



(10) 授权公告号 CN 109478375 B

(45) 授权公告日 2022.09.16

(21) 申请号 201780044315.8

(22) 申请日 2017.05.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109478375 A

(43) 申请公布日 2019.03.15

(30) 优先权数据
62/342,585 2016.05.27 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.01.17

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/035036 2017.05.30

(87) PCT国际申请的公布数据
W02017/205874 EN 2017.11.30

(73) 专利权人 荣布斯系统集团公司
地址 美国宾夕法尼亚州

(72) 发明人 E·奥尔森

(74) 专利代理机构 深圳市百瑞专利商标事务所
(普通合伙) 44240

专利代理师 金辉

(51) Int.Cl.
G08G 5/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 102112892 A, 2011.06.29
CN 102112892 A, 2011.06.29
US 5276449 A, 1994.01.04
CN 102112892 A, 2011.06.29
US 2008088508 A1, 2008.04.17
CN 101192350 A, 2008.06.04
CN 101482609 B, 2013.11.20
CN 101359048 A, 2009.02.04
CN 105404291 A, 2016.03.16
CN 102680979 A, 2012.09.19
EP 2799895 B1, 2020.08.12
JP 2004163218 A, 2004.06.10

审查员 王浩洋

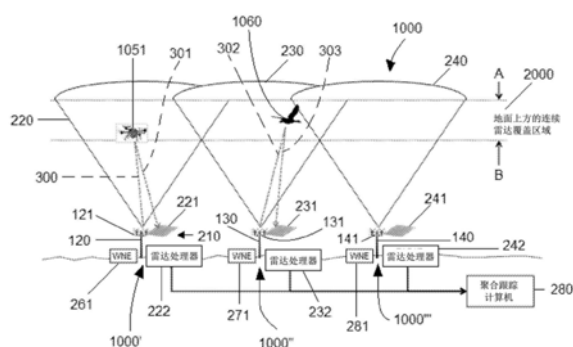
权利要求书3页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

跟踪低空飞行无人驾驶的飞行器和物体的
雷达系统

(57) 摘要

提供了一种利用无线网络设备跟踪UAV和其他低空飞行物体的雷达系统。该系统实现为分布式低空雷达系统,其中发射天线与无线网络设备耦合,以向天空方向辐射信号。接收天线或阵列接收从发射天线辐射的信号,特别是从天空检测区域中的物体反射的信号或回波。一个或多个处理组件与无线网络设备和接收天线电子耦合,以接收和操纵信号信息,从而提供对低空飞行物体及其在覆盖区域内的移动的识别和跟踪。该系统可以通过网络区域节点提供遍及多个区域的物体的检测,并且当它们在检测区域内移动时,聚合该信息,以检测和跟踪UAV和其他低空飞行物体。



1. 一种分布式低空雷达系统,包括:
 - a) 用于产生RF信号的无线网络设备;
 - b) 至少一个与无线网络设备耦合的发射天线,用于向天空方向辐射信号;
 - c) 至少一个接收天线,用于接收从低空飞行物体反射的信号,低空飞行物体包括至少一个UAV;
 - d) 雷达处理器,其与无线网络设备电子耦合,以从其接收信号,并与接收天线耦合,以从其接收信号;和
 - e) 计算部件,其耦合雷达处理器,以从其接收信息;
 - f) 其中计算部件配置为从分布于整个覆盖区域的网络中的多个雷达处理器接收信息,并且其中所述计算部件聚合所述信息,以检测和跟踪覆盖区域上的低空飞行物体;
 - g) 其中,所述无线网络设备包括发射器,用于传输从所述发射天线广播的RF信号,并且其中,所述无线网络设备向所述雷达处理器提供所述RF信号的副本;
 - h) 其中,所述无线网络设备配置成经由所述RF信号与UAV通信,并且其中,与所述UAV通信的所述RF信号是用作雷达检测信号的相同RF信号,并且与向所述雷达处理器提供副本的RF信号相同;和
 - i) 其中,系统包括用于与一个或多个UAV通信的通信系统,其中,由发射天线发射的用于与一个或多个UAV通信的RF通信用于与UAV的通信和雷达检测,并且其中,从物体反射传输的RF信号包括从无线网络设备传送到UAV的通信;和
 - j) 其中,一个或多个UAV中的至少一个的RF通信传输到UAV,以向UAV提供命令、控制或导航功能,以及
 - k) 其中,向UAV提供命令、控制或导航功能的传输到UAV的RF通信的副本发送到雷达处理器,并且
 - l) 其中,向UAV提供命令、控制或导航功能的传输到UAV的RF通信也是雷达信号,所述雷达信号通过覆盖区域中的UAV和/或其他物体的反射来检测覆盖区域中的UAV和/或其他物体,并且
 - m) 其中,所述接收天线接收回波,所述回波是从覆盖区域中的UAV和/或其他物体反射的发射到UAV的RF通信。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述无线网络设备包括收发器、电源和处理器,所述处理器用于处理通过网络传输和接收的通信。
3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述发射天线和所述接收天线中的至少一个包括天线阵列。
4. 根据权利要求1所述的系统,其中所述发射天线和所述接收天线中的至少一个包括相控阵。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述系统配置为检测从UAV的角反射器所反射的反射RF辐射。
6. 根据权利要求2所述的系统,其中所述收发器配置为产生在圆周方向上极化的收发器信号,并且其中所述接收天线在与通信收发器信号相反的圆周方向上极化,以减少来自所述通信收发器信号的直接干扰,并提高对物体反射的响应能力。
7. 根据权利要求1所述的系统,其中提供多个无线网络设备,以形成多个节点。

8. 根据权利要求7所述的系统,其中所述节点配置为提供指示在各个节点的区域内物体存在的信号。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中多个发射天线与相应的多个无线网络设备耦合,用于从发射天线往天空方向辐射信号;其中所述多个发射天线的每一个配置为提供信号覆盖的天空区域;其中,提供相应的多个接收天线,用于接收从相应的多个发射天线产生的反射信号;其中每个接收天线位于分别相关的发射天线附近,并且其中所述发射天线和分别相关的接收天线通过它们各自的信号辐射和信号接收来定义检测区域;其中所述系统包括多个检测区域;并且其中所述计算部件检测并跟踪检测区域内的物体。

10. 根据权利要求9所述的系统,其中每个所述发射天线发射在一个圆周方向上极化的信号,并且其中每个分别相关的接收天线在其相应的相关发射天线的相反圆周方向上极化。

11. 根据权利要求9所述的系统,还包括UAV空中交通控制系统,其配置为具有至少一个用于处理信息的处理器,并且所述处理器与所述雷达处理器电子耦合,以接收所述检测区域内的低空飞行物体的跟踪信息,以及通过控制一个或多个UAV来管理UAV运作,以最小化与系统检测的检测区域内的其他UAV和其他物体的潜在碰撞。

