



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105008951 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 28

(21) 申请号 201480010209. 4

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2014. 02. 20

代理人 李光颖 王英

(30) 优先权数据

61/768, 605 2013. 02. 25 US

(51) Int. Cl.

G01S 3/38(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2015. 08. 24

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2014/059105 2014. 02. 20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02014/128627 EN 2014. 08. 28

(71) 申请人 皇家飞利浦有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 S·莱丁厄姆 K·C·J·韦杰布兰斯
P·K·雷迪

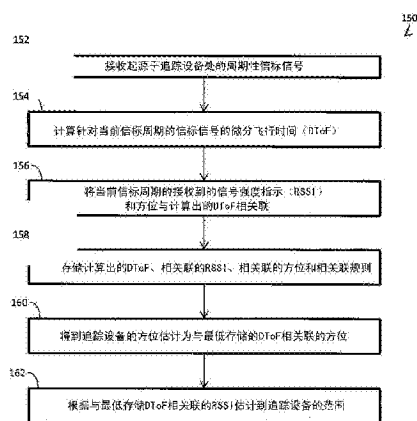
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

使用微分到达角的自主测向

(57) 摘要

一种系统 (10) 和方法 (150) 对追踪设备 (14) 进行追踪。射频 (RF) 接收器 (52) 被配置为接收起源于所述追踪设备 (14) 处的周期性信标信号。利用定向天线 (36) 在多个方位随时间接收所述周期性信标信号。估计器 (70) 被配置为将到所述追踪设备 (14) 的方位估计为所述多个方位中所述周期性信标信号的飞行时间 (ToF) 最低的方位。所述 RF 接收器 (52) 还能够被配置为利用所述定向天线 (36) 在所述多个方位的方位同时接收所述周期性信标信号的多个实例。在这样的实例中, 所述 RF 接收器 (52) 还被配置为使所述实例相关联以识别所述实例中的哪个具有最低 ToF。



1. 一种用于对追踪设备 (14) 进行追踪的系统 (10), 所述系统 (10) 包括:
射频 (RF) 接收器 (52), 其被配置为接收起源于所述追踪设备 (14) 处的周期性信标信号, 所述周期性信标信号是利用定向天线 (36) 在多个方位处随时间接收的; 以及
估计器 (70), 其被配置为将到所述追踪设备 (14) 的方位估计为所述多个方位中所述周期性信标信号的飞行时间 (ToF) 最低的所述方位。
2. 根据权利要求 1 所述的系统 (10), 其中, 所述 RF 接收器 (52) 还被配置为:
利用所述定向天线 (36) 在所述多个方位的方位处同时接收所述周期性信标信号的多个实例; 以及
使所述实例相关联以识别所述实例中的哪个具有最低 ToF, 所述最低 ToF 是在所述多个实例的所述方位处的所述周期性信标信号的所述 ToF。
3. 根据权利要求 2 所述的系统 (10), 其中, 每个实例通过不同发射路径到达所述接收器 (52)。
4. 根据权利要求 2 和 3 中的任一项所述的系统 (10), 其中, 所述估计器 (70) 还被配置为:
根据在所估计的方位处的所述周期性信标信号的接收到的信号强度指示符 (RSSI) 来估计到所述追踪设备 (14) 的范围, 在所述实例的所述方位处的所述周期性信标信号的所述 RSSI 是所述实例的最高 RSSI。
5. 根据权利要求 1-4 中的任一项所述的系统 (10), 其中, 所述信标信号是使用扩展频谱技术接收的, 所述扩展频谱技术通过扩展功率来允许更高的等效全向辐射功率 (EIRP)。
6. 根据权利要求 1-5 中的任一项所述的系统 (10), 其中, 所述信标信号包括数据负载, 所述数据负载包括最后与所述追踪设备 (14) 相关联的全球定位系统 (GPS) 坐标。
7. 根据权利要求 1-6 中的任一项所述的系统 (10), 还包括:
电子罗盘 (44), 其被配置为确定所述天线 (36) 的所述多个方位。
8. 根据权利要求 1-7 中的任一项所述的系统 (10), 其中, 所述周期性信标信号的所述 ToF 是微分 ToF (DToF), 并且其中, 所估计的方位是根据 DToF 来确定的。
9. 根据权利要求 1-8 中的任一项所述的系统 (10), 其中, 所述估计器 (70) 还被配置为:
计算所述周期性信标信号的所述 ToF 作为在所述信标信号的数据包的到达时间 (ToA) 与对应的信标周期的估计的开始之间的差。
10. 根据权利要求 1-9 中的任一项所述的系统 (10), 还包括:
温度补偿晶体振荡器 (TCXO) (46), 其被配置为生成用于计算所述周期性信标信号的所述 ToF 的时间戳。
11. 一种用于对追踪设备 (14) 进行追踪的方法 (150), 所述方法 (150) 包括:
利用定向天线 (36) 在多个方位处随时间接收 (152) 起源于所述追踪设备 (14) 处的周期性信标信号; 以及
将到所述追踪设备 (14) 的方位估计 (160) 为所述多个方位中所述周期性信标信号的飞行时间 (ToF) 最低的所述方位。
12. 根据权利要求 11 所述的方法 (150), 还包括:
利用所述定向天线 (36) 在所述多个方位的方位处同时接收 (152) 所述周期性信标信

号的多个实例；以及

使所述实例相关联 (152) 以识别所述实例中的哪个具有最低 ToF, 所述最低 ToF 是在所述多个实例的所述方位处的所述周期性信标信号的所述 ToF。

13. 根据权利要求 12 所述的方法 (150), 还包括:

同时接收 (152) 沿着不同发射路径的所述实例。

14. 根据权利要求 12 和 13 中的任一项所述的方法 (150), 还包括:

根据在所估计的方位处的所述周期性信标信号的接收到的信号强度指示符 (RSSI) 来估计 (162) 到所述追踪设备 (14) 的范围, 在所述实例的所述方位处的所述周期性信标信号的所述 RSSI 是所述实例的最高 RSSI。

15. 根据权利要求 11-14 中的任一项所述的方法 (150), 还包括:

通过关联接收器 (52) 来接收 (152) 所述周期性信标信号。

16. 根据权利要求 11-15 中的任一项所述的方法 (150), 还包括:

根据电子罗盘 (44) 来确定所述天线 (36) 的所述多个方位。

17. 根据权利要求 11-16 中的任一项所述的方法 (150), 还包括:

计算 (154) 在所述多个方位处的所述周期性信标信号的所述飞行时间 (ToF) 作为微分 ToF (DToF), 其中, 所估计的方位是根据 DToF 来确定的。

18. 根据权利要求 11-17 中的任一项所述的方法 (150), 还包括:

计算 (154) 所述周期性信标信号的所述 ToF 作为在所述信标信号的数据包的到达时间 (ToA) 与对应信标周期的估计开始之间的差。

19. 一种用于追踪追踪设备 (14) 的系统 (10), 所述系统 (10) 包括:

关联射频 (RF) 接收器 (52), 其被配置为接收起源于所述追踪设备 (14) 处的周期性信标信号, 其中, 所述周期性信标信号是利用在多个方位取向进行取向的定向天线 (36) 随时间接收的, 以及其中, 所述周期性信标信号的多个实例在所述天线方位取向之一处同时接收; 以及

处理器 (70), 其被配置为选择所述多个方位取向中与所述周期性信标信号的最低飞行时间 (ToF) 相关联的所述方位取向, 其中, 在所述实例的所述方位取向处的所述周期性信标信号的所述 ToF 是所述实例的最低 ToF。

显示设备 (48), 其被配置为显示所选择的方位取向以指示所述追踪设备 (14) 的方向。

20. 根据权利要求 19 所述的系统 (10), 其中, 所述处理器 (70) 还被配置为:

时移所述多个实例以使所述多个实例进入时间对齐以及将所述多个实例组合成组合信号;

根据所述组合信号的强度确定到所述追踪设备的范围; 以及

控制所述显示设备 (48) 以显示所确定的范围。

使用微分到达角的自主测向

技术领域

[0001] 本申请总体上涉及追踪。本申请具体与阿尔茨海默患者结合应用,并且将具体参考其进行描述。然而,应当理解,本申请还适用于其他使用场景,诸如对商品、货物、材料或车辆的追踪,而不必限于上述应用。

