



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107211278 B

(45) 授权公告日 2021.03.26

(21) 申请号 201680007203.0

瑞安·M·斯通

(22) 申请日 2016.01.12

(74) 专利代理机构 北京京万通知识产权代理有限公司 11440

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107211278 A

代理人 许天易

(43) 申请公布日 2017.09.26

(51) Int.Cl.

(30) 优先权数据

H04W 16/14 (2006.01)

14/595,512 2015.01.13 US

H04B 7/185 (2006.01)

H04W 16/28 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2017.07.26

(56) 对比文件

CN 101176367 A, 2008.05.07

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2016/012929 2016.01.12

US 2006229076 A1, 2006.10.12

WO 9922465 A1, 1999.05.06

(87) PCT国际申请的公布数据
W02016/115061 EN 2016.07.21

US 2006040660 A1, 2006.02.23

CN 101176367 A, 2008.05.07

CN 102938670 A, 2013.02.20

(73) 专利权人 智慧天空网络有限公司
地址 美国北卡罗来纳州

审查员 耿晓芳

(72) 发明人 道格拉斯·希斯洛普

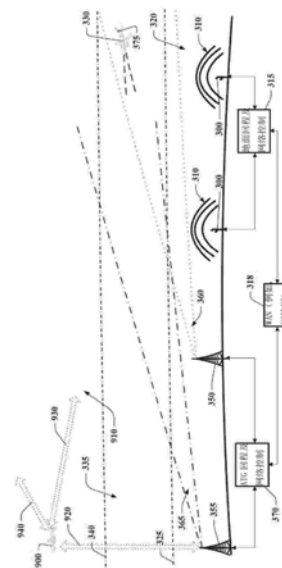
权利要求书1页 说明书15页 附图10页

(54) 发明名称

空对地网络和地面网络使用同时频谱的架构

(57) 摘要

一种用于在各种单元中提供空对地 (ATG) 无线通信的网络可包括含有天线组件的飞行中的飞机、多个ATG基站,以及多个地面基站。ATG基站中的每个均限定相对应的辐射图,并且所述ATG基站彼此间隔开,以限定至少部分地重叠的覆盖区域,以与限定在第一海拔高度和第二海拔高度之间的ATG通信层中的天线组件通信。地面基站配置为主要在所述第一海拔高度下方的地面通信层中通信。地面基站和ATG基站各自配置为分别在地面通信层和ATG通信层中使用相同的射频 (RF) 频谱通信。



1. 一种用于提供空对地 (ATG) 无线通信的系统,其包括:
飞行中的飞机,其包括天线组件;
多个ATG基站,每个所述ATG基站均限定相对应的辐射图,其中,所述基站彼此间隔开,以限定至少部分地重叠的覆盖区域,以与限定在第一海拔高度和第二海拔高度之间的ATG通信层中的所述天线组件通信;其中所述ATG基站彼此对准,使得所述相对应的辐射图也对准以限定所述至少部分地重叠的覆盖区域,以及
多个地面基站,其配置为主要在所述第一海拔高度下方的地面通信层中通信;
其中所述地面基站和所述ATG基站均配置为分别在所述地面通信层和所述ATG通信层中使用相同的射频 (RF) 频谱通信,以及
其中与所述飞行中的飞机通信的服务中的ATG基站在地理上位于每个所述地面基站的覆盖区域的外部,所述地面基站在所述地面通信层的一部分中,所述飞行中的飞机位于所述地面通信层的上方。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述天线组件配置成基于所述ATG基站中选定的一个ATG基站而与该选定的一个ATG基站通信,该选定的一个ATG基站处于相对于所述飞行中的飞机在水平线和在所述水平线之下约15度内的聚焦区域中。
3. 根据权利要求2所述的系统,其中所述天线组件的至少一部分是能够倾斜的,以响应于所述飞行中的飞机的机动来保持所述天线组件朝向所述聚焦区域定向。
4. 根据权利要求3所述的系统,其中所述天线组件包括平板天线,该平板天线配置成响应于来自控制器的指令而能够由转向组件倾斜。
5. 根据权利要求4所述的系统,其中所述转向组件响应于来自所述控制器的指令机械地倾斜所述平板天线。
6. 根据权利要求4所述的系统,其中所述转向组件响应于来自所述控制器的指令电气地倾斜所述平板天线。
7. 根据权利要求4所述的系统,其中所述控制器配置成接收所述飞行中的飞机的传感器数据,并且基于所述传感器数据所指示的所述飞行中的飞机的ATG基站位置和方向的知识,提供倾斜指令来补偿所述飞行中的飞机的机动。
8. 根据权利要求4所述的系统,其中所述平板天线设置在所述飞行中的飞机的垂直稳定器上。
9. 根据权利要求4所述的系统,其中由所述控制器指示的倾斜量至少部分地基于所述飞行中的飞机的海拔高度。
10. 根据权利要求4所述的系统,其中所述天线组件还包括一个或多个非平板阵列元件,并且其中所述控制器配置成基于相对于所述飞行中的飞机的所述ATG基站中的选定的一个ATG基站的位置,在所述天线组件的天线元件之间切换。
11. 根据权利要求1所述的系统,其中所述天线组件设置在所述飞行中的飞机的一部分上,所述飞行中的飞机通过所述飞行中的飞机的机身的多个部分至少部分地受所述地面基站和其他ATG基站屏蔽。
12. 根据权利要求1所述的系统,还包括设置在所述第二海拔高度上方的高海拔服务层中的一个或多个高海拔服务飞行器,其中所述高海拔服务飞行器配置成使用与所述地面通信层和ATG通信层相同的射频 (RF) 频谱,使用垂直波束导向将能量聚焦在水平线附近来通信。

空对地网络和地面网络使用同时频谱的架构

技术领域

[0001] 示例性实施例一般涉及无线通信,更具体地涉及由无线空对地(ATG)网络和地面网络在同一地理区域实现频谱的双重使用的技术。

背景技术

[0002] 高速数据通信和实现这种通信的设备在现代社会中已经变得普遍存在。这些设备使得许多用户能够与互联网和其它通信网络保持几乎连续的连接。虽然这些高速数据连接可以通过电话线、电缆调制解调器或具有物理有线连接的其它设备实现,但是无线连接革命性地赋予我们在不牺牲移动性的情况下保持连接的能力。

[0003] 然而,尽管人们熟知在地面上与网络保持持续连接,但人们普遍认为,一旦登乘飞机,将会停止便捷和/或实惠的连接。至少对于登机的乘客而言,航空平台仍然无法便捷且实惠地连接到通信网络。在空中尝试保持连接通常是昂贵的,并且具有带宽限制或高延迟问题。此外,即使乘客愿意承担由飞机通信能力产生的费用和问题,通常又局限于由飞机上提供的刚性通信架构支持的非常特殊的通信模式。

[0004] 随着网络基础设施的改进以实现与各种飞行中的接收设备更好地通信,可以构想的一个愿景就是将一定数量的射频(RF)频谱应用于飞行中的通信。然而,RF频谱由于其资源相对有限但需求巨大,而非常昂贵。因此,将RF频谱的一部分专门指定为飞行中的通信的替代性方案可能是令人感兴趣的。

发明内容

[0005] 无线技术的不断进步为飞机在飞行中提供了无线覆盖的新机会,而无需将RF频谱专用于此类覆盖。就这方面而言,例如,通过采用各种干扰减轻策略,可以进行频谱重用。一些示例性实施例提供可以允许在给定区域内重用频谱的干扰减轻技术,使得地面网络和空对地(ATG)网络可以在相同的地理区域内共存,并采用相同的频谱。

[0006] 在一个示例性实施例中,提供了一种用于在各种通信量或单元中提供空对地(ATG)无线通信的网络。该网络可包括含有天线组件的飞行中的飞机、多个ATG基站,以及多个地面基站。每个ATG基站均限定相应的辐射图,并且ATG基站彼此间隔开以限定至少部分重叠的覆盖区域,以在第一海拔高度和第二海拔高度之间限定的ATG通信层中与天线组件通信。地面基站配置为主要在第一海拔高度以下的地面通信层中通信,以独立于ATG基站或与ATG基站协同提供服务。地面基站和ATG基站各自配置为分别在地面通信层和ATG通信层中使用相同的射频(RF)频谱通信。

[0007] 在另一个示例性实施例中,提供了一种选择用于在ATG网络中通信并补偿飞机的运动(例如俯仰和横滚)的天线组件的天线元件的方法。该方法可包括确定ATG基站相对于飞行中的飞机的预期相对位置、基于该预期的相对位置选择用于与ATG基站通信的天线元件、接收改变动态位置信息(例如,指示飞机的俯仰或横滚中的至少一种变化)的指示,以及调整所选择的天线元件以补偿该动态位置信息的改变。

[0008] 在另一个示例性实施例中,提供了一种用于飞机的天线组件。该天线组件能够与ATG无线通信网络的ATG基站通信。天线组件可包括多个天线元件,其中至少一个是可倾斜的,以便使天线组件保持朝向响应于飞机的飞行中的机动的聚焦区域定向。

附图说明

[0009] 由此已经概括地描述了本发明,现在将参照附图,这些附图不一定按比例绘制,并且其中:

[0010] 图1示出了根据一个示例性实施例的提供空对地(ATG)无线通信覆盖区域的一个示例性网络部署的俯视图;

[0011] 图2示出了根据一个示例性实施例的提供重叠单元(cell)覆盖区域以实现高达预定海拔高度覆盖的基站的示例性网络部署的一个方面;

[0012] 图3示出了根据一个示例性实施例的提供与飞行中的飞机的无线通信而最小化隔层之间的干扰的分层方法的侧视图;

[0013] 图4示出了根据一个示例性实施例的布置在飞行中的飞机上的侧板元件;

[0014] 图5示出了一个示例性实施例的天线元件的功能框图;

[0015] 图6示出了根据一个示例性实施例的平板天线垂直模式;

[0016] 图7示出了根据一个示例性实施例的用于选择天线元件并补偿飞机运动以使天线元件保持朝向聚焦区域定向的控制器的功能框图;

[0017] 图8示出了根据一个示例性实施例的在ATG网络中通信的方法的框图;

[0018] 图9示出了根据一个示例性实施例的向包括高海拔服务层的飞行中的飞机提供无线通信的分层方法的侧视图;

[0019] 图10示出了根据第一示例的全双工无线电架构;并且

[0020] 图11示出了根据第二选项的全双工无线电架构;

具体实施方式

[0021] 现在将参考附图对一些示例性实施例进行更全面的描述,其中示出了一些但不是全部的示例性实施例。实际上,本文描述和图示的示例不应被解释为对本发明的范围、应用或配置的限制。相反,提供这些示例性实施例是使得本发明满足适用的法律要求。相同的附图标记始终可以用于指代相同的元件。此外,如本文所使用的,术语“或”将被解释为逻辑运算符,当其操作结果中的一个或多个为真时导致其为真。