12. 根据权利要求10所述的系统,还包括UAV空中交通控制系统,其配置为具有至少一个用于处理信息的处理器,并且所述处理器与所述雷达处理器电子耦合,以接收所述检测区域内的低空飞行物体的跟踪信息,以及通过控制一个或多个UAV来管理UAV运作,以最小化与系统检测的检测区域内的其他UAV和其他物体的潜在碰撞。

13. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述雷达信号包括从至少一个发射天线传输到一个所述UAV的通信信号。

14. 根据权利要求13所述的系统,其中所述RF信号包括编码调制。

15. 根据权利要求14所述的系统,其中所述编码调制的RF信号的代码包括来自所述至少一个发射天线和UAV之间的信号通信的代码。

16. 根据权利要求15所述的系统,其中所述代码从所述发射器提供给(i)所述至少一个发射天线和(ii)所述雷达处理器。

17. 根据权利要求15所述的系统,其中联接所述发射器,以向所述雷达处理器提供所述代码。

18. 根据权利要求15所述的系统,其中联接所述发射器,以将所述代码提供给所述发射器的传输和回波范围内的多个雷达处理器。

19. 根据权利要求1所述的系统,其中所述系统包括用于来自多个发射器的RF通信的天空通信系统,和从相应的多个发射器辐射RF信号的相应的多个相关天线;其中,设置具有相关接收天线的多个雷达处理器,用于从相应多个发射器接收天空物体反射的信号。

20. 根据权利要求19所述的系统,其中所述多个雷达处理器从所述发射器接收传输的RF信号的副本。

21. 根据权利要求20所述的系统,其中所述雷达处理器配置为处理由所述雷达处理器相关天线检测到的反射信号和从所述发射器接收的信号副本之间的相位差。

22. 根据权利要求1所述的系统,其中,对发射器频率载波施加代码。

23. 根据权利要求1所述的系统,其中,对包括伪随机码的发射器频率载波施加代码。

24. 根据权利要求23所述的系统,其中所述伪随机码生成为L比特的代码长度,其基于多个N级移位寄存器级周期性地重复,其中对于N级移位寄存器级的数量,确定L比特的表达式为 $L = 2^N - 1$ 。

跟踪低空飞行无人驾驶的飞行器和物体的雷达系统

技术领域

[0001] 本发明涉及无人驾驶飞行器(UAV)领域,并且更具体地涉及用于跟踪UAV和低空飞行物体的系统、方法和装置。

背景技术

[0002] 目前存在的问题是验证超视距无人驾驶飞行器(UAV)的位置。当UAV超出其操作员的视距,或者当它们自主运行或在自主空中交通管制系统的控制下运行时,它们的运行通常远低于传统空中交通管制雷达可以“看到”的高度。雷达(Radar或RADAR)是无线电探测和测距的首字母缩写。此外,尽管UAV可以通过通信网络自我报告其位置,但仍然存在许多情况,其中UAV报告的自己的位置是不准确的,或者暂时无法这样做。此外,由于低空无人机通常在彼此靠近的空域内,并且也可能与鸟类、气球甚至其他有人驾驶飞机在同一空域内,而它们不会向UAV空中交通管制系统报告其位置,因此需要一种独立测绘低空空域中物体的方法。

[0003] 这种功能通常由雷达系统处理,但是为了测绘低空用UAV空域,对低空雷达有特殊的考虑,即:将低空雷达与传统雷达区分开来。首先和最重要的,覆盖低空的雷达本质上不能是远程的。对于试图以通常与空中交通管制雷达相关的距离覆盖低空的雷达来说,地面杂波是一个显著问题。此外,UAV和其他低空空域群体(例如鸟类)的尺寸使得他们的雷达截面太小,而无法通过与空中交通管制雷达相关的远距离观测到。因此,需要能够“看到”小雷达截面目标并且可以避免地面杂波问题的短程雷达系统。

发明内容

[0004] 提供了一种用于跟踪UAV和其他低空飞行物体的雷达系统。根据优选实施例,该系统实现为分布式低空雷达系统。该系统设计用于利用无线网络设备跟踪物体,以产生RF信号。发射天线,优选地多个发射天线,与无线网络设备耦合,用于沿向天空方向辐射信号。该系统的发射天线优选是蜂窝天线,例如手机信号塔上的蜂窝天线,设置它们用于蜂窝信号的通信。接收天线接收来自发射天线辐射的信号,特别是从诸如UAV和其他物体的低飞行物体(例如鸟类、气球等)反射的信号。根据优选实施方式的接收天线是用于接收从物体反射的传输或回波的单独天线。提供多个接收天线,并且优选地,接收天线设置在每个发射天线处或附近。可以在单个位置处提供多个发射天线,并且还可以在发射天线位置处或附近提供一个或多个接收天线。可以通过利用从发射天线播散的RF传输来确定物体的存在、方向和速度,所述发射天线配置成向天空物体传递通信,例如在天线广播范围内运行的UAV。RF传输优选地可以是用于中继由无线网络通信组件生成的向天空方向的数据报、语音或其他信息的通信传输。相关的RADAR天线基于传输区域内的对象接收RF传输的回波。连接雷达天线以向雷达处理器提供信号,雷达处理器可以是计算部件,例如提供包含指令的软件的计算机,该指令用于执行处理来自雷达天线的信息。该系统的实施例还配置为具有向天空广播的传输信号的副本,该副本提供给雷达处理器。因此,雷达处理器接收来自发射器的信

号,并且由于该信号向天空广播(并且可能被物体反射)而接收回波。雷达处理器可以配置为最小化强信号的可能性,该强信号可能是从附近的山或其他物体往回传输的结果。

[0005] 该系统的实施例优选地利用布置在天空发射器的位置处或附近的多个雷达接收天线来实现。雷达接收天线优选地布置成将雷达检测信息提供给聚合雷达接收响应的计算组件(例如计算机)。根据一些实施例,在雷达处理器相关联的雷达天线靠近广播天空信号的多个发射器的情况下,雷达处理器则可以从那些发射器中的每一个接收信号副本。