背景技术

[0002] 一旦在阿尔茨海默患者定义的安全区或地理围栏之外,游走的阿尔茨海默患者的家庭健康管理追踪系统允许患者被找到。当患者离开对应的安全区或地理围栏时,启用警报信号和/或追踪服务。例如,警报信号能够向护理者或远程呼叫中心触发报警,诸如蜂窝报警,在护理者或远程呼叫中心处,个人响应助理(PRA)指向紧急情况。例如,追踪服务能够基于蜂窝、全球定位系统(GPS)或WiFi追踪。在一些实例中,追踪服务可以是不可用的。例如,患者可以在蜂窝或WiFi覆盖区域之外,或患者可以在不能够精确地定位患者的低覆盖区域。

[0003] 对于这样的实例,允许护理者自主地定位阿尔茨海默患者的手持式测向(DF)设备将是有利的。然而,当前没有已知的家庭健康管理追踪系统包括DF设备。尽管如此,已知DF设备用于其他目的。DF设备通常向用户提供对目标方位的估计。现有的DF设备通常使用定向天线或天线阵列,并且基于接收到的信号强度指示符(RSSI)或采用多普勒移位,来获得对方位的估计。而且,DF设备通常向用户提供RSSI,用户能够采用所述RSSI来评估到目标的范围。

[0004] 在户外环境中基于RSSI和多普勒移位的DF设备是有效的,其中具有最小的多路径效应,但在多路径环境(诸如在建筑物中及其周围)表现不佳。多路径是无线电信号通过两个或更多路径到达接收器的现象。多路径能够由例如来自水体和陆地物体(诸如山脉和建筑物)的信号的折射和反射引起。多路径的效应包括相长干涉和相消干涉,以及信号的相移。因此,基于RSSI和多普勒移位的DF设备导致在多路径环境中的虚假方位和范围估计。

[0005] 也已知基于飞行时间(ToF)、到达时间(ToA)、微分ToF(DToF)和到达角(AoA)的现有DF设备(诸如雷达)。然而,这些DF设备具有若干缺点。例如,需要额外的发射器或应答器。作为另一范例,需要复杂和/或庞大的天线(诸如高增益定向天线)。作为又另一范例,需要要求复合同步的双向通信协议。

发明内容

[0006] 本申请提供克服这些问题和其他问题的一种新的且改进的系统和方法。

[0007] 根据一个方面,提供一种用于对追踪设备进行追踪的系统。所述系统包括射频(RF)接收器,所述射频(RF)接收器被配置为接收起源于追踪设备处的周期性信标信号。利用定向天线在多个方位随时间接收周期性信标信号。所述系统还包括估计器,所述估计器被配置为将到追踪设备的方位估计为多个方位中所述周期性信标信号的飞行时间(ToF)

最低的方位。

[0008] 信标信号能够传送包括调频前导码、同步字和唯一识别符 (ID) 的数据包。额外的字段能够被添加到数据包。例如,数据包能够包括数据负载,其能够包括作为到最后已知位置的第一近似的遥测数据。遥测数据能够包括海拔、GPS 坐标、WiFi 介质访问控制 (MAC) 地址和时间。WiFi MAC 地址能够由定位服务使用以定位路由器并且生成坐标。通过基于游走人的速度来估计最大误差,遥测数据能够导致搜索时间的显著减少。

[0009] 根据另一方面,提供一种用于对追踪设备进行追踪的方法。所述方法包括利用定向天线在多个方位随时间接收起源于追踪设备处的周期性信标信号。所述方法还包括将到追踪设备的方位估计为多个方位中周期性信标信号的飞行时间 (ToF) 最低的方位。

[0010] 根据另一方面,提供一种用于对追踪设备进行追踪的系统。所述系统包括关联射频 (RF) 接收器,其被配置为接收起源于追踪设备处的周期性信标信号。利用在多个方位取向处进行取向的定向天线随时间接收周期性信标信号。而且,在天线方位取向之一处同时接收周期性信标信号的多个实例。所述系统还包括处理器,其被配置为选择多个方位取向中与周期性信标信号的最低飞行时间 (ToF) 相关联的方位取向。在实例的方位取向处的周期性信标信号的 ToF 是实例的最低 ToF。此外,所述系统包括显示设备,其被配置为显示选择的方位取向以指示追踪设备的方向。

[0011] 一个优点在于减少在多路径环境中跟随错误信标信号的可能性。

[0012] 另一优点在于在多路径环境中对范围和方位的更有效的估计。

[0013] 另一优点在于改进的范围。

[0014] 另一优点在于最大可允许总辐射功率 (TRP)。

[0015] 另一优点在于通过使用数字扩展或扩展频谱在宽的带宽上扩展信号,以在具有允许更大发射的等效全向辐射功率 (EIRP) 的规定的国家获利。

[0016] 另一优点在于更简单的天线设计。

[0017] 另一优点在于单向通信协议。

[0018] 另一优点在于通过使用短持续时间的重复信号减少电流消耗。

[0019] 本领域的普通技术人员在阅读和理解下面详细描述的基础上将认识到本发明的其他的优点。

附图说明

[0020] 本发明可以采用各种部件和部件的布置,以及各种步骤和步骤布置的形式。附图仅出于图示优选实施例的目的,并不应被解读为对本发明的限制。

[0021] 图 1 图示了包括追踪设备和测向 (DF) 设备的单向追踪系统。

[0022] 图 2 图示了从追踪设备发射到 DF 设备的信标信号。

[0023] 图 3 示意性地图示了追踪设备。

[0024] 图 4 示意性地图示了 DF 设备。

[0025] 图 5 提供了 DF 设备的更详细的示意性图。

[0026] 图 6 图示了用于估计从 DF 设备到追踪设备的范围和方位的技术。

[0027] 图 7 图示了在多路径环境中 DF 设备的操作。

[0028] 图 8 图示了在另一多路径环境中 DF 设备的操作。

[0029] 图 9 图示了用于使用单向信标来对追踪设备进行追踪的方法。

具体实施方式

[0030] 为了解决在自主测向中的方向和范围,本申请描述了一种单向追踪系统,其将在被追踪的对象上的射频 (RF) 信标发射器的使用与测向 (DF) 设备进行组合。DF 设备使用微分飞行时间 (DToF)、接收到的信号强度指示符 (RSSI)、电子罗盘和定向天线来提供到所述对象的方位和范围估计。追踪系统通过根据具有最短飞行时间 (ToF) 以及因此具有最少反射的信号确定方位来减少由多路径环境导致的追踪问题。这实现到所述对象的最短路径的最佳估计,并且排除了双向通信的需要。这允许 DF 设备实现最大的链路预算,并且允许 DF 设备在不可能进行双向通信的范围操作。

[0031] 在一个实施例中,所述追踪系统用于追踪游走在其定义安全区或地理围栏之外的阿尔茨海默患者。安全区是允许患者行进而不生成警报的区域。尽管追踪系统具体应用于追踪阿尔茨海默患者,其更广泛地应用于追踪任何对象或人。例如,追踪系统能够用于追踪商品、货物、材料或车辆。作为另一范例,追踪系统能够被用作实时定位系统 (RTLS)。作为又一范例,追踪系统能够被用于定位建筑物中的紧急服务。这对于紧急工作人员,诸如消防员,将是有益的。

[0032] 参考图 1,图示了根据本申请的追踪系统 10。系统 10 能够在任何环境 12 下使用,诸如户外、城市峡谷或室内环境。然而,系统 10 具体应用在全球定位系统 (GPS)、WiFi 和蜂窝追踪是不可用的地方。

[0033] 系统 10 包括追踪设备 14,其当处在定义的安全区或地理围栏之外时,发射周期性 RF 信标信号。例如,当 GPS、WiFi 和蜂窝追踪是不可用时,能够发射信标信号。追踪设备 14 通常被穿戴在被追踪的用户(诸如阿尔茨海默患者)的手腕上,但其能够以其他方式与用户的位置相关联。例如,追踪设备 14 能够被放置在用户的口袋内。系统 10 还包括 DF 设备 16,其接收来自追踪设备 14 的信标信号并且估计追踪设备 14 的方位和范围。

[0034] 参考图 2,信标信号能够是连续波 (CW) 突发,或如图示的,包括调频前导码、同步字和唯一识别符 (ID) 的数据包。前导码被用于将 DF 设备 16 的接收器比特 / 字节边界同步到信标信号。同步字被用于从不想要的消息中过滤想要的,并且将接收器比特 / 字节边界同步到信标信号。唯一 ID 是被用于唯一地识别用户的多个字符。在一个实施例中,唯一 ID 是六个字节,但在具有很少用户的环境中其能够低至一个字节。在一些实例中,前导码、同步字和唯一 ID 中的一个或多个还被用于增加帧长度(即,数据包尺寸),其有利地提高了 DToF 精确度。

