



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110365400 A

(43)申请公布日 2019.10.22

(21)申请号 201910743188.1

(22)申请日 2015.01.22

(30)优先权数据

14/229,084 2014.03.28 US

(62)分案原申请数据

201580004224.2 2015.01.22

(71)申请人 谷歌有限责任公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 T.R.比尔斯 C.R.乌利克

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 金玉洁

(51)Int.Cl.

H04B 7/185(2006.01)

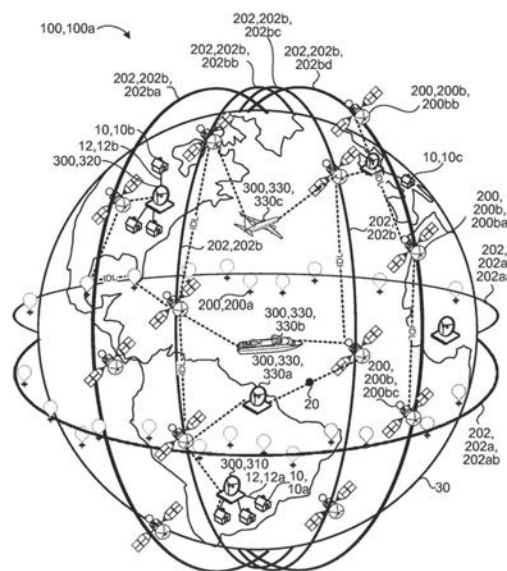
权利要求书2页 说明书13页 附图12页

(54)发明名称

通信方法和通信系统

(57)摘要

提供一种通信方法和通信系统。该方法包括：通过数据处理硬件确定通过在地球上移动的一系列高海拔通信设备(HACD)从源到目的地的通信路径，该通信路径基于用于分配源和目的地之间的距离的分数的评分函数；由数据处理硬件指令源通过一系列HACD发送通信，所述一系列HACD包括初始HACD和最终HACD；和由数据处理硬件指令最终的HACD将通信发送到目的地。



1. 一种通信方法,该方法包括:

通过数据处理硬件确定通过在地球上移动的一系列高海拔通信设备 (HACD) 从源到目的地的通信路径,该通信路径基于用于分配源和目的地之间的距离的分数的评分函数;

由数据处理硬件指令源通过一系列HACD发送通信,所述一系列HACD包括初始HACD和最终HACD;和

由数据处理硬件指令最终的HACD将通信发送到目的地。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,基于所述一系列HACD中的每个相应HACD的信号强度来确定所述通信路径。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述源包括接收来自第一用户的通信的源地面站,并且所述目的地包括将所述通信发送到第二用户的目的地地面站。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述源地面站通过电缆、光纤、射频无线或自由空间光学连接从所述第一用户接收所述通信,并且所述目的地地面站通过电缆、光纤、射频无线或自由空间光通信将所述通信发送给所述第二用户。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述HACD包括通信气球和/或卫星。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述一系列HACD中的每个HACD具有与所述一系列HACD中的其他HACD相同的轨道路径或轨迹。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述一系列HACD中的至少一个HACD具有与所述一系列HACD中的其他HACD不同的轨道路径或轨迹。

8. 根据权利要求1的方法,其中所述一系列HACD包括初始HACD和最终HACD之间的至少一个中间HACD。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述中间HACD经由来自所述初始HACD的第一设备间链路接收所述通信,并且经由第二设备间链路将所述通信发送到所述最终HACD。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,基于所述一系列HACD中的每个相应HACD的操作状态来确定所述通信路径。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中所述一系列HACD中的每个相应HACD的操作状态包括作为整体的相应HACD的活跃状态或不活跃或所述相应HACD的一个或多个单独部件。

12. 根据权利要求1所述的方法,其中,基于边界网关协议、内部网关协议、最大流算法或最短路径算法中的至少一个来确定所述通信路径。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述边界网关协议包括路径矢量协议或距离矢量路由协议之一。

14. 一种通信系统,包括:

与以下通信的数据处理设备;

源;

一系列高海拔通信设备 (HACD),在地球上空移动;和

目的地,

其中数据处理设备被配置为执行包括以下操作的操作:

通过在地球上移动的一系列HACD确定从源到目的地的通信路径,该通信路径基于用于分配源和目的地之间的距离的分数的评分函数;

指令源通过一系列HACD发送通信,所述一系列HACD包括初始HACD和最终HACD;和

指令最终的HACD将通信发送到目的地。

15. 根据权利要求14所述的通信系统,其中,基于所述一系列HACD中的每个相应HACD的信号强度来确定所述通信路径。

16. 根据权利要求14所述的通信系统,其中,所述源包括接收来自第一用户的通信的源地面站,并且所述目的地包括将所述通信发送到第二用户的目的地面站。

17. 根据权利要求16所述的通信系统,其中,所述源地面站通过电缆、光纤、射频无线或自由空间光学连接从所述第一用户接收所述通信,并且所述目的地地面站通过电缆、光纤、射频无线或自由空间光通信将所述通信发送给所述第二用户。

18. 根据权利要求14所述的通信系统,其中,所述HACD包括通信气球和/或卫星。

19. 根据权利要求14所述的通信系统,其中所述一系列HACD中的每个HACD具有与所述一系列HACD中的其他HACD相同的轨道路径或轨迹。

20. 根据权利要求14所述的通信系统,其中,所述一系列HACD中的至少一个HACD具有与所述一系列HACD中的其他HACD不同的轨道路径或轨迹。

21. 根据权利要求14所述的通信系统,其中,所述一系列HACD包括初始HACD和最终HACD之间的至少一个中间HACD。

22. 根据权利要求21所述的通信系统,其中,所述中间HACD经由来自所述初始HACD的第一设备间链路接收所述通信,并且经由第二设备间链路将所述通信发送到所述最终HACD。

23. 根据权利要求14所述的通信系统,其中,基于所述一系列HACD中的每个相应HACD的操作状态来确定所述通信路径。

24. 根据权利要求23所述的通信系统,其中,所述一系列HACD中的每个相应HACD的操作状态包括作为整体的相应HACD的活跃状态或不活跃或所述相应HACD的一个或多个单独部件。

25. 根据权利要求14所述的通信系统,其中,基于边界网关协议、内部网关协议、最大流算法或最短路径算法中的至少一个来确定所述通信路径。

26. 根据权利要求25所述的通信系统,其中,所述边界网关协议包括路径矢量协议或距离矢量路由协议之一。

通信方法和通信系统

[0001] 本案是申请日为2015年1月22日、申请号为201580004224.2、发明名称为“全球通信网络”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本公开内容涉及全球通信网络。

背景技术

[0003] 通信网络是用于接收信息(信号)并且向目的地传输信息的大型分布式系统。在过去的数十年间,通信接入的需求已经显著地增加。尽管常规的电线以及光纤陆上通信线、蜂窝网络、以及地球同步卫星系统已经连续地增加以适应需求的增长,但是现有的通信基础设施仍然不足够大到适应需求的增加。此外,世界的某些区域没有连接到通信网络因此不能成为全球社区的一部分,其中在全球社区中,所有的东西连接到因特网。

[0004] 卫星和高海拔通信气球被用来向有线电视不能到达的地区提供通信服务。卫星可以是地球同步的或非地球同步的。从地球上特定的位置观察,地球同步卫星永久地保持在天空的同一区域,这是因为卫星环绕赤道的轨道运行具有恰好一天的轨道周期。非地球同步卫星通常在低或中地球轨道操作,并且不保持相对于地球上固定一点静止;卫星的轨道可以部分地由与地球的中心相交并且包含轨道的平面来描述。每个卫星可以配备有称为卫星间链路(或,更一般地,设备间链路)的通信设备以与同一平面或其它平面中的卫星通信。通信设备允许卫星与其它的卫星通信。这些通信设备昂贵且沉重。此外,通信设备显著地增加了建造、发射以及操作每个卫星的成本;它们还大大地使卫星通信系统以及关联的天线以及机制的设计和开发复杂化,以允许每一个卫星获得和追踪相对位置改变的其它卫星。每个天线具有机械或电子的操纵机构,其增加卫星的重量、成本、振动以及复杂性,并且增加失败的风险。由于相同平面中的附近的卫星链路中具有更少的相对位置变化,因此,与针对仅与相同平面中的附近的卫星通信的链路相比,针对被设计为与不同平面中的卫星进行通信的卫星间链路,对于这样的追踪机制的要求更加具有挑战性。相似的考虑以及增加的成本应用到具有气球间链路的高海拔通信气球系统。

发明内容

[0005] 本公开的一个方面提供了一种通信系统,该通信系统包括源地面站、一群通信设备、一个或多个链接网关、以及目的地地面站。地面站可以是网关或者用户终端,以及这样的地面站可以位于地面、船、或飞行器上。一群通信设备可选地包括绕地球轨道运行的多组通信设备。每组具有不同于另一组的轨道路径或轨迹(平面)。第一组的第一通信设备与源地面站通信并且从源地面站接收通信。链接网关至少与第一通信设备和第二组通信设备通信。链接网关从第一组通信设备接收通信并且向第二组通信设备中的第二通信设备发送通信。目的地地面站与第二组通信设备通信。目的地地面站从第二组通信设备中的通信设备接收通信。

[0006] 本公开内容的实现方式可以包括以下可选特征中的一个或多个。在一些实现方式中,源地面站通过电缆的或光纤的或无线射频的连接从第一用户接收通信,以及目的地地面站通过电缆的或光纤的或无线射频的连接向第二用户发送通信。一个或者两个用户可以是数据中心或其它计算设施。其它实现方式也是可能的,诸如自由空间光学通信或者在用户和网关之间自由空间光学的、电缆的、无线射频的、以及光纤通信的组合。通信设备可以包括通信气球和/或卫星或者能够通信的其它高海拔设备,诸如,人工驾驶或无人驾驶的飞行器。在一些示例中,链接网关跨地球移动并且可以在飞机、船、火车或者任何其它移动的对象上。

[0007] 在一些示例中,通信开始于源地面站附近的用户,该源地面站具有第一组通信设备(例如,在平面绕地球的轨道运行)作为它最近的通信设备组。源地面站发送通信至第一组通信设备。第一组通信设备中的通信设备可以在通信设备间(例如,经由设备间链路以串联方式)发送通信来到达最近的链接网关。链接网关可以是位于区域(例如,地球的北极或南极)的多个链接网关中的一个,在该区域中,多个通信设备组交叉路径。第一组通信设备中的通信设备发送通信至链接网关,其继而发送通信至第二组通信设备中的最近的通信设备。第二组通信设备中的通信设备可以在通信设备间(例如,经由设备间链路以串联方式)发送通信来到达目的地地面站。在一些示例中,第二组通信设备经由第二链接网关中继转发通信至第三组通信设备。这可以重复必要的次数来到达最终的一组通信设备,其继而发送通信至第二地面站。

[0008] 在一些实现方式中,占有通信的当前通信设备经由设备间链路与处在其组通信设备的轨道路径或轨迹(平面)的向前的通信设备通信以及与处在其组通信设备的轨道路径或轨迹(平面)的向后的通信设备通信。当前通信设备、向前的通信设备、以及向后的通信设备是处在同一组通信设备中。在第一通信设备接收通信后,第一通信设备可以经由设备间链路发送通信至向前的通信设备或向后的通信设备。接收通信的通信设备可以转发通信至链接网关。

[0009] 该系统还包括数据处理设备,数据处理设备与源地面站、一群通信设备、链接网关以及目的地地面站中的一些或全部进行通信。数据处理设备确定从与源地面站通信的源至与目的地地面站通信的目的地的通信路径。在一些示例中,数据处理设备基于边界网关协议、内部网关协议、最大流算法或最短路径算法中至少一个来确定路径。附加地或可选地,数据处理设备可以基于利用源和目的地间的距离、两个设备间的设备间链路容量、通信设备的操作状态以及通信设备信号强度中的一个或多个的评分函数来确定路径。评分函数可以基于允许数据处理设备来确定有效的或最低延迟的路径的附加的或不同的因素。通信设备的操作状态可以包括通信设备的活跃状态或者不活跃状态(例如,通信设备的、作为通信设备的整体的或者一个或多个单独的部件的)。如此,确定的路径可以避免不活跃的通信设备。

