(19) 中华人民共和国国家知识产权局

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 105372626 B
(45) 授权公告日 2021.01.05

(21) 申请号 201510509690.8
(22) 申请日 2015.08.18
(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105372626 A
(43) 申请公布日 2016.03.02
(30) 优先权数据
14/461,579 2014.08.18 US
(73) 专利权人 波音公司
地址 美国伊利诺斯州
(72) 发明人 詹姆斯·布赖恩·巴克尔
加里·艾伦·雷
(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责任公司 11240
代理人 梁丽超 刘瑞贤
(51) Int.Cl.
G01S 5/02 (2010.01)
G01S 5/06 (2006.01)
G01S 13/00 (2006.01)
(56) 对比文件
US 5327145 A,1994.07.05
US 5327145 A,1994.07.05
US 5280294 A,1994.01.18
US 2013106645 A1,2013.05.02
审查员 李苏宁

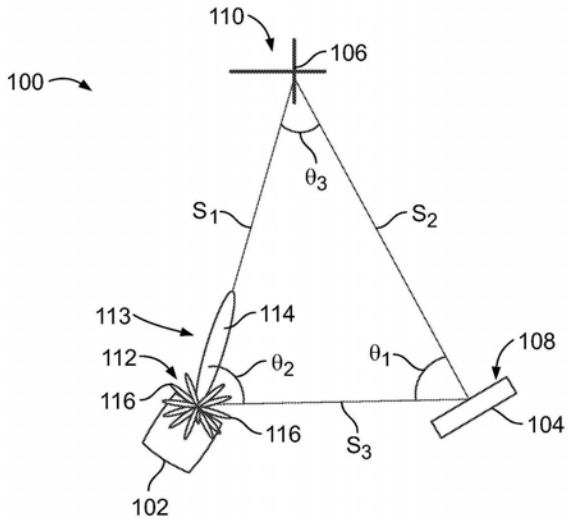
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

用于确定双基地雷达系统的发射器的位置的系统和方法

(57) 摘要

本申请公开了用于确定双基地雷达系统的发射器的位置的系统和方法。双基地雷达系统可以包括发射器、在第一已知位置的对象、在第二已知位置的接收器、以及发射器位置确定单元。接收器被配置为接收从发射器发射的且从对象反射的一个或多个反射雷达信号。接收器被配置为接收从发射器发射的一个或多个直达雷达信号。发射器位置确定单元被配置为基于第一已知位置与第二已知位置之间的距离的确定以及接收器接收的反射雷达信号与直达雷达信号之间的第一角差的确定来确定发射器的位置。



CN 105372626 B

1.一种双基地雷达系统，包括：

发射器(102)；

对象(106)，在第一已知位置(110)；

接收器(104)，在第二已知位置(108)，其中，所述接收器被配置为接收从所述发射器发射并且从所述对象反射的一个或多个反射雷达信号(113)，并且其中，所述接收器被配置为接收从所述发射器发射的一个或多个直达雷达信号(113)；以及

发射器位置确定单元(130)，被配置为基于对所述第一已知位置和所述第二已知位置之间的距离进行的确定和对由所述接收器接收的所述一个或多个反射雷达信号与所述一个或多个直达雷达信号之间的第一角差进行的确定，来确定所述发射器的位置(112)，

其中，所述发射器位置确定单元被配置为确定从所述发射器朝向所述对象发射的主波束与从所述发射器朝向所述接收器发射的旁瓣之间的第二角差，并且其中，所述发射器位置确定单元使用所述第二角差以确定所述发射器的经确定的位置的准确度。

2.根据权利要求1所述的双基地雷达系统，其中，所述发射器免于通信所述发射器的位置。

3.根据权利要求1所述的双基地雷达系统，其中，所述接收器包括所述发射器位置确定单元。

4.根据权利要求1所述的双基地雷达系统，其中，所述发射器位置确定单元被配置为通过测量所述接收器接收所述一个或多个反射雷达信号和所述一个或多个直达雷达信号中的一个时的第一时间(T_1)与所述接收器接收所述一个或多个反射雷达信号和所述一个或多个直达雷达信号中的另一个时的第二时间(T_2)之间的时间差，来确定双基地距离差。

5.根据权利要求1所述的双基地雷达系统，其中，所述发射器位置确定单元被配置为确定所述发射器相对于所述接收器的第一仰角以及所述对象相对于所述接收器的第二仰角中的一者或两者。

6.根据权利要求1所述的双基地雷达系统，其中，所述发射器、所述对象以及所述接收器中的每一个是移动的或是固定在一位置的。

7.一种双基地雷达方法，包括：

向发射器位置确定单元(130)提供表示对象(106)的第一位置(110)的对象位置数据；

向所述发射器位置确定单元提供表示接收器(104)的第二位置(108)的接收器位置数据；

用所述接收器接收从发射器(112)发射且从所述对象反射的一个或多个反射雷达信号(113)；

用所述接收器接收从所述发射器发射的一个或多个直达雷达信号(113)；以及

用所述发射器位置确定单元基于所述第一位置与所述第二位置之间的距离以及所述一个或多个反射雷达信号与所述一个或多个直达雷达信号之间的第一角差，确定所述发射器的第三位置(112)，

其中，所述发射器位置确定单元被配置为确定从所述发射器朝向所述对象发射的主波束与从所述发射器朝向所述接收器发射的旁瓣之间的第二角差，并且其中，所述发射器位置确定单元使用所述第二角差以确定所述发射器的经确定的位置的准确度。

8.根据权利要求7所述的双基地雷达方法，进一步包括免于从所述发射器通信所述第

三位置的数据。

9.根据权利要求7所述的双基地雷达方法,进一步包括确定所述发射器相对于所述接收器的第一仰角以及所述对象相对于所述接收器的第二仰角中的一者或两者。

用于确定双基地雷达系统的发射器的位置的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开的实施方式总体上涉及雷达系统和方法。

背景技术

[0002] 无线电检测和测距(雷达)系统通常使用无线电波确定物体的距离、高度、方向和/或速度。可以使用雷达系统来检测飞机、船舶、车辆、制导导弹、天气、地面等等。通常,雷达发射器或照明器包括发射无线电波或微波脉冲的天线,该无线电波或微波脉冲遇到物体并且从物体反射。通过雷达接收器的天线接收反射波的一部分能量。

[0003] 在单基地雷达系统中,发射器和接收器位于相同的位置(即,并置)。与之相比,双基地雷达系统包括位于分离的和不同的位置处的发射器和接收器。例如,双基地雷达系统的发射器和接收器可以相隔数百英里。

[0004] 为了使双基地雷达系统运行,发射器和接收器两者的位置是已知的,无论是否移动。例如,在空降应用中,如果发射器和接收器两者移动(诸如,当飞机机载时),要频繁地更新发射器和接收器两者的位置。一旦已知了发射器和接收器的位置,则可以确定雷达系统范围内的未知对象的位置。

[0005] 如应当认识到,为了使已知的双基地雷达系统适当地运行,发射器和接收器彼此通信或与远程控制中心通信以便提供位置信息。因而,在这种已知的双基地雷达系统中,发射器和接收器彼此合作。然而,在发射器与接收器之间提供通信系统增加了成本和雷达系统的复杂度。此外,如果通信系统故障或不起作用,整个雷达系统也不起作用。

[0006] 此外,如果通过分离的和不同的实体控制发射器和接收器,那么系统不能运行。例如,机上的雷达发射器可以是飞机控制的或第一实体(诸如,政府)控制的,而机上的雷达接收器可以是飞机控制的或可以由分离且不同的实体所拥有,其中该实体可与第一实体友好合作或不合作。在这种情形下,发射器可以不与接收器通信,从而防止接收器利用包括发射器的双基地雷达系统。

发明内容

[0007] 本公开的某些实施方式提供双基地雷达系统,其可以包括在初始未知位置的发射器、在第一已知位置的对象、在第二已知位置的接收器、以及发射器位置确定单元。接收器被配置为:接收(a)从发射器发射并从对象反射的一个或多个反射雷达信号,以及(b)从发射器发射的一个或多个直达雷达信号。发射器位置确定单元被配置为基于第一已知位置与第二已知位置之间的确定距离并且接收器接收的一个或多个反射雷达信号与一个或多个直达雷达信号之间的确定的第一角差,来确定发射器的位置。发射器、对象、以及接收器中的每一个可以是移动的或固定在一位置。