[0035] 额外的字段能够被添加到数据包。例如,数据包能够包括数据负载,其能够包括作为到最后已知位置的第一近似的遥测数据。遥测数据能够包括海拔、GPS 坐标、WiFi 介质访问控制 (MAC) 地址和时间。WiFi MAC 地址能够由定位服务使用以定位路由器并且生成坐标。通过基于游走人的速度来估计最大误差,遥测数据能够导致搜索时间的显著减少。作为另一范例,数据包能够包括循环冗余校验 (CRC)。有利地,额外的字段延伸了数据包的长度,其提高了 DToF 精确度。

[0036] 在一些实例中,将唯一 ID 和 / 或数据负载与数据白化组合。数据白化被用于使唯一 ID 和 / 或数据负载随机化以去除任何直流 (DC) 偏置,并且将功率均匀地分布在占用

带宽上。通过将去关联转化应用到数据来执行数据白化,以使代表性信号内的自关联最小化。而且,在一些实例中,Gold 代码被用于唯一地识别用户,代替使用唯一 ID。Gold 代码是一组中的若干 Gold 代码之一。一组中的 Gold 代码被分配给不同的用户,并且是具有有界的小互关联的二元序列(例如,正交序列)。Gold 代码结合调制方案(诸如正交相移键控(QPSK))被使用,并且通过减少发射设备之间的干涉来允许多个用户同时占用相同的通道。然而,因为其要求在发射设备之间的同步,这增加了复杂度。

[0037] 参考图 3,追踪设备 14 通常由被追踪的患者(诸如阿尔茨海默患者)穿戴,如手表、带子或手镯。追踪设备 14 由电池 18(通常可充电电池)供能,并且通过由激活电路 20 生成的激活信号来激活。激活电路 20 能够响应于患者触发追踪设备 14 的开关或按钮而生成激活信号。而且,激活电路 20 能够响应于追踪设备 14 离开定义的安全区或地理围栏而生成激活信号。例如,这能够通过通过网络(诸如蜂窝网络或 WiFi 网络)通信的传感器或网络控制器来确定。备选地,这能够基于 GPS 坐标和时间戳来确定。安全区的边界能够包括发射器,其唤醒追踪设备 14。Gold 代码从睡眠模式通过减少在发射设备之间的干涉允许多个用户同时占用相同的通道。

[0038] 在激活之后,控制器 22(诸如微控制器)采用被连接到天线 26 的发射器 24 以将周期性 RF 信标信号发射到 DF 设备 16。例如,发射器 24 能够在工业、科学和医疗(ISM)用波段中发射。天线 26 是通常提供在追踪设备 14 的闭合维度之内的全向性能的任何适当的平面或三维结构。信标信号重复地描述由前导码、同步字、唯一 ID、任选数据负载和任选 CRC 组成的数据包。在一些实例中,追踪设备 14 还包括压力传感器 28 以允许计算不同压力并且因此计算微分海拔。在数据包的数据负载中能够发射该额外的数据。在数据负载中能够包括其他数据,诸如最后 WiFi MAC 地址或最后 GPS 坐标。

[0039] 为了维持时间,控制器 22 接收来自振荡器 30 的参考或时钟信号。振荡器 30 是具有每 10 摄氏度($^{\circ}\text{C}$)约百万分之 0.1(ppm)的频率/温度特性的适当的高稳定性温度补偿晶体振荡器(TCXO)。备选地,从 GPS 信号或 WWV 信号能够接收参考或时钟信号。

[0040] 参考图 4,DF 设备 16 通常是手持式的。而且,DF 设备 16 通常由电池 32(诸如可充电电池)供能,并且由激活电路 34 来激活。激活电路 34 能够响应于护理者触发 DF 设备 16 的开关或按钮而激活 DF 设备 16。定向天线 36 被连接到下转换器 38,所述下转换器通过模拟到数字(A/D)转换器 42 将中频(IF)信号提供到软件定义无线电(SDR)40。通常在现场可编程门阵列(FPGA)或数字信号处理器(DSP)中实施 SDR 40。

[0041] 当 DF 设备 16 被激活时,SDR 40 接收来自 A/D 转换器 42 的调制数据,以及来自电子罗盘 44 的方位数据。而且,SDR 40 接收来自振荡器 46 的参考信号以维持时间。正如追踪设备 14,振荡器 46 是具有每 10°C 大约 0.1ppm 的频率/温度特性的适当的高稳定性 TCXO。在另一实例中,GPS 信号或 WWV 信号能够被用于生成高计时精度的参考信号。使用该数据,SDR 40 估计到追踪设备 14 的方位和范围,并且在显示设备 48 上显示所述估计。

[0042] 当用户对 DF 设备 16 进行来回扫频时,以信标速率连续地估计方位和范围。在信标周期开始,从电子罗盘 44 读取 DF 设备 16 的方位。而且,选择针对信标周期的信标数据包的第一实例,并且选择具有最大 RSSI 的信标数据包的实例。当(例如,归因于反射和折射)信标信号通过多个不同发射路径到达 DF 设备 16 时,能够接收信标数据包的多个实例。然后针对第一实例计算 DToF。然后包括方位、DToF 和最大 RSSI 的信标记录被存储在 SDR

40 的存储器 50 中,周期性地清除所述 SDR 40 的存储器 50 的信标记录。备选地,能够采用复合信标信号的 RSSI,代替实例的最大 RSSI。

[0043] 通常,响应于更新具有信标记录的存储器 50,更新并且显示到追踪设备 14 的方位和范围估计。在这方面,选择具有最低 DToF 的存储器 50 的信标记录。然后选择的信标记录的方位被用作到追踪设备 14 的估计。而且,根据选择的信标记录的 RSSI 计算到追踪设备 14 的范围估计。然后在显示设备 48 上显示所述估计。

[0044] 参考图 5,提供了在图 4 的实施例上扩展的 DF 设备 16 的更详细视图。在操作期间,DF 设备 16 的用户对 DF 设备 16 进行左右扫频,直到足够的信号被采集来估计方位,并且因此识别如在显示设备 48 上由 DF 设备 16 显示的追踪设备 14 的大体方向。最初,在 DF 设备 16 能够显示追踪设备 14 的大体方向之前,用户需要呈圆形 360 度地对 DF 设备进行扫频。如果没有采集信号,那么将必须继续从其他位置搜索。

[0045] 当用户对 DF 设备 16 扫频时,定向天线 36 选择性地接收信号,诸如信标信号。基于用户将定向天线 36 指向的方向执行选择。在多路径环境中,归因于信号沿着多个发射路径行进,通常在不同的时间接收信号(诸如信标信号)的多个实例。下转换器 38 将接收到的信号下转换成适于直接转换成基带的低频信号(通常被称为零 IF 信号)。通过 A/D 转换器 42 对经下转换的信号进行采样,并且将数据 $r_{\text{调制}}(t)$ 传递到至少一个关联接收器 52。 $r_{\text{调制}}(t)$ 表示作为时间 t 的函数的采样的信号值。通常,至少一个关联接收器 52 是 SDR 40 的部分。而且,至少一个关联接收器 52 通常类似于瑞克接收器。然而,如图示的,来自单个图的输出不仅使用最大组合率来进行组合,而且单个地被使用以确定 ToF 和 RSSI。

[0046] 至少一个关联接收器 52 解调接收到的信号以识别想要的信标信号。通过通常被存储在存储器 50 中的追踪设备 14 的唯一 ID 和同步字 54 来识别想要的信标信号。然后针对当前信标周期的信标信号的每个实例被分配给指针(即,子接收器),其独立地对分配的实例进行解码。随后,组合所有指针的输出以利用不同发射路径的不同发射特性。有利地,所有指针的输出被用于识别具有最低 ToF 的信标信号的实例和具有最高 RSSI 的信标信号的实例。而且,复合信标信号能够提供比信标信号的任何单个实例更大的信噪比(SNR)和更好的操作范围(以显示已经识别了目标)。而且,作为采用多个指针的备选,关联接收器也能够使通过滚动时间窗的信号相关联,以通过寻找关联的最早时间来找到到达的最早时间。