[0010] 本公开的另一个方面提供了一种通信的方法。该方法包括通过包括绕地球轨道运行的多组通信设备的一群通信设备来确定从源地面站到目的地地面站的通信路径。每组具有不同于另一组的轨道路径或轨迹。该方法还包括指示源地面站发送信息至第一组通信设备中的第一通信设备以及指示第一组通信设备发送通信至最近的链接网关。该方法还包括指示链接网关发送通信至第二组通信设备中的第二通信设备以及指示第二组通信设备发

送通信至目的地地面站。

[0011] 在一些实现方式中,该方法包括基于边界网关协议、内部网关协议、最大流算法或最短路径算法中至少一个来确定路径。附加地或可选地,方法包括基于利用源和目的地间的距离、两个设备间的设备间链路容量、通信设备的操作状态以及通信设备信号强度中的一个或多个的评分函数来确定链路。通信设备的操作状态可以包括通信设备的活跃状态或者不活跃状态(例如,通信设备的、作为通信设备的整体的或者一个或多个单独的部件的)。在一些示例中,源地面站从第一用户接收通信,以及目的地地面站传输通信至第二用户。通信设备可以包括通信气球和/或卫星。此外,链接网关可以跨地球移动。在一些示例中,方法包括确定链接网关的位置。

[0012] 在一些实现方式中,方法还包括指示占有通信的现当前通信设备发送通信至在当前通信设备的轨道路径或轨迹中以及在当前通信设备同一组通信设备中的向前的或向后的通信设备。该方法还可以包括指示接收通信的向前的或向后的通信设备发送通信至链接网关。此外,源地面站可以通过电缆的或光纤的或无线射频的连接从第一用户接收通信以及目的地地面站可以通过电缆的或光纤的或无线射频的连传输送通信至第二用户。其它的实现方式也是可能的,诸如自由空间光学的通信或用户和网关之间自由空间光学的、电缆的、无线射频的、以及光纤的通信的组合。

[0013] 本公开内容的又一个方面提供了一种通信系统,该通信系统包括与源地面站、一群通信设备、链接网关以及目的地地面站通信的设备。一群通信设备包括绕地球轨道运行的或者绕地球行进的多组通信设备。每组具有不同于其它组的轨道路径或轨迹。第一组通信设备中的通信设备与源地面站通信。链接网关与第一组通信设备以及第二组通信设备通信。目的地地面站与第二组通信设备通信。数据处理设备通过一群通信设备和链接网关来确定从源地面站至目的地地面站的通信路径。数据处理设备还指示源地面站发送通信至第一组通信设备的第一通信设备以及指示第一组通信设备发送通信至链接网关。数据处理设备还指示链接网关发送通信至第二组通信设备中的第二通信设备以及指示第二组通信设备发送通信至目的地地面站。

[0014] 在一些实现方式中,源地面站通过电缆的或光纤的连接或无线射频的连接从第一用户接收通信以及目的地地面站通过电缆的或光纤的连接或无线射频的连接传输通信至第二用户。通信设备可以包括高海拔通信气球或卫星。此外,链接网关可以跨地球移动。占有通信的当前通信设备经由设备间链路与在其组通信设备的轨道路径或轨迹内的向前的通信设备进行通信以及与在其组通信设备的轨道路径或轨迹内的向后的通信设备进行通信。当前通信设备、向前的通信设备、以及向后的通信设备在同一组通信设备内。在第一通信设备接收到通信后,第一通信设备可以经由设备间链路发送通信至向前的通信设备或者向后的通信设备。接收通信的通信设备可以转发通信至链接网关,其可以跨地球移动。例如,链接网关可以在飞机、火车、船、气球或其它移动的对象上。

[0015] 在一些示例中,数据处理设备基于源和目的地间距离、两个设备间的设备间链路容量、通信设备的操作状态、以及通信设备信号强度的一个或多个的评分函数来确定通信路径。通信设备的操作状态可以包括通信设备的活跃状态或不活跃状态。设备状态可以反映全部通信设备的状态或者通信设备中一个或多个单独的部件(诸如电池的充电状态以及功率源的功率输出)的状态。

[0016] 具体地,根据本发明的一方面,提供一种通信方法,该方法包括:通过数据处理硬件确定通过在地球上移动的一系列高海拔通信设备(HACD)从源到目的地的通信路径,该通信路径基于用于分配源和目的地之间的距离的分数的评分函数;由数据处理硬件指令源通过一系列HACD发送通信,所述一系列HACD包括初始HACD和最终HACD;和由数据处理硬件指令最终的HACD将通信发送到目的地。

[0017] 根据本发明的另一方面,提供一种通信系统,包括:与以下通信的数据处理设备;源;一系列高海拔通信设备(HACD),在地球上空移动;和目的地。其中数据处理设备被配置为执行包括以下操作的操作:通过在地球上移动的一系列HACD确定从源到目的地的通信路径,该通信路径基于用于分配源和目的地之间的距离的分数的评分函数;指令源通过一系列HACD发送通信,所述一系列HACD包括初始HACD和最终HACD;和指令最终的HACD将通信发送到目的地。

[0018] 本公开内容的一个或多个实现方式的细节伴随以下的图以及描述进行阐述。其它方面、特征以及优点将从描述和图、以及从权利要求变得显而易见。

附图说明

[0019] 图1A是具有卫星和通信气球的示例性全球规模通信系统的示意性图,其中卫星形成极地群。

[0020] 图1B是图1A的示例性组卫星形成沃克(Walker)星座的示意性图。

[0021] 图1C是全球规模通信系统的示例性通信气球的透视图。

[0022] 图1D是全球规模通信系统的示例性卫星的透视图。

[0023] 图1E是示例性全球规模通信系统的示意性图。

[0024] 图2A和图2B是在两个不同组的使用链接网关通信的两个示例性卫星的示意性图。

[0025] 图3A至3C是用于在全球规模通信系统中在第一用户和第二用户间发送通信的卫星和链接网关之间示例性路径的示意性图。

[0026] 图4A和图4B是用于在全球规模通信系统中在第一用户和第二用户间发送通信的气球和链接网关之间示例性路径的示意性图。

[0027] 图5是用于在两个用户之间通信的操作的示例性布置的示意图。

[0028] 在各个附图中,相同的参考标记指示相同的元件。

具体实施方式

[0029] 参照图1A至1E,在一些实现方式中,全球规模通信系统100包括高海拔通信设备(HACD) 200、网关300(包括源地面站310、目的地地面站320、以及链接网关330)、以及系统数据处理设备110。在一些示例中,源地面站310和/或目的地地面站320是用户终端或连接到一个或多个用户终端的网关300。HACD 200是释放到地球的大气中的设备。HACD 200可以指代低地球轨道(LEO)或者中地球轨道(MEO)或者高地球轨道(HEO)(包括地球同步轨道(GEO))中的通信气球200a或者卫星200b。HACD 200包括天线207,其从源地面站310接收通信20并且按新路线发送通信信号至目的地地面站320。HACD 200还包括数据处理设备110,其处理接收到的通信20以及确定到达目的地地面站320的通信20的路径。全球规模通信系统100可以包括通信气球200a、卫星200b、或者如图1A中所示两者的组合。此外,全球规模通

信系统100包括多个地面站300(诸如源地面站310、目的地地面站320、以及链接网关330)。源地面站310通过电缆的、光纤的或无线射频的连接12a与第一用户通信,以及目的地地面站320经过电缆的、光纤的或无线射频的连接12b与第二用户通信。在一些示例中,源地面站310和第一用户10a之间的通信或目的地地面站320和第二用户10b之间的通信是无线通信(射频的或自用空间光学的)。

[0030] HADC 200被划分为多组202,每组202(由于它们的轨道或轨迹可以大约形成几何平面,也指代为平面)具有与其它组202不同的轨道路径或轨迹。例如,作为HADC 200的气球200a在一个或多个组202a中大约沿着地球的纬度转动(或者在部分由盛行风确定的轨迹)。气球200a可以被划分为第一组或平面202aa以及沿着不同纬度或轨迹的第二组或平面202ab。相似地,卫星200b可以被划分为一个或多个组202b。例如,卫星200b可以被划分为第一组或平面202ba以及第二组或平面202bb。卫星200b可以被划分为更大或者更小数目的组202b。数据处理设备110可以是HADC 200的数据处理设备210、任意网关300的数据处理设备110、与HADC 200和网关通信的其它数据处理设备中的任意一个,或者它们的组合。

[0031] 第一用户10a可以与第二用户10b或第三用户10c通信。由于每个用户10在由海洋或者长距离分开的不同位置,通信20通过全球规模通信系统100从第一用户10a被传送到它的最终目的地,即,第二用户10b或第三用户10c。因此,需要具有能够在长距离路由传输通信信号通信量的全球规模通信系统100,其中一个位置处在距离源地面站310或目的地地面站320很远的位置(例如,海洋)。此外,与以基于光线或电缆的通信相比,由于HADC 200的使用,需要提供系统100减少的延迟以及增强的安全。此外,需要具有成本效益的系统。如之后将讨论的,需要能够容易地被连接并且提供每HADC 200间更少的和更简单的卫星间链路的HADC 200的连接的全球规模通信系统100。

[0032] 当建立允许不同的用户10在长距离上以及特别地大陆上通信的通信网络时,通信安全可能是主要的关注。经由电缆传输的通信信号可以被截取并且正在通信的信息可以被取得。在一些示例中,使用特殊的拔出设备,光学纤维电缆可以被拔出以用于通信截取。光学纤维的截取允许经过光纤电缆传输的所有声音和数据通信的取得,其在多数实例中不可检测。光纤还可以被故意地或意外地剪断或损坏,截断通信。因此,为了避免或最小化数据截取或中断,全球规模通信系统100限制或在一些情况下除去光纤电缆的使用,提供更安全的信号通信量。例如,光学纤维电缆的使用被限制在从源地面站310或目的地地面站320到用户10的相对短的距离。

[0033] 通信气球200a是充满氦气或氢气的气球并且释放到地球的大气层以达到11至23英里的海拔,以及为直径25英里的地面范围提供速度与地球的无线数据服务(诸如3G或4G)可比较的连接。通信气球200a在平流层浮动,其处于飞机两倍高的海拔以及天气(例如,地球表面上20km)。高海拔气球200a由风在地球30周围运输并且可以由上升或下降操纵至利用风在想要的方向移动的海拔。在平流层的风通常是稳定的并且以大约5和20每小时英里数(mph)缓慢移动,并且风的每一层在方向和大小上发生变化。

[0034] 参照图1C,通信气球200a包括气球204(例如,尺寸大约49英尺宽以及39英尺高)、设备箱206a、以及太阳电池板208。设备箱206a包括数据处理设备210,其执行算法来确定高空气球200a应该到哪里,然后每个高空气球200a移动在可以将它带到应该去的地方的方向上吹的风的一层。设备箱206a还包括用于存储功率电池以及用于与其它气球200a、在地面

上的网络天线或网关300通信收发器(例如,天线207)。通信气球200a还包括太阳能电池板208,其给设备箱206a提供电力。在一些示例中,太阳能电池板208在充足日照条件下产生大约100瓦特,其足够在给电池充电的同时保持通信气球200a运转并且电池在当没有太阳光时的晚间使用。当所有的高空气球200a同时工作,它们形成气球群。在一些实现方式中,地面上的用户10具有用于发送通信信号至通信气球200a的专用天线,这消除了对有源地面站310或目的地地面站320的需要。接收通信20的通信气球200a发送通信20至另一个通信气球200a,直到通信气球200a中的一个在连接至局部网络提供者并且经由气球200a的网络向用户10提供服务的目的地地面站320范围内。

[0035] 卫星200b是置于绕地球30的轨道中的对象并且可以服务不同目的,诸如军事或民用观察卫星、通信卫星、导航卫星、天气卫星以及研究卫星。卫星200b的轨道部分地基于卫星200b使用目的而变化。卫星轨道可以基于它们距地球30表面的高度被分类为低地球轨道(LEO)、中地球轨道(MEO)、以及高地球轨道(HEO)。LEO是以地球为中心的轨道(即,绕地球30轨道运行),其海拔范围从0至1240英里。MEO也是以地球为中心的轨道,其高度范围从1200英里至22236英里。HEO也是以地球为中心的轨道,并且有高于22236英里的高度。地球同步轨道是HEO的特殊情况。地球静止轨道(GSO,虽然有时还被称为GEO)是地球同步轨道的特殊情况。