[0022] 本文描述的一些示例性实施例提供了用于改进的空对地(ATG)无线通信性能的架构。就这方面而言,一些示例性实施例可以提供在地面上使用的基站,其具有配置成产生楔形单元的天线结构,在该单元内可以聚焦定向波束。楔形单元可以彼此间隔开并且布置成在海拔高度范围中彼此重叠,以在广阔的区域和高达飞行中的飞机的巡航海拔高度范围内提供覆盖。因此,楔形单元可以形成朝向水平线延伸并刚好在水平线上方的重叠楔形。因此,随着到基站的距离增加,楔形单元的尺寸特征在于增加海拔高度范围宽(或在海拔高度上增加垂直跨度)。同时,飞行中的飞机可以采用能够朝向水平线并且恰好在水平线下方聚焦的天线,使得飞机通常与远距离的基站而不是可能在紧邻下方或近端的基站(例如,最近的)飞机通信。实际上,例如,当飞机天线聚焦在水平线附近、并且基站天线聚焦在水平线上

方时,在基站正上方的飞机将被更远的基站服务。这使得飞机基本不受飞机下方通信发射器的影响。因此,例如,飞机正在使用与远程位置的基站通信的相同RF频谱,甚至相同的特定频率可以由飞机下方的地面网络重用。因此,可以相对于相同地理区域中的地面无线网络和ATG无线网络来实施频谱重用。

[0023] 可以分布多个基站,以提供对应的多个相邻的楔形单元覆盖区域。每个楔形单元可以限定一个在上和下海拔高度极限之间延伸的覆盖区域,并且随着到形成楔形单元的发射器的距离增加,上和下海拔高度限制可以增加(基本为线性)。因此,覆盖区域可以限定在随着远离传输站点而尺寸和海拔高度增加的海拔高度范围之内。每个楔形单元内的多个扇区可以组合形成楔形单元。在一些情况下,可以使用六个扇区中的每个约30度来覆盖由每个楔形单元提供的共计180度的方位角覆盖。因此,单元覆盖区域可以在水平面中基本为半圆形,并且可以由多个天线提供,每个天线在半圆方位的对应部分上提供楔形扇区。基站可以在第一方向基本对齐部署,同时在第二方向上偏移。例如,基站还可以在第二方向以第一距离部署,以提供立面中的覆盖重叠,从而基于可实现的扇区的覆盖区域距离在预定海拔高度上以及第二方向上的第二距离内实现覆盖。在一些实施例中,任何数量的扇区可以用于多达360度的覆盖。

[0024] 图1示出了用于提供如上所描述的ATG无线通信覆盖的所采用的基站的网络100的俯视图。网络100包括提供基本呈半圆形单元覆盖区域的各种基站。分别以两部分来描绘单元覆盖区域。例如,第一基站的单元覆盖区域被示出为类似的图案部分102和104。部分102和104表示水平面上的单个连续单元覆盖区域;然而,图1将另一个单元覆盖区域的中间部分108描绘为提供重叠覆盖以实现连续覆盖达到预定海拔高度,如本文进一步描述的那样。为了说明的目的,部分102被示出为表示从相应基站的位置到任意距离的初始单元覆盖区域;应当理解,该部分102还包括另一单元覆盖区域的部分108的重叠覆盖,以在预定海拔高度实现覆盖。此外,由部分106和108表示的覆盖区域可以延伸超过覆盖区域部分104的边界130;覆盖区域在描述中受到限制,以说明边界覆盖区域能够在预定海拔高度提供ATG无线通信覆盖处的至少一个点。此外,为了便于说明,未示出基站,但是应当理解,基站可以被定位成提供由部分102和104、部分106和108、部分110和112表示的单元覆盖区域等。

[0025] 单元覆盖区域102/104和106/108可以由第一基站阵列中的相应基站提供,其中一个或多个基站阵列的基站在第一方向120上基本对齐(如代表性单元覆盖区域所描绘的那样)。如图所示,单元覆盖区域102/104和106/108发射出定向在第一方向上的定向辐射图,并且沿着第一方向从前往后对齐。可以通过基本对准基站阵列中的基站以提供基本对准的单元覆盖区域、天线旋转以实现第一方向120上的单元覆盖区域中的对准等。如所描述的,就这方面而言,提供单元覆盖区域102/104的第一基站可以由在第一方向120上的第一基站前面的第二基站的至少一个单元覆盖区域106/108重叠。例如,基站或其天线可以提供由天线传输信号采用的多个仰角限定的楔形单元覆盖区域,以达到与基站相隔一定距离的预定海拔高度。因此,与第一方向120上的单元覆盖区域重叠允许单元覆盖区域106/108在提供单元覆盖区域102/104的基站和沿着线路130的点之间的至少一定距离处达到预定海拔高度,其中单元覆盖区域102/104达到预定海拔高度。

[0026] 此外,提供单元覆盖区域102/104和106/108的第一基站阵列中的基站可以在第二方向122上从第二基站阵列的基站隔开(即,以随机、固定或预定间隔定位),其可以提供在

第一方向120上对准的附加单元覆盖区域110/112,114/116等。第一和第二基站阵列可以在第一方向120上基本彼此平行地延伸。此外,第二基站阵列的基站可以在第一方向120上偏离第一基站阵列的基站(如代表单元覆盖区域所示)。在一个示例中,第二方向122可以基本垂直于第一方向120。在该示例中,可以偏移第一和第二基站阵列以提供各个单元覆盖区域的偏移(例如,单元覆盖区域102/104和110/112之间示出的偏移量)以及在第一方向120上对齐的基站阵列的任何其他覆盖区域。

[0027] 第一和第二基站阵列可以在第二方向122上以比在第一方向120上间隔开的相应阵列内的基站更大的距离间隔开。例如,根据提供单元覆盖区域的基站的可实现的覆盖距离,基站可以在第二方向122上间隔开。因为在第一基站阵列中提供单元覆盖区域102/104和106/108的基站在第一方向120上对准,使得单元覆盖区域106/108提供重叠覆盖至单元覆盖区域102/104以达到预定海拔高度,可以基于相应单元覆盖区域102/104和110/112的可实现距离来分离基站阵列本身。就这方面而言,由于各基站附近的海拔高度缺乏被在第一方向120上对齐的基站阵列中的基站的单元覆盖区域所覆盖,所以相邻基站阵列的基站提供的单元覆盖区域102/104和110/112的边界之间不需要大量重叠来达到预定海拔高度。

[0028] 此外,当在水平面中的一个单元覆盖区域的端部可以毗邻来自相邻基站阵列中的基站的另一单元覆盖区域的中间部分时,偏移在第二方向122上提供各种单元覆盖区域的这些基站,使得在第一方向120和/或第二方向122上进一步间隔,以便在保持连续覆盖的同时最大化在单元覆盖区域之间允许的距离,这可以降低在给定区域上提供覆盖所需的基站的数量。在一个示例中,第二方向122上的间隔可以大于第一方向120上的间隔的两倍,这取决于单元覆盖区域的覆盖距离以及单元覆盖区域达到预定海拔高度所需的距离。

[0029] 如图所示,给定基站阵列中的基站之间的第一距离的间隔可以表示为在第一方向120上的距离140。在第二方向122上的基站阵列之间的第二距离的间隔可以表示为距离142。此外,基站阵列之间的偏移可以表示为第三距离144。在一个具体示例中,距离140可以接近100公里(km),其中提供单元覆盖区域102/104的基站之间的距离可以为300km或更大。在该示例中,可实现的单元覆盖区域可以是距离形成覆盖区域或其相关扇区的传输信号的方向上的相对应的基站至少200km处,即从一个阵列内的基站到第二阵列中的基站的交叉覆盖的斜线距离。此外,在该示例中,距离144可以是约75km。

[0030] 在一个示例中,提供单元覆盖区域102/104、106/108、110/112等的基站可以各自包括限定在第一方向上定向的定向辐射图的相应天线阵列。相应的天线阵列可以包括提供辐射图的扇区部分的多个天线,导致在垂直平面中呈楔形的覆盖区域。例如,由每个天线提供的单元覆盖区域可以具有第一和第二仰角,其在垂直平面中呈现增加的垂直束宽度或跨度,并且填充水平面中的方位角的一部分。使用提供较小部分方位角的更集中的信号可以在不增加传输功率的情况下实现更远的距离和/或增加的仰角。在所描绘的示例中,由天线阵列限定的单元覆盖区域包括基本相邻的六个大致30度方位角扇区,以形成在以第一方向为中心的大致以180度方位角延伸的定向辐射图,以限定半圆形覆盖区域。例如,每个扇区可以由相应基站的天线提供。此外,在一个示例中,如本文进一步描述的,基站的每个天线可以具有无线电设备,少数无线电设备的一个或多个开关在天线之间切换以节省无线电资源等。应当理解,可以提供附加或较少数量的扇区。此外,扇区可以具有大于或小于30度的方位角和/或可以形成比所描绘的半圆形单元覆盖区域更大或更小的总单元覆盖区域方位

角。

[0031] 在其他示例中,网络100可以实现一个、三个、四个、七个或其他合适配置的频率重用(例如,使用公式 $N=i^2+j^2+ij$,其中 $i=\#$ 从初始单元向上的单元以及 $j=\#$ 从初始单元向下的单元),使得附近的基站可以使用相同的信道来提供单元覆盖区域。例如,提供单元覆盖区域102/104的基站可以使用第一信道,在同一基站阵列中提供单元覆盖区域106/108的基站可以使用第二信道,以及提供单元覆盖区域114/116的基站可以使用第三信道。类似地,在不同基站阵列中提供单元覆盖区域的一组相邻三个基站可以使用相同的信道等。应当理解,在该方案中可以利用其他频率重用图(reuse pattern)和/或一定数量的重用因子来提供相邻单元覆盖区域之间的频率分集。

[0032] 在另一示例中,系统可以采用两种非传统频率重用方案。与定向飞机天线组合的基站覆盖区域的楔形有效地实现了仅具有两个信道组的四重用率。在该示例中,基站阵列在阵列中的两个信道之间切换信道分配,其中信道A在第一基站上、信道B在第二基站上、信道A在第三基站上等。第二阵列类似地在两个信道之间切换,其中信道A与第一阵列中类似的信道A基站相偏移。两个阵列之间的重叠区域偶尔会在重叠区域内呈现相同的同信道频率,但是来自两个同信道基站的到达角度方向的区别足以使得飞机天线将聚焦更靠近的基站,导致飞机天线在第二个较弱基站的方向上无效。因此,通过设计楔形基站覆盖和定向飞机天线来实现非传统的频率重用。

[0033] 此外,在网络100的示例部署中、第一方向120和/或第二方向122可以是或接近基本方向(例如,北、南、东或西)、中间方向(例如,东北、西北、东南、西南、北-东北、东-东北等)、和/或水平面上,等。此外,网络100可以部署在国家的边界内、跨越一个或多个国家的空中走廊的边界等。在一个示例中,单元覆盖区域106/108可由国家或空中走廊的边界处的初始基站提供。在该示例中,在边界处提供单元覆盖区域106/108、110/112和/或附加单元覆盖区域的基站可以包括一个或多个贴片天线,以从基站至各单元覆盖区域106/108、110/112等达到预定海拔高度的点处的距离,提供在该预定海拔高度处的覆盖。例如,一个或多个贴片天线可以存在于单元覆盖区域106/108、110/112等之后,和/或其基站上(例如,以侧立于和/或平行于水平线的方式倾斜的一个或多个天线),以提供高达预定海拔高度的单元覆盖。

