



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105518479 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201480048722. 2

代理人 邵亚丽 张泓

(22) 申请日 2014. 09. 04

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01S 5/02(2006. 01)

14/018, 153 2013. 09. 04 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 03. 03

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/054064 2014. 09. 04

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/076899 EN 2015. 05. 28

(71) 申请人 谷歌公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 K. 博纳维茨 R. W. 德沃尔 E. 特勒

J. 韦弗

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

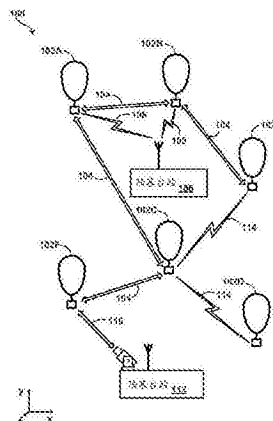
权利要求书4页 说明书20页 附图12页

(54) 发明名称

基于气球的定位系统和方法

(57) 摘要

本文中所公开的是基于气球的定位系统和方法的实施例。在一个示例实施例中,系统包括被部署在平流层中的一组至少三个气球以及控制系统,该控制系统被配置为:确定与该组有关的空间关系的第一集合;确定与该组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合;确定参考点相对于地球的位置;使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定在该组中的目标气球相对于地球的位置的基准;以及传送所确定的目标气球相对于地球的位置。



1. 一种方法,包括:

通过计算设备来确定与被部署在平流层中的一组至少三个气球有关的空间关系的第一集合,其中,确定第一集合包括:(i)确定所述组中的气球与所述组中的另一个气球之间的距离;以及(ii)确定第一向量与第二向量之间的角度,其中,第一向量从所述组中的第一气球朝向所述组中的第二气球延伸,以及其中,第二向量从第一气球朝向所述组中的第三气球延伸;

通过计算设备来确定与所述组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合;

通过计算设备来确定参考点相对于地球的位置;

使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定所述组中的目标气球相对于地球的位置的基准;以及

传送所确定的目标气球相对于地球的位置。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定目标气球相对于地球的位置的基准包括:使用优化函数来确定所述目标气球相对于地球的位置。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定目标气球相对于地球的位置的基准包括:

使用所确定的第一集合作为用于确定所述组中的每个气球相对于所述组中的其余气球的位置的基准;以及

使用所确定的相对于其余气球的位置、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定所述目标气球相对于地球的位置的基准。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,使用所确定的第一集合作为用于确定所述组中的每个气球相对于所述组中的其余气球的位置的基准包括:使用第一优化函数来确定所述组中的每个气球相对于所述组中的其余气球的位置,

以及其中,使用所确定的相对于其余气球的位置、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定所述目标气球相对于地球的位置的基准包括:使用第二优化函数来确定所述目标气球相对于地球的位置。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,确定所述组中的气球与所述组中的另一个气球之间的距离包括:

确定由所述气球所发送的并且由其他气球所接收的信号的传送时间;

确定所述其他气球的信号的接收时间;

确定信号的行进速度;以及

使用所确定的传送时间、所确定的接收时间以及所确定的行进速度作为用于确定所述气球与所述其他气球之间的距离的基准。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,确定所述组中的气球与所述组中的另一个气球之间的距离包括:

确定所述气球与地球之间的距离;

确定第三向量与第四向量之间的角度,其中,第三向量从所述气球朝向地球延伸,以及其中,第四向量从所述气球朝向其他气球延伸;以及

确定第四向量与第五向量之间的角度,其中,第五向量从所述其他气球朝向地球延伸;

以及

使用所确定的所述气球与地球之间的距离、所确定的第三向量与第四向量之间的角度以及所确定的第四向量与第五向量之间的角度作为用于确定所述气球与所述其他气球之间的距离的基准。

7. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 确定第一向量与第二向量之间的角度包括:

确定第一向量与第三向量之间的角度, 其中, 第三向量从第一气球起延伸;

确定第二向量与第三向量之间的角度; 以及

使用(i)所确定的第一向量与第三向量之间的角度和(ii)所确定的第二向量与第三向量之间的角度, 作为用于确定第一向量与第二向量之间的角度的基准。

8. 根据权利要求7所述的方法, 进一步包括:

