



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103636143 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201280032486. 6

H · G · 塞勒卡

(22) 申请日 2012. 06. 26

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

(30) 优先权数据

13/172, 539 2011. 06. 29 US

72002

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 30

代理人 张扬 王英

(51) Int. Cl.

H04B 7/185 (2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/044266 2012. 06. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/003382 EN 2013. 01. 03

(71) 申请人 GOGO 有限责任公司

地址 美国伊利诺斯州

(72) 发明人 J · M · 克鲁兹 P · J · 沃尔什

J · A · 托宾 T · 乔伊斯 Y · 刘

A · K · 查里 I · 科斯塔尼奇

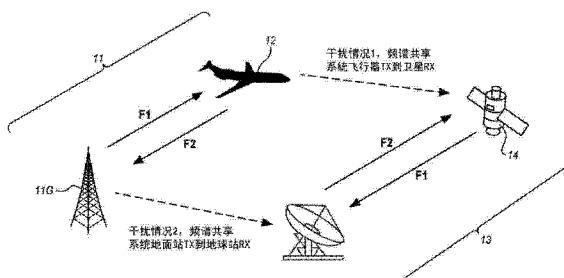
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

基于飞行器的空对地通信系统与现有对地静止卫星服务之间的频谱共享

(57) 摘要

本频谱共享系统实现了基于飞行器的空对地(ATG)通信系统与对地静止卫星服务系统之间的频谱重新使用。这是通过管理在飞行器操作的空间中的量中的射频传输来完成的，其中通过在公共频谱中实现颠倒的上行链路和下行链路射频路径来减少频谱共享系统与对地静止卫星服务系统之间的干扰。频谱共享系统还避免了干扰对地静止卫星服务的地球站，所述地球站通过依靠地球站的高指向性天线方向图和频谱共享系统地面站天线方向图的组合来指向卫星的轨道弧，以及通过确保频谱共享系统地面站在所述方向上辐射的功率电平低于将产生干扰的电平，来避免干扰在它们的轨道弧中的卫星。



1. 一种用于向通信设备提供无线通信服务的系统,所述通信设备位于在所选择的覆盖区域中操作的飞行器中,所述系统包括:

至少一个地面站,所述地面站用于生成射频覆盖区域,所述射频覆盖区域向在所述射频覆盖区域中操作的飞行器提供射频链路;

其中,至少一个对地静止卫星通信系统是在所述覆盖区域中操作的,以及使用由多个地球站产生的射频链路,所述射频链路以第一射频来操作以从所述对地静止卫星通信系统的地球站向卫星发送射频信号,以及以第二射频来从所述卫星向所述对地静止卫星通信系统的所述地球站发送射频信号;以及

其中,所述至少一个地面站使用射频链路,所述射频链路以所述第二射频来操作以从所述地面站向所述飞行器发送射频信号。

2. 根据权利要求 1 所述的用于提供无线通信服务的系统,其中,所述飞行器使用所述第一射频来向所述地面站发送射频信号。

3. 根据权利要求 1 所述的用于提供无线通信服务的系统,其中,所述至少一个地面站使用射频链路,所述射频链路以所述第一射频来操作以从所述地面站向所述飞行器发送射频信号。

4. 根据权利要求 3 所述的用于提供无线通信服务的系统,其中,所述至少一个地面站包括:

接收机,所述接收机以所述第一射频来操作以接收从飞行器向所述地面站发送的射频信号。

5. 根据权利要求 1 所述的用于提供无线通信服务的系统,其中,所述对地静止卫星通信系统的各所述地球站具有接收机天线方向图,所述接收机天线方向图具有前瓣和后瓣,其中,所述地面站发射机产生宽射频波束,所述宽射频波束指向天空,以及所述宽射频波束基本上无法辐射到所述对地静止卫星通信系统的所述地球站的任何所述前瓣中。

6. 根据权利要求 1 所述的用于提供无线通信服务的系统,其中,所述对地静止卫星通信系统的各所述地球站具有发射机天线方向图,所述发射机天线图具有窄形波束前瓣,所述窄形波束前瓣指向天空朝向所述卫星,以及其中,各所述地面站位于所述窄形波束前瓣的路径之外的地点。

7. 根据权利要求 1 所述的用于提供无线通信服务的系统,其中,所述对地静止卫星通信系统的各所述地球站具有发射机天线方向图,所述发射机天线方向图具有窄形波束,所述窄形波束在向南的方向上指向天空朝向所述卫星,以及其中,所述至少一个地面站产生宽射频波束,所述宽射频波束在向南的方向上指向天空。

8. 一种用于向无线通信设备提供无线通信服务的方法,所述无线通信设备位于在所选择的覆盖区域中操作的飞行器中,所述方法包括:

在至少一个地面站处操作,所述地面站用于生成射频覆盖区域,所述射频覆盖区域向在所述射频覆盖区域中操作的飞行器提供射频链路;

其中,至少一个对地静止卫星通信系统是在所述覆盖区域中操作的,以及使用由多个地球站产生的射频链路,所述射频链路以第一射频来操作以从所述对地静止卫星通信系统的地球站向卫星发送射频信号,以及以第二射频来从所述卫星向所述对地静止卫星通信系统的所述地球站发送射频信号;以及

以所述第二射频来操作所述至少一个地面站,以从所述地面站向所述飞行器发送射频信号。

9. 根据权利要求 8 所述的用于提供无线通信服务的方法,其中,所述飞行器使用所述第一射频来向所述地面站发送射频信号。

10. 根据权利要求 8 所述的用于提供无线通信服务的方法,其中,所述至少一个地面站使用射频链路,所述射频链路以所述第一射频来操作以从所述地面站向所述飞行器发送射频信号。

11. 根据权利要求 8 所述的用于提供无线通信服务的方法,其中,操作所述至少一个地面站包括:

以所述第一射频来操作接收机,以接收从飞行器向所述地面站发送的射频信号。

12. 根据权利要求 8 所述的用于提供无线通信服务的方法,其中,所述对地静止卫星通信系统的各所述地球站具有接收机天线方向图,所述接收机天线方向图具有前瓣和后瓣,以及操作所述地面站发射机来产生宽射频波束,所述宽射频波束指向天空,以及所述宽射频波束基本上无法辐射到所述对地静止卫星通信系统的所述地球站的任何所述前瓣中。

13. 根据权利要求 8 所述的用于提供无线通信服务的方法,其中,所述对地静止卫星通信系统的各所述地球站操作发射机天线方向图,所述发射机天线图具有窄形波束前瓣,所述窄形波束前瓣指向天空朝向所述卫星,以及其中,各所述地面站位于所述窄形波束前瓣的路径之外的地点。