[0034] 图2示出了用于提供重叠单元(例如,在垂直方向上)以促进至少在预定海拔高度处的ATG无线通信覆盖的示例性网络200。网络200包括发送用于提供ATG无线通信的信号的基站202、204和206。基站202、204和206可以各自发送表现由第一和第二仰角限定的辐射图的信号,以达到预定海拔高度。在该示例中,基站202、204和206提供相对于原点偏移并在垂直方向上重叠的楔形单元覆盖区域212、214和216。如上所述,基站202、204和206可以被部署为在第一方向120上基本对准,作为相同基站阵列的一部分,或者否则允许在第一方向上对准单元覆盖区域212、214和216,使得单元覆盖区域212可以重叠单元覆盖区域214(和/或在垂直平面中的不同海拔高度范围处的216),单元覆盖区域214可以与单元覆盖区域216重叠等。这可以允许单元覆盖区域212、214和216在由各种对准的基站202、204、206等限定的距离内实现至少预定海拔高度(例如,45000英尺(ft))。

[0035] 如所描绘的,在这个示例中,基站202可以提供与基站204的单元覆盖区域214重叠的单元覆盖区域212,以便于在基站204附近提供高达45000ft的单元覆盖,直到由基站204

发送的信号达到45000ft(例如近点130)的预定海拔高度的距离。在该示例中,基站204可以部署在对应于某距离的位置处,在该距离之间,基站204占据了覆盖区域214,以达到减去基站202的单元覆盖区域212的可实现距离的预定海拔高度。就这方面而言,基于仰角、基站占用的距离,有不同基站的大致任意数量的重叠单元覆盖区域以达到预定的海拔高度,从而根据仰角、基站之间的距离等达到在预定高度处的垂直束宽度。

[0036] 在一个具体示例中,如所描述的,基站202、204和206可以间隔开第一距离140。第一距离140沿第一方向120大致为100km,使得基站204距离基站202约100km,并且基站206距离基站202约200km。此外,在一个示例中,在基站206和204之间飞行的飞机可以由基站202根据其海拔高度覆盖,并且在一个示例中,海拔高度可以用于确定是否和/或何时将飞机上的设备移交到另一个基站或由该基站提供的单元,以实现飞机上的接收器的不间断移交。

[0037] 此外,如在一些示例中所描述的,基站202、204和206可以包括沿着第一方向120定向的定向辐射图的天线阵列,如图1所示,其中定向辐射图在以第一方向120为中心的方位角上延伸超过预定范围,并且在各个覆盖区域212、214和216的第一仰角和第二仰角之间延伸至少一个预定距离以限定基本楔形的辐射图。就这方面而言,图2描绘了基站202、204和206以及相关覆盖区域212、214和216的垂直平面的侧视图。因此,在一个示例中,基站202可以提供类似于图1中的单元覆盖区域106/108的单元覆盖区域212,并且基站204可以提供类似于图1中的单元覆盖区域102/104的单元覆盖区域214。此外,如所描述的,方向120可以与基本方向、中间方向等相关。此外,在网络200的部署中,可以沿方向120在基站206的前方提供附加的基站,直到提供期望的覆盖区域(例如,直到达到边界或空中走廊的边缘)。

[0038] 如上所述,以图1和图2所描述的方式部署和配置的基站的ATG网络的建立提供了创建分层方法以覆盖给定区域的能力,其中所述层限定海拔高度范围,其中定位在远端的基站为具有前/后、侧视天线阵列的飞机提供覆盖,所述天线阵列基本上受其正下方的潜在干扰发射器屏蔽。因此,例如,底层(即最接近地面)可以重用已经采用的限定在上述层或多层中的海拔高度范围中的无线频谱。因此,频率重用可以用于不同海拔高度范围中的给定区域。

[0039] 图3示出了用于提供具有分层海拔高度范围的重叠单元的示例网络架构,以促进可由地面网络重用的具有RF频谱的ATG无线通信覆盖。图3仅示出了两个空间(例如,水平面中的X方向和垂直平面中的Z方向),但是应当理解,ATG网络的楔形架构可以被构造成在进入和退出的方向上延伸覆盖(即在Y方向上)。尽管图3未按比例绘制,应当理解,由网络架构的ATG部分的基站生成的楔形单元配置成具有比垂直分量更长的水平分量。就这方面而言,楔形单元可以具有几十到接近或超过100英里的水平范围。同时,垂直分量随着与基站的距离而扩展,但是在任何情况下通常都小于约8英里(例如,约45000ft)。

[0040] 如图3所示,该架构的地面网络部件可包括一个或多个地面基站300。地面基站300大体上可以传输地面网络发射310,以服务分散在地面上的各种固定或移动的通信节点(例如,UE)以及其它无线通信设备。地面基站300可操作地联接至地面回程和网络控制部件315,地面基站300可协调和/或控制地面网络的操作。地面回程和网络控制部件315大体上可以控制RF频谱和系统资源的分配,并且提供路由和控制服务,以使得地面网络的UE和其它无线通信设备能够彼此通信和/或与诸如互联网的广域网(WAN)通信。

[0041] 地面网络的UE还可以传输它们自己的地面网络发射,这可以在地面通信层320中

产生大量的通信业务的可能性,地面通信层320从地面延伸到预定的最小海拔高度325,其上只有飞行中的飞机330上的接收器存在。飞行中的飞机330可以在ATG通信层335中操作,ATG通信层335可以从海拔高度一英里或两英里(例如,预定最小海拔高度325)延伸到海拔高度约八英里(例如,预定最大海拔高度340)。而预定最小海拔高度325和预定最大海拔高度340可以限制单个ATG通信层,或者在多个ATG楔形单元重叠的情况下限制多个ATG通信层。

[0042] 该架构还可以采用第一ATG基站350和第二ATG基站355,第一ATG基站350和第二ATG基站355是如在图1和图2的实施例中所描述的使用的基站的示例。因此,例如,第一ATG基站350可以沿着X轴基本与第二ATG基站355一致部署,并且可以生成在第二楔形单元365的顶部上分层的第一楔形单元360,该第二楔形单元365由第二ATG基站355产生。当飞行中的飞机330完全在第一楔形单元360中时,飞行中的飞机330可以使用分配的RF频谱与第一ATG基站350通信,并且当飞行中的飞机330仅在第二楔形单元365中时,飞行中的飞机330可以使用分配的RF频谱与第二ATG基站355通信。第一楔形单元360和第二楔形单元365之间的重叠区域可以分别为第一ATG基站350和第二ATG基站355之间的飞行中的飞机330的移交提供机会。因此,可以在通过具有如本文所述的重叠覆盖区域的基站的覆盖区域之间时提供飞行中的飞机330上的接收器的不间断移交。

[0043] 在一个示例性实施例中,ATG回程和网络控制部件370可操作地耦合到第一和第二ATG基站350和355。ATG回程和网络控制部件370通常可以控制RF频谱和系统资源的分配,并且提供路由和控制服务,以使飞行中的飞机和其上的任何UE和其他无线通信设备彼此通信和/或与诸如因特网之类的广域网(WAN)通信。

[0044] 在地球的曲率和ATG网络的基站之间的距离给定的情况下,可以增强楔形单元的分层。另外,第一ATG基站350和第二ATG基站355可以配置成使用利用波束成形技术生成的相对小的定向波束与飞行中的飞机330通信。所采用的波束成形技术可以包括产生相对较窄和聚焦的波束。因此,可能减少导致对地面通信层320中的通信的干扰的旁瓣(例如,在主波束方向以外的方向上的辐射发射)的产生。在一些情况下,通常仅需要在靠近地面的相对较窄的层中传输的地面基站300也可以配置成采用应用旁瓣抑制技术的天线和/或阵列,该技术旨在减少从地面通信层320发送并进入ATG通信层335的潜在干扰量。

[0045] 因此,网络架构本身可以帮助减少跨层干扰的量。就这方面而言,楔形单元结构聚焦刚好在水平线上方的能量,并且在地面上留下可用于地面网络操作的层,而没有来自ATG基站的显著干扰,并为ATG网络通信创建单独的更高的海拔高度层。另外,使用具有ATG基站的波束导向的定向天线以及具有旁瓣抑制的天线减少了跨越这些层的干扰量。然而,如下面将更详细描述的那样,由于ATG通信层335中期望通信的所有设备将在飞行中的飞机330上,所以一些实施例可以采用与设置在飞行中的飞机330上的天线组件375相关联的进一步的干扰减轻技术。因此,例如,在飞行中的飞机330上或与其相关联的UE或其他无线通信设备可以经由飞行中的飞机330的天线组件375与第一ATG基站350或第二ATG基站355通信地耦合。就这方面而言,例如,天线组件375可以策略性地安装在飞行中的飞机330上,和/或天线组件375可以以促进干扰减轻的方式进行操作或控制,如下面更详细描述。

[0046] 通常,通过将跨层干扰最小化,相同的RF频谱可以在地面通信层320和ATG通信层335中重用。因此,如果在地面网络中使用的频谱可以由ATG网络以其间的最小干扰重用,那

么示例性实施例的网络架构可以有效地用作频谱倍增器。为每个相应层服务的基站可以相对于彼此向远侧定位,使得例如与飞行中的飞机330通信的服务ATG基站在地理上位于每个地面基站覆盖区域的外部,该每个地面基站在飞行中的飞机330所位于其上方的地面通信层320的一部分中。ATG基站(350和355)的基本水平聚焦的性质使得它们能够被远远定位在飞行中的飞机330在其下方定位的区域的外部。因此,天线组件375可以远离飞行中的飞机330正下方的潜在干扰源“寻找”或努力聚焦其通信。

[0047] 如上所述,通过天线组件375的战略定位,可以在飞行中的飞机330上实现跨层干扰减轻。例如,当天线组件375位于飞行中的飞机330的垂直稳定器上时,天线组件375通常可以具有相对于地面的狭窄方面和从地面引导的任何传输,同时很好地控制垂直天线图。另外,对于天线组件在飞行中的飞机330的主体上的某些侧面安装,机身的一部分可以将天线组件375从飞行中的飞机330下面的地面基站300所产生的地面网络发射310中屏蔽。如果天线组件375位于飞行中的飞机330的顶部或顶板上,这种屏蔽可能甚至更显著。在这些示例中,飞行中的飞机330的金属机身可以用作扩展的水平面。因此,这些位置(或两者)中的天线组件375接收传输的能力可能有限,这些传输不是从相比于这种水平分量距离而离飞行中的飞机330更远的垂直分量距离的位置处引导的。换句话说,天线组件375受不在水平线附近的发射器屏蔽。因此,这些位置(例如,在飞机的侧面或顶部)对于进一步减轻跨层干扰是有利的。然而,这样的位置通常可以更好地用于与在飞行中的飞机330的一侧、而不是在飞行中的飞机330的前面或后面的发射器通信。为了在飞行中的飞机330的前方和后方更好地覆盖,可以采用天线组件375(或天线组件375的部分或部件)在飞行中的飞机330的底部上的定位。因此,较少的天线元件(例如,只有那些在飞行中的飞机330的底部的那些)可能需要在其上采用复杂的旁瓣抑制技术来促进减少跨层干扰。