第一气球经由在第一位置中的可转向光信号传送器来发射光信号;

第一气球检测所发射的光信号的反射; 以及

响应于第一气球检测到所发射的光信号的反射, 第一气球确定可转向光信号传送器的第一位置与第二位置之间的偏移, 其中, 在第二位置中, 可转向信号传送器与第三向量对准,

其中, 确定第一向量与第三向量之间的角度包括使用所确定的偏移作为用于确定第一向量与第三向量之间的角度的基准。

9. 根据权利要求7所述的方法, 进一步包括:

第一气球经由在第一位置中的可转向光信号传送器传送光信号, 其中, 光信号包括第一位置;

第一气球从第二气球接收指示当可转向光信号传送器在第一位置中时第二气球接收到光信号的消息; 以及

响应于第一气球接收到消息, 第一气球确定可转向光信号传送器的第一位置与第二位置之间的偏移, 其中, 在第二位置中, 可转向光传送器与第三向量对准,

其中, 确定第一向量与第三向量之间的角度包括使用所确定的偏移作为用于确定第一向量与第三向量之间的角度的基准。

10. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 参考点包括空中对象, 以及其中, 确定第二集合包括使用成像系统作为用于确定第三向量与第四向量之间的角度的基准, 其中, 第三向量从所述组中的特定气球朝向地球延伸, 以及其中, 第四向量从所述特定气球朝向空中对象延伸。

11. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 参考点包括陆基台站, 以及其中, 确定第二集合包括确定所述组中的特定气球与陆基台站之间的距离。

12. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 参考点包括陆基台站, 以及其中, 确定第二集合包括确定第三向量与第四向量之间的角度, 其中, 第三向量从陆基台站朝向地球延伸, 以及其中, 第四向量从陆基台站朝向特定气球延伸。

13. 根据权利要求1所述的方法, 进一步包括:

陆基接收器接收所传送的目标气球相对于地球的位置; 以及

陆基接收器使用所接收的目标气球相对于地球的位置作为用于确定陆基接收器相对于地球的位置的基准。

14. 一种其上存储有程序指令的非暂态计算机可读介质,该程序指令当被处理器执行时使得执行功能集合,所述功能集合包括:

确定与被部署在平流层中的一组至少三个气球有关的空间关系的第一集合;

确定与所述组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合;

确定参考点相对于地球的位置;

使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定所述组中的目标气球相对于地球的位置的基准;以及

传送所确定的目标气球相对于地球的位置。

15. 根据权利要求14所述的计算机可读介质,其中,使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定目标气球相对于地球的位置的基准包括:使用优化函数来确定所述目标气球相对于地球的位置。

16. 根据权利要求14所述的计算机可读介质,其中,使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定目标气球相对于地球的位置的基准包括:

使用所确定的第一集合作为用于确定所述组中的每个气球相对于所述组中的其余气球的位置的基准;以及

使用所确定的相对于其余气球的位置、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定目标气球相对于地球的位置的基准。

17. 根据权利要求16所述的计算机可读介质,其中,使用所确定的第一集合作为用于确定所述组中的每个气球相对于所述组中的其余气球的位置的基准包括:使用第一优化函数来确定所述组中的每个气球相对于所述组中的其余气球的位置,

以及其中,使用所确定的相对于其余气球的位置、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定目标气球相对于地球的位置的基准包括:使用第二优化函数来确定目标气球相对于地球的位置。

18. 一种系统,包括:

被部署在平流层中的一组至少三个气球;以及

控制系统,被配置为:

确定与所述组有关的空间关系的第一集合;

确定与所述组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合;

确定参考点相对于地球的位置;

使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定所述组中的目标气球相对于地球的位置的基准;以及

传送所确定的目标气球相对于地球的位置。

19. 根据权利要求18所述的系统,其中,使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定目标气球相对于地球的位置的基准包括:使用优化函数来确定目标气球相对于地球的位置。

20. 根据权利要求18所述的系统,其中,使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定目标气球相对于地球的位置的基准包括:

使用所确定的第一集合作为用于确定所述组中的每个气球相对于所述组中的其余气球的位置的基准;以及

使用所确定的相对于其余气球的位置、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定目标气球相对于地球的位置的基准。