14. 根据权利要求 8 所述的用于提供无线通信服务的方法,其中,所述对地静止卫星通信系统的各所述地球站具有发射机天线方向图,所述发射机天线方向图具有窄形波束,所述窄形波束在向南的方向上指向天空朝向所述卫星,以及其中,所述至少一个地面站产生宽射频波束,所述宽射频波束在向南的方向上指向天空。

基于飞行器的空对地通信系统与现有对地静止卫星服务之间的频谱共享

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2011 年 6 月 29 日递交的美国专利申请 No. 13/172,539 的优先权。于 2011 年 6 月 29 日递交的美国专利申请 No. 13/172,539 是于 2008 年 6 月 12 日递交的美国专利申请 No. 12/137,995 的部分接续申请；其是于 2003 年 12 月 7 日递交的美国专利申请 No. 10,730,329、现在于 2006 年 9 月 26 日发布的美国专利 No. 7,113,780 的部分接续申请；也是于 2006 年 7 月 24 日递交的美国专利申请 No. 11/492,545、现在于 2010 年 7 月 6 日发布的美国专利 No. 7,751,815 的部分接续申请；其是于 2003 年 12 月 7 日递交的美国专利申请 No. 10,730,329、现在于 2006 年 9 月 26 日发布的美国专利 No. 7,113,780 的接续申请。于 2011 年 6 月 29 日递交的美国专利申请 No. 13/172,539 还是于 2009 年 4 月 14 日递交的美国专利申请 No. 12/423,555 的部分接续申请，其是于 2003 年 12 月 7 日递交的美国专利申请 No. 10,730,329、现在于 2006 年 9 月 26 日发布的美国专利 No. 7,113,780 的接续申请。前述申请据此以引用方式合并到相同的程度，如同在本文中充分公开。

技术领域

[0003] 概括地说，本发明涉及空对地(ATG)通信，具体地说，本发明涉及提供通信设备的通信系统，所述通信设备由位于飞行器上的通信网络来服务，通过重新使用目前由飞行器在其中进行操作的空间的量中尚存的、对地静止卫星服务的射频频谱而具有高速空对地通信服务。

背景技术

[0004] 在空对地(ATG)通信(诸如在飞行器和 ATG 地面站之间)的领域中，提供足够的带宽以携带通信设备(其由位于飞机上的通信网络(有线的或无线的)来服务)和 ATG 地面站(其被连接到陆地通信网络)之间的通信是个难题。用于这个目的的 ATG 地面站的集合实现传统的蜂窝网络，其中每个 ATG 地面站包括“小区站点”。存在可用于这个目的的有限的频谱选择，这些选择也受限于用于在飞行器上实现相应的射频天线的能力。

[0005] 典型的 ATG 蜂窝通信网络包括多个陆地(地面)ATG 基站，它们中的每一个在预定的空间的量内提供射频覆盖区域，辐射状地在小区站点周围安排发射和接收天线。这种陆地基站使用天线方向图，所述天线方向图对接收源自地面或地面反射的信号较不敏感，以及其天线方向图主要地聚焦于地平线与天顶之间的区域。陆地基站是地理上分布的，通常跟随着典型的蜂窝通信网络布局。陆地基站也可以在机场附近共处在一地，以当飞行器在地面时启用网络覆盖；这种情况下，天线方向图是针对位于陆地的飞行器来优化的。每个陆地基站的覆盖区域的边界基本上与邻居站点的边界是邻接的，以使 ATG 蜂窝通信网络中所有陆地基站的复合覆盖通常提供在目标区域上的覆盖。陆地基站可以使用与单个发射和接收天线系统相关联的收发机来提供单个全小区的覆盖，或者在站点的覆盖区域内的多个扇区，每个扇区具有相关联的收发机和相关联的发射和接收天线。每个陆地基站具有多个扇

区的后一种安排的优势是允许在所述陆地基站的覆盖区域中提供增强的呼叫和数据流量的处理容量。

[0006] 可用于这个目的的当前的射频频谱限制了在任何单个小区中的总的可用流量处理容量。因此，在飞行器与 ATG 蜂窝通信网络的陆地基站之间的射频通信链路已经限制了容量，以及，随着乘客使用飞行器网络来进行因特网浏览和宽带文件下载，信道容量会在需求整体被满足之前耗尽。更多有优势的频谱选择目前是不可用的，因为它们专门用于早已存在的用途，诸如卫星通信。

发明内容

[0007] 通过基于飞机的空对地通信系统与现有的对地静止卫星服务之间目前的频谱共享(在本文中被称为“频谱共享系统”)解决了上述问题以及获得了在本领域中的技术改进，其实现了基于飞机的空对地(ATG)通信系统与对地静止卫星服务系统之间的频谱重新使用。这是通过管理在飞行器在其中操作的空间的量中的射频传输来完成的，其中通过在公共频谱中实现颠倒的上行链路和下行链路射频路径减少了频谱共享系统与对地静止卫星服务系统之间的干扰。频谱共享系统还避免干扰对地静止卫星服务的地球站，所述地球站通过依靠地球站的高指向性天线方向图和频谱共享系统地面站天线方向图的组合来指向卫星的轨道弧，以及通过确保频谱共享系统地面站在所述方向上辐射的功率电平低于将生成干扰的电平，来避免干扰在它们的轨道弧中的卫星。

[0008] 当前的频谱共享系统由此提供了增加的带宽来将高速空对地通信服务提供给通信设备，所述通信设备由位于飞机上的通信网络来服务，因为所选择的频率提供了比目前在 ATG 通信中使用的带宽更大的带宽，或者可以用来补充当前使用的 ATG 频率。通过在公共频谱中实现颠倒的上行链路和下行链路射频路径，减少了频谱共享系统与对地静止卫星服务系统之间的干扰。此外，用于减少两个系统之间的干扰的条件之一是频谱共享系统地面站的传输在对地静止卫星服务地球站天线的主波束之外。这意味着，在北半球，频谱共享系统地面站需要在向南的方向上发送进对地静止卫星服务系统的地球站天线的后瓣中，其在向南的方向上朝着对地静止卫星发送；以及在南半球，频谱共享系统地面站需要向北的方向上发送进对地静止卫星服务系统的地球站天线的后瓣中，其在向北的方向上朝着对地静止卫星发送。

附图说明

[0009] 图 1 示出了由目前的频谱共享系统实现的在空对地系统与基于卫星的系统之间的射频频谱共享方案的图形表示；

[0010] 图 2 以图形形式示出了针对目前的频谱共享系统分配的频谱，以 dBm 每 1MHz (兆赫)为单位 [以参考一毫瓦(mW)测量功率的分贝为单位的功率比] 的飞行器发生功率谱密度的极限，其中功率被绘制为飞行器的数量和针对对地静止卫星接收机的期望的保护电平的函数；