[0036] 多个卫星200b一起工作形成卫星群。卫星群内的卫星200b可以被调整到一起操作并且在地面覆盖区有重叠。两种普通类型的群是极地星座(图1A)和沃克(Walker)星座(图1B),两者被设计来在使用最小数目的卫星200b同时提供最大地球覆盖区。图1A的系统100a包括卫星200b,其被布置在覆盖全部地球30并且绕两极轨道运行的极地星座中,而图1B的系统100b包括卫星200b,其被布置在覆盖低于某一纬度的区域的沃克(Walker)星座中,其鉴于地面上的用户10同时地提供大量的卫星200b(导致更高的可用性,更少的掉线连接)。

[0037] 参照图1D,卫星200b包括具有数据处理设备210的卫星主体206b,该数据处理设备210与通信气球200a的数据处理设备210相似。数据处理设备210执行算法以确定卫星200b向哪里移动。卫星200b还包括用于接收和传送通信20的天线207。卫星200b还包括安装到卫星主体206b的太阳能电池板208。太阳能电池板208向卫星200b提供电力。在一些示例中,卫星200b包括在太阳光没有到达时使用并且没有对太阳能电池板208充电的可充电的电池。

[0038] 当根据多个HACD 200建造全球规模通信系统100,有时需要利用将一个HACD 200连接至另一个、通过系统100、在长距离上的路由通信量。例如,两个卫星200b可以经由卫星间链路通信,以及两个气球200a可以经由气球间链路通信。这样的设备间(卫星200b或气球200a)连接IDL对于向远离源地面站310和目的地地面站320的区域提供通信服务是有用的并且还可以减少延迟以及增强安全(光学纤维电缆12可以被截取并且通过电缆的数据可以被取得)。该设备间通信类型不同于“弯管(bent-pipe)”模型,其中所有信号通信量从地基网关310、320通到卫星200b,并且继而直接下至地球30上的用户10,或者反之亦然。“弯管”模型不包括任何设备间通信;相反,卫星200b充当中继器。在一些“弯管”模型示例中,由卫星200b接收的信号在它再传输之前被放大;然而,没有信号处理发生。在“弯管”模型其它的示例中,部分或所有的信号可以被处理和解码以允许一个或多个路由至不同的波束,错误校正,或服务质量控制;然而,没有设备间通信发生。

[0039] 在一些实现方式中,长规模的HACD群(例如,气球群或卫星群)在平面或组202的数

量以及每个平面202的HACD 200的数目方面被描述。在同一平面202内的HACD 200维持相对于它们平面内HACD200邻居同样的位置。然而,相对于在相邻平面202内的邻居HACD200的位置随时间变化。例如,在具有近极地轨道的大规模卫星群中,在同一平面(在给定时间点,其大致上对应特定的纬度)202ba(图1A)内的卫星200b维持相对于它们平面内邻居(即,向前的和向后的卫星200b)大致恒定的位置,但是它们的位置相对于相邻平面内202bb、202bc、202bd的邻居随时间变化。相似的概念适用于通信气球200a;然而,通信气球200a在它的纬度平面附近旋转地球30并且维持对于它的邻近的通信气球200a大致上恒定的位置(见图1A中气球平面202aa、202ab)。

[0040] 设备间链路(IDL)消除或减少到网关跳跃HACD 200的数量,其减少延迟并且增加全部网络能力。设备间链路允许从覆盖特定区域的HACD 200将通信量无缝地移交至另一个覆盖同样区域的HACD200,其中第一HACD 200离开第一区域以及第二HACD 200进入区域。

[0041] 在一些实现方式中,HACD群包括具有足够的设备间链路以使群完全连接的HACD 200,其中每个HACD 200配置有通信设备和附加天线207,以追踪在同一平面202中或在其它相邻平面202中其它HACD 200的位置,以便与其它卫星200b通信。由于它增加了附加的硬件(例如,附加的天线)和针对HACD 200的计算以追踪在其它平面202中位置不断变化的HACD 200,这增加了HACD 200的成本。因此,为了维持系统100的设计、建造、以及发射的简单和低成本,系统100包括HACD 200,其仅追踪它前面的或向前的第一HACD 200以及另一它后面的或向后的HACD 200。再次参照图1A,考虑极地平面202bd具有三个可见的卫星200ba、200bb、200bc。当前卫星200ba经由设备间链路与向前的卫星200bb和向后的卫星200bc通信。当前卫星200ba不能够直接地与在另一平面202的其它卫星200b通信,或者不是向前的卫星200bb或向后的卫星200bc的其它卫星200b。为了达到完全地连接系统100,系统100包括接收来自HACD 200的通信20并且发送通信20至另一个在不同平面202中的HACD 200的链接网关330。如图1A中示出,链接网关330a、330b、330c连接两个在不同组或平面202bb、202bc的HACD 200。这意味着链接网关330至少与在第一平面202aa、202ba中绕轨道运行的第一组HACD通信,以及在不同于第一平面202aa、202ba的第二平面202ab,202bb中绕轨道运行的第二组HACD;链接网关330从HACD 200的第一组202aa、202ba接收通信20并且发送通信20至HACD 200的第二组202ab、202bb。绕第一平面202aa、202ba轨道运行的第一组从源地面站310接收通信20并且绕第二平面202ab,202bb轨道运行的第二组发送通信至目的地地面站320。与具有复杂的算法来追踪多个其它HACD的当前卫星200b相比,该设置提供更低价格更简单地完全链接HACD群,其意味着来自一个HACD 200的信号可以在群内被发送至任意其它HACD 200。例如,在平面202内,每个HACD 200可以与位于当前HACD 200前面的向前的HACD 200、以及位于当前HACD 200后面的向后的HACD 200连接。这减少了每个HACD 200至其它HACD 200的链路的数目,因此减少了用于追踪不止一个HACD 200所需要的附加设备的费用。

[0042] 地面站300通常被用作HACD 200和互因特网之间,或者HACD200和用户终端10之间的连接器。然而,系统100利用网关300作为链接网关330,其用于从一个HACD 200转播通信20至另一个HACD200,其中每个HACD在不同平面202中。每个链接网关330接收沿轨道运行HACD 200的通信20,处理通信20并且将通信20切换至在不同平面202的另一个HACD 200。因此,当使用链接网关330来充满减少每个HACD 200的天线的数目的缺口时,HACD 200和链接

网关330的组合提供了完全连接系统100,其追踪在当前HACD 200的另一个平面202中的其它HACD 200设备。

[0043] 为了简化的目的,考虑具有两个同一平面IDL并且没有IDL至其它平面202的系统100。换言之,每个HACD 200立刻看见它前面的另一个HACD以及立刻看见它后面的另一个HACD。系统100看起来像一系列的环,每个环是平面202,其中每一个环从其它的环(平面202)隔离。通信信号20从一个平面202被传送到另一个平面,即,环通过发送来自环的通信信号20至链接网关330而被连接,其依次发送至另一个环。在不允许通信20经过陆地网络被传送的条件下,链接网关330接收通信20并且将它连接到另一个环中的另一个HACD 200,其提供安全益处。

[0044] 参照图2A和图2B,链接网关330可以是静止的链接网关330a或移动的链接网关330b、330c(例如,位于移动的对象上,诸如飞机,火车,船或其它移动的对象)。参照图2A,在一些示例中,在卫星200b群中,气球200a充当链接网关330a。如示出,在没有附加的天线和不需要硬件的条件下,通过利用链接网关330来将信号从第一卫星200ba转播或再传送至第二卫星200bb,第一平面202ba中的第一卫星200ba和第二平面202bb中的第二卫星200bb能够在彼此发送通信20。链接网关330是(或者之上)气球200a、飞机330c、船330b、或在不移动地面上静止的设备330a中的任何一个。还如示出,链接网关330是移动的对象。参照图2B,在一些示例中,气球200a群使用链接网关330将第一平面202aa中的第一气球200aa连接至使用链接网关330的第二平面202ab中的第二气球200ab。在一些示例中,卫星200b充当链接网关330。

[0045] 在一些实现方式中,其中HACD群沿着极地轨道或近极地轨道,链接网关330位于一个或两个极点附近。这特别地有用,因为链接网关330可以“看见”或换言之与在大部分或者全部平面202中的HACD200通信,因此能够通过单个的链接网关弹跳,使通信信号从任何平面202传送到任何其它平面202。

[0046] 图3A至图3C提供了从第一用户10a至第二用户10b的通信路径的示例。在一些示例中,在巴西的第一用户10a想要与在美国的第二用户10b通信。第一用户10a发送通信20至第二用户10b。全球规模通信系统100在源地面站310接收通信20并且确定(使用系统数据处理设备110)通向目的地地面站320的路径22。在一些示例中,源地面站310通过电缆的或光学纤维的连接12从第一用户10a接收通信20。在其它的示例中,源地面站310通过无线射频通信接收通信20。类似的,目的地地面站320可以通过电缆的或光学纤维的连接12,或通过无线射频通信将通信20传输至第二用户10b。其它的示例也是可能的,诸如自由空间光学通信或者自由空间光学、电缆、无线射频的组合,以及用户10和网关300(例如,源地面站310和目的地地面站320)之间的光学纤维通信。此外,用户10可以在房屋、居民建筑内、商业建筑物、数据中心、计算设施,或服务提供者中。在一些示例中,源地面站310和/或目的地地面站320连接一个或多个用户10。此外,用户10可以是源地面站310或目的地地面站320。

[0047] 当系统100接收通信20,系统数据处理设备210基于一个或多个标准确定通信20的路径22。在一些实现方式中,系统数据处理设备110考虑但不限于边界网关协议(其包括路由算法)、内部网关协议,最大流问题、和/或最短路径问题。

[0048] 边界网关协议(BGP)是外部网关协议,其用于在因特网上自主系统之间交换路由和可达性信息。协议被分类为路径矢量协议或距离矢量路由协议。路径路由协议是用来维

持动态更新的(通信20的)路径信息的计算机路由协议。路径路由协议与距离矢量路由协议不同之处在于,在它路由表格中的每个条目包括目的地网络(例如,目的地地面站320或终端用户10b)、下一个路由器(例如,下一个HACD200)、以及到达目的地地面站320的路径22。距离矢量路由协议要求路由器(例如,HACD 200或链接网关330)周期性地通知它的邻居(例如HACD 200或链接网关330)拓扑改变。当系统100使用距离矢量路由协议时,系统100考虑每个通信20应该被转发到哪个方向,以及距它目的地的距离(现在位置)。系统数据处理设备110计算到系统100中任意其它HACD 200的方向和距离。方向是对用于到达下一个目的地的成本的衡量;因此,两个节点之间最短距离(例如,HACD200、网关300)是最小的距离。当前设备(例如,HACD 200或网关300)的距离矢量协议的路由表格被周期性得更新并且可以被发送至邻居设备。BGP不利用内部网关协议(IGP)。

[0049] 内部网关协议(IGP)可以被用于在自动系统(例如,系统100)中网关(例如,HACD 200或链接网关330)之间交换路由信息。路由信息可以继而被使用来路由如同因特网协议(IP)的网络级别协议。与此相反,外部网关协议被使用来交换自动系统间路由信息并且依赖IGP解决自动系统内的路由。IGP可以被划分为两个种类:距离矢量路由协议以及连接状态路由协议。IGP协议的具体示例包括开放最短路径优先(OSPF)、路由信息协议(RIP)以及中间系统到中间系统(IS-IS)。

[0050] 最大流问题以及关联的算法包括寻找经过网络从单独源至单独目的地的最大的可行流,其中源和目的地被其它设备(例如,HACD200、网关300)分离。最大流问题考虑HACD 200之间或网关300之间上限容量以确定最大流。最短路径问题包括寻找HACD之间或网关300之间的最短路径22,其中最短路径22包括最少的成本。最短路径可以在物理距离方面,或期望最小化的其它量或组合分数或权重方面被定义。其它算法还可以用来确定通信20的路径22。