[0006] 该系统的实施例优选地配置为利用来自传输收发器之间的向天空通信传输的代码。来自发射天线的RF传输可以包括来自RF通信传输的代码,并且这些代码是与UAV以RF通信的一部分(例如广播到UAV的数据报),其可以被雷达处理器用来提供检测天空的物体。代码可以向天空传输,也可以作为传输副本的一部分传输到相关的雷达处理器。根据一些实施例,聚合器可以进一步处理来自多个雷达处理器的雷达检测信息,以提供对可能在多个发射器广播的范围内的对象的检测。根据一些实施例,聚合器可以是多个雷达处理器接收雷达信息并处理雷达信息的计算机,以在物体在整个天空区域中移动时提供对物体的检测。

[0007] 该系统可以实现为分布式网络,其中系统的节点配置为检测由该节点覆盖的地带或区域内的对象产生的信号。根据优选实施方式,雷达处理器与无线网络设备电子耦合,以接收信号。提供接收天线以接收传输信号,该传输信号包括从低飞行物体(例如UAV、鸟或天空中的其他物体)反射的RF传输信号(例如,在监测的区域或升高水平内,以进行检测)。雷达处理器优选地电子耦合到接收天线,以从其接收信号。雷达处理器可以通过各种信号处理应用来操纵信号,这些信号处理应用可以包括波束形成操作以及信号调节。处理检测信号,并且优选地,系统操纵信号信息并聚合来自网络节点的检测信号。耦合计算部件,以从网络或网络区域的雷达处理器接收信息,聚集信息并在物体移动通过网络的向天空区域时跟踪物体。可以通过信号识别物体,并且雷达处理器可以通过与物体简档数据进行比较,来实现对物体图案的比较识别,以确定物体的类型。信号信息的处理还可以确定物体属性,例如物体移动、速度、尺寸和飞行路径。当物体移动通过天空的检测区域时,可以跟踪物体的移动。计算部件配置为从分布在网络中的雷达处理器接收信息,并聚合该信息,以检测覆盖区域上的低空飞行物体。

[0008] 所公开的雷达系统的主要特征在于它是分布式的,因为它依赖于基于地面的通信发射器的分布式网络,例如,具有诸如其他未决专利申请(即2015年9月3日提交的美国专利申请序列号62/214,053、2016年4月18日提交的美国专利申请序列号62/323,957,其全部内容通过引用并入本文)所公开的蜂窝式UAV命令和控制系统。该分布式网络使得所公开的雷达系统能够使所公开的雷达系统的信号源部分,相对地靠近其要检测和跟踪的目标。

[0009] 所公开的雷达系统的另一个特征是由于检测的信号主要在天空的小区域向上传播,而不是更水平地传播,使得系统能够显著地避免来自建筑物、树木和其他地面杂波相关物的反射。因此,检测信号可以在监测的特定区域内指向天空。

[0010] 所公开的雷达系统的另一个特征是它依赖于为了与飞机或UAV通信的初始目的而被传输的通信信号,因此,根据系统的优选实施方式,新频谱和新传输装置不是必需的。检测系统的实施例可以结合UAV通信系统来实现,并且可以使用该系统的一些或所有网络组件。

[0011] 另外,因为通信信号的持续时间通常比与传统雷达相关联的传统线性调频信号更长,所以可以在检测和测距算法中采用更长的积分时间,这提高了所公开的系统相对于更传统的雷达系统的性能。通过使用伪随机编码 (PRC) 连续波双基地雷达系统,通过雷达科学中所熟知的方法,可以增强距离模糊度降低和检测增强的效果。通过采用具有可能在某种程度上自然地模拟PRC码的常规通信信号的双基地配置,利用所公开的该系统实现了与完全PRC编码的双基地雷达系统的类似增益。

[0012] 本文描述了本发明的这些和其他优点,并结合示例性实施例进行了说明。

附图说明

[0013] 图1是描绘本发明的用于跟踪低空飞行物体的系统的示例性实施例的图示。

[0014] 图2是图1中描绘的系统的节点的示例性实施例的图示。

[0015] 图3是示出可以与本发明的系统结合使用的无源雷达处理器系统的示例的图。

具体实施方式

[0016] 参见图1至图3,描绘了用于跟踪低空飞行物体,特别是用于跟踪低空飞行无人驾驶飞行器 (UAV) 和其他物体的系统的示例性实施例。该系统可以根据本文公开的方法来实现,并且可以提供和配置用于实现该系统和方法的装置。根据优选实施例,该系统可以与现有的手机信号塔结合实施。或者,系统可以用现有的手机信号塔和一些附加部件来实现,或者,根据一些其他替代实施例,可以使用专用于UAV/RPV通信的单独提供的塔、发射器和其他部件来实现。根据其他实施例,可以使用基于地面的通信发射器的单独分布式网络来实现该系统。

[0017] 根据示例性实施例示出了根据本发明的系统的实施方式,其中部件布置为跟踪低空飞行物体,例如UAV和其他物体。在图1的示例性描绘中,当鸟1060或UAV 1051飞过由通信数据报收发器的“单元类型”网格所覆盖的区域时,它可以由系统跟踪。该网络描绘为包括节点1000'、1000''、1000''' (并且可以包括许多附加节点,未示出)。每个节点1000'、1000''、1000''' 包含相关的通信设备和它自己的本地天线阵列或相控阵天线,用于接收来自覆盖区域中的物体的反射,并且具有雷达处理能力,其网络连接其他节点并将数据返回到中央聚合跟踪计算机280,以跨区域上部署的多个节点提供物体的区域跟踪。

[0018] 如图1所示,提供手机信号塔120、130、140的布置,以表示分布式网络的一段,用于执行跟踪UAV和其他低空飞行物体。在该示例性实施例中,示出了网络通信系统1000,并且描绘了三个节点1000'、1000''、1000''' (在整个检测区域中提供了包括分布式网络的其他类似节点)。示出每个节点1000'、1000''、1000''' ,其由相应的塔120、130、140表示,分别与无线网络通信设备 (WNE) 261、271、281和雷达检测组件关联。无线网络通信设备 (WNE) 261、271、281优选地包括收发设备,其可以包括与一个或多个天线 (例如,121、131、141) 耦合的收发器。塔120、130、140优选地配备有一个或多个相关联的天线 (例如,121、131、141),并且可以包括支撑在其上的天线阵列。该系统可以使用本文引用的、本人的美国专利申请中公开的通信系统来实现,使得那些天空UAV通信系统的收发器和发射天线可以与雷达检测系统结合使用,并且优选地与雷达检测组件一起使用。