[0011] 图 3 以图形形式示出了从地球站的位置可见的对地静止弧的部分；

[0012] 图 4 以图形形式示出了针对在地球站天线的主瓣之外的空对地传输所需的条件；

[0013] 图 5 示出了共享频谱系统地面站和与对地静止卫星服务地球站相关的飞行器的

方位；以及

[0014] 图 6 示出了来自对地静止卫星服务系统的天线瞄准角是处于向南的方向，范围从针对覆盖区域的北延伸中的对地静止卫星服务地球站的低方位角到针对覆盖区域的向南延伸中的对地静止卫星服务地球站的高方位角。

具体实施方式

[0015] 如图 5 所示，对地静止轨道中的卫星 501 对于基于地球的观测者而言出现在固定的位置。对地静止卫星 501 在赤道上方以恒定速度每天绕地球旋转一次，因此匹配地球旋转的速度，以及相对于地球表面上的任意点看上去是静止的。对地静止轨道对于通信应用是有用的，因为在不需要昂贵装备来追踪卫星的运动的情况下，地球站天线 511、512（其必须指向卫星 501）可以有效地运行。因为对地静止卫星被约束在赤道上方运行，所以 1) 当地球站靠近卫星的最东或最西的覆盖界限时；或 2) 当地球站位于高纬度时，对地静止卫星看上去低于到地球站天线的地平线。针对大部分在美国大陆内运行的地球站，对地静止卫星在地平线上 20° 到 50°；以及天线波束宽度足够狭窄（大约 2° 或更小）以避免地面反射和卫星之间的干扰。

射频频谱共享方案

[0017] 图 1 示出了射频频谱共享方案的说明性实施例的图示，在目前的频谱共享系统 11 与对地静止卫星服务系统 13 之间，用于向位于飞行器 12 上的通信设备（未示出）提供通信服务。在目前的频谱共享系统 11 中，从频谱共享系统地面站 11G 到飞行器 12 的上行链路传输使用现有的卫星下行链路频带 F1（和可选地现有的卫星上行链路频带 F2，和可选地现有的 ATG 频带），而从飞行器 12 到频谱共享系统地面站 11G 的下行链路传输使用现有的卫星上行链路频带 F2（和可选地现有的 ATG 频带）。这两个系统（频谱共享系统 11 和对地静止卫星服务系统 13）是共谱的，以及可能在上行链路和下行链路方向两者中存在相互干扰的可能性。针对干扰存在四种可能：

[0018] 1. 从频谱共享系统飞行器发射机（未示出，但位于飞行器 12 中）到对地静止卫星服务系统卫星接收机；

[0019] 2. 从频谱共享系统地面站发射机到对地静止卫星服务系统地球站接收机；

[0020] 3. 从对地静止卫星服务系统地球站发射机到频谱共享系统地面站接收机；以及

[0021] 4. 从对地静止卫星服务系统卫星发射机到频谱共享系统飞行器接收机（未示出，但位于飞行器 12 中）。

[0022] 由于信号功率的差异以及对地静止卫星服务系统 13 中使用的高指向性天线方向图，从频谱共享系统 11 到对地静止卫星服务系统 13 的干扰比反方向上的干扰更加显著。如图 1 所示，频谱共享系统 11 与对地静止卫星服务系统 13 之间的这种干扰有两种主要情况。图 1 所示的情况 1 是在频率 F2 上从频谱共享系统飞行器发射机到对地静止卫星服务系统 13 的卫星接收机 13 的干扰，图 1 所示的情况 2 是在频率 F1 上从频谱共享系统地面站 11G 发射机到对地静止卫星服务地球站 13G 接收机的干扰。

[0023] 频谱共享系统与对地静止卫星服务之间的干扰

[0024] 情况 1 中的干扰相对较低，其中在频率 F2 上的飞行器射频传输对卫星接收的射频信号产生干扰。地面上，在频率 F1 上的对地静止卫星服务信号非常弱，除非由准确指向的

高增益天线来接收,诸如由对地静止卫星服务系统 13 的地球站 13G 所使用的天线。对地静止卫星服务地球站天线通常是高增益天线,所述高增益天线仅通过非常狭窄的波束向上朝向与对地静止卫星服务地球站 13G 通信的卫星 14。在频谱共享系统地面站 11G 的位置上,利用最小的预防措施可以易于避免这种干扰。

[0025] 图 5 示出了多个共享频谱系统地面站 531-533(除了它们中的少数,其有必要提供对服务区域的完整覆盖,所述服务区域包括地球表面与在其处飞行器可操作的最高纬度之间的空间区域 500) 和与对地静止卫星服务对地同步卫星 500 有关的飞行器 551-553,以及地球站 511-512 的方位(但未按比例画出)。如从该图中看到的,针对对地静止卫星服务地球站天线 511-512 的天线波束 521-522 范围狭窄且向上指向位于赤道上方的选择的对地静止卫星 500 的轨道弧。如图 6 所示,来自对地静止卫星服务系统 13 的天线瞄准角处于朝南的方向,范围从处于覆盖区域的北部的地球站 512 的低方位角到处于覆盖区域的南部的地球站 511 的高方位角。相比之下,共享频谱系统天线波束 541-543 在范围上较广,同时也向上地瞄准以及通常指向地平线的正上方。主要的干扰模式构成了由对地静止卫星服务地球站 511-512 天线所接收的共享频谱系统天线波束 541-543。因此,射频传输管理要求:

[0026] • 针对信号的频谱共享系统地面站天线的“向南”指向处于低仰角,其中任何面向南的信号处于地平线以上的角度。按照这种方式,频谱共享系统地面站传输在固定的卫星服务地球站接收机天线的主波束之外。如图 5 所示,在任意特定纬度的频谱共享系统天线的覆盖的边界由方位角到轨道弧的范围来控制,具有针对地球站接收天线的最大波束宽度的小的额外的余量。

[0027] • 为了在频谱共享系统地面站传输上维持低功率谱密度,信号可能需要散布到大部分的频谱中。幸运的是,若干卫星频带提供了数百 MHz 的频谱,这足够用来减小频谱密度以充分地降低电平,同时维持从地面到飞行器的高数据率。

[0028] 从减少干扰的角度来看,在频谱共享系统频谱两端使用具有高度识别能力的方向图的天线将是有帮助的。可以用于减少干扰的额外的技术是:

[0029] 1. 频谱共享系统地面站的放置;

[0030] 2. 频谱共享系统地面站的天线方向图,包括波束成形和波束控制;

[0031] 3. 信号传播;