[0047] 在一些实例中,至少一个关联接收器 52 与解调器 56、指针管理器 58、通道估计器 60 和最大比率组合器 62 一起执行上述操作。解调器 56 接收并且解调经下转换调制的数据。然后解调器 $r_{\text{解调}}(t)$ 的输出传递到指针管理器 58 以选择想要的信标信号,并且将针对当前信标周期的信标信号的每个实例 $r(t-F_i)$ 分配给指针。 $r_{\text{解调}}(t)$ 表示作为时间 t 的函数的解调的数据,以及 $r(t-F_i)$ 表示对于实例 i 的作为时间 t 的函数的解调的数据。 F_i 是自信标周期开始的时间偏置或到信标信号的实例 i 的第一实例,其中, i 的范围从 1 到 n ,并且 n 是实例的数量。

[0048] 为了识别信标信号的各个实例和对应的时间偏置,指针管理器 58 包括关联器 64,诸如图示的匹配滤波器,以关联信标信号的实例。关联器将时间信号(即,已知信号)与未知信号关联以检测在未知信号中时间信号的存在。例如,未知信号被时移成与已知信号对齐。通常,由指针管理器 58 检测的信标信号的第一实例被用作已知信号。

[0049] 随后,通道估计器 60 将时间戳 T_s 和幅度 A 分配给每个指针。从振荡器 46 (诸如 TCXO) 导出计时,所述振荡器 46 生成由通常 SDR 40 的系统时钟发生器 66 使用的参考信号,以生成系统时钟,诸如 100 兆赫兹 (MHz) 系统时钟。备选地,根据 GPS 信号或 WWV 信号能够导出参考信号。参考信号和系统时钟相应地由下转换器 38 和 A/D 转换器 42 使用。而且,系统时钟由通常 SDR 40 的时间戳发生器 68 使用以生成滚动时间戳。通常,时间戳的长度是 32 比特。假设时间戳具有 10 纳秒 (ns) 的分辨率,其等同于在 900MHz 载波频率的约 3 米 (m) 的精确度,那么 32 比特长度将提供 42 秒的范围 (即, $1E-8 \times 2^{32}$)。由此,时间戳分辨率大于 DF 设备 16 的扫频若干数量级。

[0050] 最大比率组合器 62 使用最大比率组合 (MRC) 组合通道估计器 60 的输出,以提供具有最佳 SNR 的复合信标信号 $r(t)_{MRC}$ 。MRC 通常包括:1) 将信标信号的所有实例添加在一起;2) 调整每个实例的增益以使得增益与实例的均方根 (RMS) 信号水平成比例,以及与实例的均方噪声水平成反比;以及 3) 使用针对每个实例的不同比例常数。能够输出复合信标信号以允许使用数据负载,所述数据负载包括,例如,遥测数据,诸如海拔或 GPS 坐标。而且,在显示设备 48 上能够显示指示根据复合信标信号是否检测到发射设备 14 的信号。

[0051] 进一步参考图 6,通常 SDR 40 的范围和方位估计器 70 从至少一个关联接收器 52 接收信标信号的单个实例,以及被分配到实例的时间戳和幅度。然后范围和方位估计器 70 估计到追踪设备 14 的范围和方位。选择 72 具有最早信标数据包的实例,以及选择 74 具有最高 RSSI 值的实例。具有最低 ToF 的实例是对到追踪设备 14 的最短路径的最佳估计,以及具有最高 RSSI 的实例是对到追踪设备 14 的范围的最佳估计。然后通过从指示当前信标周期开始的信标同步脉冲的时间减去最早信标数据包的时间戳 T_s 来计算 $76DT_{ToF}$ 。

[0052] 同步器 78 通过动态地更新 80 对信标周期的估计 (包括边界和长度) 生成信标同步脉冲。估计被初始化 82 成预定长度,诸如 100 毫秒 (ms),其边界从初始时间延伸到初始时间加上预定长度。通常,使用信标信号的实例的观察 (诸如时间偏置、幅度和时间戳) 来更新所述估计。基于所述观察能够以信标速率执行所述更新。而且,使用在实例之间的时间差作为到卡尔曼滤波器的输入能够执行所述更新,其提供对信标周期的统计估计。根据经更新的估计,在估计的信标周期的开始生成 84 信标同步脉冲。

[0053] 由追踪设备 14 定义被观察的信标速率和信标周期。因为归因于,例如温度,信标速率和信标周期可以随时间变化,有必要根据观察估计信标周期。由追踪设备 14 采用的信标周期和信标速率被选择,使得贯穿信标信号的最大路径长度的时间加上发射信标数据包的长度的时间少于半个信标周期。换句话说,由追踪设备 14 采用的信标周期和信标速率被选择,使得信标信号的最大 ToF 少于半个信标周期。用这种方式选择信标周期和信标速率有利地使信标信号的实例被分散在连贯的信标周期边界上的可能性最小化。

[0054] 读取 86 在信标同步脉冲的时间处的 DF 设备 16 的方位。根据电子罗盘 44 (诸如磁力计) 适当地确定 DF 设备 16 的方位 (例如,从 0 到 360 度范围的值),并且以信标速率与关联的信标数据包同时读取所述 DF 设备 16 的方位。然后针对当前信标周期的信标数据被用于选择性地更新 88 信标索引 (分箱) 90,其通常被存储在存储器 50 中。信标数据包括方位、最早数据包的 DT_{ToF} 和最高 RSSI。分箱 90 存储基于多个扇区索引的各个信标周期的信标数据。扇区是共同地跨度可能方位范围的方位的不重叠的大尺寸范围。例如,扇区能够以 30 度的增量从 0 度跨度到 360 度。

[0055] 在确定是否更新分箱 90 中,针对方位所属于的扇区选择 92 分箱 90 中的信标数据。例如,假设方位是 25 度,选择针对从 0 度跨度到 30 度的扇区的信标数据。然后做出关于确定的信标数据的 DToF 是否大于当前 DToF 的确定 94,和 / 或做出关于选择的信标数据的 RSSI 是否少于当前 RSSI 的确定 96。如果当前 RSSI 更大和 / 或当前 DToF 更小,则执行更新 88,并且当前信标数据取代在分箱 90 中的选择的信标数据。继续以上范例,这将需要用当前信标数据重写针对从 0 度跨度到 30 度的扇区的信标数据。如果当前 RSSI 更小或当前 DToF 更大,则不执行更新 88。

[0056] 通常,以预定刷新率(诸如 10 秒)清除 98 分箱 90,以去除旧的信标数据。然而,其他途径能够被用于去除旧的信标数据。例如,对于每个扇区能够使用滚动窗口。也就是说,以预定刷新周期(诸如 10 秒)从对扇区的最后更新去除针对每个扇区的信标数据。在每当更新扇区,重置对于预定时段的计数器的意义上,独立于其他扇区和滚动执行该操作。应当认识到,时间戳分辨率大于刷新率若干个数量级。

[0057] 用上述方式,当 DF 设备 16 的用户行走并且对 DF 设备 16 进行扫频时,连续更新分箱 90。这有利地解释了追踪设备 14 或 DF 设备 16 的定位的改变。使用分箱 90,估计追踪设备 14 的方位和范围,并且在显示设备 48 上向用户显示所述追踪设备 14 的方位和范围。而且,在一些实例中,进一步显示从电子罗盘 44 读取的当前方位和 / 或移动平均方位。通过移动平均计算器 100 生成移动平均方位作为最后预定数量的方位读数 102 的平均。例如,移动平均方位能够是在最后五个读数上的平均方位。通过显示到追踪设备 14 的当前方位与估计的方位,用户能够明智地朝追踪设备 14 行走并且对 DF 设备 16 进行扫频。

[0058] 为了完成对到追踪设备 14 的方位和范围的估计和显示,从分箱 90 中选择 104 具有最低 DToF 的扇区的信标数据。然后显示选择的信标数据的方位。而且,从选择的信标数据的 RSSI 中估计 106 范围,并且显示所述范围。当用户更接近追踪设备 16 时,估计的范围将相继地变得更小,但是如在其中精确范围是必要的真实测距系统中看到的,不将提供绝对值。有利地,以这种方式确定方位和范围排除最长发射路径。而且,排除了虚假发射路径,并且提高了范围精确度。