[0019] 塔120、130、140优选地配备有相应的通信设备或与之关联,例如收发器、天线、电

源和用于生成和接收蜂窝通信的其他设备。在图1所示的示例性描绘中,每个塔120、130、140配置有RF发生设备,例如与每个相应天线(或天线阵列)121、131、141相关联的无线网络数据报RF收发设备(WNE)261、271、281。无线网络数据报RF收发设备(WNE)优选地包括用于通过通信网络(例如图1的网络1000,及图2的其部分1000')生成和接收信号的部件,和通过网络通信的设备(例如UAV 1051,其配置有其自己的收发设备,以使其能够接收和/或传输信号和数据报)。无线网络数据报RF收发设备(WNE)(参见例如261、271、281)优选地包括信号处理和生成部件,并且将信号提供给在向天空的方向往上辐射信号的多个相关联的天线121、131、141,用于与UAV 1051通信。信号优选地以向天空的锥形模式辐射,并且天空锥形射束220、230和240描绘为表示信号覆盖区域。产生辐射信号以提供高于地面的连续覆盖2000的上空区域。这可以通过定位天线或调谐它们来产生所需的覆盖区域,从而实现。图1中箭头A和B之间的区域表示连续雷达覆盖区域2000,其设置于相对于地面的升高水平处,并且在由锥形射束220、230、240(特别地由这些锥形的上空区域)形成的示例性实施例中示出。上空区域2000优选地设置在表示雷达覆盖区域的范围内(在该图中箭头A和B之间),其中可以检测到低空飞行物体的存在。

[0020] 如图1和图2中所示,RF信号定向向上指向天空。在所示的示例中,辐射信号220、230、240分别从相关联的天线(或天线组)121、131、141传播,其在该描绘中来自包括相应手机信号塔120、130、140的手机信号塔系统。信号向上辐射并且优选地可以控制,以提供合适的信号强度,用于与区域2000中的设备通信和/或由设备反射。

[0021] 结合蜂窝网络通信系统示出了雷达检测机制。所示的蜂窝通信系统用于与UAV通信,并且优选地包括向天空投射的蜂窝系统。向天空的蜂窝通信系统可以为UAV的命令、控制和/或导航功能的通信提供单独的频率或频带(以及用于其他类型的UAV通信的另一频率或频率范围,例如摄像机操作和馈送等。)。在图1的图示中,示出了结合蜂窝通信布置而设置的雷达检测机制。雷达检测机构优选地配置有用于接收信号的天线或天线阵列,以及用于处理信号的雷达处理器。在图1中,示出了该系统的示例性实施例,包括用于检测诸如UAV和其他物体的天空物体的雷达检测机构210。示出雷达检测机构210结合第一通信塔(例如手机信号塔120),其中提供了信号检测接收天线221和相关联的雷达处理器222。信号检测接收天线221优选地可以包括RX天线或天线阵列(例如,接收天线221a或天线阵列221b),其接收由WNE 261产生并从一个或多个天线121发射的RF信号,并且包括来自物体的反射信号或回波。优选地,天线221专用于雷达检测功能。RX天线或天线阵列221a、221b(仅用于雷达功能)可以位于用于WNE天线或平面相控阵天线的相同结构(例如塔120)上或附近。天线221可以位于用于无线网络(WNE)的塔上或附近。例如,在图1中,系统与无线通信网络结合使用,塔120示出为具有多个天线121或天线阵列,用于通过网络(例如,在网络和通信设备之间)进行无线通信,还具有也支撑在塔120上的雷达天线221。各个塔130、140上的附加天线231、241与相应的相关联的雷达处理器232、242一起示出,其优选地配置为与相应的WNE 271、281结合起作用。雷达机构配置成检测UAV和低空飞行物体。根据优选实施例,雷达跟踪系统利用网络1000来传送信号,以提供雷达功能。雷达天线221、231、241可以支撑在手机信号塔120、130、140上,并且配置为与相关的蜂窝通信部件(例如WNE261、271、281)协同运作,所述蜂窝通信组件中继用于在通信网络1000(例如,根据一些实施例,其是用于与UAV和命令和控制计算机通信的通信网络)的传输和/或接收组件之间进行通信交换的信号。

[0022] 除了WNE和雷达天线221、231、241之外,雷达检测机构优选地分别包括相关联的雷达处理器222、232、242。雷达处理器可以配置有用于监视从相关联的WNE (例如WNE无线收发器) 传输的信号指令。根据优选配置,雷达处理器 (222、232、242) 与手机信号塔 (120、130、140) 相关联,并提供在塔范围内的检测,例如在由塔架天线布置121、131、141产生的相应信号锥体220、230、240所表示的传播区域 (见图1)。每个雷达处理器222、232、242配置为生成或监视通过收发器相关天线 (例如,图1中塔120上的天线121的布置) 传播的信号。该信号由虚线300表示,并且如图所示,在遇到物体时反射,例如是在示例性描绘中的UAV 1051。反射波,其也可以被称为回波 (由虚线301表示),由天线221收录,在本实施例中,天线221是设置用于接收反射信号 (其示出为从UAV 1051反射) 的接收天线。UAV 1051可以配置有反射器,例如角反射器,用于通过加重其返回到雷达节点来促进反射信号。雷达处理器222接收反射信号或回波301。雷达处理器222优选地配置有计算部件,该计算部件可以接收、存储和处理数据,以检测在由雷达机构监测的空域中的物体 (例如低空飞行物体)。

[0023] 在图1中,表示了蜂窝通信网络1000 (或其一部分),其配置为通过天空系统为低空飞行物体 (例如UAV) 提供通信。雷达系统分布在基于地面的通信发射器的网络上,该地面通信发射器优选地包括网络1000的部件。雷达系统的信号源组件可以配置为在那些目标附近有效地相对靠近,目标例如是UAV和系统要检测的其他低空飞行物体。在配置有覆盖区域2000的示例性图示中示出了天空雷达检测系统。可以跟踪该区域内的对象。例如,在图1中,在连续覆盖区域2000中示出了表示为鸟1060的物体,并且该物体位于由无线网络数据报RF收发设备 (WNE) 271生成的锥形射束230内,所述收发设备271与塔130和布置的天线131相关联。示出了相关的雷达处理器232,其接收数据,该数据优选地包括由WNE 271传输的信号副本。该系统优选地配置为在传输区域内生成信号,例如,由锥体230表示的区域可以包括短暂的通信爆裂,其由位于近端的接收天线231收录,并且用处理和/或监视组件 (例如,雷达处理器242) 来监视。在所示的实施例中,信号302从发射器 (例如WNE 251的发射器) 传输,并且在区域2000中遇到鸟1060。信号302接触到鸟1060,并且信号或回波303被鸟1060反射。反射信号303由接收天线231收录,并且可用于雷达处理器232。雷达处理器现在具有的副本来自WNE 251传输的信号和回波信号303。