[0032] 4. 功率控制;以及

[0033] 5. 在波形控制情况下的主动的干扰消除。

[0034] 到地球站接收机的地面站传输的估计

[0035] 举例来说,当从中国大陆观看,对地静止卫星的轨道处于向南的方向。因此,所有对地静止卫星服务地球站天线都指向南方。根据地球站的纬度,卫星的对地静止弧中只有一部分是可见的。在图 3 中示出了这种情况。针对任何给定的地球站的地理位置,有两个经度限制了地球同步弧的可见部分,它们被标记为 l_E 和 l_W 。因此,地球站的天线总是指向这个地球同步弧的可见部分的某个位置。随着地球站的纬度向北增加,可见弧的部分变小。针对向北~80° 以上的地球站,对地静止轨道是不可见的。

[0036] 考虑在由一对坐标 (L_{ES} , l_{ES}) 给定的纬度 / 经度位置处的地球站。坐标 L_{ES} 是地球站纬度,而 l_{ES} 是地球站经度。使用简单的几何学,技术人员可以易于证明下列关系:

$$[0037] \quad l_E = l_{ES} - \cos^{-1}\left(\frac{r_e}{r_s \cos(L_{ES})}\right) \quad (1)$$

$$[0038] \quad l_W = l_{ES} + \cos^{-1}\left(\frac{r_e}{r_s \cos(L_{ES})}\right) \quad (2) \quad (2)$$

[0039] $A_{ZE} = Y \quad (3)$

[0040] $A_{ZW} = 360^\circ - Y \quad (4)$

[0041] 其中，

[0042]

$$Y = \tan^{-1}\left(\frac{\sin(0.5L_{ES})}{\tan(|l_E - L_{ES}|) \cos(0.5L_{ES})}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{\cos(0.5L_{ES})}{\tan(|l_E - L_{ES}|) \sin(0.5L_{ES})}\right) \quad (5)$$

[0043] 量 A_{ZE} 和 A_{ZW} 是在对地静止弧可见部分上从地球站朝最远的东点和最远的西点的方位角。这两个角提供了地球站天线可以指向的方向的最大理论范围。在实际场景中，所述范围总是比由等式(3)和等式(4)所提供的要狭窄。

[0044] 作为说明，表 1 提供了针对两个地球站的 l_E 、 l_W 、 A_{ZE} 和 A_{ZW} 的值。第一地球站位于佛罗里达州的墨尔本，而第二地球站在伊利诺伊州的芝加哥。在墨尔本区域中，地球站天线的方位角必须落在 95.51° 到 273.49° 的范围内。针对芝加哥地球站，指向范围从 99.33° 延伸到 269.67° 。

[0045]

	墨尔本，佛罗里达州	芝加哥，伊利诺伊州
纬度 (度)	28.0628	41.9978
经度 (度)	80.6231	87.6831
l_E (度，W)	2.21	11.48
l_W (度，W)	159.04	163.89
弧长 (度)	78.42	76.21
到最远的东点的方位角	95.51	99.33
A_{ZE} (度)		
到最远的西点的方位角	273.49	269.67

[0046]

A_{ZW} (度)	
--------------	--

[0047] 表 1 从中国大陆的两个位置可见的对地静止卫星

[0048] 参考回图 1 给出的射频重新使用场景，显而易见的是，用于减少两个系统之间的干扰的条件之一是频谱共享系统地面站的射频传输在地球站天线主波束之外。这意味着频谱共享系统地面站需要在如等式(3)和(4)指定的方位角的范围内向南进行发送(具有按

需要的额外的较小的减小,以避开地球站天线的波束宽度)。按照这种方式,来自频谱共享系统地面站的信号在对地静止卫星服务地球站天线的后瓣中。图 4 以图形的形式示出了针对对地静止卫星服务地球站天线的主瓣之外的频谱共享系统上行链路传输所需的条件。

[0049] 在地球站天线的后瓣处来自频谱共享系统地面站传输的干扰的功率谱密度可计算为:

$$S_i = S_{ATG} + G_{ATG}(\theta) - PL_{dB} = EiRP/W - PL_{dB} \quad (6)$$

[0051] 一种可以假设当等式(6)中 S_i 的下降至某个阈值的本底噪声以下时,频谱共享系统地面站传输的影响变得可以忽略。也就是说:

$$EiRP/W [dBm/MHz] \leq 10\log(kT) + PL_{dB} - T_{dB} + 90 \quad (7)$$

[0053] 表 2 是使用等式(7)以及假设 $T_{dB}=3dB$ 来产生的。所述表格指定了针对地对空传输所允许的每 MHz 的最大有效全向辐射功率(EiRP)。通过下列简单的例子示出了所述表格的用途。

[0054] 考虑距离最近的对地静止卫星服务地球站 20km 远的位置处的频谱共享系统地面站。所允许的地面站功率谱密度是 23dBm/MHz (即 200mW/MHz)。假设频谱共享系统上行链路操作是 20MHz 的频谱,总的 EiRP 是 36.04dBm (4W)。

[0055]

距离[km]	路 径 损 耗 [dB]	EiRP/W[dBm/MHz]	EiRP[dBm]	EiRP[W]
1	113.99	-2.99	10.02	0.01
5	127.97	10.99	24.00	0.25
10	133.99	17.01	30.02	1.00

[0056]

15	137.51	20.53	33.54	2.26
20	140.01	23.03	36.04	4.02
25	141.95	24.97	37.98	6.28
30	143.53	26.55	39.56	9.04
35	144.87	27.89	40.90	12.31
40	146.03	29.05	42.06	16.08

[0057] 表 2 上行链路 EiRP 上的极限,以 dBm/MHz 为单位^(*)

[0058] (*) 假设 20MHz 信道来计算 EiRP 值

[0059] 基于表 2,针对频谱共享系统上行链路传输所允许的功率谱密度相对较低。所述表

格假设没有来自地球站天线的后瓣的额外的衰减。此外,从频谱共享系统地面站天线导出的表格假设没有区别。在实际的实现方式中,这些额外的因素应当以所需的数据速率和频谱共享系统蜂窝小区站点链路预算为基础来评估。

[0060] 图 4 以图形的形式示出了针对频谱共享系统上行链路传输要在对地静止卫星服务地球站天线的主瓣之外所需的条件。具体地说,对地静止卫星服务地球站 421-436 与它们各自的指向图 4 中的卫星 411-414 的天线波束一起示出。针对没有发送到对地静止卫星服务地球站 421-436 处的接收机天线的频谱共享系统地面站 401-408,它们的天线波束应当被确定方向为如图 4 中所示的,以防止波束的近地表面部分(即波束的南部)被对地静止卫星服务地球站 421-436 的主瓣接收。这不是过度的限制,因为共享频谱系统天线产生的天线方向图是宽的三维形状,以及可以被管理为避开在任何靠近对地静止卫星服务地球站 421-436 的方向上的模式的近地部分,所述对地静止卫星服务地球站 421-436 通常在地面站的北方。这不影响来自共享频谱系统天线的天线方向图的向上指向的部分。