[0051] 用于确定通信20的路径22的算法可以包括用于分配分数或权重值至每条链路(HACD 200之间的通信或HACD 200与网关300之间的通信)的评分函数。这些分数在算法使用中被考虑。例如,算法可以尝试最小化路径22的累积权重(即,所有组成路径22的链路权重的和)。在一些实现方式中,系统数据处理设备110考虑HACD 200之间或网关300之间的物理距离(以及密切相关的延迟)、与HACD 200之间或网关300之间的链路的容量比较的当前链路负荷,HACD 200或网关300的健康状况,或它的操作状态(活跃或非活跃,其中活跃表示设备是可操作的和健康的以及非活跃表示设备是不可操作的)、HACD 200或网关300的电池(例如,设备可以具有提供多久电力)、以及在用户终端的信号强度(针对用户终端至卫星链路)。

[0052] 再次参照图3A,如示出,系统数据处理设备110可以确定通信30的路径22。例如,源地面站310接收通信20并且将通信20发送至最近的卫星200bg,其依次将通信20发送至链接网关300a(地面网关)。链接网关330a依次将通信20发送至处在与第一接收卫星200bg不同平面202的另一个卫星200ba。第二卫星200ba经由设备间链路发送通信20至向前的或向后的卫星200bc(取决于卫星200b的轨道路径),其依次经由设备间链路发送通信20至其它的卫星200bd,并且最后经由设备间链路至最后的卫星200be。最后的卫星200be发送通信20至它的目的地地面站320,其发送通信20至终端用户10b。如描述的,通信20通过使用链接网关330在平面202上跳跃。

[0053] 图3B中示出源地地面站310和目的地地面站320之间的路径22的另一个示例。在这种情况下,通信20从源地地面站310行进至第一卫星200bg,继而经由设备间链路从第一卫星200bg至第二卫星200bf。第二卫星200bf发送通信至链接网关330,在这种情况下为移动的网关300b(例如,船330b),其依次在两个平面202ba,202bb的卫星200bf,200bc之间链接通信20。在第二平面202bb中的卫星200bc、200bd、200be经由设备间链路通信来将通信20传输至它的目的地地面站320。

[0054] 图3C中示出源地地面站310和目的地地面站320之间的路径22的第三个示例。在这种情况下,通信20从源地地面站310行进至在第一平面202ba的第一卫星200bg,继而从第一卫星200bg至第二卫星200bf至第三卫星200be,其中两个卫星200b之间的通信是经由设备间链路。第三卫星200be发送通信20至为移动网关的链接网关330c(例如,飞机300c),其将通信20链接至第二平面202bb中的卫星200b。

[0055] 如图3A至图3C中描述,通信20经由从第一组(例如,平面202)卫星200b至第二组(例如,平面202)卫星200b的网关链路330来从第一用户10a行进至第二用户10。然而,在一些实现方式中,通信20经过不止一个链接网关330(例如第二链接网关330)行进至第三组(例如,平面202)卫星200b。这可以重复必要的次数以到达最后的卫星200b组(即,多个链接网关330链接位于不同平面202中的卫星200b),其依次发送通信20至目的地地面站320。

[0056] 与其中HACD 200是卫星200b的图3A至图3B的示例相似,图4A和图4B示出一群气球200a,其中系统数据处理器110确定从第一用户10a至第二用户10b通信气球200a之中的通信20的路径22。路径22包括在第一平面202aa的通信气球200a,其链接到在第二平面202ab中的通信气球200a。链接网关330是移动的船330b(图4A)或飞机330c(图4B)。在一些示例中,未示出,链接网关330是地面网关300(与图3A中示出的相似)。如示出,通信路径如下:源地地面站310、通信气球200af、200ag、200ah、200ai、链接网关330b、330c、通信气球200ad、200ac、200ab、以及目的地地面站320。

[0057] 在一些示例中,第一用户10a和第二用户10b之间的所有通信是经由系统100的。然而,在其它的示例中,第一用户10a可以请求被高速缓存在网关300中的一个以及系统100中的通信20,因此通信20(例如,用户请求视频)由在附近的网关300的高速缓存服务。

[0058] 如图4A和图4B中描述,通信20经由从第一组(例如,平面202)气球200a至第二组(例如,平面202)气球200a的链接网关330来从第一用户10a行进至第二用户10。然而,在一些实现方式中,通信20经过不止一个链接网关330,例如,第二链接网关330行进至第三组(平面202)气球200a。这可以重复必要地次数以到达最后的气球200a组(即,多个链接网关330链接位于不同平面202中的气球200b),其依次发送通信20至目的地地面站320。

[0059] 参照图5,通信方法500包括通过一群通信设备(例如,HACD200,诸如通信气球200a或卫星200b)确定从源地地面站310至目的地地面站320的通信20的路径22,一群通信设备包括绕地球30轨道运行的多组(例如,平面202)通信设备200。每组202具有与另一组202不同的轨道路径或轨迹。方法500还包括指示504源地地面站310发送通信20至第一组通信设备200中的第一通信设备200并且指示506第一组通信设备200发送通信20至最近的链接网关330。方法500还包括指示508链接网关330发送通信20至第二组通信设备200中的第二通信设备200并且指示510第二组通信设备200发送通信20至目的地地面站320。

[0060] 在一些实现方式中,方法500包括基于边界网关协议、最大流问题或最短路径问题

中的至少一个来确定路径22。其它的因素也可以用来确定路径。在一些示例中,方法500包括基于源地面站310和目的地地面站320之间的距离、两个设备之间设备间链路的容量、通信设备200的操作状态、以及通信设备200的信号强度中的一个或多个的评分函数来确定路径22。通信设备200的操作状态可以是活跃状态或不活跃状态,其中方法500包括在确定通信路径时避免不活跃的通信设备200。在一些示例中,源地面站310从第一用户10a接收通信20以及目的地地面站320向第二用户10b传输通信。链接网关330可以跨地球30移动(例如,在气球、飞机、火车、汽车、船、或其它移动的对象上)。如此,方法500可以包括确定链接网关330的位置。

[0061] 在一些实现方式中,方法500还包括指示占有通信200的当前通信设备200发送通信20至在当前通信设备200的轨道路径或轨迹中以及在与当前通信设备200相同组通信设备200内的向前的或向后的通信设备200。方法500还包括指示接收通信20的向前的或向后的通信设备200发送通信20至链接网关330。源地面站310可以经过电缆的或光学纤维的或无线射频的连接从第一用户10a接收通信20并且目的地地面站可以经过电缆的或光纤的或无线射频的通信将通信20传输至第二用户10b;然而,其它通信的模式也是可能的。例如,用户10a、用户10b可以经过有线的、光纤的、自由空间光学的、无线的通信或它们的组合与网关300通信,诸如源地面站310和目的地地面站320。

[0062] 本文所描述的系统的各种实现方式和技术可以以以下方式来实现:数字电子电路、集成电路、专用设计的ASIC(专用集成电路)、FPGA(现场可编程门阵列)、计算机硬件、固件、软件、和/或它们的组合。这些各种实现方式可以包括在包括至少一个可编程的处理器可执行的和/或可解译的一个或多个计算机程序中的实现,其可以是专用的或通用的目的,被耦合以接收数据和指令,以及传输数据和指令到存储系统、至少一个输入设备和至少一个输出设备。

[0063] 这些计算机程序(也被称为程序、软件、软件应用或代码)包括用于可编程处理器的机器指令以及可以以高级别程序和/或面向对象编程语言和/或汇编/机器语言来实现。如在本文中使用,术语“机器可读介质”以及“计算机可读介质”指代任何计算机程序产品、装置和/或设备(例如,磁盘、光盘、存储器、可编程逻辑器件(PLD)),其用来提供机器指令和/或数据至可编程处理器,包括接收机器指令作为机器可读信号的机器可读介质。术语“机器可读信号”指代用来向可编程处理器提供机器指令和/或数据的任何信号。

[0064] 本说明中所描述的主题的实现方式以及功能操作可以以数字电子电路、或以计算机网络、固件、或硬件包括本说明中公开的结构或它们结构的等价或者它们中一个或多个的组合来实现。此外本说明中描述的主题可以被实现为一个或多个计算机程序产品,即,编码在计算机可读介质上的一个或多个计算机程序指令模块,以用来由数据处理装置执行或控制数据处理装置的操作。计算机可读介质可以是机器可读存储设备、机器可读存储基底、存储器设备、影响计算机可读传播信号的物质的复合物、或者它们中一个或多个的组合。术语“数据处理装置”、“计算设备”以及“计算处理器”涵盖用于处理数据的所有装置、设备和机器,包括例如可编程处理器、计算机、或多个处理器或计算机。装置除硬件外包括产生用于讨论中的计算机程序的执行环境的代码,例如构成处理器固件的代码、协议栈、数据库管理系统、操作系统、或它们的一个或多个的组合。传播的信号是人工生成的信号,例如,机器生成电的、光学的或电磁的信号,其被生成以编码信息以传输至合适的接收器装置。

[0065] 计算机程序(还被称为应用、程序、软件,软件应用、脚本或代码)可以以任何编程语言形式书写,包括编译的或解译的语言,以及它可以以任何形式被配置,包括作为独立的程序或作为模块、部件、子程序或其它合适用于在计算环境中使用的单元。计算机程序不是必须对应文件系统中的文件。程序可以被储存在保存其它程序或数据的文件的一部分(例如,一个或多个脚本保存在标记语言文件)、在专用于讨论中的程序的单一文件、或多个协同的文件(例如,储存一个或多个模块的文件、子程序、代码的部分)。计算机程序可以被部署为在一个或多个位于一个地点或多个地点间分布的并且被通信网络内部互连的计算机上执行。

[0066] 本说明中描述的过程和逻辑流程可以由执行一个或多个计算机程序的一个或多个可编程处理器执行,以执行操作输入数据并且生成输出的功能。过程和逻辑流程还可以由特殊目的逻辑电路执行,以及装置可以被实现为特殊目的逻辑电路,例如,FPGA(现场可编程门阵列)或ASIC(专用集成电路),或专用设计的ASIC来抵挡太空的高辐射环境(称为“辐照加固”或“抗辐射”)。

[0067] 适用于计算机程序执行的处理器包括例如通用和专用的微处理器两者,以及任意一个或多个数字计算机的任意种类的处理器。通常,处理器将接收来自只读存储器或随机存取存储器或者两者的指令和数据。计算机的基本元件是用于执行指令的处理器以及用于储存指令和数据的一个或多个存储器设备。通常,计算机还将包括或被有效地耦合来接收来自一个或多个用于储存设备的大容量存储器设备(诸如,磁盘、磁光盘或光盘)的数据或传送数据至一个或多个用于储存设备的大容量存储器设备。然而,计算机不是必须具有这样的设备。此外,计算机可以被嵌入至另一个设备中,诸如,移动电话、个人数字助理(PDA)、移动音频播放器、全球定位系统(GPS)接收器,仅举几例。适用于储存计算机程序指令和数据的计算机可读介质包括非易失性存储器、介质以及存储器设备的所有形式,包括通过举例半导体存储设备,例如EPROM、EEPROM、以及闪存设备;磁盘,例如内置硬盘或可移动盘;磁光盘;以及CD ROM和DVD-ROM盘。处理器和存储器可以由特殊目的逻辑电路补充,或合并入专用逻辑电路。

[0068] 本公开内容的一个或多个方面可以被实现在计算系统中,其包括后端部件,例如,数据服务器,或包括中间设备部件,例如,应用服务器,或包括前端部件,例如,具有图形用户接口或web浏览器的客户计算机,经过其用户可以与本说明中描述的主题实现方式、或一个或多个这样的后端、中间设备或前端设备部件的组合交互。系统的部件可以由任意数字数据通信(例如,通信网络)形式或介质互连。通信网络的示例包括局域网络(“LAN”)以及广域网络(“WAN”)、跨网(例如,因特网)、以及对等网络(例如,自组织对等网络)。

[0069] 计算系统可以包括客户和服务器。客户和服务器通常是彼此远离并且通常经过通信网络交互。通过运行在相应的计算机上的计算机程序的优点和具有彼此客户-服务器关系,客户和服务器的关系出现。在一些实现方式中,服务器传送数据(例如,HTML网页)至客户端设备(例如,为了显示数据和接收来自与客户端设备交互的用户的用户输入的目的)。客户端设备处生成的数据(例如,用户交互的结果)可以从服务器处的客户端设备被接收。

