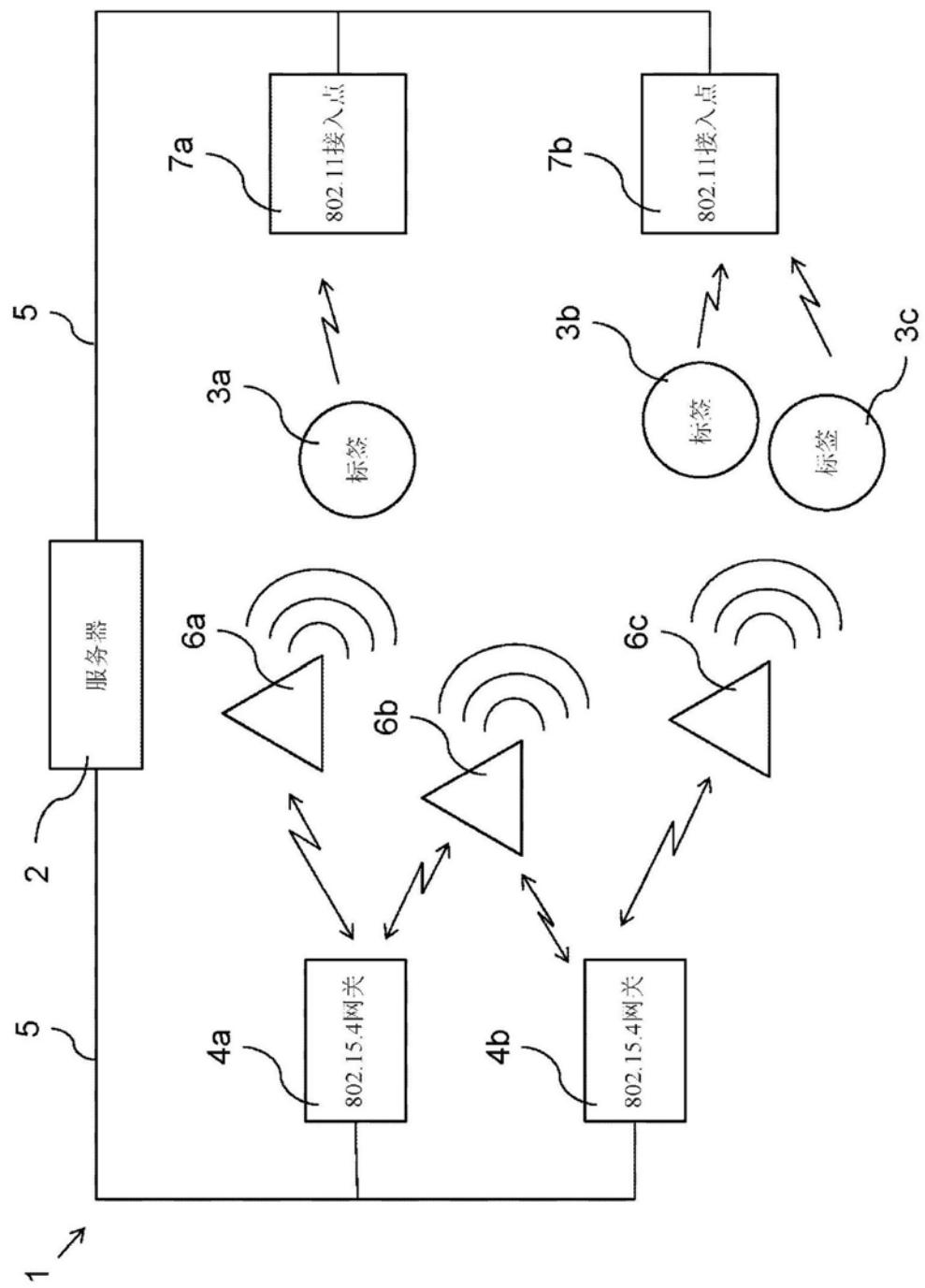


图1

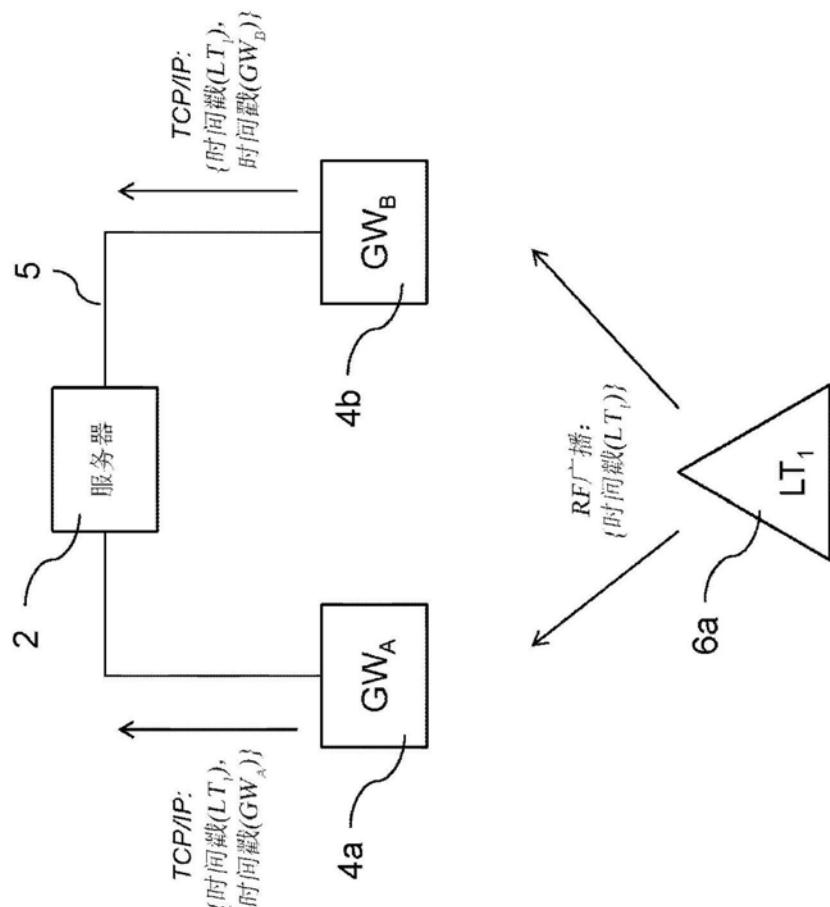


图2