[0061] 对从基于飞行器的传输到卫星接收机的干扰的估计

[0062] 从卫星接收机的角度来看,将从频谱共享系统的飞行器发送的能量增加到卫星接收机天线的噪声温度中。卫星接收机天线指向地球,其具有 290K 的标称噪声温度。因此,只要由频谱共享系统飞行器传输所产生的功率谱密度显著地小于地球的辐射产生的热噪声的功率谱密度,频谱共享的影响是可以忽略的。频谱共享系统飞行器传输的功率谱密度取决于飞行器的 EiRP、频谱共享系统服务的带宽以及在卫星天线的主波束内在任意给定的时间操作的飞行器的数量。

[0063] 卫星天线接收的热噪声的功率谱密度可计算为:

[0064]

$$N_0 = kT_E = 1.38 \times 10^{-23} \frac{W}{Hz \cdot K} \cdot 290K = 4 \times 10^{-21} \frac{W}{Hz} \rightarrow -204 dBW / Hz \quad (8)$$

[0065] 由来自频谱共享系统飞行器的传输引起的到卫星接收机的干扰的功率谱密度可估计为:

$$[0066] N_A = \frac{n \cdot S_A}{FSPL} \quad (9)$$

[0067] 其中,n 是在卫星天线的主波束内的飞行器的数量,S_A 是单个飞行器的辐射功率谱密度以及线性域内的自由空间路径损耗(FSPL)。

[0068] 通过将等式(9)转换到对数域,技术人员得到:

$$[0069] N_A [dBW/Hz] = 10 \log(n) + S_A [dBW/Hz] - FSPL_{dB} \quad (10)$$

[0070] 令 T_{dB} 为阈值,所述阈值指定了热噪声的功率谱密度与由操作频谱共享系统飞行器而引起的干扰之间的差,换言之:

$$[0071] T_{dB} = N_0 [dBW/Hz] - N_A [dBW/Hz] \quad (11)$$

[0072] 通过将等式(10)和(11)组合,技术人员得到单个飞行器的发射功率谱密度的极限:

$$[0073] S_A [dBm/MHz] = N_0 [dBW/Hz] + FSPL_{dB} - 10 \log(n) - T_{dB} + 90 \quad (12)$$

[0074] 等式(12)用于产生图 2 中给出的曲线族,所述图 2 以图表形式示出了针对目前的

频谱共享系统所分配的频谱的以 dBm 每 1MHz 为单位的飞行器发射功率谱密度的极限。

[0075] 通过简单的例子示出图 2 中曲线的用途

[0076] 考虑当频谱共享系统在由卫星接收机天线覆盖的空间的量内在 1000 架飞行器上运行时的情况。假设保护阈值被设置为 $T_{add}=20\text{dB}$, 以及所有飞行器处于卫星接收机天线的主波束中。根据图 2, 每架飞行器的传输具有 43dBm/MHz (1MHz 带宽中的 20 瓦) 的功率谱密度极限。

[0077] 有一点要注意的是, 所给出的分析是在最坏的情况方面。存在将减少从频谱共享系统飞行器到卫星接收机的干扰的额外的因素。那些因素中的在分析中被忽略的某些因素可以列出如下：

[0078] 1. 所述分析假设所有飞行器以最大功率来发送。在操作的场景中, 飞行器的传输受功率控制, 以及总是低于最大值。

[0079] 2. 所述分析假设面向地面上的服务小区和面向卫星天线的飞行器的 EiRP 是相同的。在实际的实现方式中, 有理由假设飞行器天线将大部分能量朝向地面, 以及朝向天空的辐射的量将显著地降低。只考虑了自由空间路径损耗。在实际场景中, 将由于大气现象产生的额外损耗增加到飞行器产生的信号的衰减中。

[0080] 总结

[0081] 频谱共享系统与对地静止卫星服务之间的频谱共享是可能的。但是, 为了使共享在技术上可行, 需要对频谱共享系统地面站与对地静止卫星服务地球站接收机侧之间的干扰进行仔细的管理。