[0070] 尽管本说明书包含很多细节,但是这些细节不应当被理解为对本公开的范围的限制或权利要求的限制,而是本公开的特别实现的细节特征的描述。本说明中在单独实现方式的上下文描述的某些特征还可以由组合实现在单个的实现方式中。相反地,单个实现方

式的上下文中描述的不同特征也可以分别地在多个实现方式中实现或以任意合适的子组合。此外,尽管上文描述了在某些组合以及甚至初始如这样要求保护的起作用的特征,但是来自要求保护的组合的一个或多个特征可以在某些情况下从组合中被免除,并且要求保护的组合可以涉及子组合或子组合的变化。

[0071] 相似地,尽管以特定的顺序在图中描述操作,但是这不应当被理解为需要这样的操作以示出的特定顺序或以连续的顺序被执行,或所有图示的操作被执行来达到想要的结果。在某些情况下,多任务以及并行处理可以是有利的。此外,上文描述的实施例中不同系统部件的分离不应当被理解为在所有的实施例中需要这样的分离,以及应当理解的是描述的程序部件和系统可以通常被一同集成在单个的软件产品或包装到多个软件产品。

[0072] 已经描述了多个实现方式。然而,应当理解的是,在不脱离本公开的精神和范围的条件下,可以进行不同的修改。因此,其它实现方式在所附的权利要求的范围内。例如,权利要求中列举的动作可以以不同顺序执行并且仍达到期望的结果。