[0008] 在至少一个实施方式中,发射器免于通信发射器的位置。在至少一个实施方式中,接收器包括发射器位置确定单元。

[0009] 发射器位置确定单元可被配置为通过测量接收器收到反射雷达信号和直达雷达

信号中的一个时的第一时间(T_1)与接收器收到反射雷达信号和直达雷达信号中的另一个时的第二时间(T_2)之间的时间差，确定双基地距离差。发射器位置确定单元可被配置为用光速乘以时间差，而将时间差转换成双基地距离差。

[0010] 发射器可与对象分隔第一直线距离(S_1)。发射器可与接收器分隔第二直线距离(S_2)。接收器可与发射器分隔第三直线距离(S_3)。发射器位置确定单元可被配置为使第一距离、第二距离、以及第三距离与第一时间和第二时间相关为$S_1+S_2-S_3=C*(T_1-T_2)$，其中C是光速。发射器位置确定单元可被配置为确定$K=S_1-S_3$，因此$K=C*(T_1-T_2)-S_2$。发射器位置确定单元可被配置为确定第三距离为$S_3=(S2^2-K^2)/(2S_2\cos\theta_1+2K)$。确定第三距离$S_3$提供了发射器的位置。

[0011] 在至少一个实施方式中，发射器位置确定单元可被配置为确定从发射器朝向对象发射的主波束与从发射器朝向接收器发射的旁瓣之间的第二角差。发射器位置确定单元可以使用第二角差以确定所确定的发射器位置的准确度。

[0012] 发射器位置确定单元还可被配置为确定发射器相对于接收器的第一仰角以及对象相对于接收器的第二仰角的一者或两者。

[0013] 本公开的某些实施方式提供一种双基地雷达方法，其可以包括：向发射器位置确定单元提供表示对象的第一位置的对象位置数据；向发射器位置确定单元提供表示接收器的第二位置的接收器位置数据；用接收器接收从发射器发射且从对象反射的一个或多个反射雷达信号；用接收器接收从发射器发射的一个或多个直达雷达信号；以及用发射器位置确定单元基于第一位置与第二位置之间的距离以及反射雷达信号与直达雷达信号之间的第一角差，来确定发射器的第三位置。

[0014] 本公开的某些实施方式提供一种双基地雷达系统，该系统可以包括发射器位置确定单元，被配置为分别基于对象的第一已知位置和接收器的第二已知位置之间的确定的距离以及(a)从反射器反射且由接收器接收的一个或多个反射雷达信号与(b)接收器直接接收的一个或多个直达雷达信号之间的确定的第一角差，来确定发射器的位置。

附图说明

[0015] 图1示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统的简化示意图。

[0016] 图2示出根据本公开的实施方式的双基地雷达发射器的简化示意图。

[0017] 图3示出根据本公开的实施方式的双基地雷达接收器的简化示意图。

[0018] 图4示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统的简化示意图。

[0019] 图5示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统的简化示意图。

[0020] 图6示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统的简化示意图。

[0021] 图7示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统的简化示意图。

[0022] 图8示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统的简化示意图。

[0023] 图9示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统的简化示意图。

[0024] 图10示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统的简化示意图。

[0025] 图11示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统的简化示意图。

[0026] 图12示出根据本公开的实施方式确定双基地雷达系统的发射器的位置的方法的流程图。

具体实施方式

[0027] 当结合附图阅读时，将更好地理解某些实施方式的上述总结和本发明以下详细的描述。本文所用的以单数形式列出并与词“一”或“一个”一起使用的元件和步骤应当被理解为并不排除多个元件或步骤，除非明确说明有该排除。此外，参考“一个实施方式”并非旨在解释为排除也结合有陈述特征的另外的实施方式的存在。此外，除非明确相反陈述，否则“包括”或“含有”具有特定特性的元件或多个元件的实施方式可以包括不具有该特性的附加元件。

[0028] 本公开的实施方式提供确定双基地雷达系统的发射器的位置的系统和方法。发射器可避免与接收器通信。例如，发射器和接收器可以不彼此通信位置信息。反而，本公开的系统和方法被配置为通过检测发射器发射的雷达信号，来确定发射器的定位或位置。

[0029] 图1示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统100的简化示意图。双基地雷达系统100包括与接收器104分离的发射器或照明器102。发射器102和接收器104可分隔任意距离，该距离可以是或可以不是固定距离。例如，发射器102和接收器104中的一者或两者可以位于天空、地面、大海或太空的移动交通工具上。任选地，发射器102和接收器104中的一者或两者可以在固定的位置，诸如，在陆地上的固定位置的建筑物或者在水中等等。

[0030] 双基地雷达系统100还包括对象106。对象106可以是移动的或固定的物体、车辆、地标、纪念碑、地形特征等。如在图1中所示，对象106可以是飞机。

[0031] 接收器104和对象106的位置是已知的。例如，接收器104在第一已知位置108，其可以在陆地上、或者在大海、或天空中，而对象106在可与第一已知位置108不同的第二已知位置110。相反，发射器102在初始未知位置112，其可以在陆地上或者在大海或天空中。

[0032] 可以通过各种系统和方法来使接收器104和对象106的位置变为已知。例如，接收器104和对象106中的每一个可以包括全球定位系统(GPS)单元或者确定相应位置的装置。接收器104和对象106可以例如通过专用无线链路、语音通信链路(例如，在每个位置的个体可以呼叫位置数据)等彼此通信，使得对象106可以不断地将其位置通信给接收器104。

[0033] 如所示，发射器102与对象106分隔距离S_1，其是初始未知距离。对象106与接收器104分隔距离S_2，其是已知距离。接收器104与发射器102分隔距离S_3，这是初始未知距离。S_2与S_3之间的角度为θ_1。S_1与S_3之间的角度为θ_2。S_1与S_2之间的角度为θ_3。

[0034] 在操作中，发射器102发射一个或多个雷达信号113，这可以包括主波束114和旁瓣116。从对象106反射并且由接收器104接收主波束114和/或旁瓣116的至少部分。

[0035] 图2示出根据本公开的实施方式的双基地雷达发射器118的简化示意图。发射器118是在图1中示出的发射器102的实例。发射器118可以包括可操作地连接到信号发生器122(诸如，天线、蝶形天线等)的发射器控制单元120。发射器控制单元120可以是或者包括被配置为控制发射器118的操作的一个或多个处理器、电路、模块等。例如，发射器控制单元120可以控制从信号发生器122发射的雷达信号。

[0036] 发射器118可以发射脉冲雷达信号，其可以包括主波束114和旁瓣116。对于高脉冲重复频率(PRF)雷达，具有不同的PRF的多个相干处理间隔(CPI)可被用以使用中国余数定理或其他这种技术解疑距离。

[0037] 在至少一个实施方式中，发射器102(在图1中示出的)可以包括信号发生器122，其可以是缓慢转动的(例如，周期10秒)天线或蝶形天线。信号发生器122可以以规则和可预测

的速度转动。因此，可以通过确定从对象106接收反射雷达信号和从发射器102直接接收入射雷达信号之间的时间差确定角度θ_1。

[0038] 图3示出根据本公开的实施方式的双基地雷达接收器124的简化示意图。接收器124是如在图1中示出的接收器104的实例。接收器104可以包括可操作地连接到信号接收结构128(诸如天线或蝶形天线)的接收器控制单元126。信号接收结构128可以指向对象106的已知位置110。接收器控制单元126可以是或者包括被配置为控制接收器124的操作的一个或多个处理器、电路、模块等。例如，接收器控制单元126可以分析通过信号接收结构128接收的雷达信号。信号接收结构128可以相对于接收器124的平台或主壳体是固定的。可以电子操纵信号接收结构128的接收天线波束。