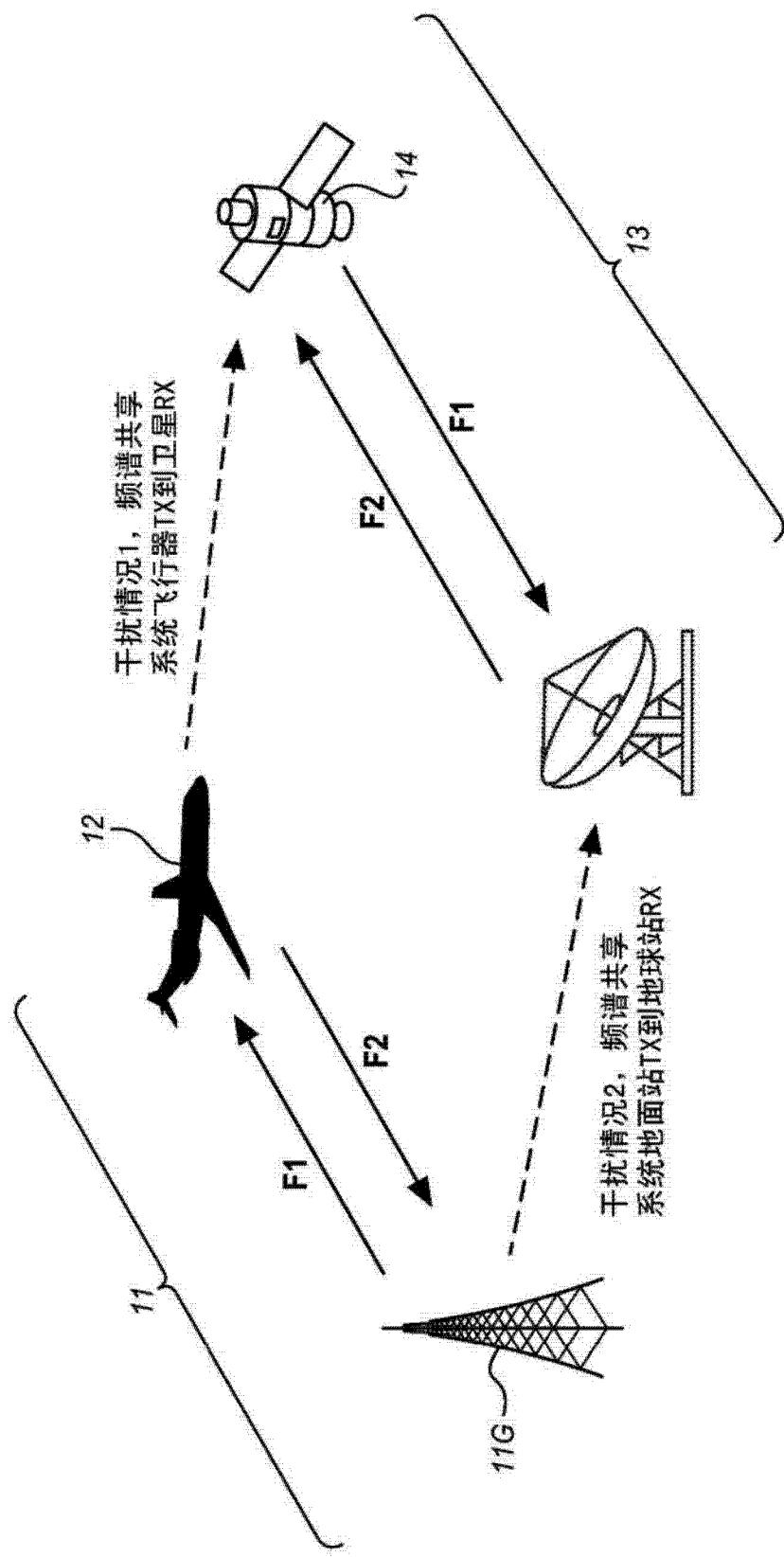


图 1

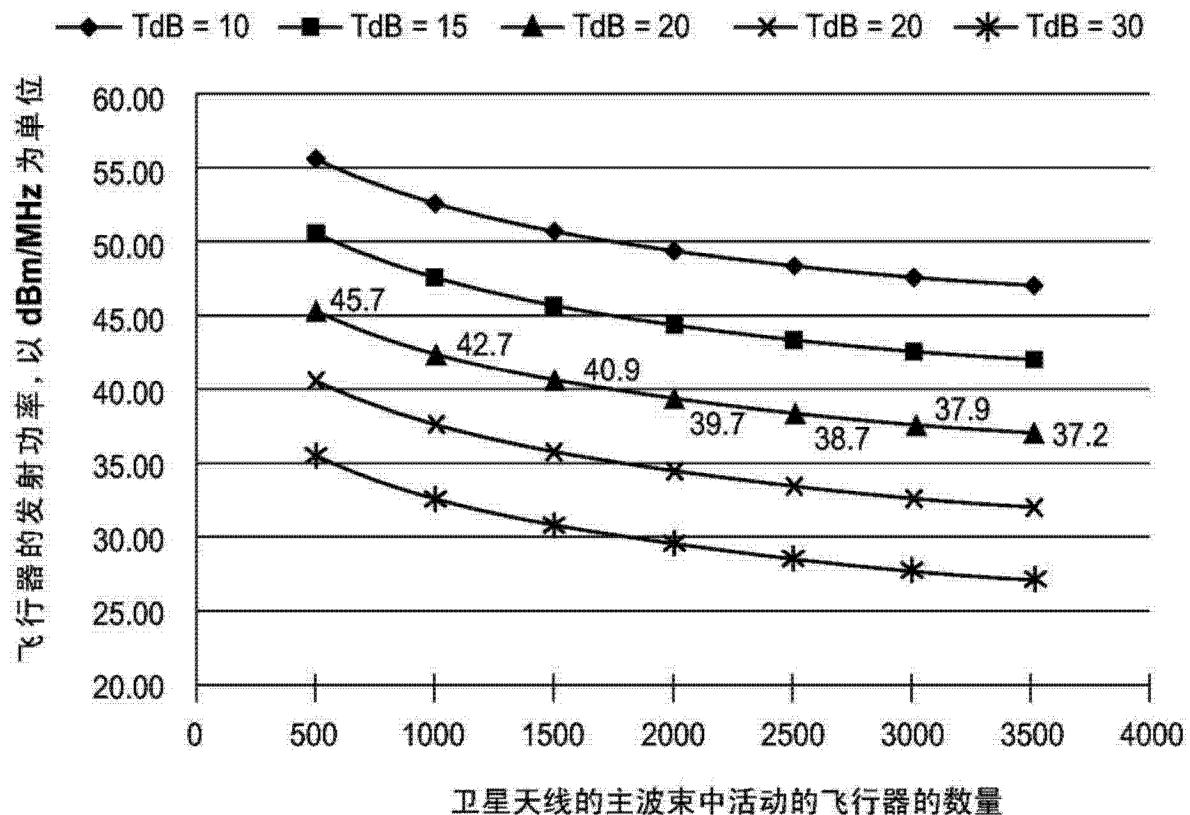


图 2