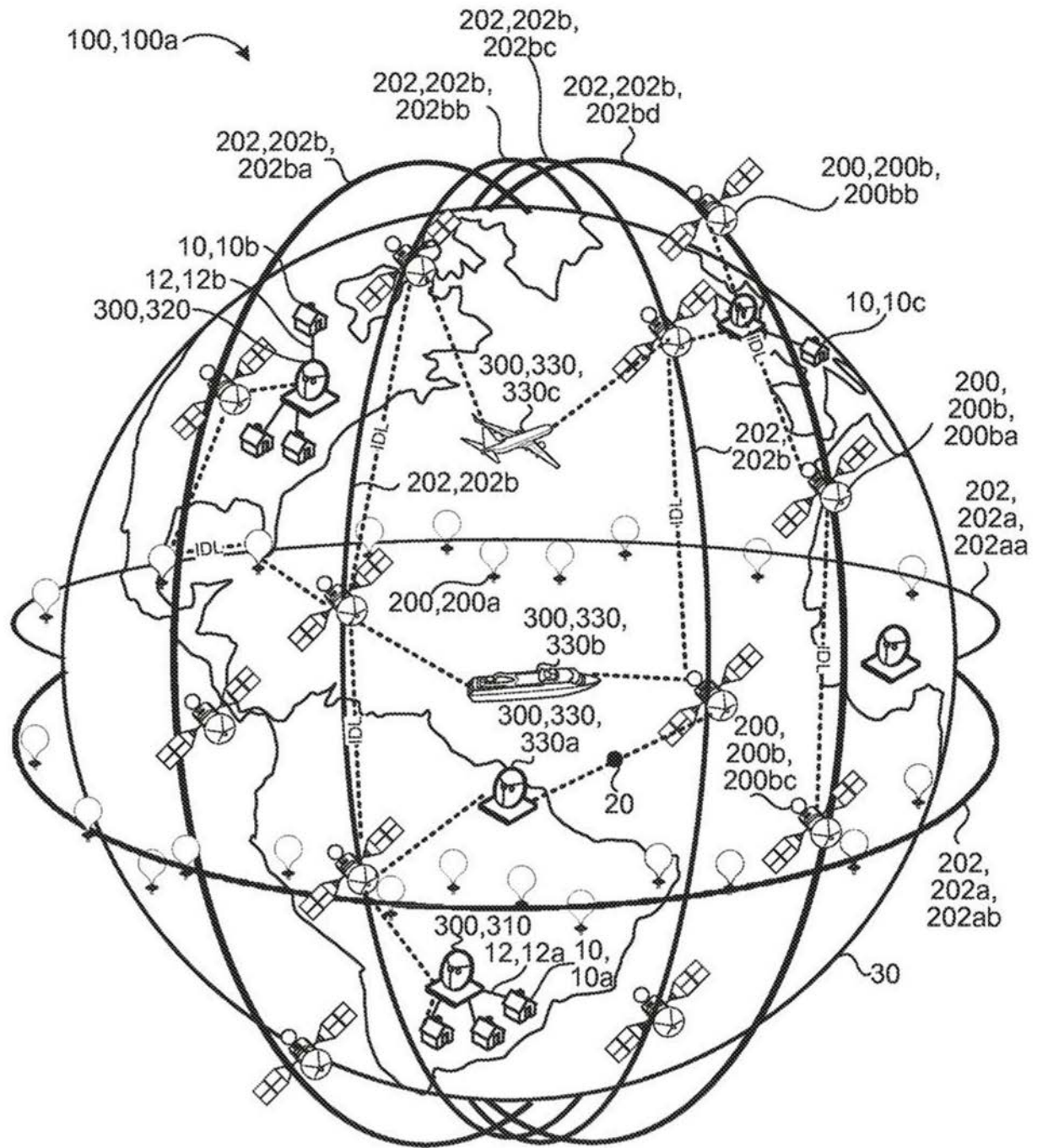


图1A

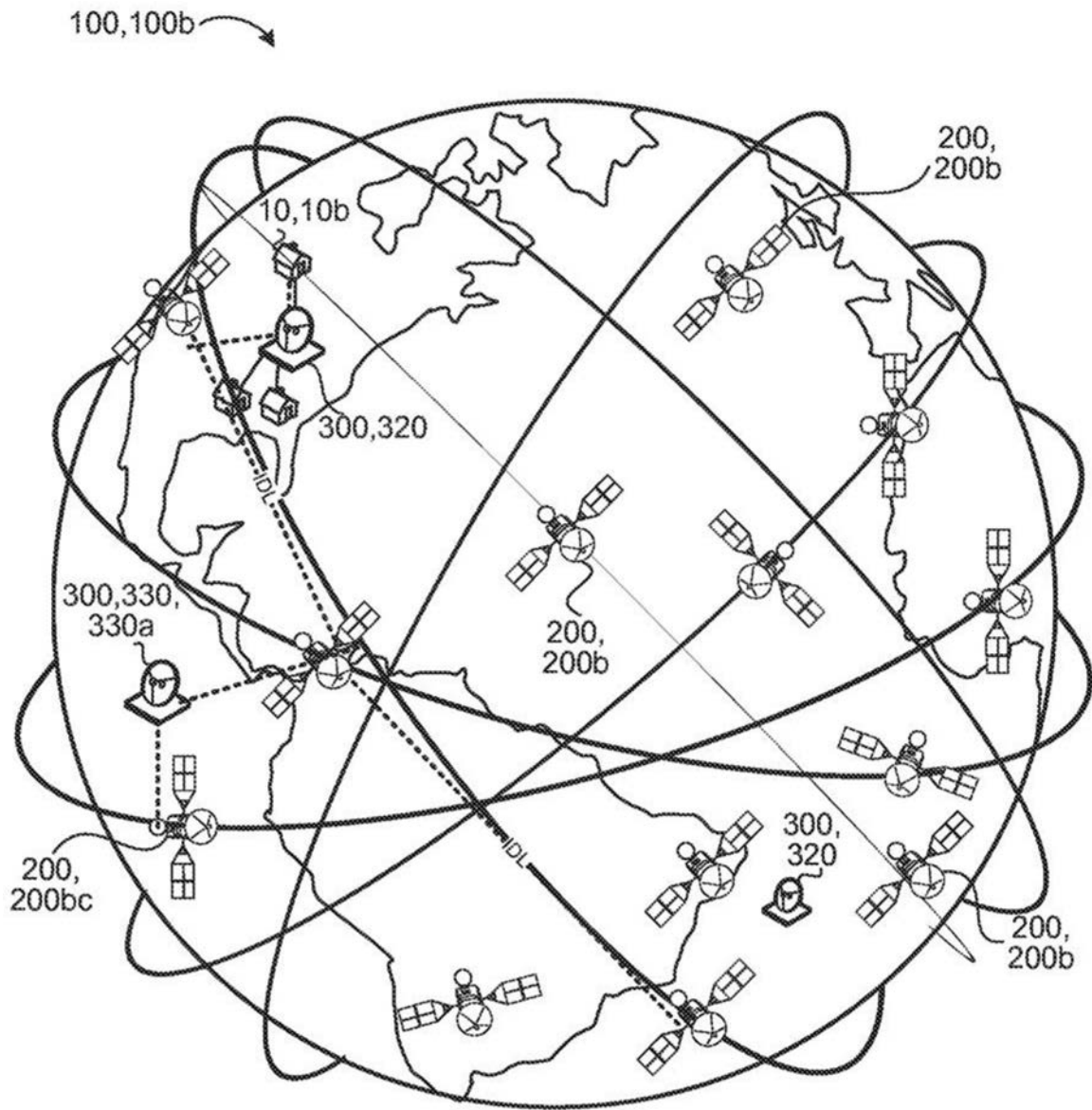


图1B

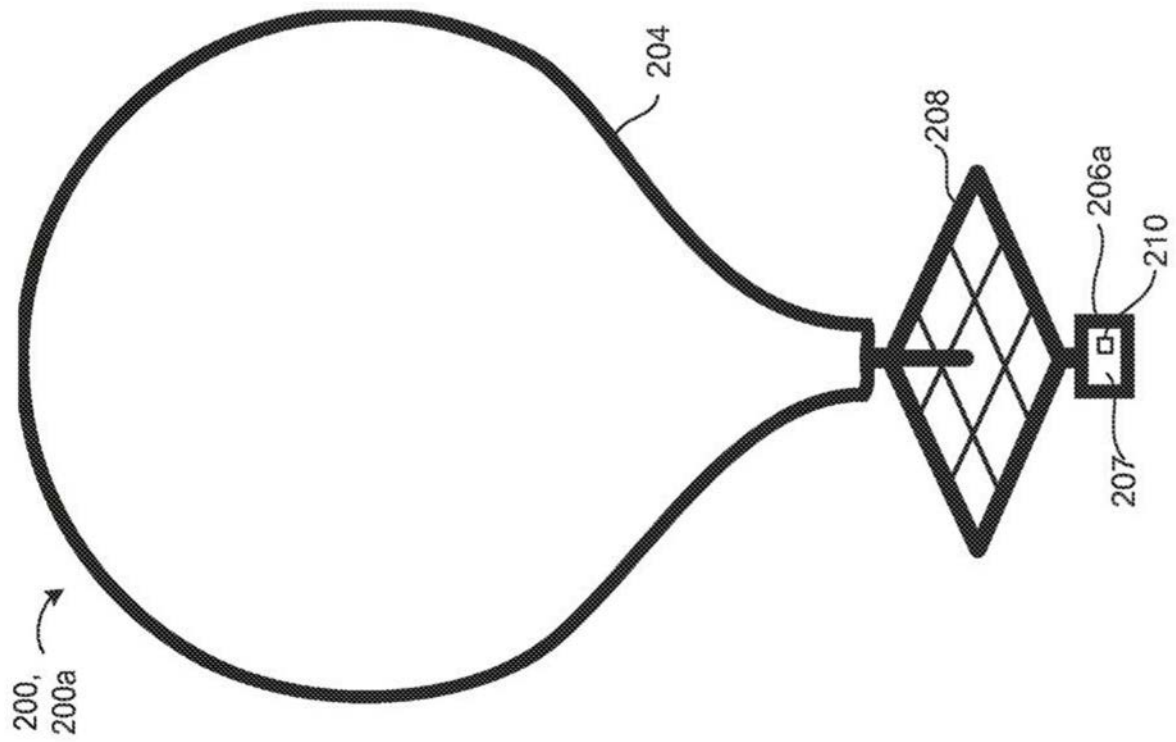


图1C

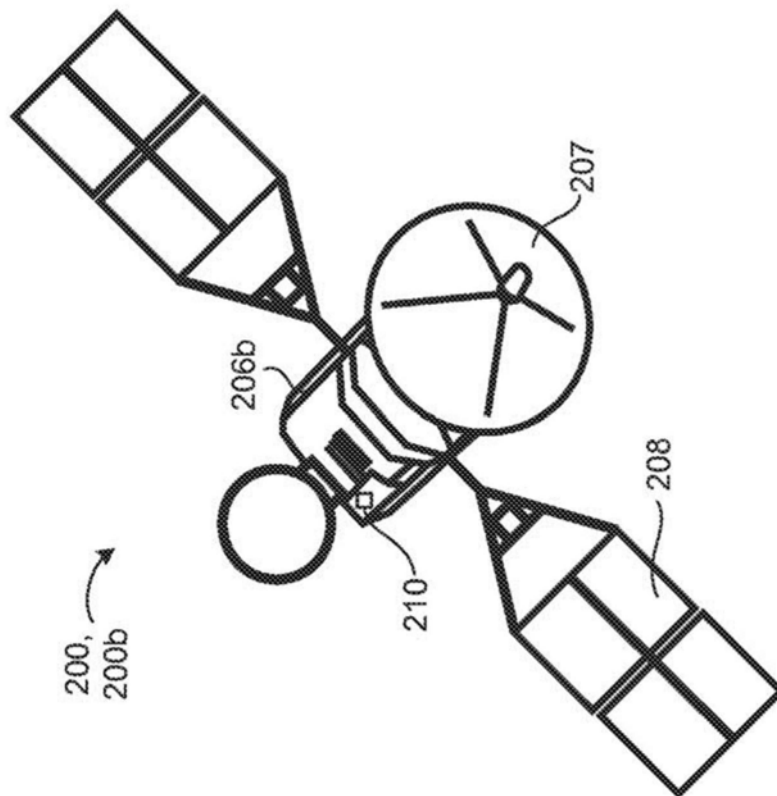


图1D