[0048] 根据上述天线组件375的总体战略定位,天线组件375可以通过避免暴露于飞行中的飞机330下方的发射器而屏蔽(至少部分地)跨层干扰。然而,这样的策略意味着天线组件375应该依靠更接近水平线的发射器。这种以水平聚焦的范例实际上与上述相应的分层网络架构相当匹配,因为ATG基站通常配置成形成刚好在水平线上方聚焦的楔形单元。因此,示例性实施例的地面发射器和天线组件375都相互优化,以在水平面上聚焦的能量大致比在垂直平面上聚焦的能量更多。这增强了使ATG基站之间的间距最大化(从而降低ATG基站数量和网络构建成本)的能力,并且简化了天线组件375的架构(因为在某些情况下可以采用机身的自然屏蔽)。因此,将能量集中在水平线上方的相应的ATG基站和将刚好低于水平线的聚焦能量的机载天线组件相互优化,以便彼此通信,而基本较少担心来自飞行中的飞机330的正下方(或大致正下方)的地面往来基站的干扰,即使ATG网络重用的频谱与地面网络使用的频谱相同。

[0049] 在一个示例性实施例中,天线组件375可以配置成将能量从水平线上的区域聚焦到水平线以下(从飞行中的飞机330的角度)的约10或15度。图4示出了具有作为天线组件375的一部分的侧板元件400的飞行中的飞机330的示例。侧板元件400定位在垂直稳定器上,但也可以定位在飞机的侧面、顶部、底部或其它部分上。值得注意的是,在一些情况下,侧板元件400可以以不同于平坦阵列(例如,作为叶片型天线元件、共形阵列等)的形式来实现。从图4的示例可以看出,通过主要聚焦在水平线与水平线以下10或15度之间的区域,与其建立通信的ATG基站的子集(subset)会受到一定限制。因此,侧板元件400需要稳定,以确

保即使当飞机俯仰(即,如箭头410所示的将其头部向上和向下移动)或横滚(即,如箭头420所示的那样从一侧向另一侧转动)时,它保持朝向水平线并且刚好在水平线的正下方定向。

[0050] 在某些情况下,飞行中的飞机330可能遇到的俯仰和横滚的量可能因依赖于高度、速度和乘客舒适度的某些约束而受到限制。例如,俯仰(即,上升或下降的角度)可以被限制在海拔高度10000ft上方约7度。同时,例如,横滚(即,在转弯期间倾右或倾左的角度)可以被限制为在海拔高度10000ft上方小于20度,以及在海拔高度20000ft上方小于15度。因此,不仅可能期望提供天线组件375(例如,侧板元件400)的补偿和/或稳定性,而且这种补偿和/或稳定可以取决于海拔高度或其他环境因素。

[0051] 在一些实施例中,天线组件375被实现为或包括平板天线(例如,侧面平板元件400),该平板天线可包括多个扇区天线。在一些情况下,该平板天线可以机械地和/或电气地转向或倾斜以提供上述的补偿和/或稳定。这样,平板天线也可以被称为可转向矩阵天线。图5示出了可以结合控制示例性实施例的天线组件而采用的系统部件的框图。如图5所示,天线组件375可以包括左侧板元件402和右侧板元件404。天线组件还可以包括一个或多个叶片、单极天线或其他天线元件,例如天线元件406和408。在一个示例性实施例中,元件408可以是配置用于前/后接收的叶片形天线。同时,左右侧板元件404和402可以是用于飞机相应侧面的接收元件。天线元件406可以是具有四个或更多个传输元件的叶片形天线,并且可以具有可选择的方向性。在一些实施例中,例如对于大型机身,接收元件可以可选地各自经由一条或多条电缆耦合到远程无线电头430。然而,如果不使用远程无线电头,则无线电本身可以执行与远程无线电头相关联的本文描述的功能。在一些情况下,远程无线电头430可以分布在多于一个物理位置(如分布式元件(DE)432和434所示)。然后,可以将远程无线电头430(例如,经由光纤或其他电缆)耦合到基站无线电设备440,在该基站无线电设备440处进行典型的调制、解调和其他无线电功能。传输元件406也可以耦合到基站无线电设备440。

[0052] 在一个示例性实施例中,远程无线电头430可以提供在接收天线之间的切换。然而,在其中进行阵列平板的垂直波束转向的示例中,可以使用四根或更多根电缆将每个左侧板元件402和右侧板元件404连接到远程无线电头430。远程无线电头430可以包括对应于提供给远程无线电头430的天线输出的数量的一个或多个空腔滤波器。在使用调整阵列的电气倾斜的机械装置进行垂直波束转向的情况下,只有一个电缆和空腔滤波器、体声波(BAW)滤波器、表面声波(SAW)滤波器、循环器或任何其它合适的滤波器可以用于每个阵列。在一些情况下,远程无线电头430可以被去除,并且滤波器、低噪声放大器(LNA)和开关部件可以集成到天线外壳中或靠近天线的其他外壳中。根据目标或源的位置、ATG基站的信号强度、来自周围基站或地面基站的干扰程度,切换部件(不管是远程无线电头430的一部分还是外部)将被用于选择用于接收或传输任何给定信号的最佳天线。然后,天线选择具有多个设计用于使信号与干扰加噪声比最大化的触发器。

[0053] 图6示出了平板天线垂直图。当平板被安装在飞机上使得其大致垂直于行进方向聚焦时,需要对飞机横滚机动的补偿。从图6可以看出,当飞行中的飞机330(其通常与ATG基站在水平线上或稍微下方通信)正在朝向地面基站横滚时,天线图的上部朝向地面基站横滚。同时,当横滚离开地面基站时,天线图向地面基站提供较少增益。因此,可能需要(或至少是有用的)波束转向,以通过倾斜天线组件来补偿飞机横滚而将天线增益聚焦在地面基

站上。对于平板元件,可以采用机械或电气转向。

[0054] 因此,在一些实施例中,天线组件375可以进一步与控制元件通信,该控制元件可配置成与各种飞机传感器结合,以确定用于补偿飞机机动的补偿量。图7示出了可用于控制天线组件部件(例如,侧板)的部件的框图。如图7所示,侧板元件400可以可操作地耦合到转向组件500。转向组件500可以配置成机械地或电气地倾斜天线组件375的至少一部分(例如,侧板元件400的侧板(单独地或集体地)),以保持侧板定向成与靠近水平线的ATG基站通信(例如,在水平线以下约15度)。控制器505可以设置成与转向组件500连通以提供对转向组件500的控制。控制器505可以包括处理电路510,其配置成基于例如基站位置的知识以及飞行中的飞机330的相对位置和定向来提供用于侧板元件400的转向的控制输出。处理电路510可以配置成根据本发明的示例性实施例执行数据处理、控制功能执行和/或其他处理和管理服务。在一些实施例中,处理电路510可以被实现为芯片或芯片组。换句话说,处理电路510可以包括在结构组件(例如,基板)上的包括材料、部件和/或电线的一个或多个物理封装(例如,芯片)。结构组件可以为其上包括的部件电路提供物理强度、尺寸的保守性和/或电相互作用限制。因此,在一些情况下,处理电路510可以配置成在单个芯片上或作为单个“芯片上的系统”实现本发明的实施例。因此,在一些情况下,芯片或芯片组可以构成装置用于执行一个或多个操作以提供本文所述的功能。

[0055] 在一个示例性实施例中,处理电路510可以包括处理器512和存储器514的一个或多个实例,处理器512和存储器514可以与设备接口520通信或以其他方式控制设备接口520,并且在一些情况下可以是用户接口530。这样,处理电路510可以实现为配置成(例如,利用硬件、软件或硬件和软件的组合)执行本文所述的操作的电路芯片(例如,集成电路芯片)。然而,在一些实施例中,处理电路510可以实现为机载计算机的一部分。在一些实施例中,处理电路510可以与飞行中的飞机330的各种部件、实体和/或传感器通信。因此,例如,处理电路510可以与飞行中的飞机330的传感器网络518通信,以接收海拔高度信息、位置信息(例如,GPS坐标、纬度/经度等)、俯仰和横滚信息等。

[0056] 设备接口520可以包括用于实现与其他设备(例如,模块、实体、传感器和/或飞行中的飞机330的其他部件)通信的一个或多个接口机构。在一些情况下,设备接口520可以是例如在硬件或硬件和软件的组合中实现的设备或电路的任何装置,该装置配置成从/向模块、实体、传感器和/或与处理电路510通信的飞行中的飞机330的其他部件接收和/或发送数据。

[0057] 处理器512可以以多种不同的方式实现。例如,处理器512可被实现为各种处理装置,诸如微处理器或其他处理元件、协处理器、控制器或各种其它计算或处理装置中的一个或多个,包括集成电路,例如ASIC(专用集成电路)、FPGA(现场可编程门阵列)等。在一个示例性实施例中,处理器512可以配置成执行存储在存储器514中的指令或则是处理器512可访问的指令。因此,无论是由硬件还是由硬件和软件的组合配置,处理器512可以表示能够根据本发明的实施例由此配置时执行操作的实体(例如,物理上实现为电路-处理电路510的形式)。因此,例如,当处理器512被实现为ASIC或FPGA等时,处理器512可以是用于进行本文描述的操作的具体配置的硬件。或者,作为另一示例,当处理器512被实现为软件指令的执行器时,指令可以具体地配置处理器512以执行本文所述的操作。

[0058] 在一个示例性实施例中,处理器512(或处理电路510)可以被实现为基于由处理电

路510接收的指示ATG基站位置和/或飞机机动或位置信息的输入,包括或以其他方式控制转向组件500。因此,在一些实施例中,可以说处理器512(或处理电路510)基于由此配置处理器512(或处理电路510)的指令或算法的执行,而致使与对天线阵列的调整有关的与转向组件500一起描述的每个操作承担与阵列补偿/稳定相关的功能。特别地,指令可以包括用于处理飞行中的飞机330(包括方向)的3D位置信息以及固定传输站点的位置信息的指令,以指示天线阵列倾斜或以其他方式定向在将便于建立天线阵列和固定传输站之一之间的通信链路的方向上。

[0059] 在一个示例性实施例中,存储器514可以包括一个或多个非瞬态存储器设备,例如可以是固定的或可移动的易失性和/或非易失性存储器。存储器514可以设置为存储信息、数据、应用、指令等,用于使处理电路510为执行根据本发明的示例性实施例的多种功能。例如,存储器514可以配置成缓冲输入数据以供处理器512处理。另外或替代地,存储器514可以配置成存储用于由处理器512执行的指令。作为另一替代性方案,存储器514可以包括可以响应于输入传感器和部件来存储各种数据集的一个或多个数据库。在存储器514的内容中,应用和/或指令可以被存储以供处理器512执行,以便执行与各个应用/指令相关联的功能。在一些情况下,应用可以包括用于提供输入以控制转向组件500的操作的指令,如本文所述。在一个示例性实施例中,存储器514可以存储指示ATG基站的固定地理位置的固定位置信息。