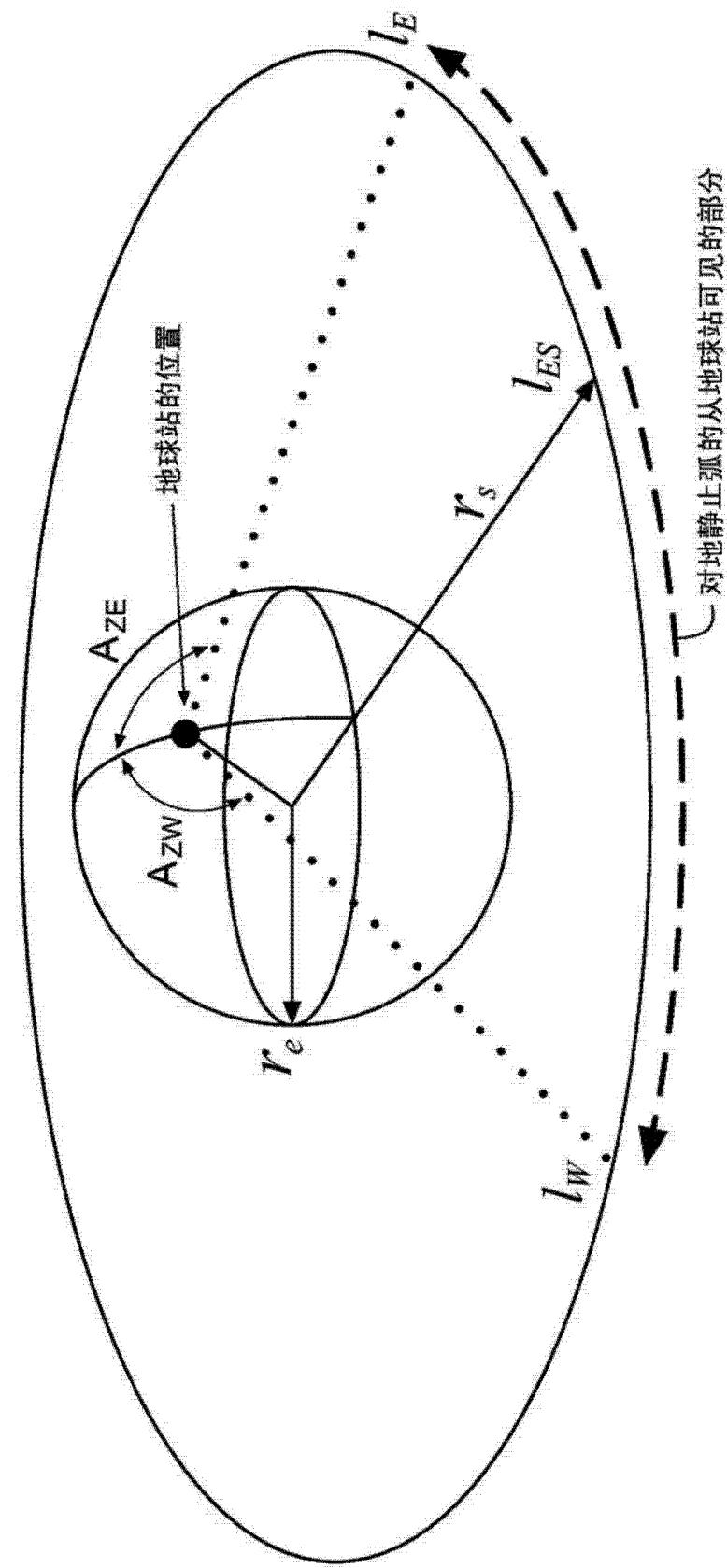


图 3

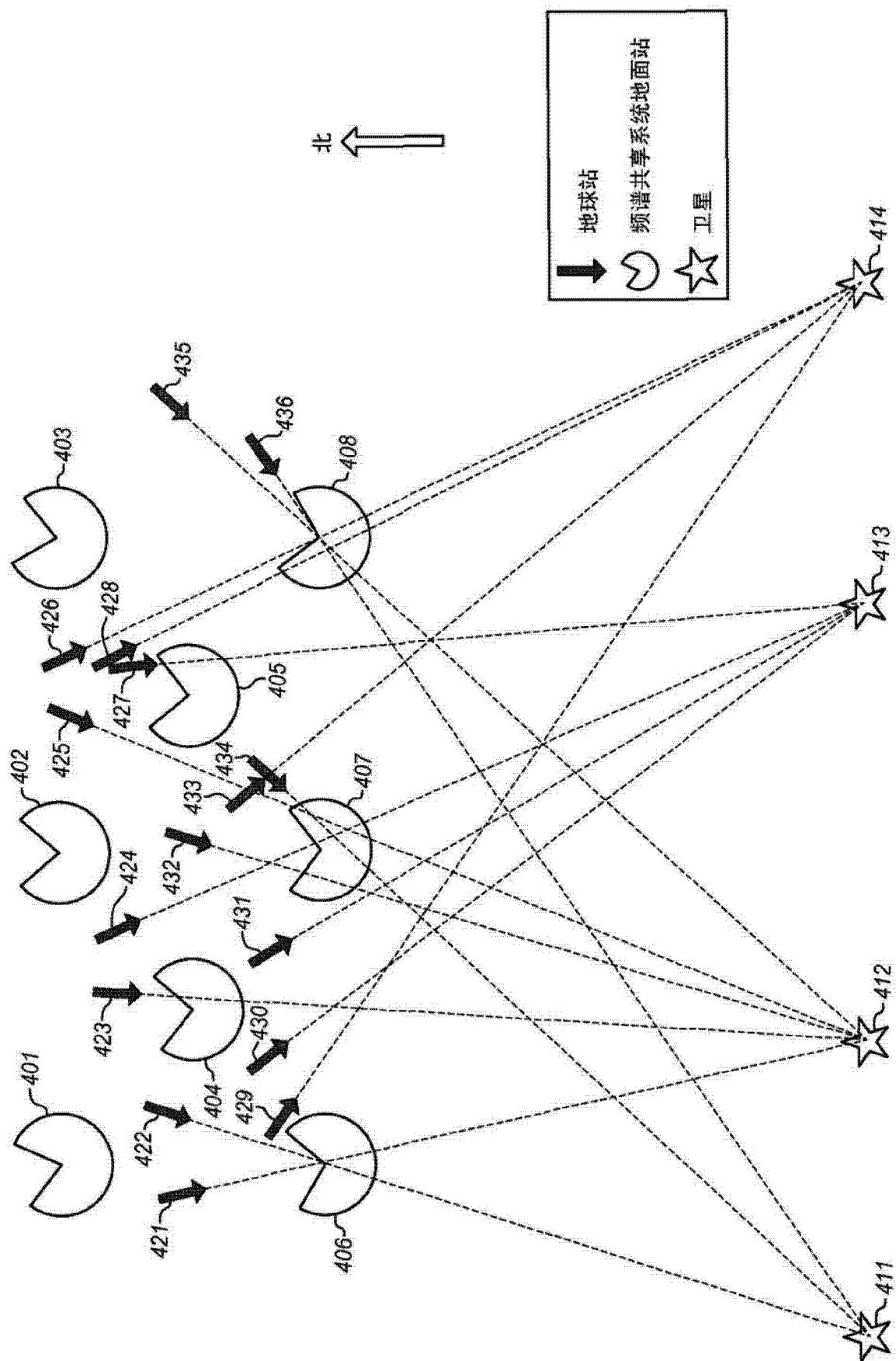


图 4