[0024] 根据所示的优选实施例,该系统配置为在通信网络上运作,并且优选地在分布式蜂窝通信网络上运作。该系统优选地包括聚合计算部件,例如聚合跟踪计算机280。聚合跟踪计算机280优选地电子连接,以接收数据,该数据可以是与检测信号的传播和接收相关联的信号形式,或这些信号的副产品。聚合跟踪计算机280优选地配置为作为网络通信系统的多个节点的中央计算资源而起作用。例如,聚合跟踪计算机280可以与区域的多个节点相关联,以提供物体的区域跟踪,例如UAV和其他低空飞行物体。聚合跟踪计算机280通过网络1000接收和管理检测信息,并且如图所示,提供有来自网络节点1000'、1000''、1000'''的信号数据。

[0025] 参考图2,示出了示例性实施例,其描绘了雷达检测系统1000的节点1000',用于检测和监测天空地带或区域内的UAV和其他低空飞行物体。在所描绘的系统中,示出了用于通过从天线系统向上辐射信号来与UAV通信的通信系统。示出节点1000',其包括配置有天线121和无线网络数据报RF收发设备 (WNE) 261的塔120。WNE 261优选地是通信网络1000的一部分,并且电子联接,以交换信息,例如通信网络1000上的通信和其它数据。示出的节点

1000' 包括跟踪系统的一部分。在图1中,示出了三个节点,包括第一节点1000'、第二节点1000''和第三节点1000'''。节点1000'、1000''和1000'''包括通信网络1000,并且优选地布置为在指定的或期望的覆盖地带或区域上提供覆盖。优选地,节点布置成使得在期望监视的区域中存在天空区域2000的覆盖。在图1中,描绘了由相应的锥体120、130、140形成的三个区域。该系统优选地配置为包括附加的塔和WNE,以在网络上提供扩展(除了由图1中的三个节点覆盖的那些区域之外)。优选地布置有收发器(其可以作为WNE 261的一部分或与WNE 261相关联地设置)的计算部件,配置为生成从天线121发射并沿向天空方向传播的RF通信信号。这可以作为蜂窝通信网络的一部分来执行,更具体地说,可以作为本文引用的、本人在先申请中公开的向天空定向通信系统来执行。雷达检测系统可以通过结合现有蜂窝系统(以及配置成通过天空通信区域进行通信的蜂窝系统)而设置部件来实现。

[0026] 该系统配置为监视从天线发射的信号。发射天线121、131、141优选地提供有来自相应关联的WNE 261、271、281的RF信号。信号沿天空方向向上传播。优选地产生信号锥体,以提供多个向天空定向覆盖的窄区域,其避免或可以围绕结构运作。优选地传播信号,以提供多个较小区域的检测覆盖,较小区域可以聚合,以提供扩展覆盖区域。优选地,产生具有合适强度的信号,以到达UAV运行的区域(并且其中可能存在需要检测的其他物体)。产生传输信号。传输信号传输到天线121以向上辐射信号,并且信号副本也传输到雷达处理器222。因此,雷达处理器222接收信号,并且提供有信号生成的时间。实际上,许多信号和信号副本(包括它们的生成时间、频率、调制数据(和其他属性))生成了,并由雷达处理器222监测。222优选地连接雷达处理器,从接收天线221接收信号。设置接收天线121,以接收由接收天线121产生的信号,包括可以从物体(例如UAV 1050(或检测区域内的其他物体))反射的信号。处理反射信号301,并将其与生成的信号副本(提供给雷达处理器(例如,来自WNE 261))进行比较。在接收天线处接收的反射信号可以与其他信号一起接收。执行从接收天线(例如天线221)接收的信号,以区分预期的由检测地带内飞行物体的存在所产生的反射信号或回波。例如,随连续时间帧提供信号副本给雷达处理器(甚至当没有接收到反射信号(或者没有接收到指示物体存在的信号),例如在特定的持续时间内),或对于信号频率,雷达处理器继续其监测状态。然而,在接收到来自天空物体的反射信号的情况下,雷达处理器识别物体的检测,并且可以进一步处理该信号以及其他用于指示物体的位置和移动的信号。即使当处理反射信号的检测和识别检测到的物体时,雷达检测系统优选地配置为继续监测信号。雷达处理器可识别由该节点(或指定雷达处理器覆盖的其他区域)所覆盖的天空区域内的多于一个物体。根据一些实施例,系统可以配置为使用与对UAV进行的通信相同的频率。例如,在向天空方向,将通信从天线121预备传输或传输到在区域2000内运行的UAV 1051时(例如,在一个用于有效载荷应用(例如成像、传送等)的子带上,或者在为关键的UAV运作通信(例如命令、控制和导航功能)预留的另一指定子带上),雷达处理器也可以接收信号副本。该信号由无线网络设备(WNE)产生,并且优选地以特定频率和提供给雷达处理器222的信号副本,从天线121辐射出来。雷达处理器222优选地是无源雷达处理器,并且可以配置为根据众所周知的多种方法中的任何一种来处理信号信息。雷达处理器(诸如雷达处理器222)的实施例可以包括计算部件,诸如处理器、微处理器、控制器、微控制器、微芯片或其他处理电路,以及存储介质,诸如闪存或其他存储器芯片、硬盘驱动器等,用于存储用来指示处理器执行由接收天线接收的信号的处理指令。雷达处理器222优选地可以配置为存储原

始或处理的信号信息,和/或将该信息传输到另一个计算部件,以进行进一步处理或用于存储。例如,图1中的描绘示出了三个雷达处理器222、232、242,其与天空网络的节点和节点的WNE相关联。连接示出的雷达处理器222、232、242,用于与识别为聚合跟踪计算机280的计算机通信。跟踪计算机280可以从雷达处理器222、232、242接收原始数据,或者根据一些实施例,可以接收处理后的信号数据或部分处理的信号数据。聚合跟踪计算机280优选地可以识别天空物体,例如在监视的网络的天空区域内的UAV和其他低空飞行物体。聚合计算机280本身或与另一计算部件一起,可管理空域,以当遇到潜在危险时(例如,物体彼此邻近时)提供警报(例如,当UAV 1051接近鸟1060,参见图1)。雷达跟踪系统可以与UAV交通控制系统一起运作,并且可以集成自动空中交通控制系统,该系统控制或管理自主运行的UAV的运行。雷达系统可以配置为处理雷达信号,以提供对UAV的警报或管理,其可以包括操纵或控制UAV运行(例如,飞行路径、方向、速度等),其中确定潜在威胁或风险(例如附近的气球或鸟)的检测。例如,当确定UAV的飞行路径与另一个附近物体(其可以在UAV飞行区域内运动或静止)重合,UAV空中交通管制可以将其悬停。