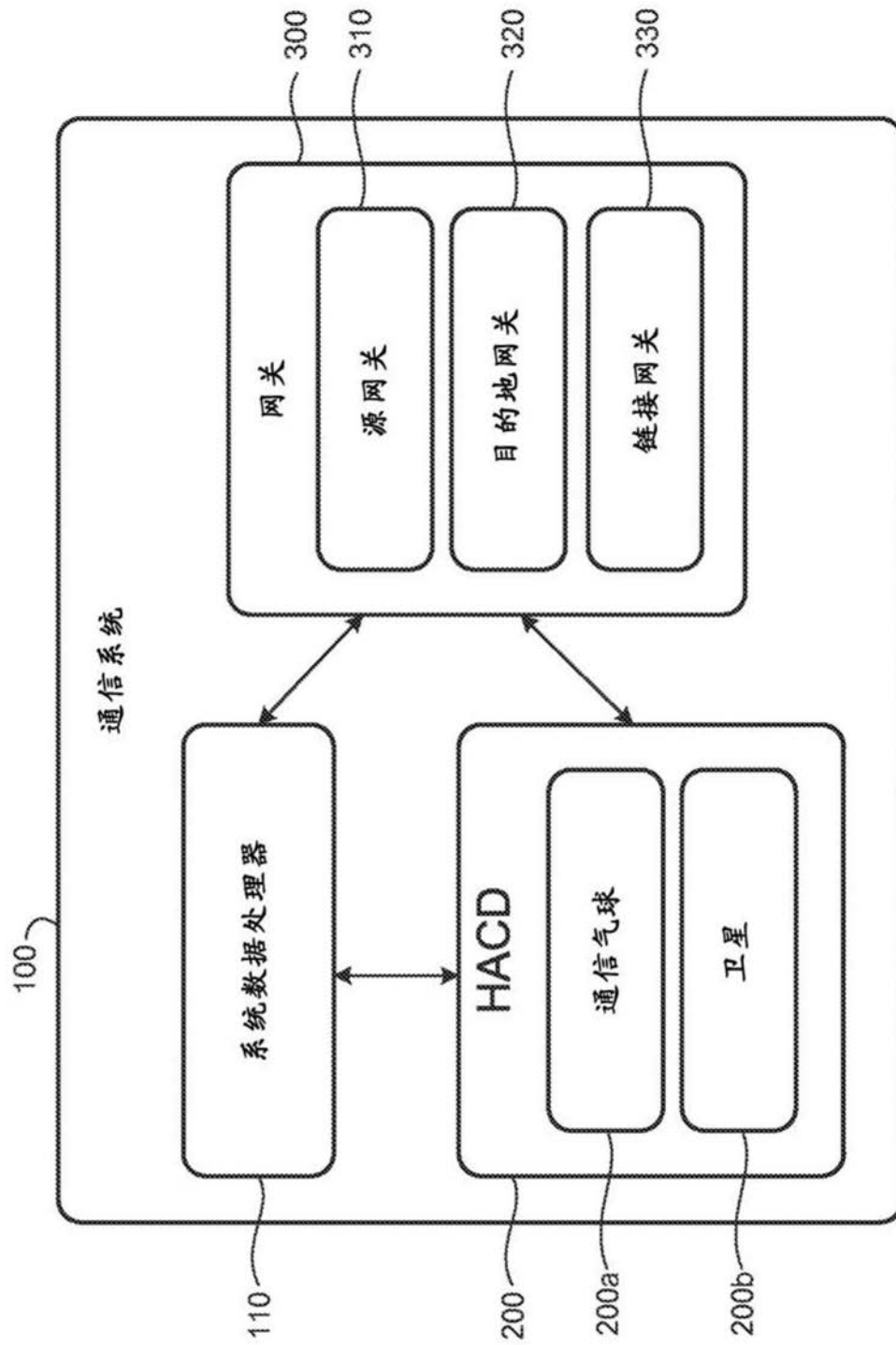


图1E

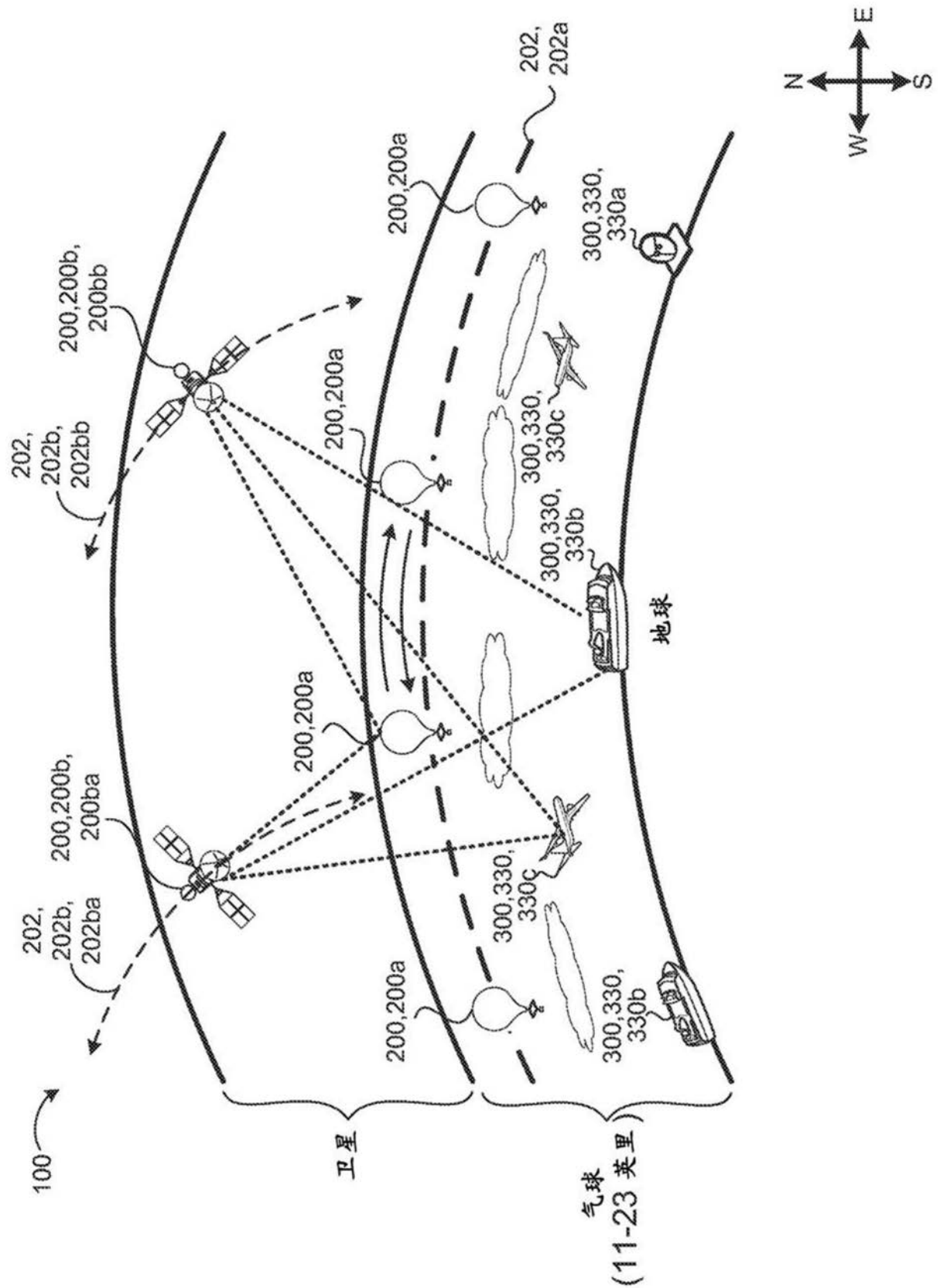


图2A

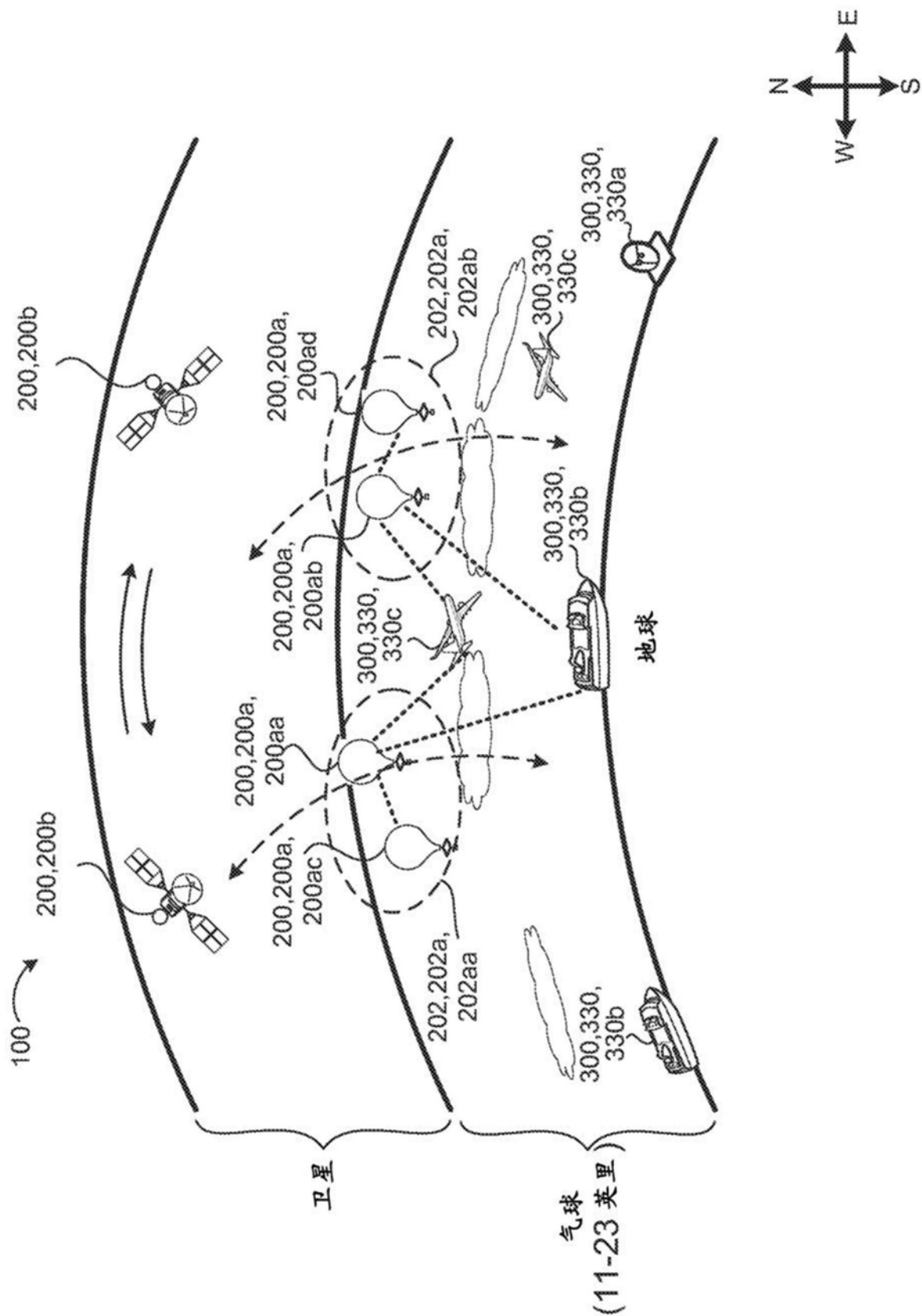


图2B

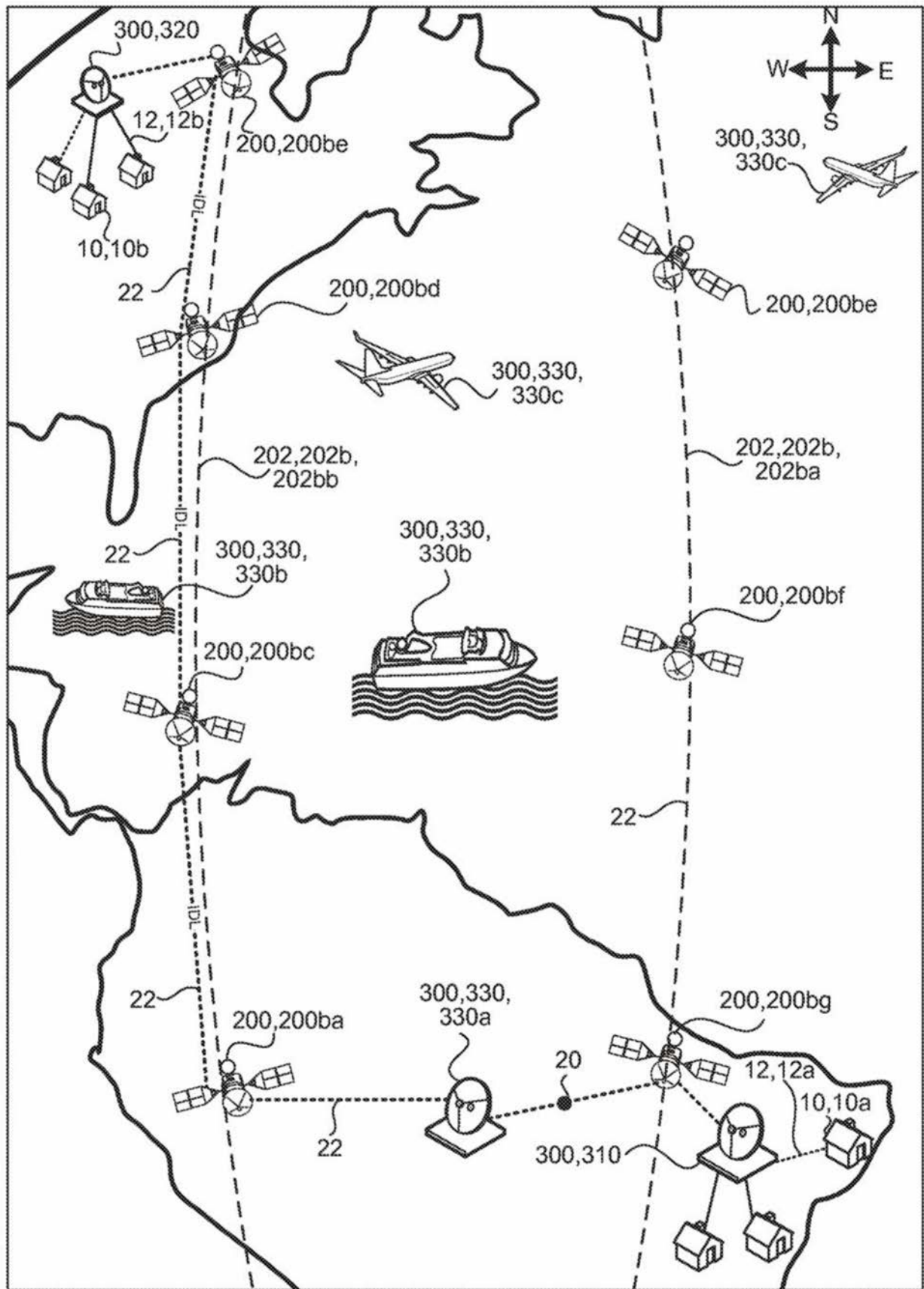


图3A

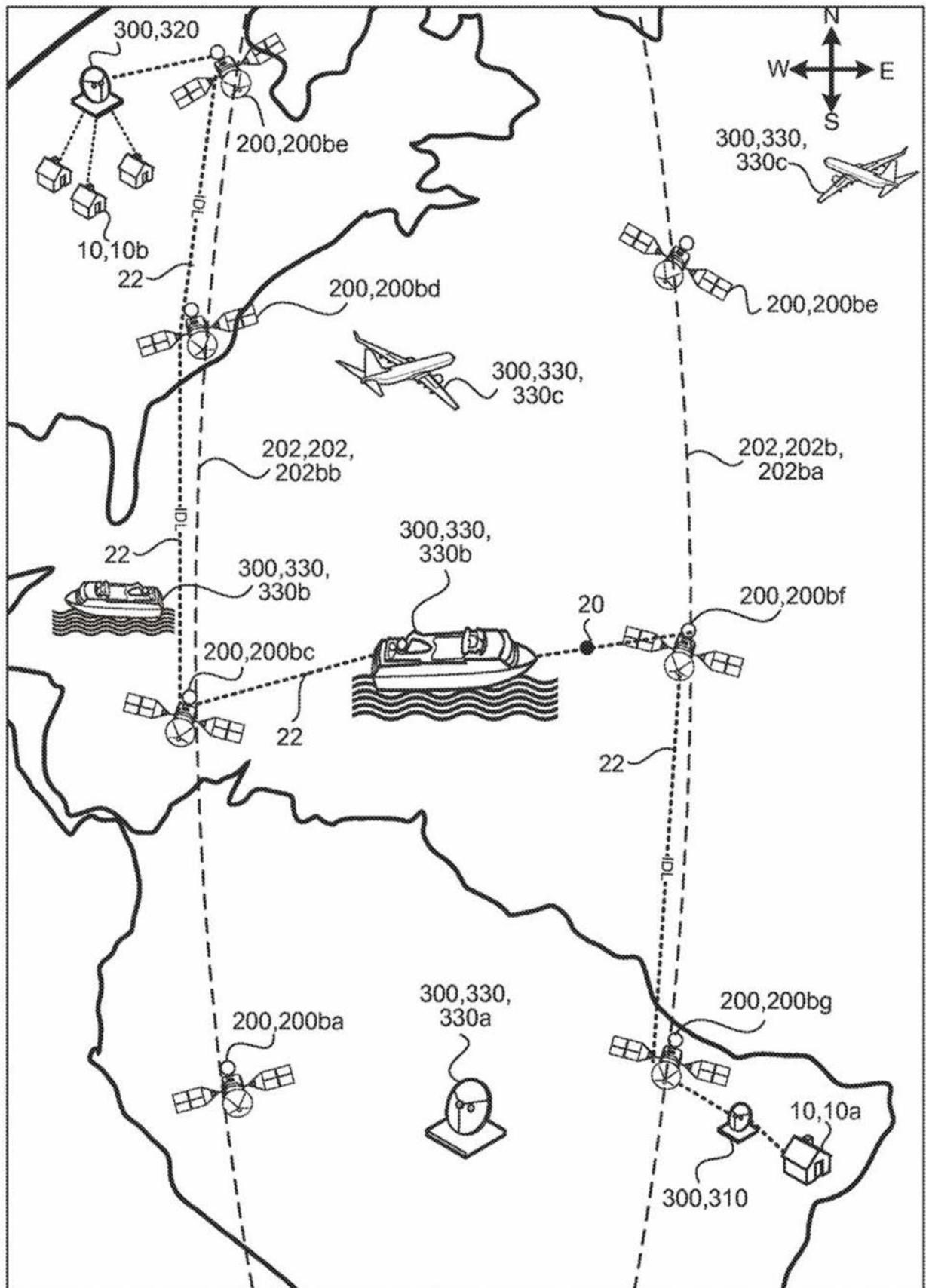