[0059] 在一些实例中,用在第一实例的 DToF 和 RSSI 对应于的实例的 DToF 之间的已知时间差能够精化范围估计。在这样的实例中,针对每个扇区的信标数据还包括 RSSI 对应的实例的该额外 DToF。有利地,以这种方式精化范围允许更精确的估计。而且,在一些实例中,如包括在数据负载中的,分箱 90 的信标数据包括追踪数据的当前 GPS 定位。例如,根据复合信标信号能够提取负载数据。在这样的实例中,关于分箱 90 的信标数据的统计分析能够被用于排除历史上的虚假发射路径,从而改善方位和范围的估计。

[0060] 区分不同 DToF 的 DF 设备 16 的能力取决于区分性因素的数量。区分性因素包括: 1) 电子罗盘 44 的精确度,通常 ± 15 度; 2) 在接收器的想要的信标的 SNR; 3) 在要求精确度内周期性地重复信标信号的追踪设备 14 的发射器 24 的精度; 以及 4) 在定向天线 36 的前和后之间的能量增益的比率,以及射束带宽和定向天线 36 的增益。在定向天线 36 的前和后之间的能量增益的高比率减少了非故意地接收来自天线 36 的后面的信号的可能性,其导致 180 度的方位误差。而且,具有更大天线增益和最佳射束宽度的系统范围的提高是期望扫频速率、方位精确度和要求的增益的函数。

[0061] 区分性因素还包括振荡器 46 的精度,其用于导出关联在至少一个关联接收器 52

中的针对每个接收到的信标发射的相对时间戳。假设在扫频中两个不同方位之间的最大值为 4 秒,并且载波频率为 1 千兆赫兹 (GHz)。如果归因于温度改变的最大允许误差是 10 米 (例如,极其接近于追踪设备),那么归因于振荡器 30、46 的稳定性的最大系统误差是每周期约 $1.2E-16m$ 的量级。而且,如果期望归因于漂移最多 6m 误差,能够计算在那 4 秒中的最大温度差。行进时间是 20 纳秒 (ns),因此在 4 秒中温度不应当改变大于 $2^{\circ}C$ 。

[0062] 尽管被示为分立部件,应当理解系统时钟发生器 66、时间戳发生器 68、至少一个关联接收器 52、同步器 78、范围和方位估计器 70 和移动平均计算器 100 中的一个或多个能够是 SDR 40 的部件。例如,在一些实例中,至少一个关联接收器 52 被包括在 SDR 40 中,并且在软件中使用数字信号处理技术来实施或者使用 FPGA 在硬件中被编码。

[0063] 而且,尽管分箱 90 存储从电子罗盘 44 读取的方位,应当认识到,能够代替采用微分到达角 (DAoA)。通过将 DToA 与方位组合能够计算 DAoA。因此,代替将方位存储在分箱 90 中,使用方位来定义分箱 90 的扇区边界,以及在显示设备 48 上显示所述方位,DAoA 被存储在分箱 90 中,用于定义分箱 90 的扇区边界,以及在显示设备 48 上被显示作为方位估计。

[0064] 参考图 7,多路径环境的范例图示了 DF 设备 16 的操作。被图示为穿戴在患者的手腕上的追踪设备 14 发射信标信号。而且,在 300 度开始顺时针方向对 DF 设备 16 进行扫频,所述 DF 设备 16 通过定向天线 36 的极线图来表示,并且所述 DF 设备 16 观察信标信号的三个实例,其中一个入射的,并且另外两个是多路径的。相对于多路径信号,入射信号被识别为具有最短 ToF 和最高 RSSI 两者。因此,入射信号被用于确定到追踪设备 14 的方位和范围两者。如上,为了使信标信号的实例被分散在连贯的信标周期边界上的可能性最小化,ToF 必须少于半个信标周期。

[0065] 参考图 8,多路径环境的另一范例图示了 DF 设备 16 的操作。追踪设备 14 发射信标信号。然后在 350 度开始顺时针方向对 DF 设备 16 进行扫频,所述 DF 设备 16 通过定向天线 36 的极线图来表示,并且所述 DF 设备 16 观察信标信号的两个实例,其中一个入射的,并且另外一个多路径的。入射信号具有低 RSSI,并且例如通过植物 (foliage) 衰减。多路径信号具有高 RSSI,并且例如通过在追踪设备 14 后面的建筑物反射。入射信号被识别为具有最短 ToF,以及多路径信号被识别为具有最高 RSSI。通常,入射信号占用至少一个关联接收器 52 的第一指针,以及多路径信号占用对应于反射的额外延迟的指针。然后根据入射信号计算 DToF,并且所述 DToF 被用于确定到追踪设备 14 的方位,以跟进定位追踪设备 14。而且,具有最高 RSSI 的多路径信号被用于估计到追踪设备 14 的范围。

[0066] 在图 7 的多路径环境中,由于入射信号具有最短 ToF 和最高 RSSI 两者,能够已经采用常规接收器。然而,在图 8 的多路径环境中,由于入射信号具有最短 ToF 但不具有最高 RSSI,常规接收器将已经导致定位追踪设备 14 的问题。因此,图 8 图示了关联接收器优于常规接收器的情况。对于信号的很多不同发射路径是可能的室内应用,图 8 的情况将是普遍的。

[0067] 使用克拉美-拉奥下界 (CRB) 能够定义系统 10 的范围精确度。即,CRB 能够被用于导出 SNR 与带宽之间的联系,以给出关于测距性能的边界。例如,范围估计 $\hat{r}$ 的方差的下界能够被计算如下:

$$[0068] \quad \sigma_{\hat{r}}^2 \geq \frac{c^2}{(2\pi B)^2 (E_s / N_0)} \left(1 + \frac{1}{E_s / N_0}\right),$$

[0069] 其中, σ_x^2 是范围估计的方差, c 是光速, B 是以赫兹为单位的占用信号带宽, E_s/N_0 是信号能量与噪声密度比率。 E_s/N_0 与 SNR 的关系如下:

$$[0070] \quad \frac{E_s}{N_0} = t_s B \cdot SNR,$$

[0071] 其中, t_s 是信号持续时间, 在此期间占用带宽 B 。

[0072] 应当认识到, 通过国际上可用的频谱和满足范围要求所需要的敏感度固定在 CRB 中的变量的数量。而且, 应当认识到, 取决于在至少一个关联接收器 52 的输入处的 SNR 是高还是低, N_0 和 t_s 能够变化。为了图示, 假设采用美国 (US) (联邦通信委员会 (FCC) 部分 15.249) 的 900MHz 波段。对于在至少一个关联接收器 52 的输入处的高 SNR, 当 DF 设备 16 在到追踪设备 14 的近范围时, 克拉美一拉奥均方根 (RMS) 精确度被估计为 0.6 米 (m)。当系统 10 在追踪设备 14 与 DF 设备 16 之间的最大范围时, SNR 是由接收器噪声划分的调制载波信号的功率。期望最大范围为约 1000 米的量级。在这些条件下, 克拉美一拉奥 RMS 精确度被估计为 74.2m。由此, 当用户更接近追踪设备 14 时, DToF 精确度从在最大范围的 74.2m 提高到 0.6m。

[0073] 为了改善测距精确度, 由于这增加了 t_s , 能够增加信标数据包的尺寸。例如, 同步字和 / 或负载数据能够被用于增加信标数据包。然而, t_s 可以由国际上的占空比约束来限制。而且, 增加数据包尺寸增加了能耗。由于追踪设备 14 是便携式的, 必须得到精确度与电池寿命之间的平衡。

[0074] 上述讨论涉及在追踪设备 14 和 DF 设备 16 之间的单向通信。然而, 在一些实例中, 除单向 ToF 之外结合 OR 能够采用双向通信。在这样的实例中, DF 设备 16 使用 DF 设备 16 的唯一 ID 发射信标信号。而且, TD 充当应答器以转播具有被分配给追踪设备 14 的唯一 ID 的接收到的信标信号。DF 设备 16 接收转播的信标信号, 并且使用绝对 ToF 代替 DToF 执行上述处理以将方位和 ToF 填入分箱 90。不再需要考虑 RSSI。然后分析分箱 90 以估计追踪设备 14 的范围和方位。追踪设备 14 的估计的方位是对应于在分箱 90 中最短 ToF 的方位。根据在分箱 90 中的最短 ToF 计算追踪设备 14 的估计的范围。双向通信的使用将导致绝对范围和方位估计。然而, 这将以具有更短范围的更复杂系统为代价。