[0039] 接收器124也可包括发射器位置确定单元130，其可以包括一个或多个处理器、电路、模块等。发射器位置确定单元130可以是接收器控制单元126的一部分。任选地，发射器位置确定单元130可与接收器控制单元126分开并且不同。例如，发射器位置确定单元130可以收容在接收器124内并且与接收器控制单元126通信。可替换地，发射器位置确定单元130可与接收器124分开并且不同。例如，发射器位置确定单元130可以位于与接收器124分开且不同的位置，并且与接收器控制单元126通信。发射器位置确定单元130被配置为接收一个或多个雷达信号并且确定发射器102的位置，如以下说明的。

[0040] 接收器104(在图1中示出的)可以包括信号接收结构128，其可以是或以另外的方式包括指向对象106的定向天线或蝶形天线。例如，接收器104的定向天线可以包括多波束或者可用单个波束扫描。

[0041] 在至少一个实施方式中，发射器位置确定单元130可以通过测量从雷达旁瓣116接收直达脉冲和从对象106接收反射脉冲之间的时间差，来确定双基地距离差。发射器位置确定单元130可以通过用光速乘以时间差，来将时间差转换成距离差。

[0042] 参考图1至图3，发射器位置确定单元130可以基于接收器104接收的雷达信号确定角度θ_1。例如，信号接收结构128可以是定向天线(诸如，数字操纵的波束形成器)，用以接收从对象106反射的主波束114或旁瓣116的至少一部分以及从发射器102发射的主波束114或旁瓣116的至少一部分。

[0043] 发射器位置确定单元130可以分析所接收的信号，并且确定所接收的信号相对于信号接收结构128的接收角度之间的差。两个分离信号(例如，从对象106反射的主波束114的至少一部分以及旁瓣116的至少一部分)的接收角度之间的差提供了角度θ_1。

[0044] 位置确定单元130可以通过至少部分地分析从对象106反射的雷达信号(诸如，主波束114和/或旁瓣116的反射部分)，来确定发射器102相对于接收器104的相对位置。位置确定单元130还可分析从发射器102发射的直达或入射的雷达信号(诸如，主波束114和/或旁瓣116的直达或入射部分)。例如，接收器104沿着距离S2接收来自对象106的反射雷达信号，距离S_2是已知的距离。接收器104还沿着距离S_3从发射器102接收直达或入射的雷达信号。如上所述，位置确定单元130分析所接收的反射和直达雷达信号，从而通过例如分析接收器104的天线或蝶形天线的接收角度来确定角度θ_1。然后，位置确定单元130确定距离S_3，并且因此基于已知的距离S_2和角度θ_1确定位置112，如以下描述。

[0045] 发射器位置确定单元130通过将接收器104的已知位置与对象106的已知位置进行比较，来确定距离S_2。例如，发射器位置确定单元130可以从接收器104的已知位置108中减

去对象106的已知位置110以确定距离S_2。然后发射器位置确定单元130继续确定S_3，从而确定发射器102的位置113，如以下描述的。

[0046] 接收器104可以在第一时间T_1从对象106接收反射雷达信号。接收器104还可在与第一时间不同的第二时间T_2接收来自发射器102的直达信号或入射信号。第一时间T_1可以在第二时间T_2之前，或者反之亦然。反射雷达信号可以包括从对象106反射的主波束114的至少一部分。可替换地，反射雷达信号可以包括从对象106反射的旁瓣116的至少一部分。直达信号或入射信号可以包括沿着直线距离S_3从发射器102直接发射的旁瓣116的至少一部分。可替换地，直达信号或入射信号可以包括沿着直线距离S_3从发射器102直接发射的主波束114的至少一部分。距离S_1、S_2、以及S_3与时间T_1和T_2相关如下：

[0047] $S_1+S_2-S_3=C*(T_1-T_2)$ (等式1)

[0048] 其中，C是光速。

[0049] 可通过如下确定值K：

[0050] $K=S_1-S_3$ (等式2)

[0051] 可以基于C、T_1、T_2以及S_2的已知值或测量值确定K，即

[0052] $K=C*(T_1-T_2)-S_2$ (等式3)

[0053] 如提及到的，已知距离S_2是已知的，这是因为其是已知位置110与108之间的距离。

[0054] 然后，距离S_3可以确定为如下：

[0055] $S_3=(S_2^2-K^2)/(2S_2\cos\theta_1+2K)$ (等式4)

[0056] 如上所述，发射器位置确定单元130能够确定角度θ_1。此外，发射器位置确定单元130分别基于接收器104的已知位置108和对象106的已知位置110获知或以另外的方式确定距离S_2。通过获知距离S_2并且确定角度θ_1，发射器位置确定单元130能够确定距离S_3，从而确定位置112。一旦发射器位置确定单元130确定发射器102的位置112，然后接收器控制单元126可以确定双基地雷达系统100范围内的所有未知对象位置的位置。因此，本公开的实施方式提供了即使发射器102不与接收器104通信，也能确定发射器102的位置的系统和方法。通过分别获知接收器104和对象106的位置108和110，发射器位置确定单元130确定其间的距离S_2。此外，接收器104通过接收从对象106反射的主波束114(或旁瓣116)的至少一部分以及直接来自发射器102的主波束114和/或旁瓣116的至少另一部分，来确定角度θ_1。然后，发射器位置确定单元130基于S_2和角度θ_1的确定，来确定距离S_3，并且因此来确定发射器102的位置112。

[0057] 发射器位置确定单元130被配置为即使接收器104和/或对象106与发射器102通信，也能够确定发射器102的位置112。当发射器102与接收器104之间的通信链路不切实际和/或威胁到对象时，通过不与发射器102通信，双基地雷达系统100可以在诸如军事任务或操作期间的时间运行。例如，敌方作战人员可能会拦截通信链路上的通信。此外，即使发射器102与接收器104不协作(例如，拒绝通信其位置)，也可以使用双基地雷达系统100。

[0058] 如所提及，发射器102可以包括信号发生器122，其可以是或者可以另外的方式包括自旋雷达构件，诸如，天线或蝶形天线。对于具有恒定转速的自旋雷达构件，通过测量雷达旋转速度并且确定主波束114指向接收器104时的时间与接收器104从对象106接收反射信号时的时间之间的差，可以确定角度θ_2。因而，角度θ_2的附加确定可被用以检验确定发射器102的位置的准确度。例如，发射器位置确定单元130可提供有关于发射器102的自旋雷达

构件的旋转速度的数据。例如，自旋雷达构件可以以每十秒进行完全360度旋转。发射器位置确定单元130还可检测主波束104何时指向接收器104以及何时从对象106接收作为反射信号的雷达信号。因而，发射器位置确定单元130然后可以确定角度θ_2。发射器位置确定单元130然后可以基于角度θ_1、角度θ_2、角度θ_3确定距离S_1、S_2、以及S_3是否一致，发射器确定单元130获知了角度θ_1，发射器确定单元130已经确定了角度θ_2，以及发射器位置确定单元130通过从180度减去$\theta_1+\theta_2$确定了角度θ_3。如果距离S_1、S_2、以及S_3与具有这种角度的三角形一致，那么可以确认距离S_3的准确度。然而，如果距离S_1、S_2、以及S_3与具有这种角度的三角形不一致，那么发射器位置确定单元130可以发射距离S_3(并且因此所确定的位置112)可能不准确的警告信息。

[0059] 上述等式1-4提供了被配置为确定三角形的几何形状的两个维度(2次元)方程。然而，等式1-4可能不会独自地确定三角形在三维空间中的方位。可以假设确定出三角形的三个顶点中的两个顶点的位置。可以假设未确定出第三个未知顶点的位置。为了确定第三个顶点的位置，顶点相对于接收器104的高度是已知的。接收器104的天线可被用以确定仰角。

[0060] 图4示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统100的简化示意图。在图4中，接收器104和对象106的位置108和110可以分别是已知的，而发射器102的位置112是未知的。如上所述，可以确定距离S_1、S_2、以及S_3和角度θ_1、θ_2、以及θ_3。应注意，距离S_1、S_2、以及S_3和角度θ_1、θ_2、以及θ_3存在于位置108、110和112定义的平面200内。