图3B

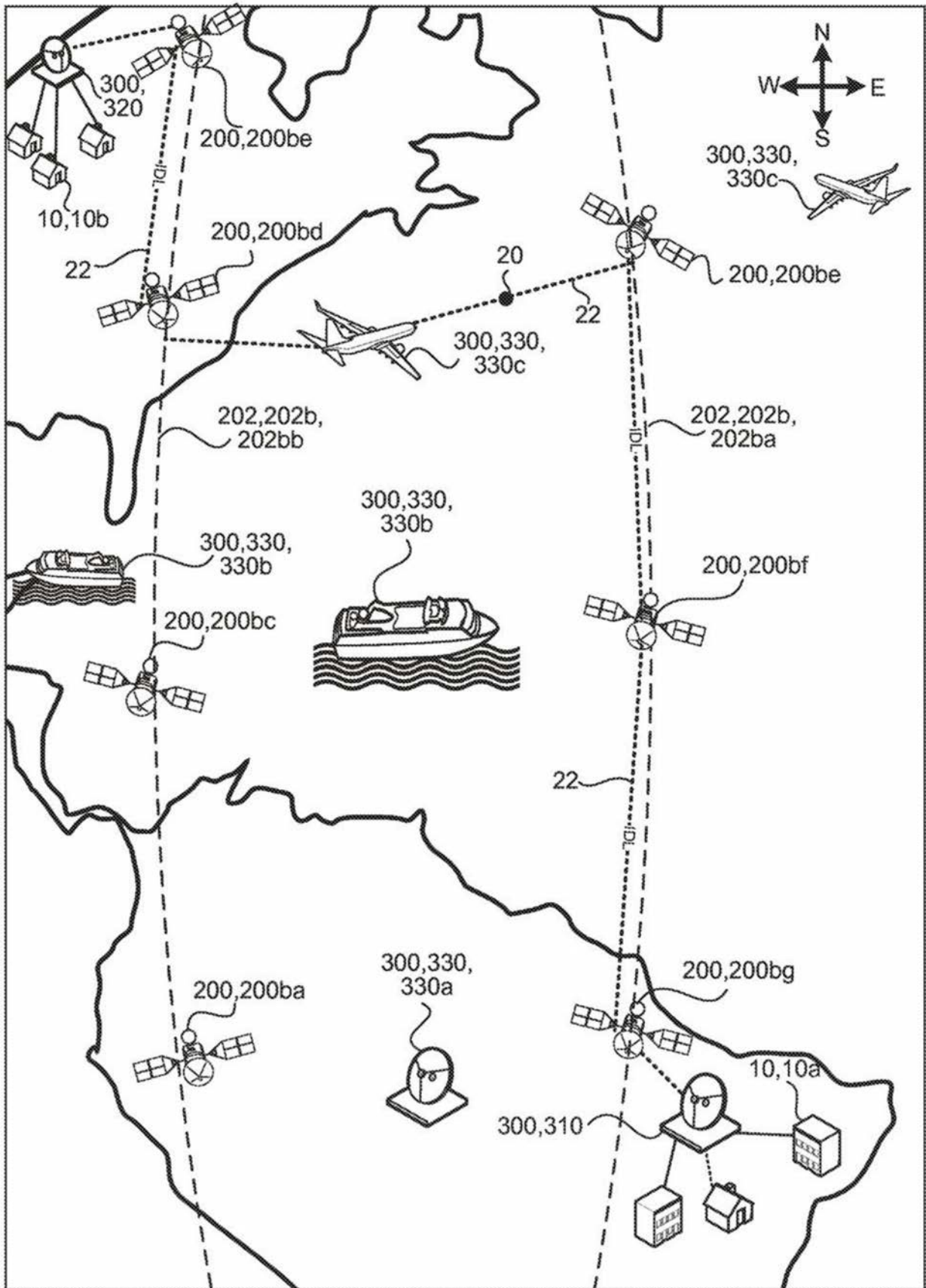


图3C

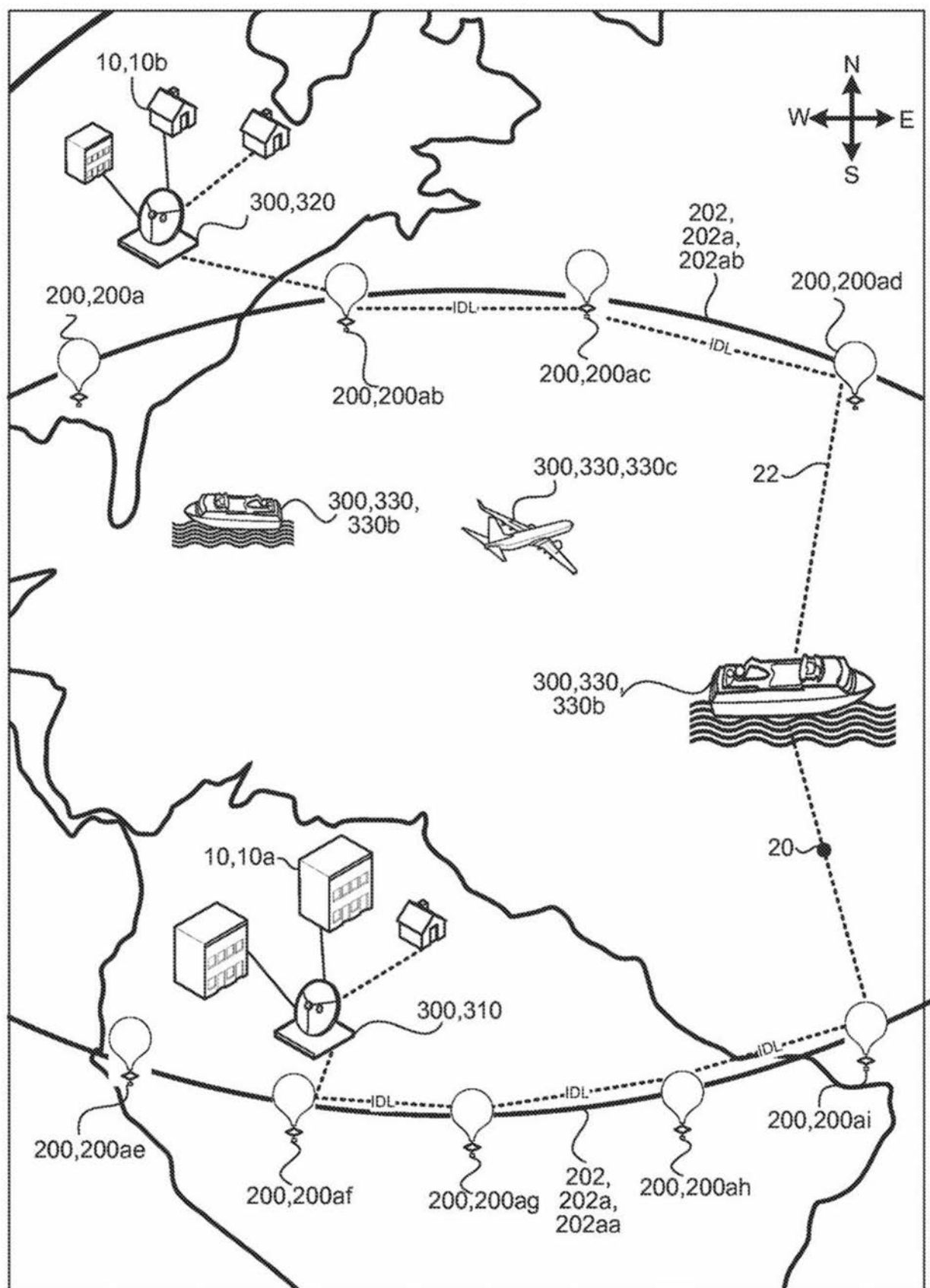


图4A

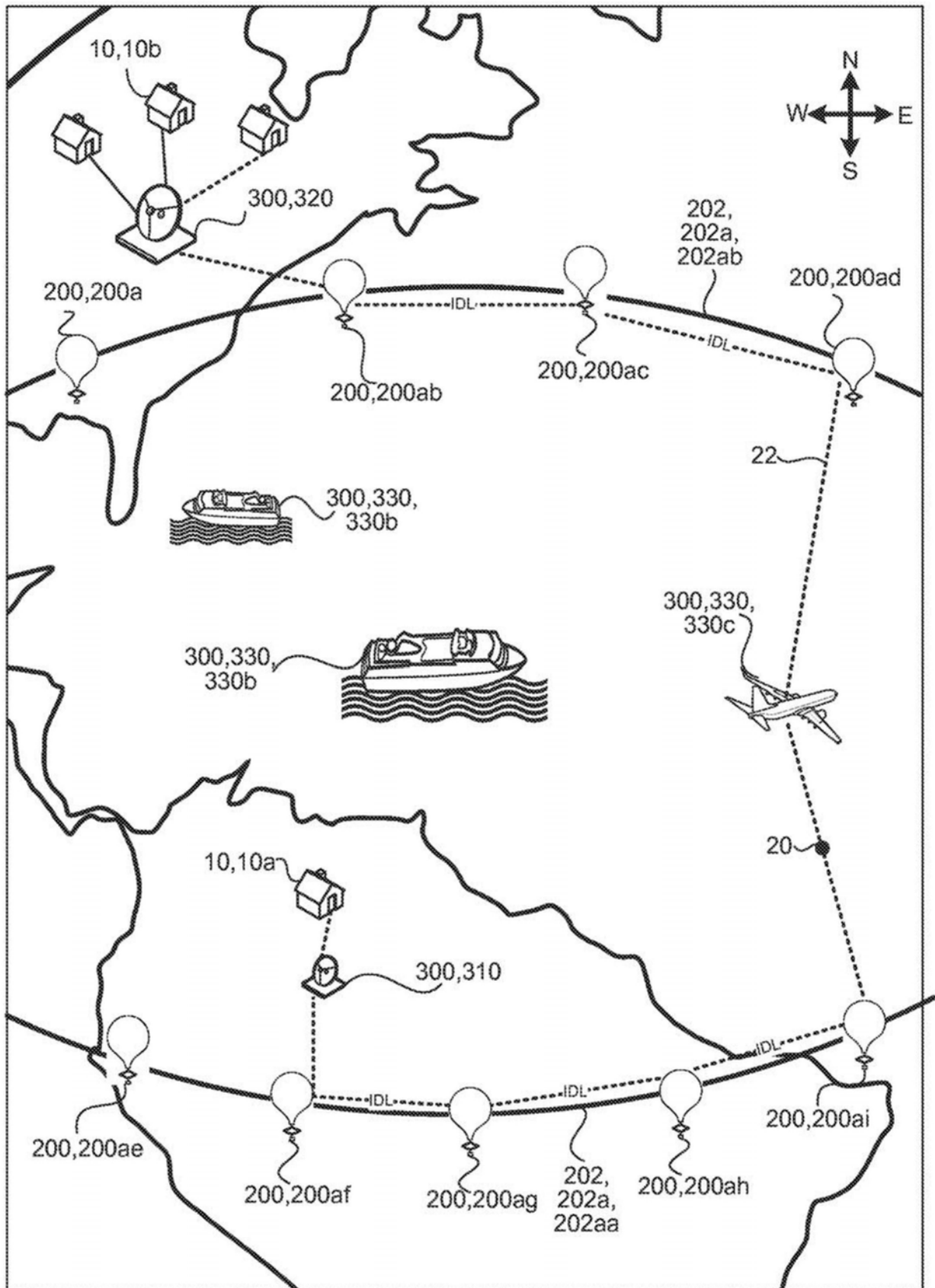


图4B

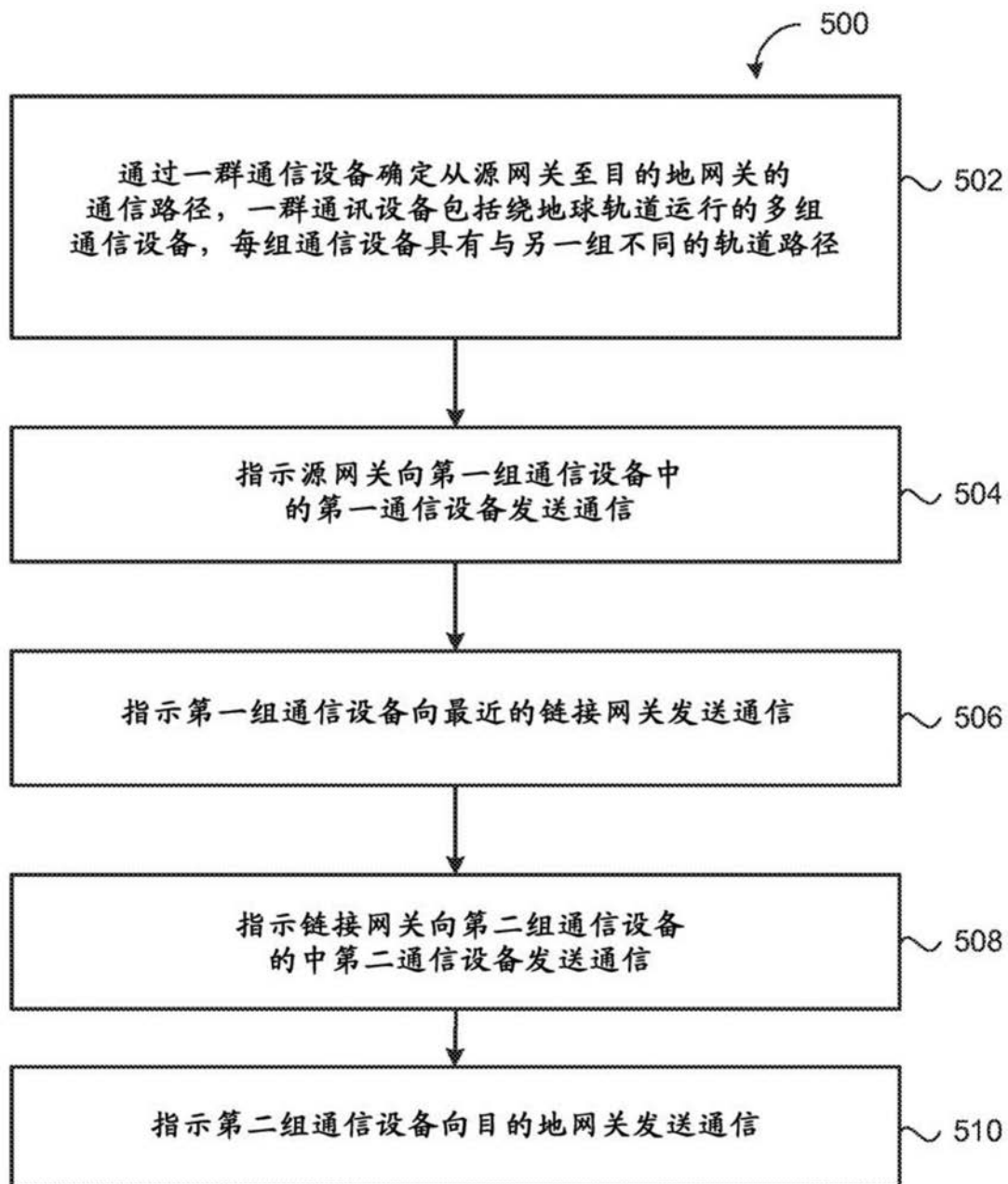


图5