[0075] 参考图 9, 提供了用于估计追踪设备 14 的范围和方位的方法 150。方法 150 通过 DF 设备 16 (通常通过 DF 设备 16 的 SDR 40) 执行, 并且包括接收 152 从 (起源于) 追踪设备 14 发射的周期性信标信号, 其定向天线 36 随时间被取向在多个方位。通过对定向天线 36 进行左右扫频, 定向天线 36 随时间被适当地取向在多个方位。该扫频能够被自动化或由 DF 设备 16 的用户手动执行。

[0076] 以估计的信标速率, 计算 154 在当前信标周期期间的信标信号的 DToF。如上讨论的, 同步器 78 通过接收到的信标信号的观察估计信标周期和信标速率。DToF 被计算为在对于当前信标周期的信标数据包的到达时间 (ToA) 和当前信标周期的估计开始之间的差。如以上更详细描述, 尽管本文描述了 DToF, 应当理解, 也能够采用绝对 ToF。

[0077] 另外以估计的信标速率, 计算的 DToF 与在当前信标周期期间的信标信号的 RSSI 相关联 156, 并且与在当前信标周期期间 (通常在当前信标周期的估计的开始) 从电子罗盘 44 读取的定向天线 36 的方位相关联 156。然后 DToF、相关联的方位、相关联的 RSSI 和

相关联规则被存储 158 在分箱 90 中。分箱 90 能够被周期性地清除。如上讨论的, 在一些实例中, 存储能够是选择性的。例如, 如果相关联的 RSSI 大于在对应于相关联方位的分箱 90 的扇区处的 RSSI, 则可以仅执行存储。作为另一范例, 如果计算的 DToF 少于在对应于相关联的方位的分箱 90 的扇区处的 DToF, 可以仅仅执行存储。

[0078] 使用分箱 90, 通常以估计的信标速率或响应于对分箱 90 的更新, 到追踪设备 14 的方位和范围被估计 160、162。到追踪设备 14 的方位被估计 160 作为与在分箱 90 中的最低 DToF 相关联的方位。根据与在分箱 90 中的最低 DToF 相关联的 RSSI 估计 162 到追踪设备 14 的范围。

[0079] 在一些实例中, 诸如在多路径环境中, 在当前信标周期期间同时接收 152 信标信号的多个实例。实例中的每个对应于不同发射路径。如上所述, 多个发射路径能够进行例如, 从陆地物体发出的信标信号的反射和折射。例如, 一个实例能够对应于入射信号, 以及另一实例能够对应于从建筑物反射的多路径信号。

[0080] 在接收多个实例的情况下, 上述动作是相同的, 除了以下。通过至少一个关联接收器 52 (类似于瑞克接收器) 使所述实例相关联, 来识别第一接收到的实例。而且, 根据在当前信标周期期间接收到的第一实例计算 154 DToF。甚至更多地, DToF 与实例的最高 RSSI 相关联 156。这有利地允许在类似于在图 8 中描述的多路径环境中 DF 设备 16 的改进的操作。

[0081] 鉴于以上, 相对于采用 RSSI 和 / 或多普勒频移的已知追踪系统, 在难以区别入射和多路径信号的多路径环境中, 本应用的追踪系统 10 减少跟随错误信标信号的可能性。这基于最强接收到的 RSSI 并且独立于提供方位的信号通过估计范围来实现。而且, 关联器类型接收器 (类似于瑞克接收器) 在多路径环境中更有效地估计方位和范围。

[0082] 而且, 与采用 ToF 的绝对测量的已知追踪系统相比较, 本应用的追踪系统 10 提供更简单、更高能效的设计, 在采用 ToF 的绝对测量的已知追踪系统中, DF 设备 16 提供信号源以及 TD 14 充当应答器的。归因于以下需要, 与本应用的追踪系统 10 对比, 这些已知追踪系统更复杂: 1) 使 TD 14 与 DF 设备 16 同步以使接收电流消耗最小化; 以及 2) 允许在接收到的信标和发射的应答之间的同步。

[0083] 甚至更多地, 本应用的追踪系统 10 通过使用具有定向天线 36 的 DF 设备 16 提高了在实时定位系统 (RTLS) 上的范围, 所述实时定位系统 (RTLS) 采用低增益全向类型的天线。主要单一的全向天线或随着额外的全向分集天线任选增大, 允许最大总辐射功率 (TRP) 和因此提高的范围。而且, 定向天线 36 简化了 DF 设备 16 的设计。已知系统要求复杂的旋转天线 (例如, 如雷达) 或切换天线阵列 (例如, 多普勒频移系统)。

[0084] 此外, 相对于采用 ToF 的绝对测量和具有不对称正反向链路预算的双向通信协议 (即, 在 TD 14 上的无效接收天线) 的已知系统, 本应用的追踪系统 10 通过使用单向通信协议提高了范围。

[0085] 如本文所使用的, 存储器包括存储数据的任何设备或系统, 诸如随机存取存储器 (RAM) 或只读存储器 (ROM)。而且, 如本文所使用的, 处理器包括处理输入设备以产生输出数据的任何设备或系统, 诸如微处理器、微控制器、图形处理单元 (GPU)、专用集成电路 (ASIC)、FPGA 等; 控制器包括控制另一设备或系统的任何设备或系统, 并且通常包括至少一个处理器; 用户输入设备包括允许用户输入设备的用户向另一设备或系统提供输入的任何设备, 诸如鼠标或键盘; 以及显示设备包括用于显示数据的任何设备, 诸如液晶显示器

(LCD) 或发光二极管 (LED) 显示器。

[0086] 已经参考优选实施例描述了本发明。他人在阅读和理解上述详细描述之后可以进行修改和变型。旨在将本发明解释为包括所有这样的修改和变化, 只要它们落入所附权利要求书或其等价方案的范围内。