[0060] 处理电路510还可以配置成接收指示飞行中的飞机330的三维位置和定向的动态位置信息,以计算要基于飞行中的飞机330的动态位置施加(如果需要)的对侧板元件400的定向的调整。因此,天线组件375可以被最佳地定位,用于与当前使用的相应的ATG基站进行持续的通信。天线组件375还可以被最佳地定位以基于预计的将来的飞行中的飞机330位置和ATG基站的已知位置来预期移交至下一个ATG基站。

[0061] 飞机天线的另一实施例可以是安装在飞机上的长叶片,其中在叶片内具有多个天线元件。多个元件被用于通常提供水平聚焦波束图的波束成形。然而,通过使用长叶片设计,可以以更窄的水平(方位角)图(相对于平板天线的图)实现水平聚焦波束图,以将增益聚焦到期望的基站并减少其它干扰方向的增益。叶片导致更宽的垂直天线图(相对于平板天线),这消除了对波束转向的需求以考虑俯仰或横滚。更窄的水平图与更宽的垂直图相结合,提供比平板天线更小的干涉分布,因为较小的干涉“表面积”被天线图捕获。然而,维持一般的水平聚焦,并且基本避免来自飞机下方的地面通信层320的干扰。

[0062] 采用上述参照图1和图2描述的楔形单元的架构的网络100及其对应的ATG基站可以用于提供对在广袤的地理区域或甚至整个国家上空的飞机上的接收器通信的覆盖。此外,使用这种架构可以基本减少甚至最小化构建网络100所需的ATG基站的数量,因为可以在ATG基站之间提供相对较大的距离。波束成形技术(其也可以被称为波束导向技术)和频率重用可以用于进一步提高网络100向多个目标提供优质服务而不受干扰的能力。此外,通过在飞行中的飞机330上提供可移动的或可转向的天线阵列(例如,天线阵列375),特别是对于相对于在飞行中的飞机330下方直接(或几乎直接)的传输而被屏蔽的阵列,或者是否则可配置为在水平线附近的任何地方具有较少的增益,ATG基站和天线阵列375都可配置成避免在飞行中的飞机330下方的干扰。这可以允许例如可以是未许可的ISM频带(例如,2.4GHz和/或5.8GHz),或者甚至是在任何期望的频率范围的许可频带的频谱重用。

[0063] 如果来自地面发射器,例如基于地面的WiFi发射器的机载干扰在要覆盖的整个地理区域上相对较低,则可以预期图1和图2的网络100的楔形架构。即使地面发射器(例如,地面基站300)可以使用通过使用相同频率而至少部分地定向为向上传输的全向天线,1-2仍可以提供稳健的且具有成本效益的覆盖,而无需进一步修改。

[0064] 如上所述,ATG基站(350和355)可以采用波束成形(例如,经由波束成形控制模块,其可以采用固定基站位置的2D知识和关于飞行中的飞机330的位置信息的3D知识来辅助波束成形技术的应用)。类似地,可以在飞行中的飞机330的天线阵列375上采用波束成形和/或波束导向,以使用ATG基站位置和飞机机动(例如,转弯或俯仰和横滚)的知识来将天线阵列375保持在当飞行中的飞机330机动时与ATG基站通信的有利定向中。因此,天线阵列375可以响应于飞行中的飞机330的机动以补偿方式被调整。所采用的补偿可能涉及天线元件之间的切换,这些天线元件以相对于服务ATG基站的位置和/或天线阵列375的倾斜的飞机的定向而被最佳定位,以将阵列保持在相对于阵列的聚焦区域的有利位置。

[0065] 虽然未在本文中示出和描述ATG网络100的每一个可能的实施例的每一个元素,但是应当理解,飞机330上的通信设备可以通过ATG网络100耦合到任何一个或多个不同网络中。就这方面而言,网络能够根据多个第一代(1G)、第二代(2G)、第三代(3G)、第四代(4G)和/或将来的移动通信协议等中的任何一个或多个来支持通信。在一些情况下,支持的通信可以采用使用诸如2.4GHz或5.8GHz之类的未许可频带定义的通信链路。示例性实施例可以采用时分双工(TDD)、频分双工(FDD)或用于实现系统内的双向通信的任何其它合适的机制。

[0066] 如上所述,在示例性实施例中,可以在网络侧或飞机侧的任一者或两者上的无线通信设备上采用波束成形控制模块。此外,在一些实施例中,在飞机侧接收的通信可以被分布到飞机上的设备(例如,诸如电话手机或经由WiFi路由器或其他无线接入点或飞机通信设备的UE)。在一些实施例中,从无线接入点分发的信息可以被提供给具有或不具有中间存储器的乘客设备或其他飞机通信装备。

[0067] 在一个示例性实施例中,处理电路510可以配置成进行切换以选择天线组件中的天线元件,以便与最佳或另外选择的一个ATG基站通信。可以执行该切换以选择平板元件中的特定天线元件(或扇区)或者基于相对于飞行中的飞机330的所选择的一个ATG基站的位置在平板元件和/或其他天线元件(例如,叶片形天线)之间选择。如上所述,可以使用远程无线电头430内的交换设备或在另一位置来执行切换。在一些实施例中,所选择的特定天线元件可以另外或替代地电动地倾斜或以其他方式调整位置以响应于飞行中的飞机的机动来补偿或稳定特定的天线元件。因此,例如,处理电路510可以初始地接收指示飞行中的飞机330的动态位置信息的信息,其可以包括3D位置和/或定向信息(例如,俯仰和横滚)和/或估计的未来位置。处理电路510可以确定第一网络节点(例如,ATG基站之一)相对于飞机的预期相对位置(例如,基于指示ATG基站位置和动态位置信息的固定位置信息)。可以采用跟踪算法来跟踪动态位置变化和/或基于当前位置和速率以及运动方向计算未来位置(相对的或地理的)。在确定期望的相对位置之后,处理电路510可以配置成基于预期的相对位置来提供选择天线元件以与聚焦区域中的第一网络节点通信的指令。此后,可以通过天线元件(例如机械地或电气地)的转向来补偿动态位置信息的任何改变,特别是与俯仰和横滚有关的变化。

[0068] 图8示出了可以与如上所述的示例性实施例相关联的一种方法的框图。从技术角度来看,上述处理电路510可以用于支持图8中描述的一些或全部操作。因此,图7所述的平台可以用于促进实现几个基于计算机程序和/或网络通信的交互。作为示例,图8是根据本发明的示例性实施例的方法和程序产品的流程图。应当理解,流程图的每个方框以及流程图中的方框的组合可以通过诸如硬件、固件、处理器、电路和/或与包括一个或多个计算机程序指令的软件的执行相关联的其他设备的各种手段来实现。例如,上述过程中的一个或多个可以由计算机程序指令实现。就这方面而言,实现上述过程的计算机程序指令可以由设备的存储设备(例如,控制器505等)存储并由设备中的处理器执行。这些计算机程序指令可以加载到计算机或其他可编程设备上以制造一种机器,使得当该指令在计算机或其他可编程装置上执行时,创建出用于实现在流程图方框或者步骤中指定的功能的装置。这些计算机程序指令还可以存储在计算机可读存储器中,其可以指导计算机或其它可编程装置以特定方式起作用,从而使得存储在计算机可读存储器中的指令产生实施流程图方框或步骤中指定的功能的制品。计算机程序指令也可被加载到计算机或其他可编程设备上以使得一系列操作可在计算机或其他可编程设备上执行,从而产生计算机实现过程,使得在计算机或其他可编程设备上执行的指令实施在流程图方框中指定的功能。

[0069] 因此,流程图方框支持用于执行指定功能的装置的组合和用于执行指定功能的操作的组合。以及流程图中方框或者步骤的组合可以由执行指定功能或者步骤的、基于硬件的专用计算机系统来实现,或者由专用硬件和计算机指令的组合来实现。

[0070] 就这方面而言,根据本发明的一个实施例的方法,如图8所示,可以包括在操作800处确定ATG基站相对于飞行中的飞机的预期相对位置。可以基于指示飞机位置的信息和指示ATG基站的已知固定位置的信息来确定期望的相对位置。然而,在某些情况下,可以基于对来自ATG基站的导频信号或其他传输的检测来发现ATG基站位置。该方法还可以包括:基于操作810处的预期相对位置,选择天线元件用于与ATG基站通信。所选择的天线元件可以是飞机上的天线组件的元件。天线组件可以包括传输和接收部件,并且可以包括叶片形天线、平板天线等。因此,所选择的天线元件可以是特定的平板天线或叶片形天线,或者可以是平板天线的特定扇区。所选择的天线元件可以基于测量或估计的信号强度或相对于飞机的聚焦区域内的基站(例如,距水平线下方约15度的水平线)的其他因素来选择。在操作820,可以接收对动态位置信息的改变的指示,并且该改变可以指示飞机的俯仰或横滚中的至少一种变化。然后可以调整所选择的天线元件(例如,通过机械或电倾斜)来补偿在操作830处对动态位置信息的改变(例如,为了使所选择的天线元件基本基于动态位置信息的变化而定向)。

[0071] 在一个示例性实施例中,上述分层方法可以被增加以包括在ATG通信层上方的附加层。ATG通信层上方的层可以是高海拔服务层。高海拔服务层可以搭载高海拔服务飞行器,如无人机或能在高空飞行(或绕行)的其他装置)。高海拔服务飞行器可能与接收来自ATG基站(或卫星)的通信信号的地面基站通信,并将这种通信转发到飞行中的飞机上。然而,与飞行中的飞机通信的高海拔服务飞行器可能位于水平线附近。与水平线附近的高海拔服务飞行器的通信允许使用上述相同的垂直波束导向天线,除了垂直波束导向天线被转向来将聚焦区域刚好保持在水平线上方以定位远距离的高海拔服务飞行器,而非被转向来将聚焦区域刚好保持在水平线下方。附加海拔高度可以延长可以被提供以给予连续覆盖的

服务站(例如,无人机和/或ATG站)之间的间隔。因此,可以在人烟稀少的区域和/或海洋上提供覆盖。

[0072] 如图9所示,图3的网络100可以在高海拔服务层910中设置有一个或多个高海拔服务飞行器900。高海拔服务层910可以在ATG通信层335上方(例如,高于预定最大海拔高度340)延伸到包括低地球轨道和超出的高海拔高度。在一些示例中,作为高海拔服务飞行器900的无人机或气球可以在50000ft至75000ft的海拔高度(或高于)盘旋或以其他方式操作。然而,应该注意的是,随着飞机能力的改变,本文描述的特定示例性海拔高度可随时间而改变。高海拔服务飞行器900可以经由ATG链路920与ATG基站(350和355)通信,经由飞机链路930与飞行中的飞机330通信和/或经由卫星链路940与卫星通信。因此,可以使高海拔服务飞行器900能够在广阔的通信环境中为飞行中的飞机330提供服务。