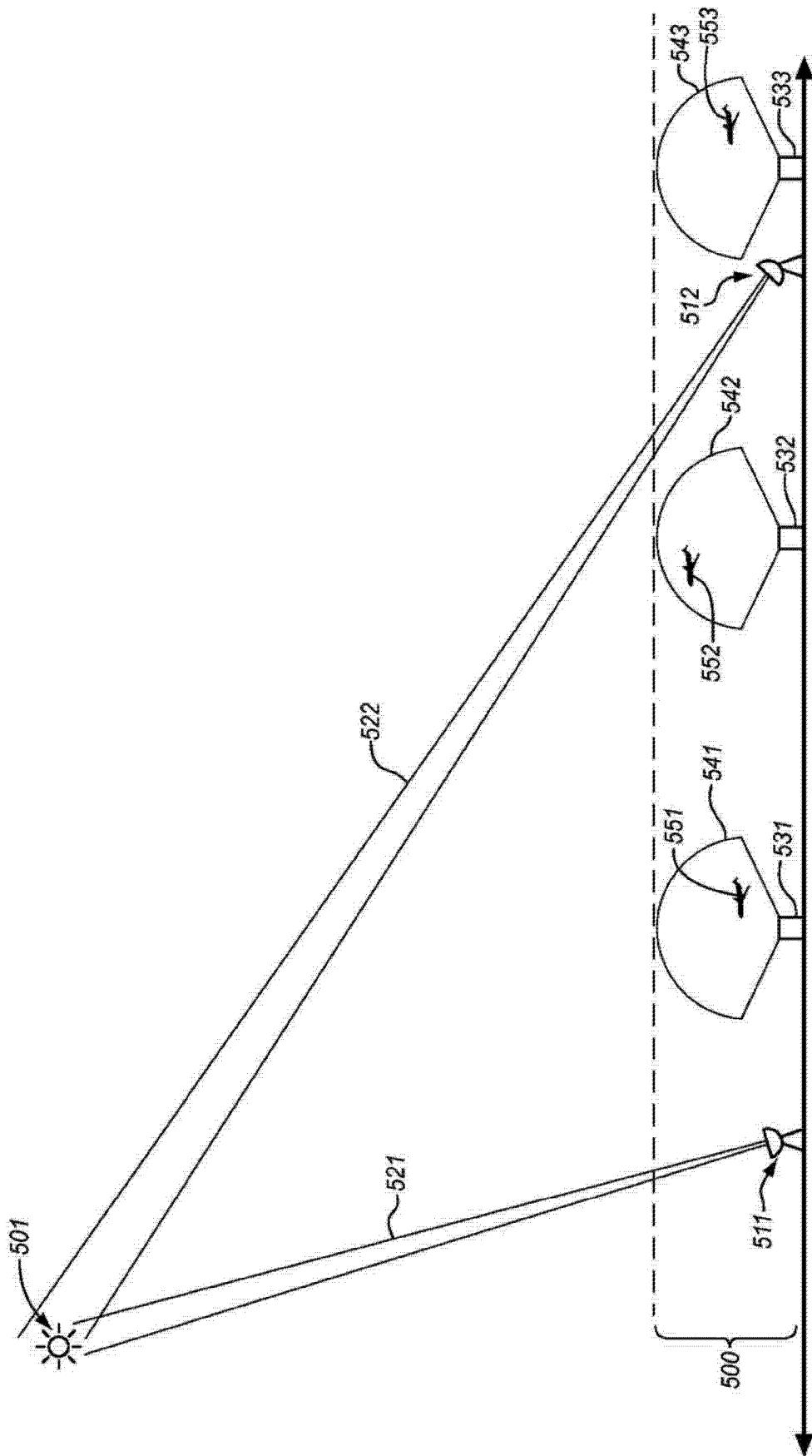


图 5

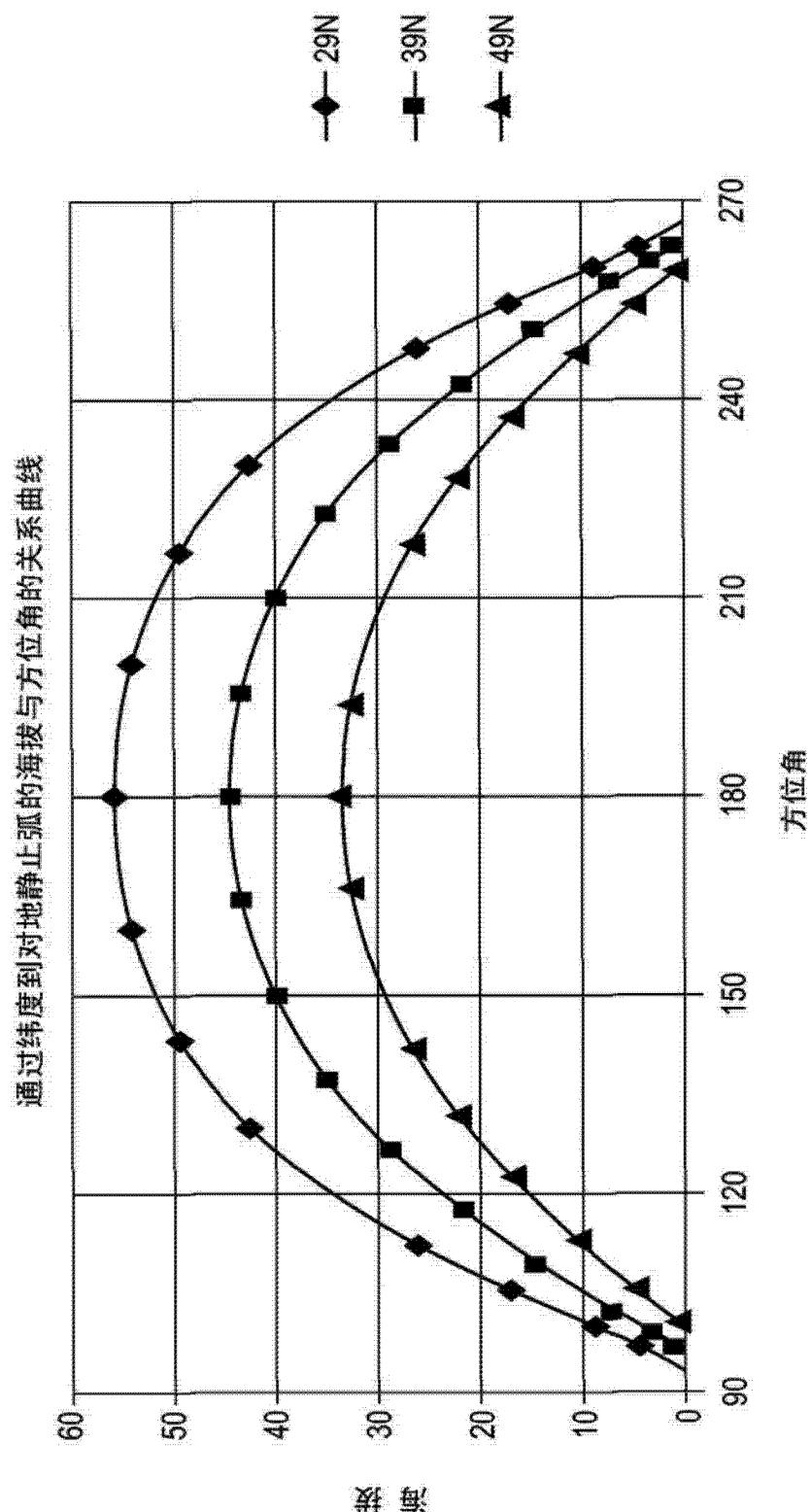


图 6