[0061] 为了确定发射器102相对于接收器104的仰角，发射器位置确定单元130可以确定如通过接收器104的天线检测出的仰角Φ。发射器102相对于接收器104的高度可以确定如下：

[0062] $L_3=S_3\sin\Phi_3$ (等式5)

[0063] 其中，L_3是自水平面H的垂直距离，其中，接收器104位于位置112，并且通过等式4确定S3。一旦已经诸如通过发射器位置确定单元130(在图3中示出的)确定了发射器102的位置112和高度L_3，可以在三维空间中检测未知对象的位置。

[0064] 图5示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统100的简化示意图。如在图5中示出的，(诸如，通过等式1-3)获知位置108和112，但是对象106的仰角L_2可能是未知的。为了确定对象106相对于接收器104的仰角L_2，发射器位置确定单元130可以确定如通过接收器104的天线检测出来的仰角Φ。对象106相对于接收器104的仰角或高度可以确定如下：

[0065] $L_2=S_2\sin\Phi_2$ (等式6)

[0066] 其中，L_2是自水平面H的垂直距离，其中，接收器104存在于位置110，并且获知S_2，如上所述。

[0067] 参考图1至图5，双基地雷达系统100可以不断监测接收器104和对象106的位置，并且不断更新发射器102的位置的确定。例如，发射器位置确定单元130可以每X秒一次更新关于接收器104和对象106的位置数据，并且确定发射器102的位置。例如，可以由发射器位置确定单元130每五秒接收接收器104和对象106的位置数据，并且发射器位置确定单元130可以相应地确定发射器102的位置(诸如，每五秒)。然而，应当理解，更新周期可以大于或小于五秒。如果双基地雷达系统100被配置为检测快速移动的飞机的位置，例如，更新周期可以比双基地雷达系统100被配置为检测缓慢移动的船舶的位置的情况要短。

[0068] 发射器102、接收器104、以及对象106中的任何一个可以是固定的或移动的。例如，

发射器102、接收器104、或者对象106可以定位在飞机、陆地交通工具、船舶、航天器等内。

[0069] 图6示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统200的简化示意图。双基地雷达系统200可以包括被定位在固定结构204内的接收器202，诸如，位于陆地206上的建筑物。发射器208可以固定在第一交通工具(诸如，飞机)210内。第二交通工具212(诸如，第二飞机)可以是对象。如上所述，可以确定发射器208相对于接收器202的位置。可替换地，第一和第二交通工具210可以是各种其他交通工具，诸如，陆上交通工具或船舶。另外，可替换地，接收器202可以被定位在基于陆地、空气、还是大海的移动结构(诸如，交通工具)内。

[0070] 图7示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统300的简化示意图。双基地雷达系统300可以包括被定位在第一交通工具304(诸如，第一飞机)内的接收器302。发射器308可以固定在第二交通工具(诸如，第二飞机)310内。第三交通工具312(诸如，第三飞机)可以是对象。如上所述，可以确定发射器308相对于接收器302的位置。可替换地，第一和第二交通工具210可以是各种交通工具，诸如，陆上交通工具或船舶。

[0071] 图8示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统400的简化示意图。双基地雷达系统400可以包括被定位在第一交通工具404(诸如，第一陆上车辆)内的接收器402。发射器408可以位于固定结构内，诸如，被固定到陆地上、悬浮在水上或在水中等。可替换地，发射器408可以固定在交通工具内，诸如，飞机、陆上交通工具、船舶等。第二交通工具412，诸如，第二陆上交通工具，可以是对象。如上所述，可以确定发射器408相对于接收器402的位置。

[0072] 图9示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统500的简化示意图。如上所述，双基地雷达系统500可以包括可以是固定的或移动的接收器502和发射器504。绕地球进入轨道运行的地球同步卫星506可用作对象。如上所述，可以确定发射器504相对于接收器502的位置。

[0073] 图10示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统600的简化示意图。如上所述，双基地雷达系统600可以包括可以是固定的或移动的接收器602和发射器604。例如，接收器602和发射器604可以位于地球大气层内或者太空内。月亮606或另一天体可用作对象。如上所述，可以确定发射器604相对于接收器602的位置。

[0074] 图11示出根据本公开的实施方式的双基地雷达系统700的简化示意图。双基地雷达系统700可以包括水体706上的船只704上的接收器702。发射器708可以穿过空气、大海或陆地移动。水706上的第二船只710可用作对象。如上所述，可以确定发射器708相对于接收器702的位置。

[0075] 图12示出根据本公开的实施方式确定双基地雷达系统的发射器的位置的方法的流程图。在800，将表示接收器的位置的接收器位置数据提供至发射器位置确定单元，该发射器位置确定单元可以收容在接收器内，或者与接收器分开且不同。在802，将表示辅助对象的位置的对象位置数据提供至发射器位置确定单元。

[0076] 在804，发射器位置确定单元基于所接收的接收器位置数据和对象位置数据，确定接收器位置与对象位置之间的距离。例如，通过获知接收器和对象的位置，发射器位置确定单元诸如通过减法可以确定其间的距离。

[0077] 接下来，在806，接收器接收来自对象的一个或多个反射雷达信号(诸如，主波束或旁瓣的部分)。发射器位置确定单元可以分析反射雷达信号。在808，接收器从发射器接收一个或多个直达或入射的雷达信号(诸如，旁瓣或主波束的一部分)。

[0078] 在810，发射器位置确定单元确定反射雷达信号与直达雷达信号之间的角差。例如，发射器位置确定单元可以检测和分析通过接收器的天线接收信号的角度并且确定其间的差。在812，发射器位置确定单元使用在接收器位置与对象位置之间所确定的距离和角差，来确定发射器相对于接收器和对象的位置。

[0079] 如上所述，本公开的实施方式提供确定双基地雷达系统的发射器的位置的系统和方法。发射器位置确定单元可以基于接收器和对象的已知位置，确定发射器相对于接收器和对象的位置。因此，虽然最初发射器的位置是未知的，但发射器位置确定单元可以通过分析接收器和对象的位置数据，确定发射器的位置。系统和方法可以在不与发射器通信的情况下确定发射器的位置。

[0080] 本公开的实施方式提供双基地雷达系统和方法，其消除了对发射器与接收器之间的高成本通信系统的需要。

[0081] 此外，本公开内容包括根据下列各项的实施方式：

[0082] 项1：一种双基地雷达系统包括：发射器；对象，在第一已知位置；接收器，在第二已知位置，其中，接收器被配置成接收从发射器发射并且从对象反射的一个或多个反射雷达信号，并且其中，接收器被配置成接收从发射器发射的一个或多个直达雷达信号；以及发射器位置确定单元，被配置以基于第一和第二已知位置之间的距离确定和一个或多个反射雷达信号与由接收器接收的一个或多个直达雷达信号之间的第一角差的确定，来确定发射器的位置。

[0083] 项2：根据项1所述的双基地雷达系统，其中，发射器避免了通信发射器的位置。

[0084] 项3：根据项1所述的双基地雷达系统，其中，接收器包括发射器位置确定单元。

[0085] 项4：根据项1所述的双基地雷达系统，其中，发射器位置确定单元被配置为通过测量接收器接收一个或多个反射雷达信号或一个或多个直达雷达信号时的第一时间(T_1)与接收器接收一个或多个反射雷达信号或一个或多个直达雷达信号中的另一个时的第二时间(T_2)之间的时间差，来确定双基地距离差。

[0086] 项5：根据项4所述的双基地雷达系统，其中，发射器位置确定单元被配置为通过用光速乘以时间差，将时间差转换成双基地距离差。

[0087] 项6：根据项4所述的双基地雷达系统，其中，发射器与对象分隔第一直线距离(S_1)，发射器与接收器分隔第二直线距离(S_2)，并且接收器与发射器分隔第三直线距离(S_3)，其中，发射器位置确定单元被配置为使得第一距离、第二距离、以及第三距离与第一时间和第二时间相关为$S_1+S_2-S_3=C*(T_1-T_2)$，其中C是光速。