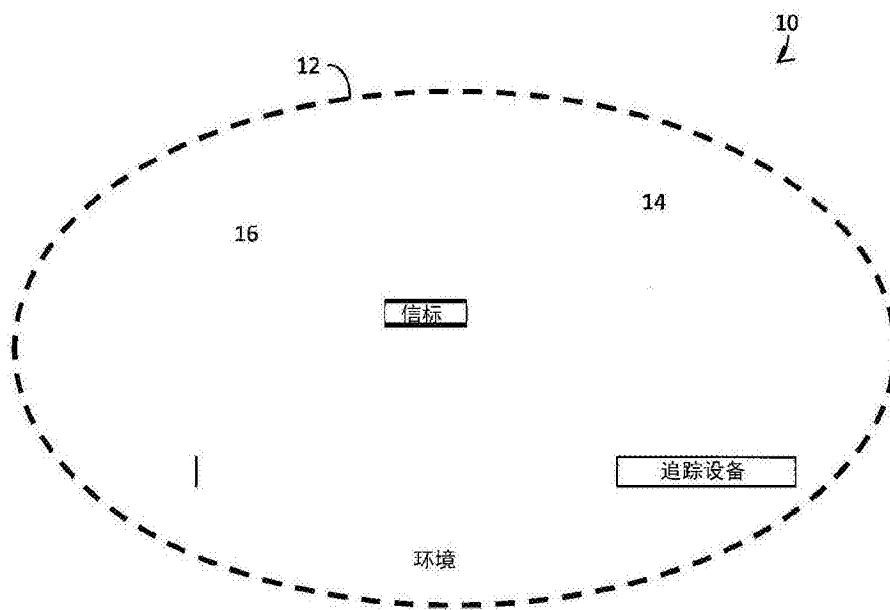


图 1

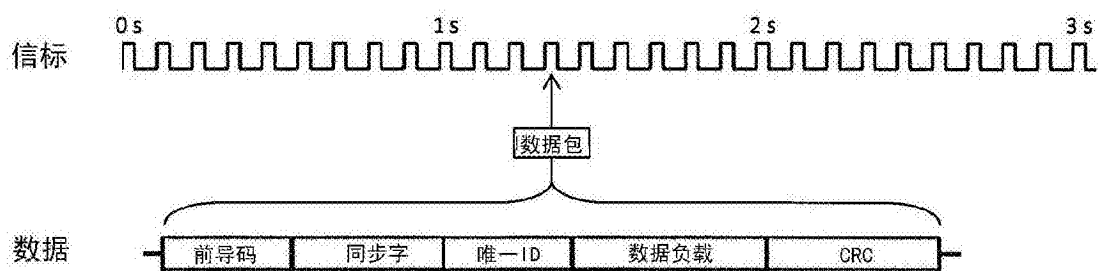


图 2

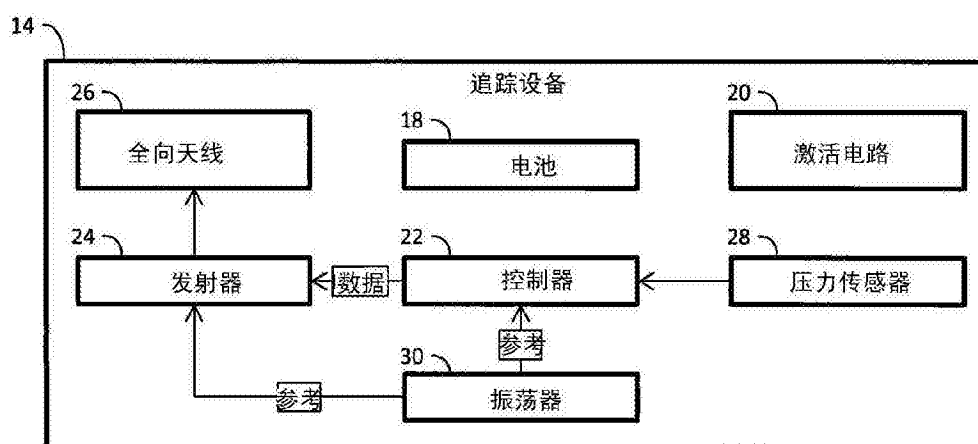


图 3

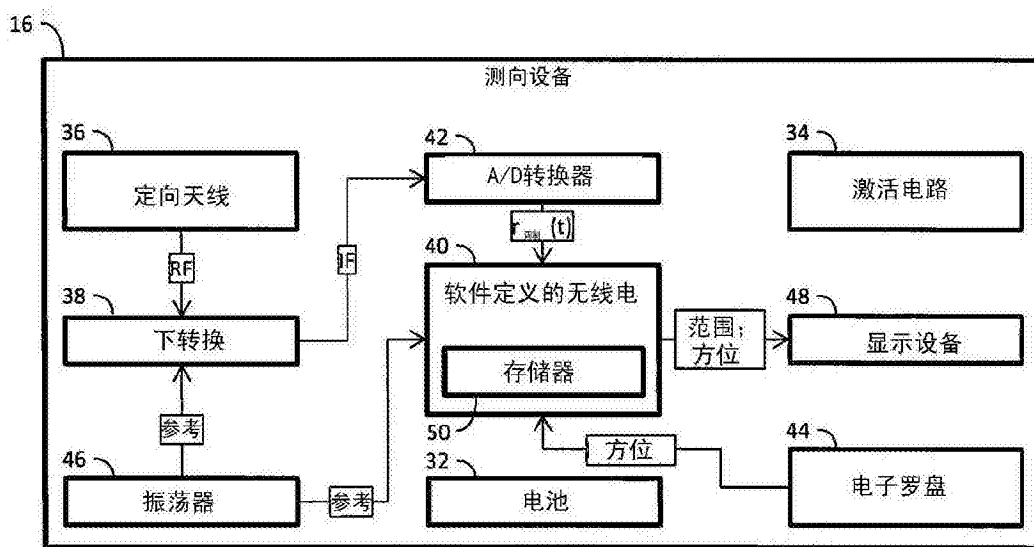


图 4

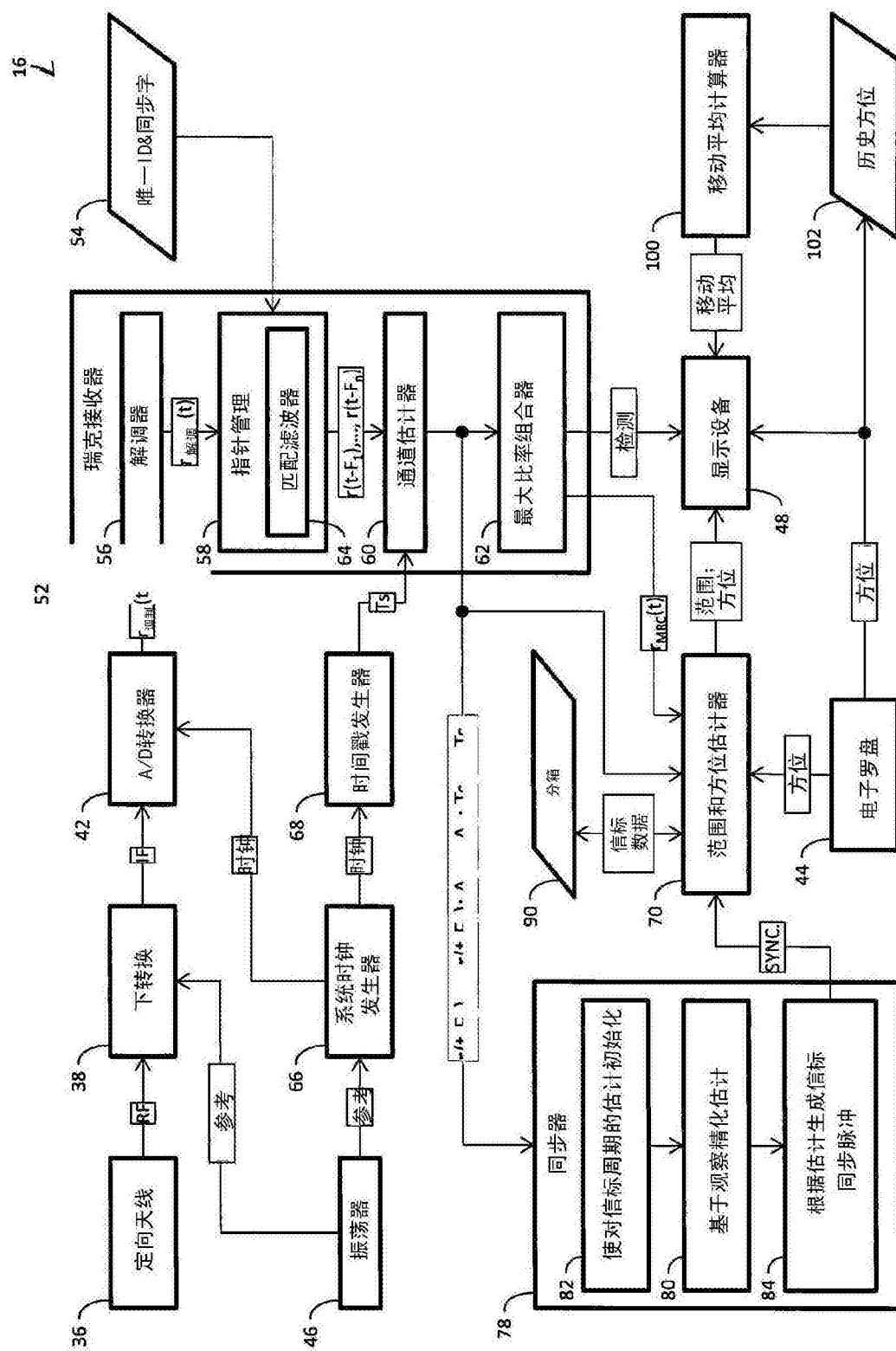