[0073] 因此,可以在通过ATG基站的覆盖区域和具有如本文所述的重叠覆盖区域的高海拔服务飞行器之间时提供飞行中的飞机330上的接收器的不间断移交。当天线组件375在包括高海拔服务层910的网络中使用时,其可以配置成将能量聚焦在从水平线到水平线上方约10或15度的区域(从飞行中的飞机330的角度来看)以与高海拔服务飞行器900通信。此外,天线组件375可以被垂直转向以基于信号强度或与在ATG基站和高海拔服务飞行器之间管理的移交的切换相关联的其他这样的因素,切换ATG基站或高海拔服务飞行器之间提供的服务(或反之亦然)。高海拔服务飞行器900还可以包括朝向水平线聚焦的天线(例如,聚焦从水平线到水平线下方约10或15度的区域的能量(从高海拔服务飞行器900的角度)),并且服务飞行器天线组件也可以垂直地转向以使高海拔服务飞行器900以与飞行中的飞机330的天线组件375可转向的相同方式拐弯或侧倾(如上所述)。因此,高海拔服务飞行器900还可以使用水平聚焦的天线组件来与飞机、其他无人机和/或地面通信。此外,可以将相同的频率用于这些链路中的每一个,并且如果用于这种通信的波束可转向(例如,采用空间滤波和垂直波束导向)以基本平行于地球表面延伸,并避免干扰地面通信层320中的通信,那么这种频率也可以是地面通信层320中使用的相同的频率。然而,在某些情况下,高海拔服务飞行器900可以使用第一频率与飞机和地面基站通信,并且飞机(不使用高海拔服务飞行器900进行连接)可以使用第二频率进行飞机到地和地到地的通信。

[0074] 采用高海拔服务层910可以有效地创建夹层网布架构。高海拔服务飞行器900可以连接到其他高海拔服务飞行器,以提供GB/s无线回程网络,该GB/s无线回程网络只能选择性地接触或访问少数地方的地面基站或卫星。因此,高海拔服务飞行器900通常可能在天气环境上方,并且可以选择性地在具有良好天气的区域中与地面进行连接,以最小化天气对以较高频率(无论是RF还是光学)通信的负面影响。此外,在高海拔高度处,通过物理学,使用自由空间光学器件或高频RF可以更有效地进一步增强网络性能。同时,飞行中的飞机330的天线组件375可转向与水平线呈 ± 10 至15度,以选择性地与ATG基站(350和355)和其他飞行中的飞机330和/或与高海拔服务飞行器900通信。

[0075] 作为图5的架构的替代性方案,其中提供单独的接收和传输元件,一些实施例可以采用通过采用双工来处理传输和接收功能的单个可转向天线元件(或平板)。通过采用能够处理传输和接收功能的天线元件,可以减少所使用的天线元件的尺寸、重量、数量和成本。也可采用最大比组合。采用全双工,接收器过滤对于允许信号进行区分是很重要的。因此可以采用BAW滤波器、串联式空腔滤波器或BAW双工器。对于这种全双工解决方案,BAW双工器

可能是相对简单的选择。

[0076] 图10示出了根据第一选择的全双工无线电架构。就这方面而言,图10示出了在一些实施例中可以提供的相对长的叶片形天线1000的架构。天线1000可以包括可以向巴特勒组合器(Butler combiner)1020提供信号的一个或多个元件1010(例如,在某些情况下为10个),其可以可操作地耦合到多极掷开关1030(例如,十极开关)。开关1030可以可操作地耦合到循环器1040。循环器1040可以隔离端口之间的信号,使得端口1上的信号进入端口2,端口2上的信号进入端口3等。循环器1040可以提供多达18dB的端口到端口隔离,相对低的插入损耗为0.6dB。循环器1040可以经由低噪声放大器(LNA)1054和开关1058可操作地耦合到接收滤波器1050并且最终耦合到接收器电路1060。在该架构中,接收滤波器1050位于LNA 1054的前面,用于增强的接收器过载保护(例如,对于在-34dBm的LNA输入处的传输信号电平,总体噪声系数可以为7.9dB)。图11示出了根据第二选择的全双工无线电架构。

[0077] 图11示出了根据第一选择的全双工无线电架构。就这方面而言,图11示出了在一些实施例中可以提供的相对长的叶片形天线1100的架构。天线1000可以包括可以向巴特勒组合器1020提供信号的一个或多个元件1010(例如,在某些情况下为10),其可以可操作地耦合到多极掷开关1030(例如,十极开关)。开关1130可以可操作地耦合到循环器1140。循环器1140可以隔离端口之间的信号,使得端口1上的信号进入端口2,端口2上的信号进入端口3等。循环器1140可以提供高达18dB的端口到端口隔离,相对低插入损耗为0.6dB,如上所述。然而,在该示例中,在接收过滤器1150之前提供LNA 1154。然后,接收滤波器1150经由开关1158可操作地耦合到接收器电路1160。在这种架构中,接收滤波器1150针对降低噪声系数而位于LNA1154之后,但针对较高传输信号电平而位于LNA 1154处(例如,对于在+6dBm的LNA输入处的传输信号电平,总噪声系数可以为6.1dB)。循环器1140还通过开关1172、空腔滤波器1180和功率放大器1190可操作地耦合到发射器电路1170。在一些替代实施例中,图10或图11的架构可以被复制,将两个双工器件代替每个图中的循环器以作为替代方法。

[0078] 本发明所属技术领域的技术人员将会想到本发明的许多修改和其它实施例具有前述描述和相关附图中呈现的教导的益处。因此应该理解,本发明并不局限于所公开的示范性实施例,还包括符合所附权利要求范围的修改和其他实施例。另外,尽管上述描述和相关附图在元件和/或功能的某些示例性组合的上下文中描述了示例性实施例,但是应当理解,可以通过替代实施例提供元件和/或功能的不同组合而不脱离所附权利要求的范围。就这方面而言,例如,除了上述明确描述的元件和/或功能之外,元件和/或功能的不同组合也被设想为可以在所附权利要求的一些中阐述。在这里描述问题的优点、益处或解决方案的情况下,应当理解,这些优点、益处和/或解决方案可以应用于一些示例性实施例,但不一定适用于所有示例性实施例。因此,本文描述的任何优点、益处或解决方案不应被认为是所有实施例或本文所要求保护的关键、必需或必要的。虽然在此采用了一些特定的词语,但是它们只是用于一般意义上的说明而不是用于限制目的。