[0088] 项7：根据项6所述的双基地雷达系统，其中，发射器位置确定单元被配置为确定$K=S_1-S_3$，使得$K=C*(T_1-T_2)-S_2$。

[0089] 项8：根据项7所述的双基地雷达系统，其中，发射器位置确定单元被配置为确定第三距离为$S_3=(S2^2-K^2)/(2S_2\cos\theta_1+2K)$。

[0090] 项9：根据项1所述的双基地雷达系统，其中，发射器位置确定单元被配置为确定从发射器朝向对象发射的主波束与从发射器朝向接收器发射的旁瓣之间的第二角差，并且其中，发射器位置确定单元使用第二角差以确定发射器的确定位置的准确度。

[0091] 项10：根据项1所述的双基地雷达系统，其中，发射器位置确定单元被配置为确定发射器相对于接收器的第一仰角以及对象相对于接收器的第二仰角中的一者或两者。

[0092] 项11：根据项1所述的双基地雷达系统，其中，发射器、对象、以及接收器中的每一个是移动的或固定在一位置中。

[0093] 项12：一种双基地雷达方法，包括：向发射器位置确定单元提供表示对象的第一位置的对象位置数据；向发射器位置确定单元提供表示接收器的第二位置的接收器位置数据；用接收器接收从发射器发射且从对象反射的一个或多个反射雷达信号；用接收器接收从发射器发射的一个或多个直达雷达信号；以及基于第一位置与第二位置之间的距离以及一个或多个反射的雷达信号与一个或多个直达雷达信号之间的第一角差，用发射器位置确定单元确定发射器的第三位置。

[0094] 项13：根据项12所述的双基地雷达方法，进一步包括避免从发射器通信第三位置的数据。

[0095] 项14：根据项12所述的双基地雷达方法，其中，确定第三位置包括通过测量接收器接收一个或多个反射雷达信号或一个或多个直达雷达信号时的第一时间(T_1)与接收器接收一个或多个反射雷达信号或一个或多个直达雷达信号中的另一个时的第二时间(T_2)之间的时间差，来确定双基地距离差。

[0096] 项15：根据项14所述的双基地雷达方法，其中，确定第三位置进一步包括通过用光速乘以时间差，将时间差转换成双基地距离差。

[0097] 项16：根据14所述的双基地雷达方法，其中，发射器与对象分隔第一直线距离(S_1)，发射器与接收器分隔第二直线距离(S_2)，并且接收器与发射器分隔第三直线距离(S_3)，其中，确定第三位置进一步包括使得第一距离、第二距离、以及第三距离与第一时间和第二时间相关为$S_1+S_2-S_3=C*(T_1-T_2)$，其中C是光速。

[0098] 项17：根据项16所述的双基地雷达方法，其中，确定第三位置进一步包括：

[0099] 确定$K=S_1-S_3$，使得$K=C*(T_1-T_2)-S_2$；并且

[0100] 确定$S_3=(S_2^2-K^2)/(2S_2\cos\theta_1+2K)$.

[0101] 项18：根据项12所述的双基地雷达方法，进一步包括：确定从发射器朝向对象发射的主波束与从发射器朝向接收器发射的旁瓣之间的第二角差，使用第二角差确定发射器的确定位置的准确度。

[0102] 项19：根据项12所述的双基地雷达方法，进一步包括确定发射器相对于接收器的第一仰角以及对象相对于接收器的第二仰角中的一者或两者。

[0103] 项20：一种双基地雷达系统，包括：发射器位置确定单元，被配置为基于分别确定对象和接收器的第一已知位置与第二已知位置之间的距离以及确定(a)从反射器反射的且由接收器接收的一个或多个反射雷达信号与(b)由接收器直接接收的一个或多个直达雷达信号之间的第一角差，来确定发射器的位置。

[0104] 如在本文中使用的，术语“计算机”、“控制单元”、或“模块”可以包括任何基于处理器的系统或基于微处理器的系统，其包括使用微控制器、精简指令集计算机(RISC)、专用集成电路(ASIC)、逻辑电路、以及能够执行本文中所描述的功能的任何其他电路或处理器的系统。以上示例仅是示例性的，且因此并不旨在以任何方式限制术语“计算机”、“控制单元”、或“模件”的定义和/或含义。

[0105] 计算机、控制单元、或处理器执行存储在一个或多个存储元件中以便处理数据的一组指令。存储元件也可依照要求或需要储存数据或其他信息。存储元件可以是处理机内

的信息源或物理存储元件的形式。

[0106] 指令集可以包括各种命令，其命令计算机、控制单元、或处理器作为处理机以执行具体操作，诸如，在本文中所描述的主题的各种实施方式的方法和处理。指令集可以是软件程序的形式。软件可以是各种形式，诸如，系统软件或应用软件。此外，软件可以是一批单独的程序或模块、较大的程序内的程序模块或一部分程序模块的形式。软件也可以包括以面向对象的程序设计的形式的模块程序设计。处理机可响应于用户命令或响应于先前处理的结果或响应于另一处理机发出的请求进行处理输入数据。

[0107] 本文中的实施方式的示图可以示出一个或多个控制单元或模块。应当理解，控制单元或模块表示可以实现为具有执行在本文中所描述的操作的相关指令(例如，存储在有形和非易失性计算机可读存储介质上的软件，诸如，计算机硬盘驱动器、ROM、RAM等)的硬件一个或多个电路、一个或多个电路模块等。硬件可以包括硬线化以执行在本文中所描述的功能的状态机电路。任选地，硬件可以包括电子电路，电子电路包括和/或被连接到一个或多个基于逻辑的装置，诸如，微处理器、处理器、控制器等。任选地，模块可以代表处理电路，诸如，一个或多个现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、微处理器、量子计算装置、和/或诸如此类。在各种实施方式中的电路模块可被配置为执行一个或多个算法以执行在本文中所描述的功能。一个或多个算法可以包括在本文中公开的实施方式的方面，无论是否在流程图或方法中明确确认。

[0108] 如在本文中使用的，术语“软件”和“固件”是可互换的，并且包括存储在存储器中用以由计算机执行的任何计算机程序，包括RAM存储器、ROM存储器、EPROM存储器、EEPROM存储器、以及非易失性RAM(NVRAM)存储器。以上存储器类型仅是示例性的，并且因此不限制可用于计算机程序的存储的存储器的类型。

[0109] 尽管可以使用诸如顶部、底部、下部、中部、侧部、水平、垂直、前方等各种空间和方向性术语来描述本公开的实施方式，然而，应当理解的是，这样的术语仅相对于图中所示的定向而使用。可以将这些定向翻转、旋转、或者以其他方式改变，以使得上部分变成下部分，反之亦然，水平变成垂直等。

[0110] 如在本文中使用的，“被配置为”执行任务或操作的结构、限制、或元件尤其以对应任务或操作的方式结构上形成、构建、或适配。为了清楚和免除怀疑，仅能够被修改以执行任务或操作的对象不会“被配置为”执行如在本文中使用的任务或操作。

[0111] 上述实施方式(和/或其方面)可以彼此结合使用。另外，在没有偏离本公开内容的范围的情况下，可以做出许多修改以适配于本发明主题的教导的特定情形或者材料。尽管本公开中所描述的材料的尺寸和类型旨在限定本发明主题的参数，然而，实施方式不受任何方式限制并且为示例性实施方式。在阅读上述描述时，许多其他实施方式对本领域技术人员来说将是显而易见的。因此，应该参照所附项以及对这样的项赋予的等同替换的全部范围来确定本发明主题的范围。在所附项中，术语“包括(including)”和“其中(in which)”用作相应的术语“包括(comprising)”和“其中(wherein)”的平易英语(plain-English)的等价形式。此外，在以下项中，术语“第一”、“第二”和“第三”等仅作为标记使用，而不意指对它们的对象强加数字要求。此外，下列项的限定没有被书写成装置+功能的形式并旨不在基于35U.S.C.§112(f)进行解释，除非并且直至该项限定明确使用由无进一步结构的功能陈述跟随的短语“用于…的装置”。

[0112] 所书写的说明书使用实例来公开本发明主题的各种实施方式，并且还能够使本领域技术人员实现本发明主题的各种实施方式，包括制备和使用任何装置或者系统并且执行任何结合的方法。本发明主题的专利范围由项限定，并可包括本领域技术普通技术人员容易想到的其他实例。这些其他实例旨在被包含在项的范围内，只要它们具有不与项的字面语言不同的结构要素，或者只要它们包含与项中的字面语言非实质性不同的等同结构要素。