[0027] 可以根据用于雷达信号处理的已知方法,来执行从接收天线221、231、241接收的信号信息的雷达处理。根据示例性实施例,无源雷达处理器(诸如那些雷达处理器222、232、242中的任何一个)配置为从天线(如图1和图2中所示的221a或221b、231、241)接收信号,并操纵信息,以产生关于监测的天空区域内的物体的位置、尺寸和移动的信息。该信息提供物体的检测,并且还在物体在区域内移动时提供物体的跟踪。天空物体的运动,包括其方向和速度,可以由雷达检测系统确定。检测系统还可用于提供关于物体本身的信息,并区分和/或识别物体的类型或可能的物体类型。例如,可以识别一个信号模式以与UAV对应,而其他信号模式可以将对象识别为鸟。该系统优选地配置为处理信号信息,并且可以设置有与将被检测的预期物体相对应的图案,例如UAV、鸟类、气球等。可以存储一个或多个识别图案作为特定物体的参考。可以基于区域内的已知物体的预期或先前检测来生成信号图案的数据库。当雷达系统从接收天线接收反射信号时,可以查询数据库以进行匹配。优选地,这由处理组件执行,例如雷达处理器(例如222、232、242)或聚合跟踪计算机280。

[0028] 图3示出了可以结合由接收天线接收的信号雷达处理来实现的方法的一个示例。如图3所示,天线阵列(方框400)示出为表示多个天线。例如,多个天线可以是结合图1中的系统描绘的天线,例如接收天线221、231、241(以及图2中的接收天线或阵列221a、221b)。根据一些实施例,天线阵列可以是简单的天线阵列,其由若干天线元件和元件级数字化构成。执行数字波束成形(方框401)以确定接收信号的到达方向。可以使用标准雷达波束形成技术来计算反射信号或回波的到达方向。尽管示出了多个天线元件,但是根据一些实施例,可以使用一对天线元件,并且到达的相位差用于确定回波的到达方向。根据一些实施例,可以使用相控阵天线。所接收的信号优选地经历信号调节(方框402)。此外,还可以调节(方框404)传输信号的副本(方框403)。在交叉相关处理之前,可以执行信号调节,以操纵信号的某些部分(方框406)。可以执行信号调节(方框402、404)以改善信号干扰比(SIR)。虽然单独描绘了波束形成器(框401),但是它可以包括信号调节的一部分。雷达处理器优选地配置有自适应滤波器。优选地,自适应滤波器用于操纵信号,以去除直接信号。自适应滤波也可以称为自适应消除(方框405)。根据一些实施例,例如,通过检查跨信道的接收数据的相关特性来执行自适应滤波。以这种方式,可以识别进入天线方向图旁瓣的干扰和杂波的存在。可

可以根据一组权重来组合信道,以向天线提供高增益主瓣和通常的低旁瓣。自适应滤波还可以组合信道并提供加权,以在干扰机的到达角处在天线方向图中产生零点。在所示的雷达处理示例中,处理可以包括交叉相关处理(方框406)。交叉相关处理(方框406)设计为测量两个系列的相似性,作为一个相对于另一个的滞后的函数。在雷达处理示例中,交叉相关(方框406)提供每个目标回波的双基地范围和双基地多普勒频移的估计。交叉相关充当匹配滤波器。这可以通过提供一组匹配滤波器来实现,每个匹配滤波器匹配不同的目标多普勒频移。实现了小单位平均恒定误警率(CAFR)算法处理(方框407)。CAFR检测(方框407)设计为检测目标。应用自适应阈值,以便检测交叉相关表面上的目标。雷达处理器可以配置为实现CFAR检测,使得在交叉相关表面上方的所有返回被认为是检测的目标。优选地在整个时间内跟踪目标(诸如UAV和其他低空飞行物体),因此,可以确定关于它们的运动、方向和速度的信息。例如,在诸如UAV、鸟类、气球等物体在监视的天空区域内移动的情况下,可以观察和检测从这些移动物体反射的回波的频移(例如,多普勒效应)。该信息可以提供低空飞行物体的位置,例如UAV、鸟等,以及物体在哪个方向上移动和移动速度有多快。优选地,对于系统中的每个发射器,或者在监视的网络区域的一部分中的每个发射器的聚合,线路跟踪由线路跟踪器实现(方框408a、408b、408c(表示相应发射器的线路跟踪器))。例如,参考图1,发射器261、271、281优选地提供与各个线路跟踪器408a、408b、408c相关联的信号。雷达处理器可以配置为实现来自各个目标的目标回报的线路跟踪。这优选地在由交叉相关处理生成的范围-多普勒空间中随时间执行(方框406)。执行跟踪关联和轨道估计(框409),以确定UAV或其他低空飞行物体的位置。可以使用单个发射器和单个接收器来执行跟踪关联,或者,根据一些实施例,可以使用多个接收器来执行跟踪关联,其中物体(诸如UAV或其他物体)可能被每个接收器检测到,与一个或多个发射器相关联。尽管示出了示例性实施例具有多个节点,并且参考与所描绘的每个接收器节点相关联的发射器,但是系统可以配置为使得多个接收器用于接收由发射器从单个塔天线传播和反射的信号,并且处理接收的信号,以确定一个发射器的哪些目标返回从与其他接收器上的那些信号相对应。通过使用从一个或多个接收器接收的反射信号提供的信号信息,关联信号返回来确定物体位置。从处理的信号数据生成目标踪迹(方框310),并提供UAV(或其他物体)的方向、速度和位置的指示。因此,这是雷达处理的一个示例,并且可以使用其他雷达处理方法来处理从网络系统生成的信号数据并提供UAV定位和跟踪。

[0029] 如图2所示,示出了信号射线轨迹306。来自发射器121的信号或射线305遇到物体,即在覆盖区域内的UAV 1051。在图2中,UAV 1051已经从其图1中表示的位置移动。作为参考,UAV在由信号锥体220表示的天空区域内。根据一个示例,可以实施光线跟踪,以跟踪物体(例如UAV 1051)的移动。在到达UAV 1051时,信号射线305的一些部分可以被吸收或以其他方式散射。信号光线306表示从UAV 1051反射的信号(反射的射线305的部分),其可由接收天线221a或221b接收。雷达处理器222优选地通过接收信号副本310而知道信号射线305。虽然示出了一个代表性信号射线305和一个反射信号射线306,但是可以在区域220内发出多个信号射线,识别每个反射信号射线轨迹,并重复该过程,以导出UAV 1051的路径。

[0030] 根据优选实施例,该系统结合用于天空通信系统的无线网络设备来实现。例如,发射器可以发出传输信号,该传输信号可以包括连续波信号,该连续波信号在被辐射到物体上并从物体反射后,由与雷达处理器相关联的接收天线检测。根据优选实施例,传输信号是