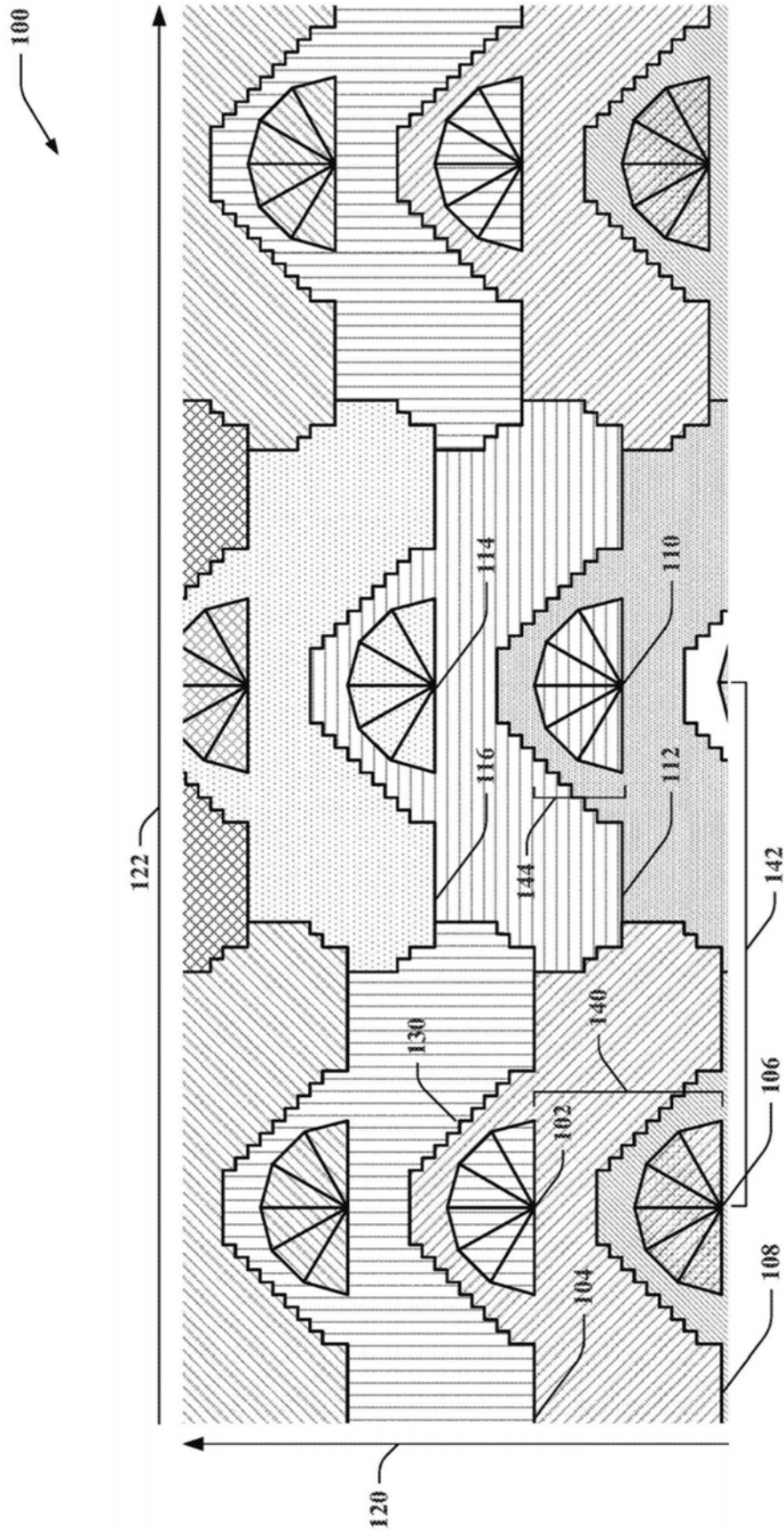


图1

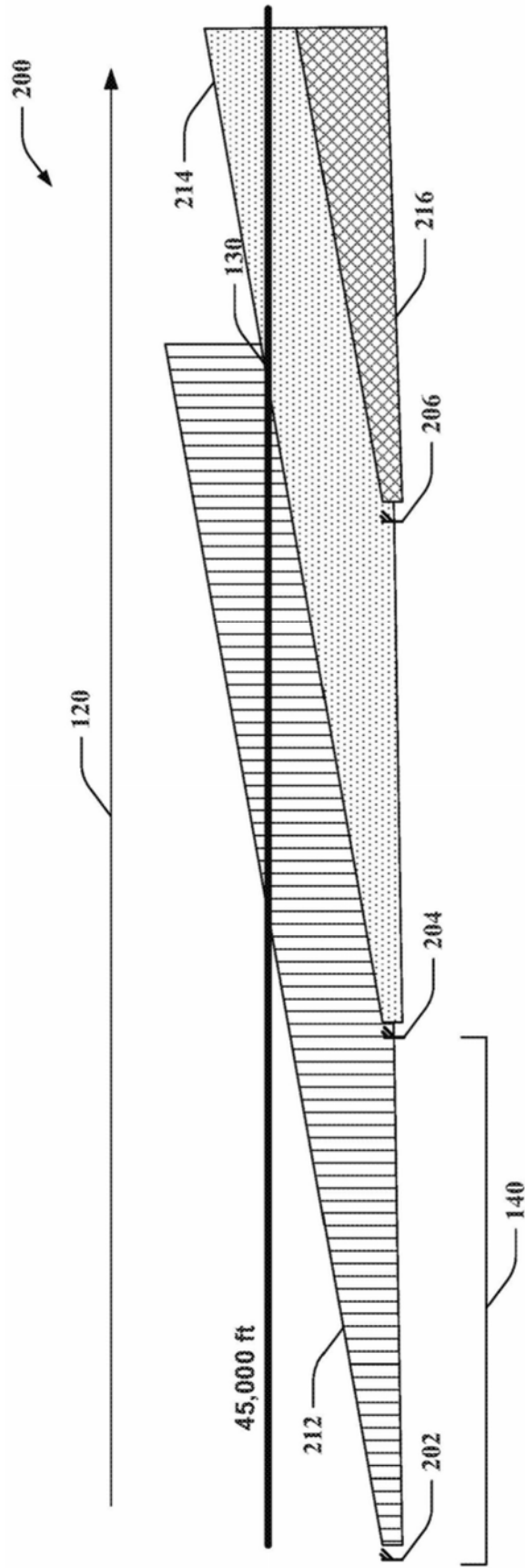


图2

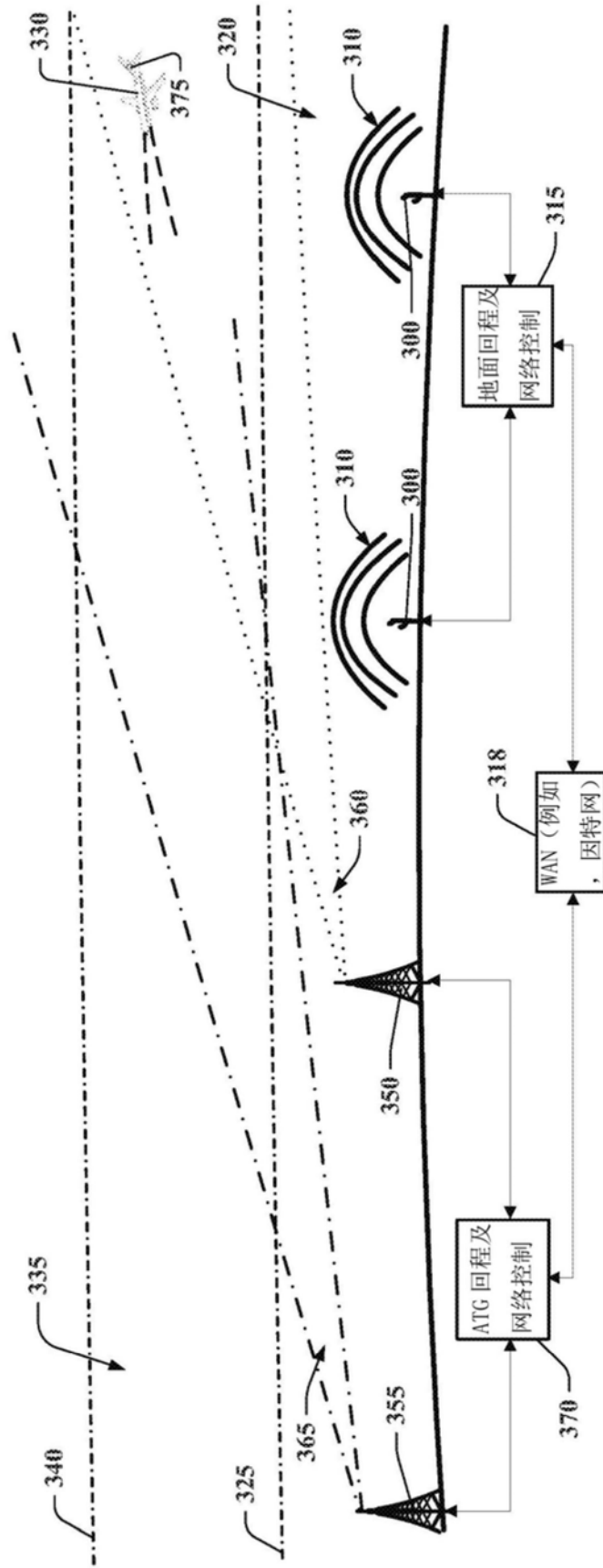


图3

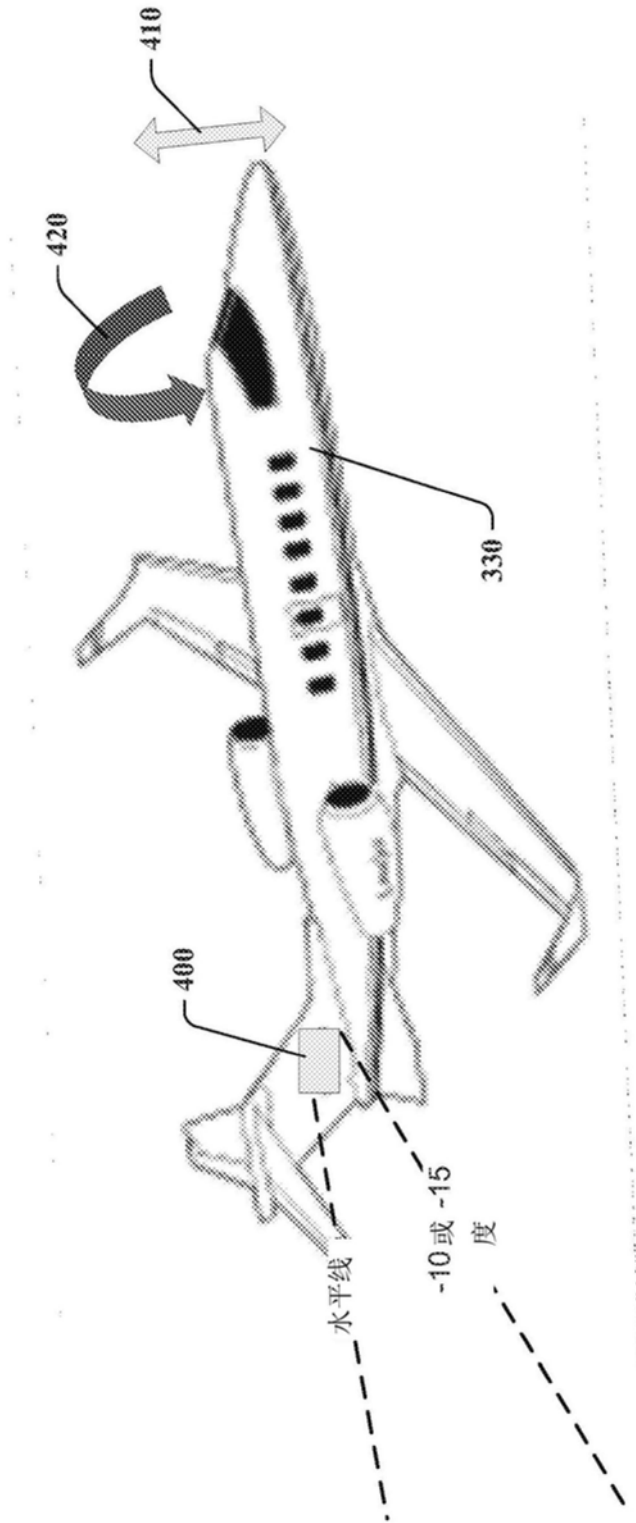


图4

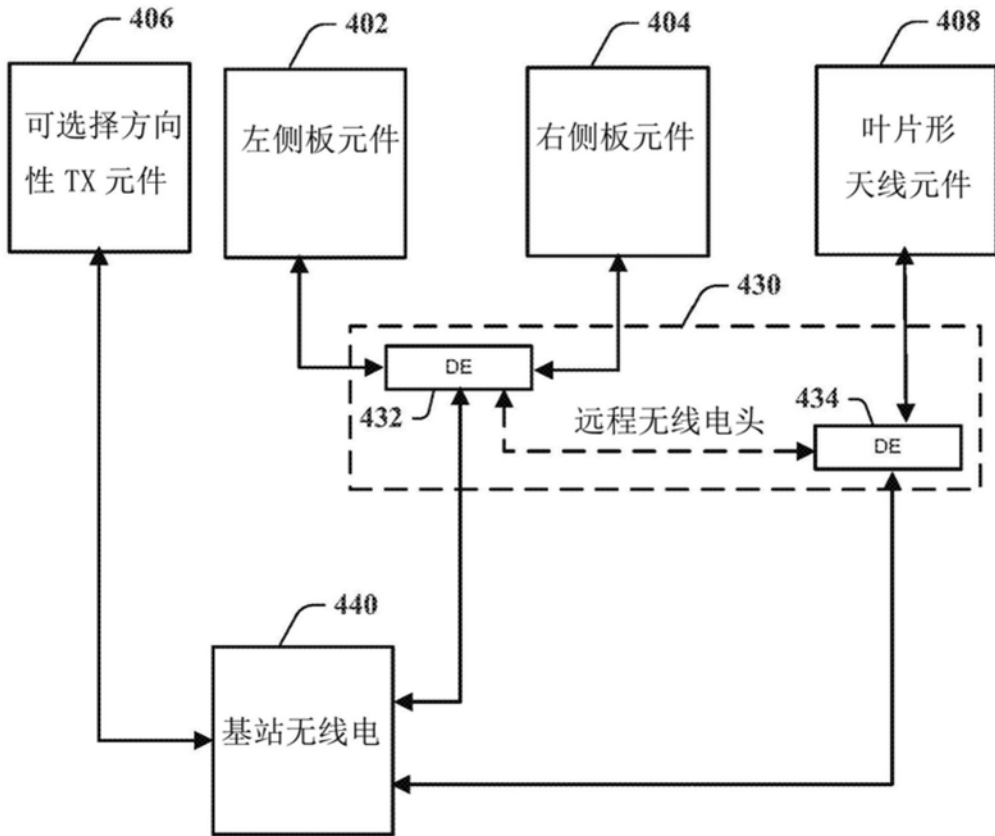