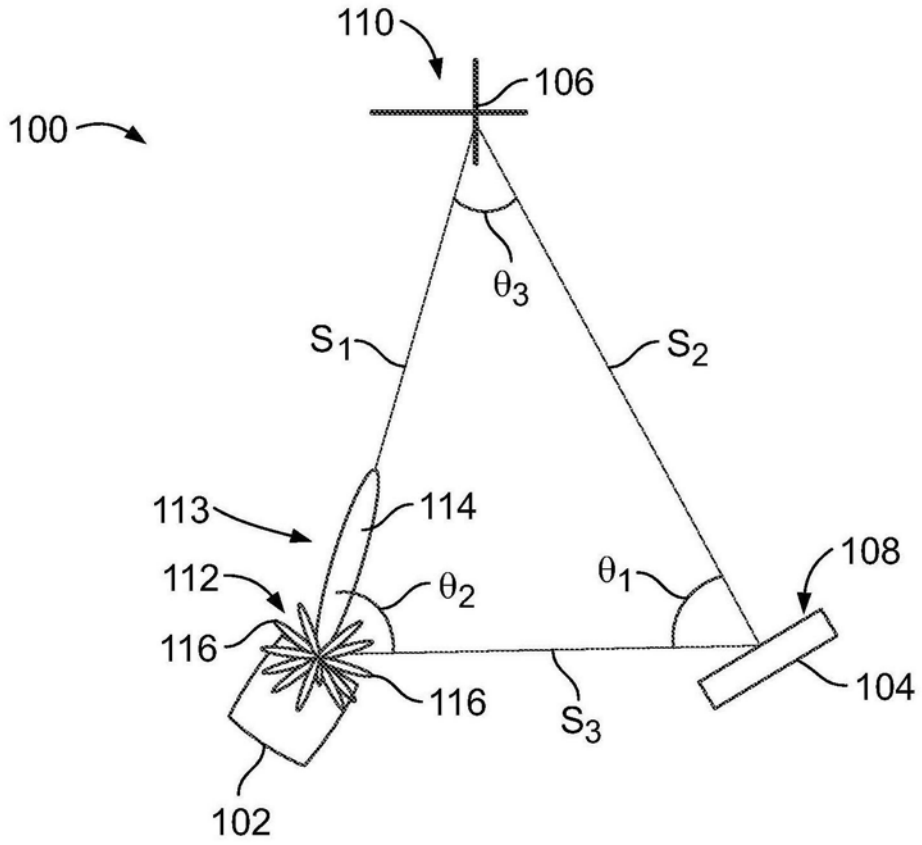

110
106
100
θ3
S1
S2
113
114
112
θ2
θ1
108
116
116
104
S3
102

图1

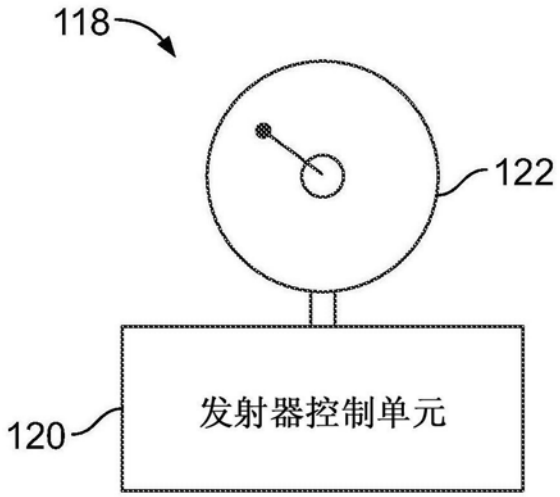

118
122
发射器控制单元
120

图2

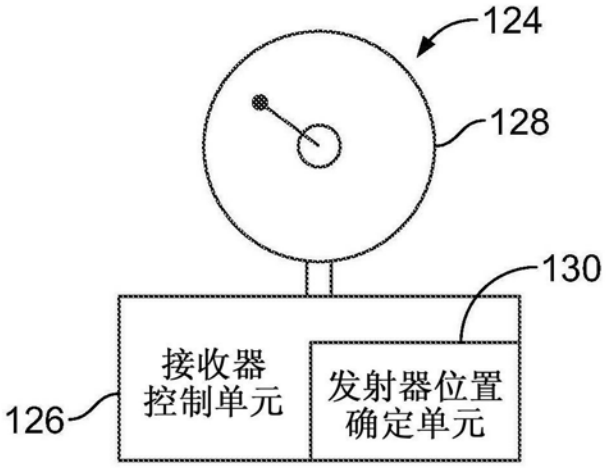

124
128
130
接收器
控制单元
发射器位置
确定单元
126

图3

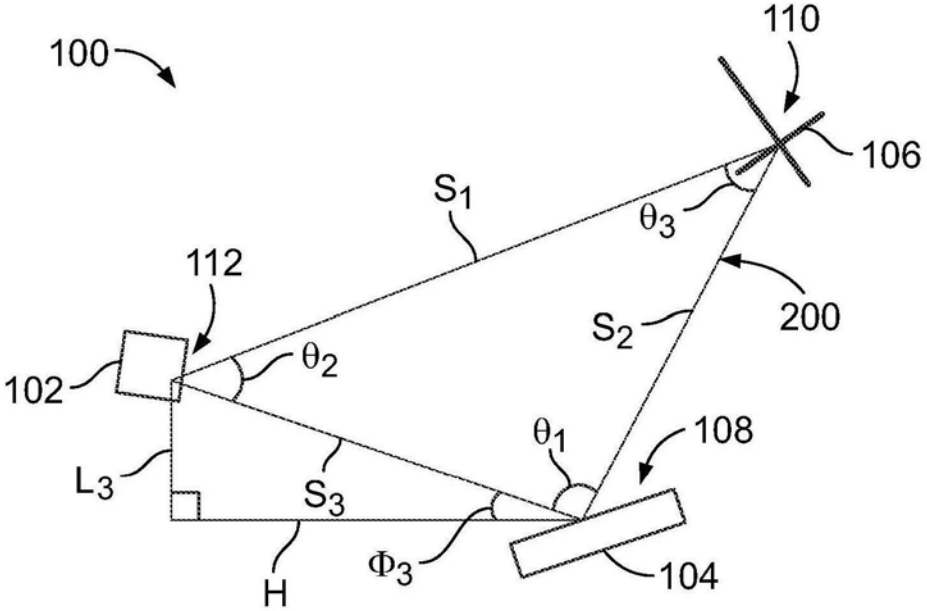

100
110
106
S1
θ3
112
200
S2
θ2