为蜂窝通信提供的RF信号(例如,从向天空定向的发射器/天线到UAV的传输)。根据优选实施例,雷达处理器接收传输信号的副本(其可以称为直接信号),并且还(通过相关联的接收天线)接收从物体反射的信号。反射信号不是直接的(并且可以认为是分散的)。雷达处理器配置为接收信号(直接信号和反射信号),并区分信号。信号属性(例如,传输时间、接收时间、频率和调制数据)由雷达处理器获得,并进行分析以提供检测结果。当物体(例如UAV或鸟)保持在发生传输的检测区域内时,雷达处理器继续接收反射信号,并且可以监视和跟踪物体的移动和位置。检测区域可包括多个检测区域,以跟踪整个区域中的物体。雷达处理器可以配置为网络的一部分,以向雷达系统部件提供信息,该雷达系统部件可以是与雷达处理器联网的聚合计算机。或者,可以在节点上提供一些雷达处理器,并且该节点与其他节点的雷达处理器聚合。

[0031] 根据一些实施例,可以确定信号的到达时间,并用于提供雷达检测响应。实施例可以配置雷达处理器,以实现信号的处理,从而分离信号。例如,在诸如UAV或鸟的物体运动的情况下,物体的运动可以引起来自UAV或鸟的反射或散射信号的多普勒频移。该频移有利于两个信号的频率分离。可以根据用于检测和评估信号的处理方法来执行雷达处理。信号的区分提供了确定天空区域中物体的存在的方法。

[0032] 根据系统的实施例,传输可以利用施加在发射器的射频载波上的传输代码。代码可以作为一系列离散的发射器相位水平提供。代码可以是伪随机代码的随机代码,因为它们可以在L比特之后重复。传输可以包括长度为L位的码字或序列,其基于N级移位寄存器的数量周期性地重复。例如,对于L比特,对于N级移位寄存器,表达式可以是 $L=2^N-1$ 。根据一个实施例,提供时钟脉冲发生器,并配置为馈送编码器移位寄存器。例如,每次施加时钟脉冲时,移位寄存器的级数可以移位一级(例如,当考虑线性表示时,向右移位)。根据优选实施例,包括伪随机码的代码是与来自WNE的收发器的载波的RF传输一起提供的代码。

[0033] 尽管在描绘中示出了雷达处理器,但是雷达处理器可以作为单独的部件提供,或者可以结合一个或多个分布式网络硬件来提供。尽管在图3中示出了一个实施例,但是无源雷达处理器可以根据除了图3中所示的方法之外的多种方法中的任何一种来操纵所接收的信号。

[0034] 该系统的实施例利用辐射的通信传输来与覆盖区域中的UAV通信。根据一些替代实施例,可以提供替代实施方式,以在没有辐射通信传输时生成信息,例如,在覆盖区域内没有UAV的情况下。在该替代实施方式中,该系统可以使得向天空指向的通信系统在没有对UAV的常规通信传输的情况下,向天空传输常规传输。根据替代实施例,发射器可以向天空传输周期性或常规的传输。这些可以由向天空通信系统生成。根据一些实施例,如果在设定的时间段内没有UAV通信传输,则可以发出常规传输。根据一些替代实施例,当在预定时段内没有来自发射器的通信传输时,可以生成常规传输。替代系统还可以配置为从雷达检测组件接收信号,例如,当常规传输导致雷达处理器对天空区域或地带中的物体检测为阳性时。一旦接收到由雷达处理器检测得到的通知信号,发射器可以继续发送常规传输,以监视检测到的物体。可以发出常规传输,或者可以辐射连续信号波,使得当物体保持在检测地带内和/或移动通过检测地带时,雷达处理器可以从检测到的物体接收回波。因此,当物体移出区域,有一段不活动时期,系统可以退回到周期性传输,直到检测到另一个物体为止。根据这些替代实施方式,可以将周期性传输的副本发送到相关联的雷达处理器。雷达处理器

处理从接收天线接收的信号和周期性传输的信号副本,以确定物体(例如鸟(或其他非通信物体))是否存在于该区域中。

[0035] 利用本发明可以实现这些和其他优点。虽然已经参考具体实施例描述了本发明,但是该描述是示例性的,而不应解释为限制本发明的范围。在不脱离本文所述的以及所附权利要求定义的本发明精神和范围情况下,本领域技术人员可以想到各种修改和变化。