图 5

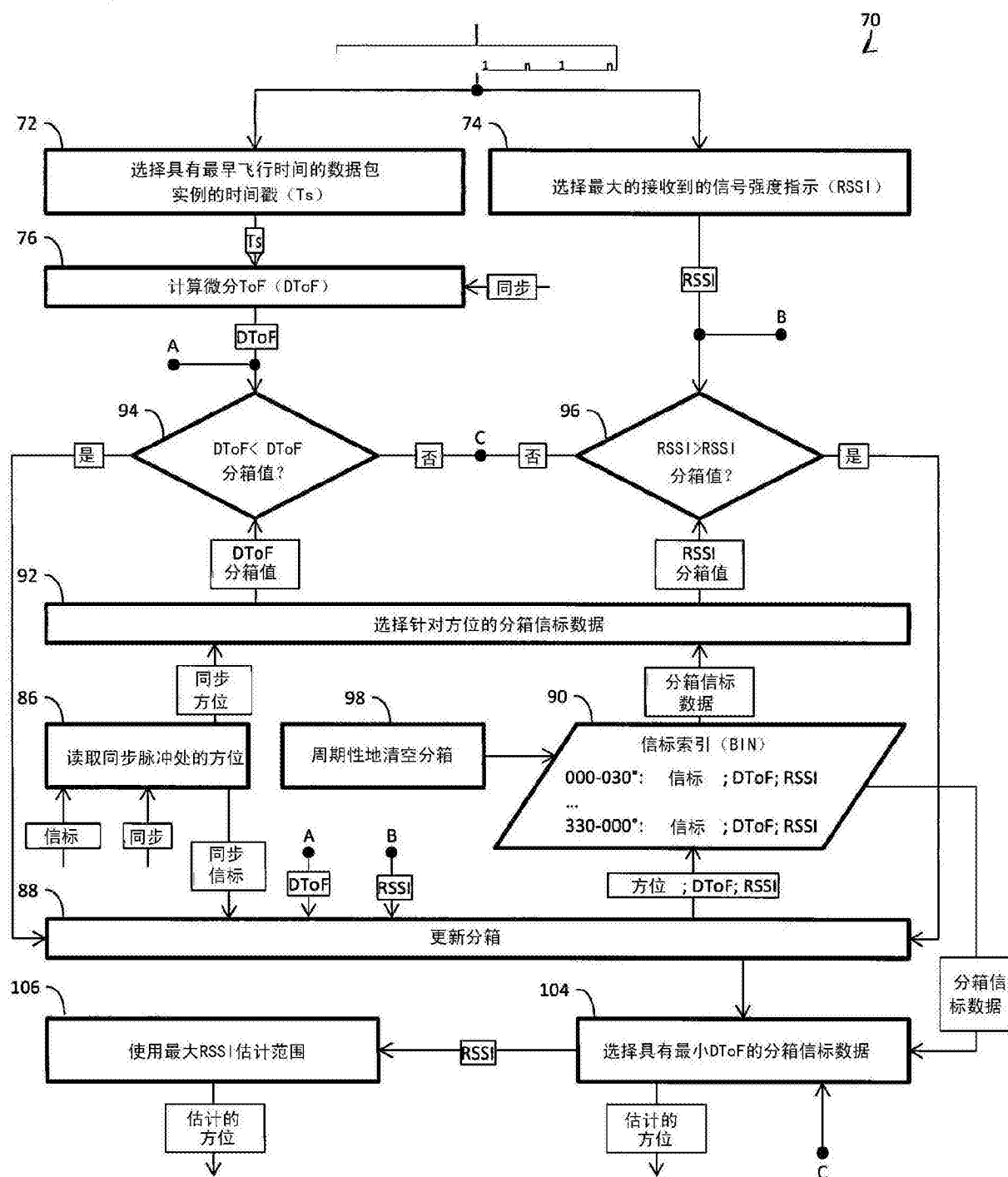


图 6

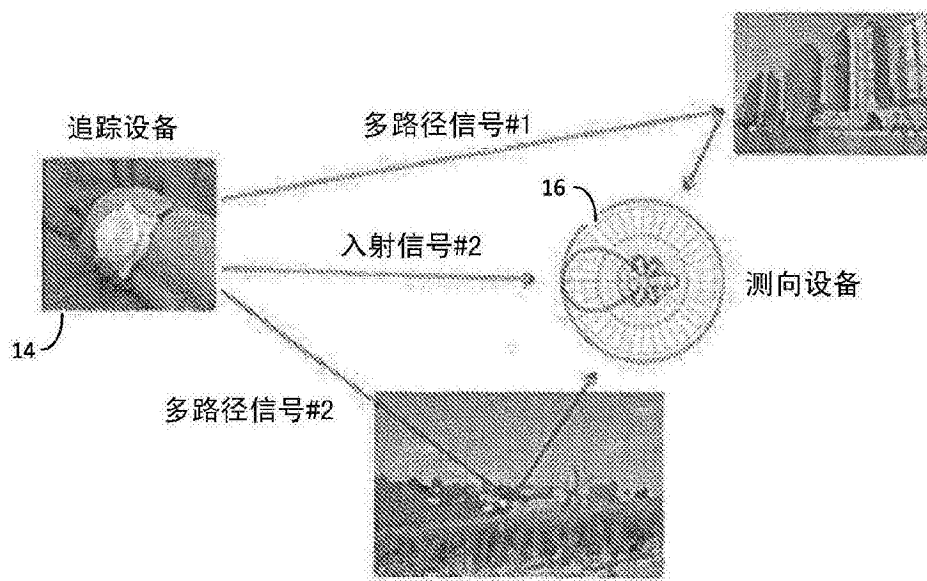


图 7

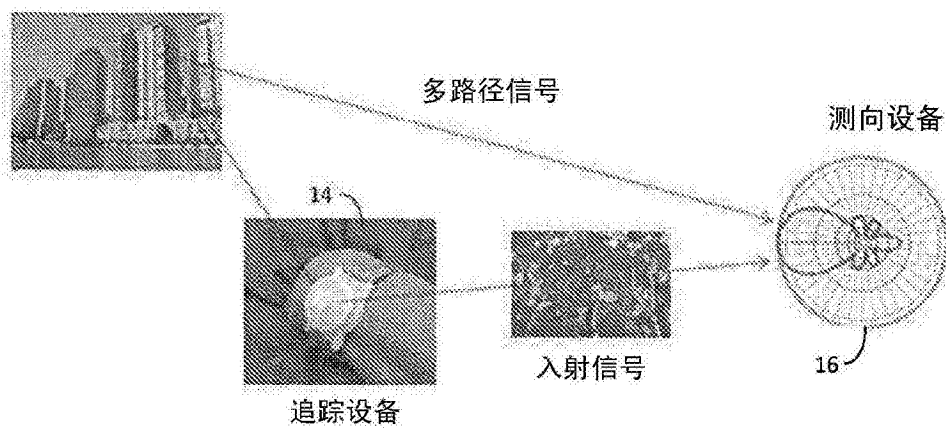


图 8

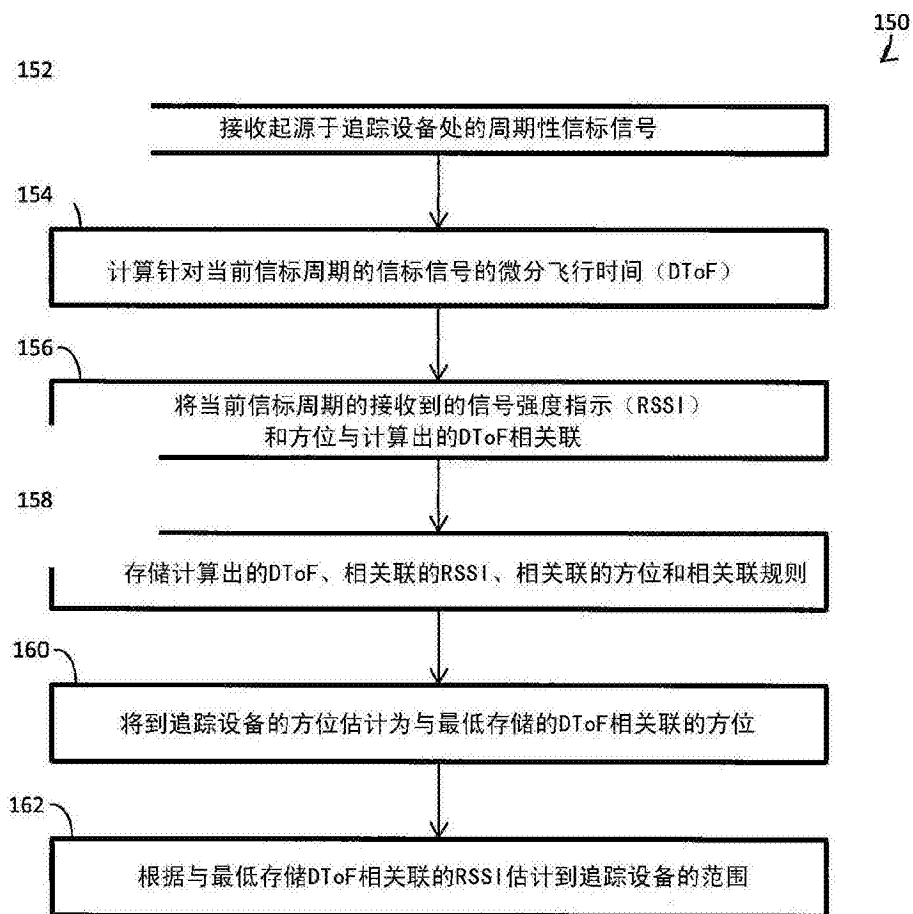


图 9