102
θ1
108
L3
S3
Φ3
104
H

图4

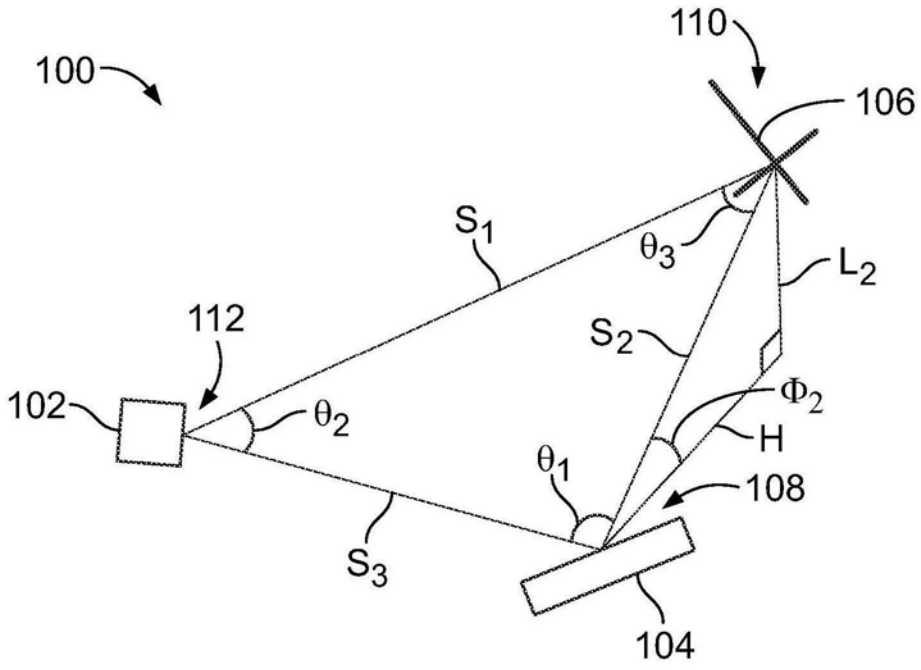

100
110
106
S1
θ3
L2
112
S2
102
θ2
Φ2
H
θ1
108
S3
104

图5

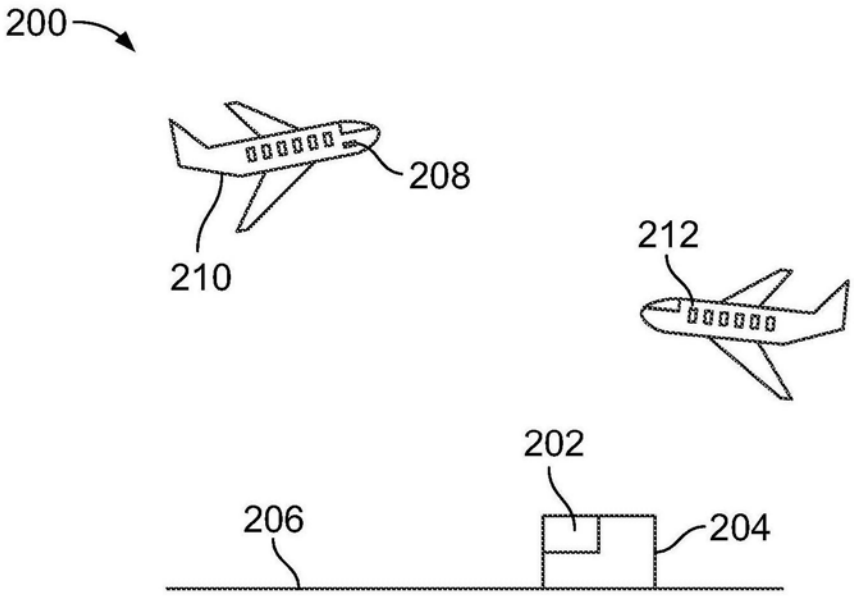

200
208
210
212
202
206
204

图6

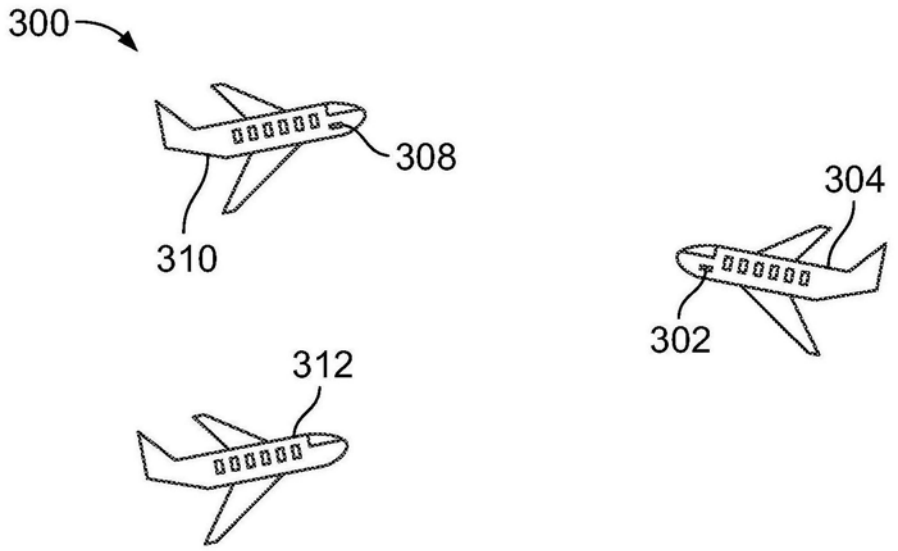


图7

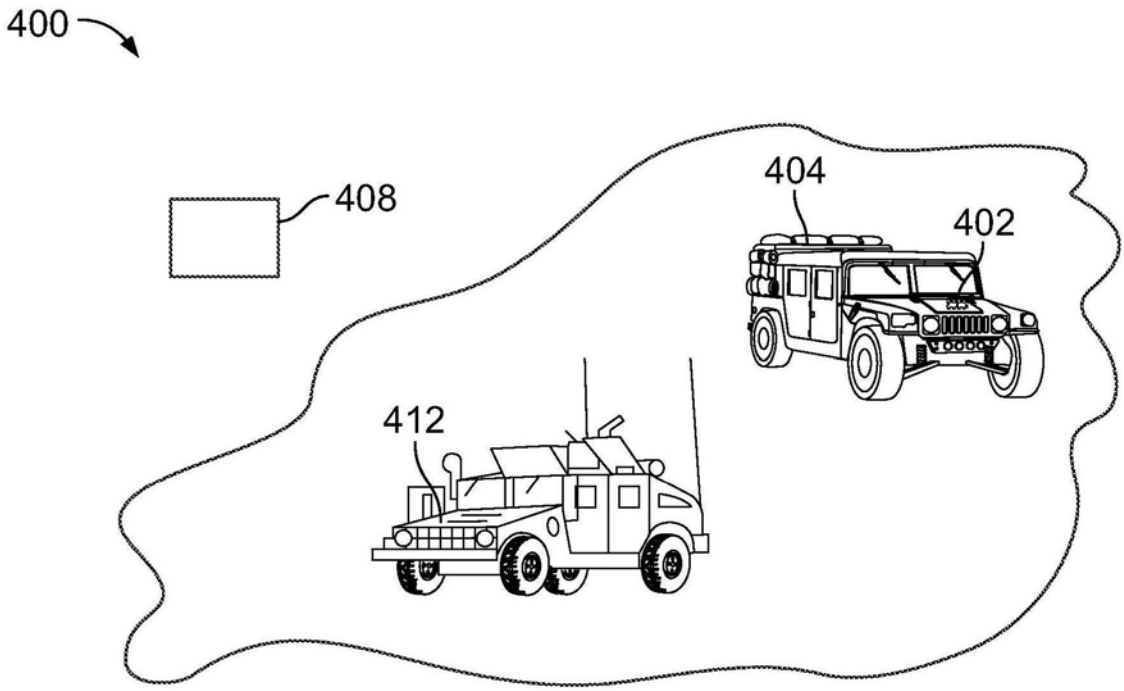


图8

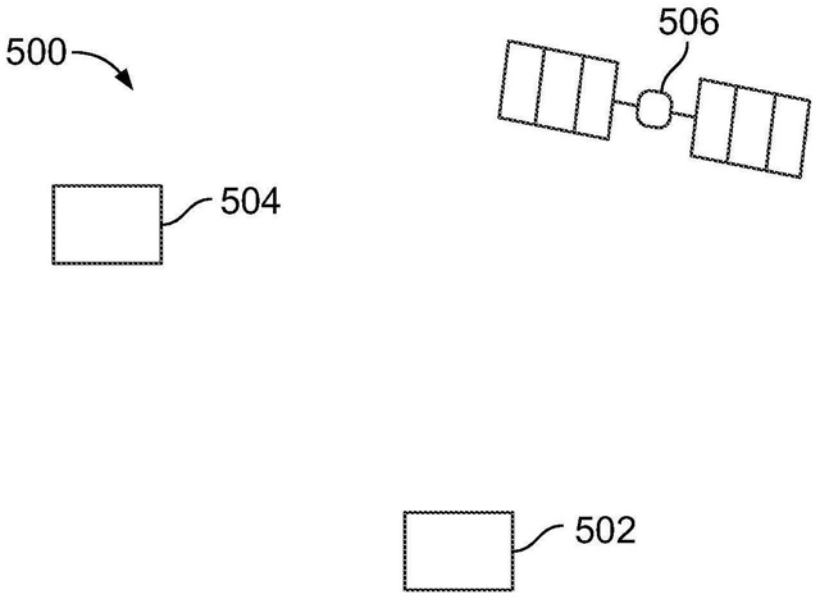