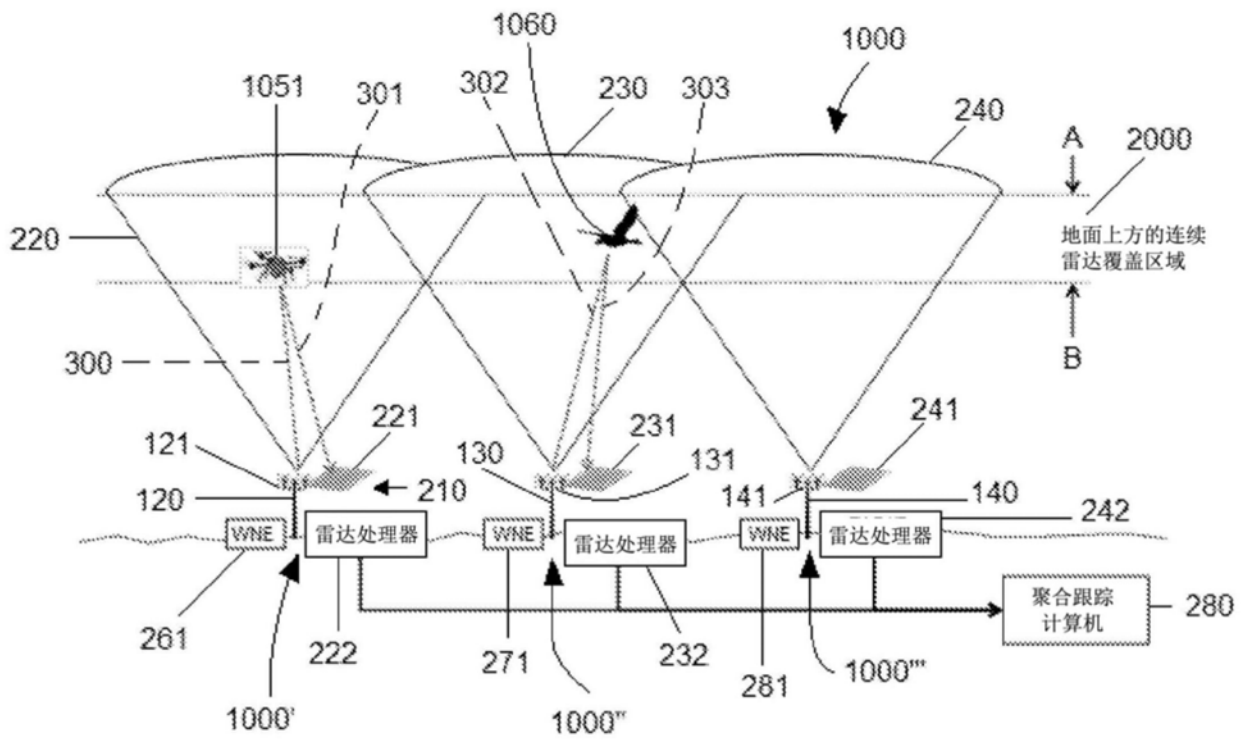


图1

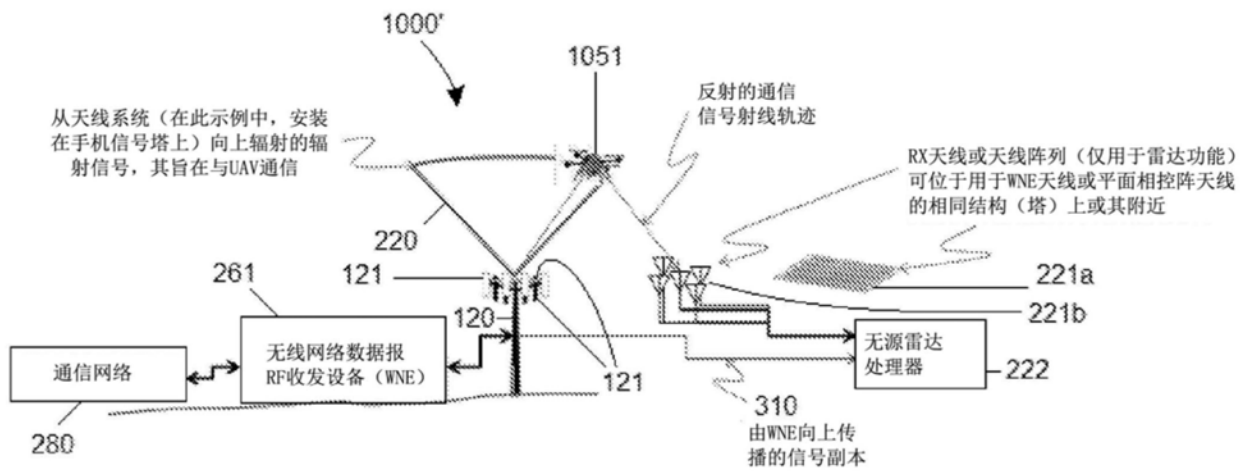


图2

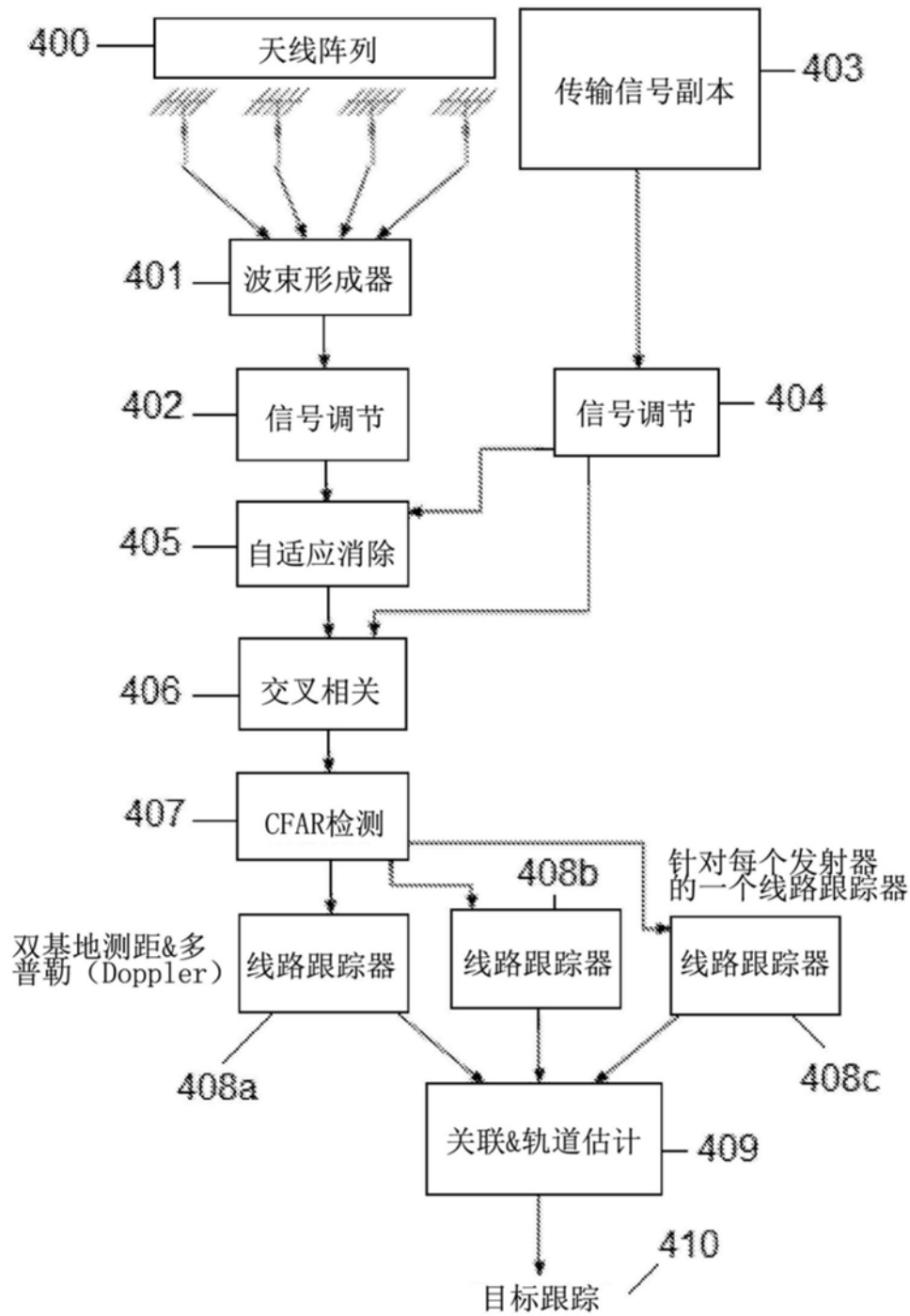


图3