图5

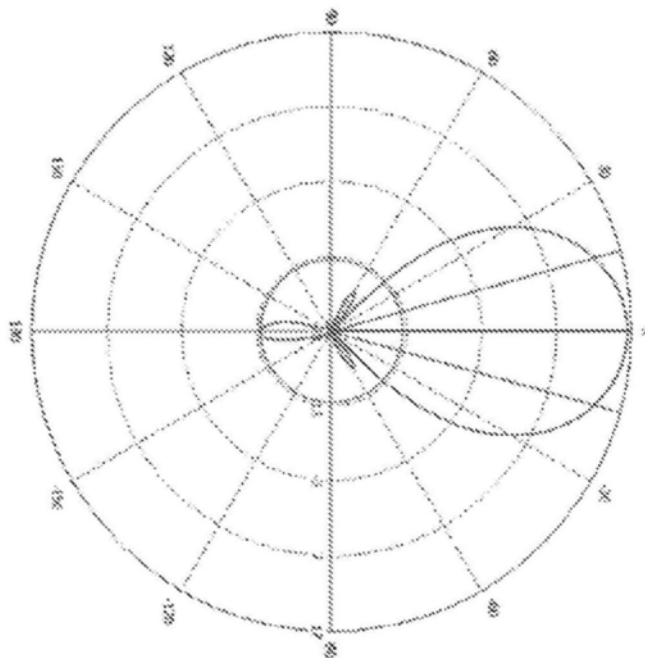


图6

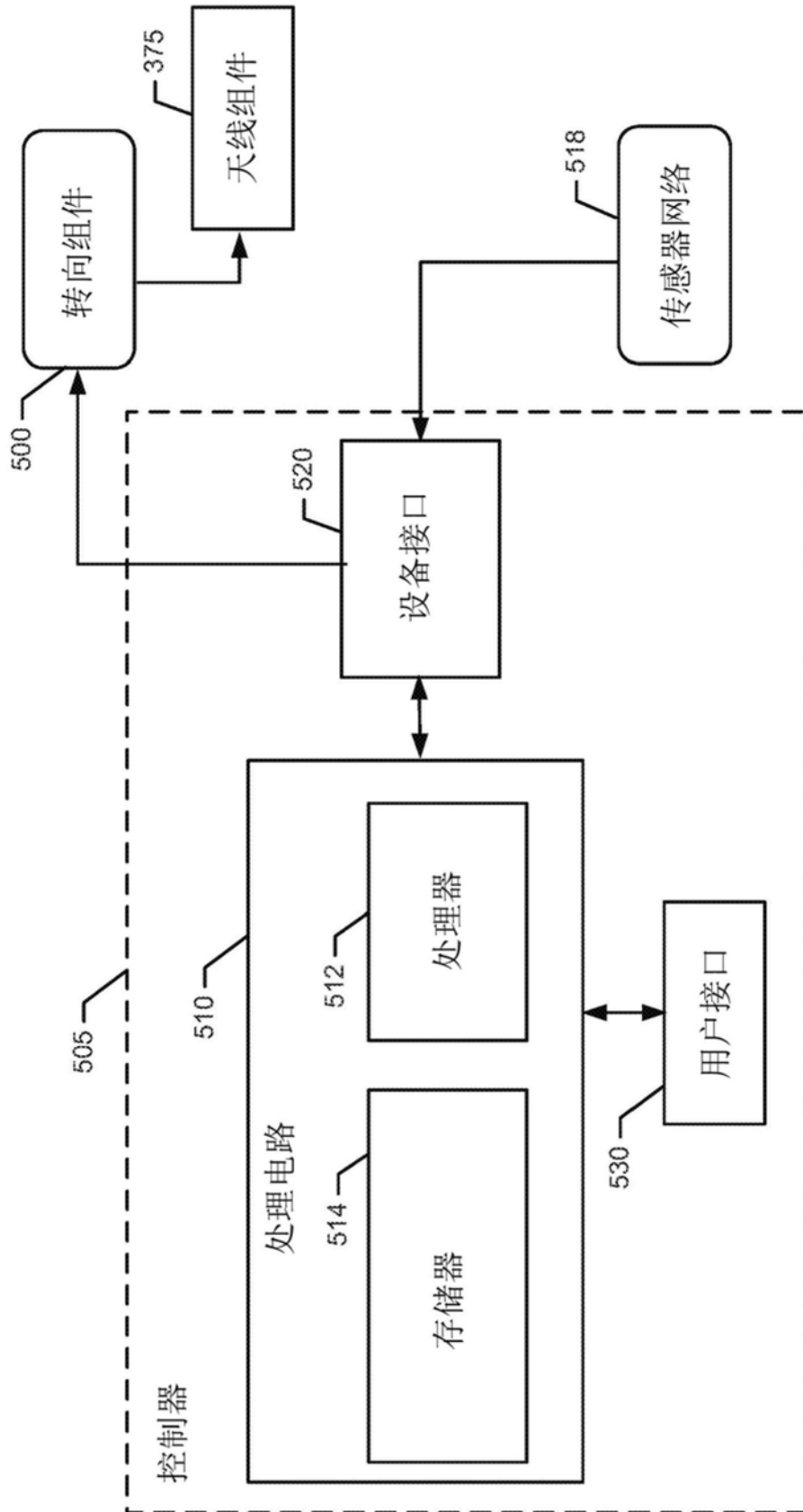


图7

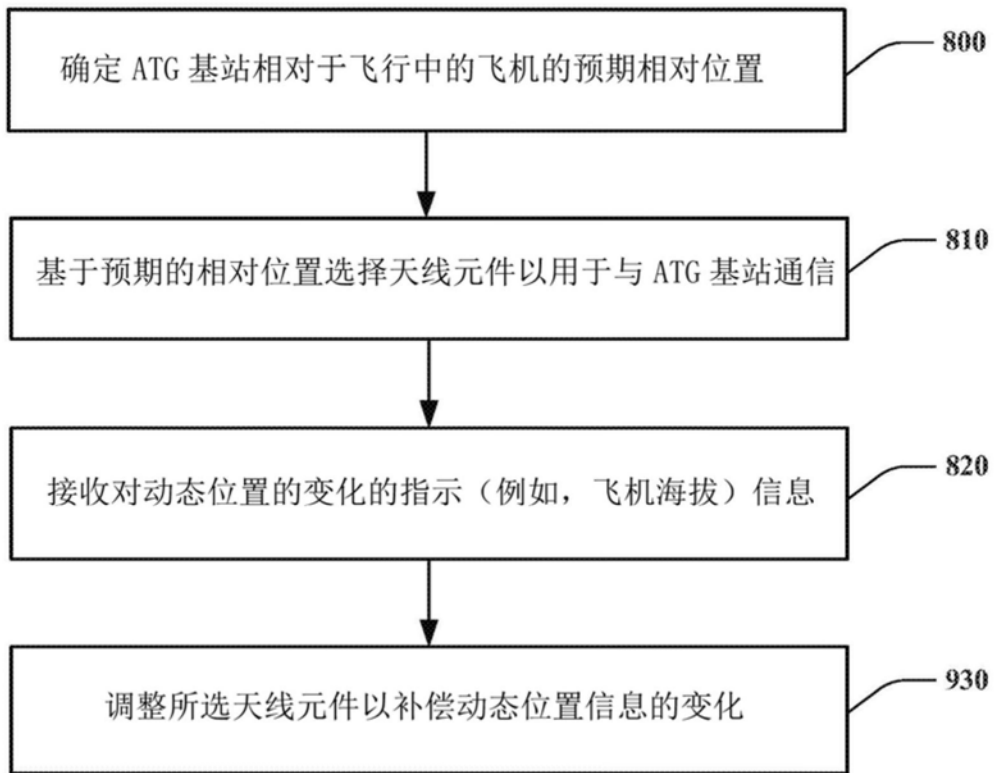


图8

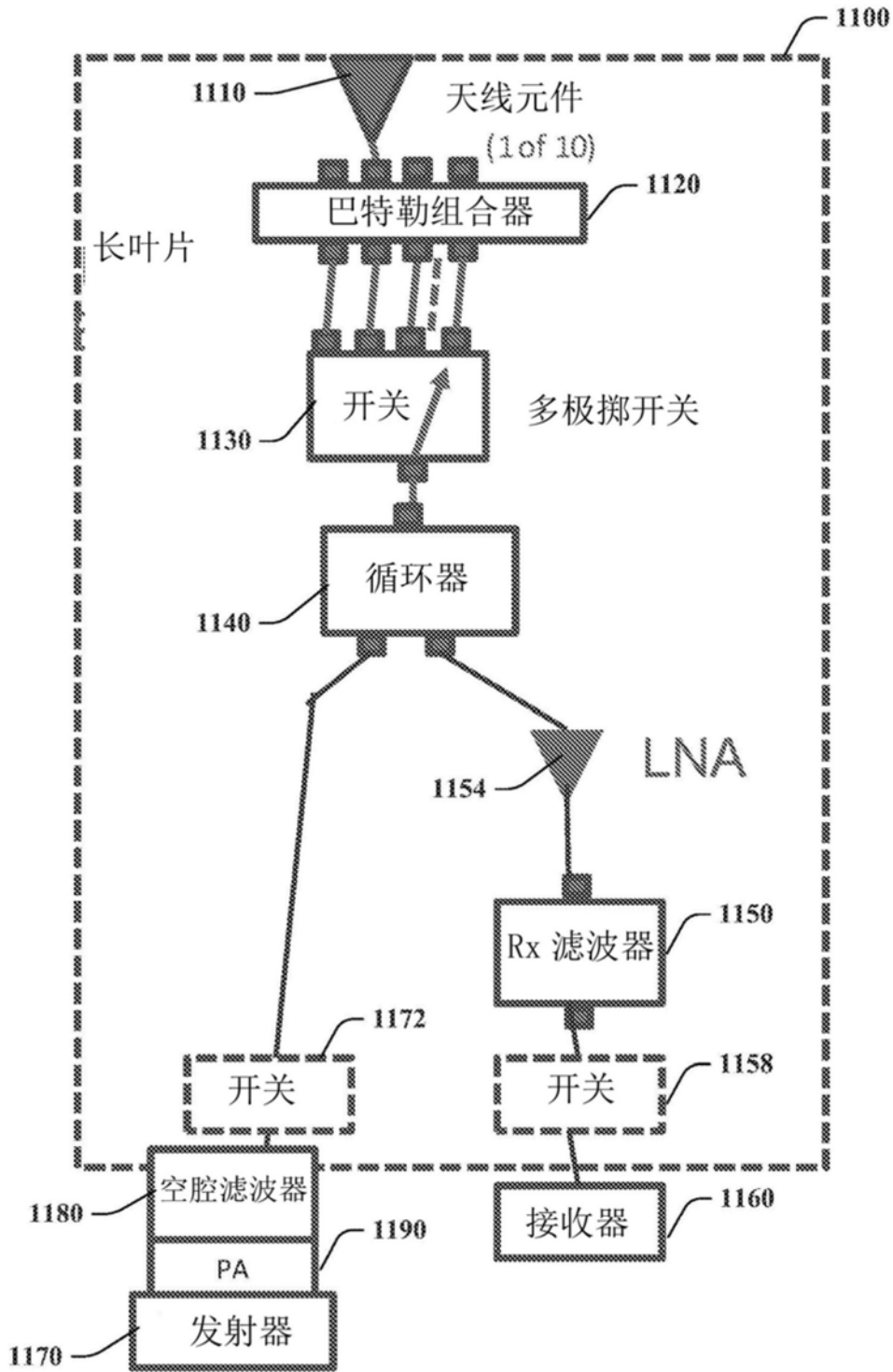


图11