图9

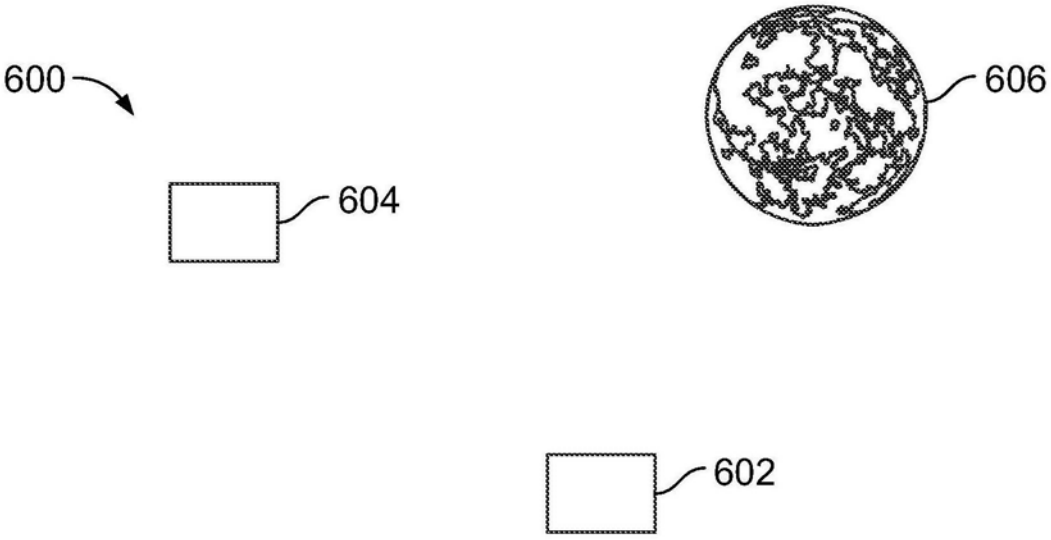


图10

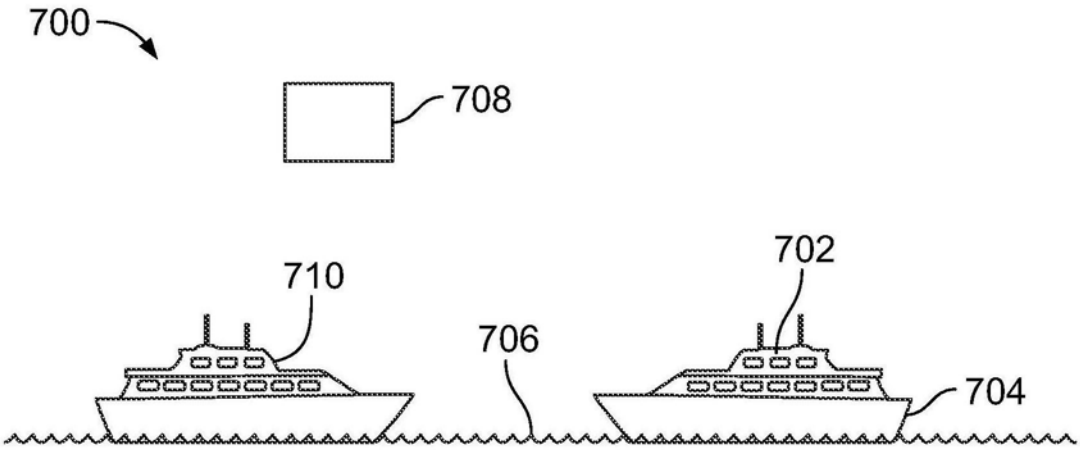


图11

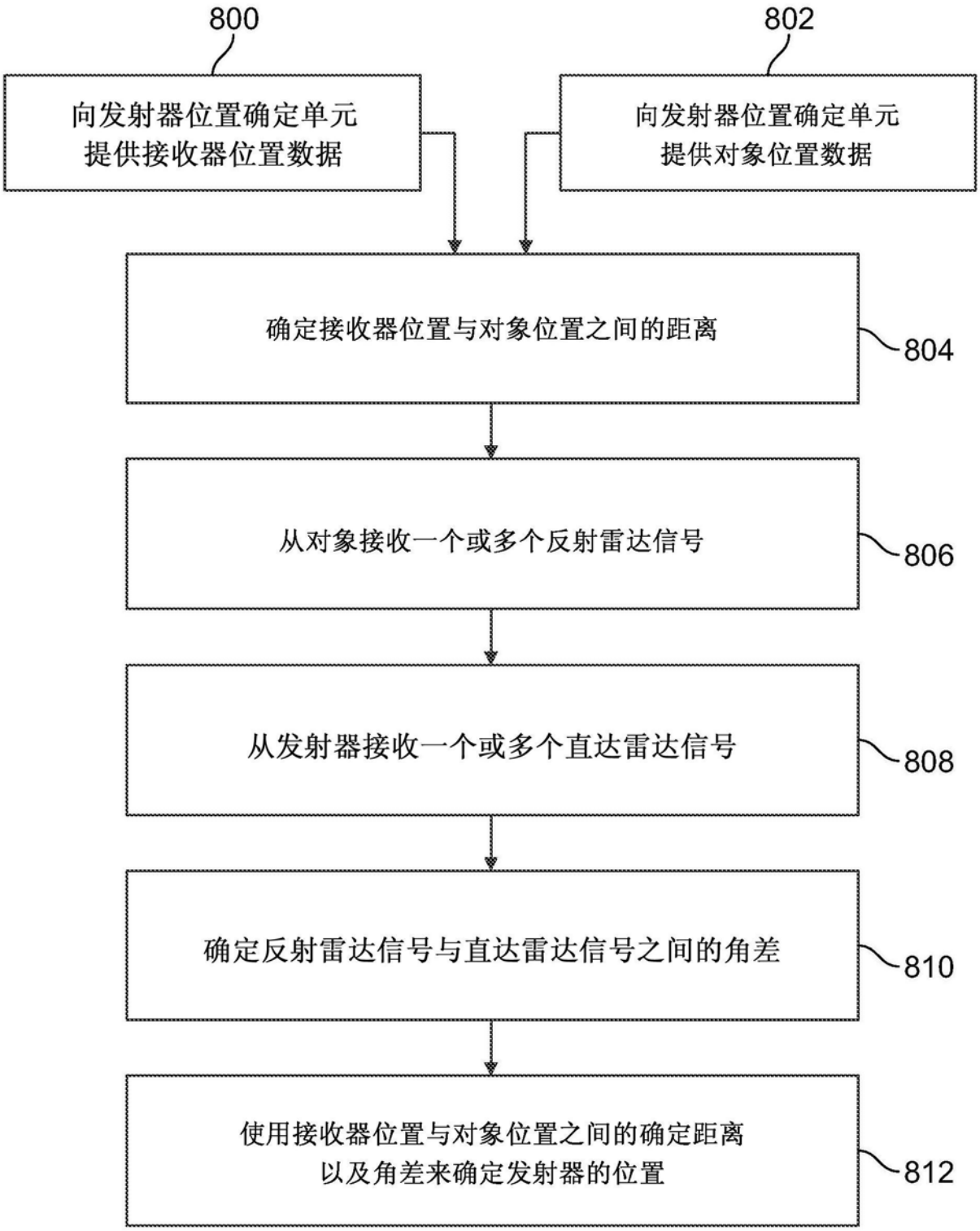

800
802
向发射器位置确定单元
提供接收器位置数据
向发射器位置确定单元
提供对象位置数据
确定接收器位置与对象位置之间的距离
804
从对象接收一个或多个反射雷达信号
806
从发射器接收一个或多个直达雷达信号
808
确定反射雷达信号与直达雷达信号之间的角差
810
使用接收器位置与对象位置之间的确定距离
以及角差来确定发射器的位置
812

图12