## 基于气球的定位系统和方法

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2013年9月4日提交的第14/018,153号美国专利申请的优先权,其全部内容通过引用并入于此。

### 背景技术

[0003] 除非本文另有指示,否则本部分中描述的材料并不是本申请中的权利要求的现有技术,并且并不因为被包括在本部分中就被承认为是现有技术。

[0004] 存在帮助确定设备的位置的许多定位系统。最为通用的定位系统之一是由美国政府所维护的全球定位系统(GPS)。GPS是基于卫星的系统,其向遍布全球的陆基接收器提供定位信息。GPS包括32个原子钟卫星的机队。每个卫星绕地球轨道运行(orbit)并且广播包含关于相应卫星的卫星定位数据的信号。然后,给定的接收器从不同卫星接收信号,并且处理在信号中所包含的整体卫星定位数据作为用于确定接收器的位置的基准。然而,出于各种原因,接收器可能不能够接收这些信号中的一个或多个,或者接收器可能接收失真的信号。作为结果,接收器经常不能够精确地确定它们的位置。因此,期望改进的定位系统。

### 发明内容

[0005] 示例的基于气球的定位系统可以包括一组至少三个气球和控制系统。通常,控制系统可以被配置为确定组中的每个气球相对于地球的位置。控制系统可以基于一个或多个空间关系做出这些确定,该空间关系包括例如两个气球之间的距离或者气球与相对于地球具有已知位置的参考点之间的距离。然后,控制系统可以向相应气球传送所确定的位置,相应气球进而可以广播所确定的位置以使得所确定的位置可以被陆基接收器接收和处理。这可以允许陆基接收器确定其相对于地球的位置。

[0006] 在一个方面中,系统包括被部署在平流层中的一组至少三个气球和控制系统。控制系统被配置为用于:确定与该组有关的空间关系的第一集合;确定与该组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合;确定参考点相对于地球的位置;使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定该组中的目标气球相对于地球的位置的基准;以及传送所确定的目标气球相对于地球的位置。

[0007] 在另一个方面中,计算机可读介质在其上存储程序指令,该程序指令当由处理器执行时使得执行功能集合。功能集合包括:确定与被部署在平流层中的一组至少三个气球有关的空间关系的第一集合;确定与该组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合;确定参考点相对于地球的位置;使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定该组中的目标气球相对于地球的位置的基准;以及传送所确定的目标气球相对于地球的位置。

[0008] 在又一个方面中,一种方法涉及:通过计算设备来确定与被部署在平流层中的一组至少三个气球有关的空间关系的第一集合,其中,确定第一集合包括:(i)通过计算设备来确定组中的一个气球与组中的另一个气球之间的距离;和(ii)通过计算设备来确定第一

向量与第二向量之间的角度,其中,第一向量从组中的第一气球朝向组中的第二气球延伸,以及其中,第二向量从第一气球朝向组中的第三气球延伸;确定与该组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合;通过计算设备来确定参考点相对于地球的位置;使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定该组中的目标气球相对于地球的位置的基准;以及传送所确定的目标气球相对于地球的位置。

[0009] 在又一个方面中,公开用于以下的装置:确定与被部署在平流层中的一组至少三个气球有关的空间关系的第一集合;确定与该组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合;确定参考点相对于地球的位置;使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定该组中的目标气球相对于地球的位置的基准;以及传送所确定的目标气球相对于地球的位置。

[0010] 在又一个方面中,公开用于以下的装置:确定与被部署在平流层中的一组至少三个气球有关的空间关系的第一集合,其中,确定第一集合包括:(i)确定组中的一个气球与组中的另一个气球之间的距离;和(ii)确定第一向量与第二向量之间的角度,其中,第一向量从组中的第一气球朝向组中的第二气球延伸,以及其中,第二向量从第一气球朝向组中的第三气球延伸;确定与该组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合;确定参考点相对于地球的位置;使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定该组中的目标气球相对于地球的位置的基准;以及传送所确定的目标气球相对于地球的位置。

## 附图说明

- [0011] 图1是根据示例实施例示出气球网络的简化框图。
- [0012] 图2是根据示例实施例示出气球网络控制系统的简化框图。
- [0013] 图3是根据示例实施例示出高空气球的简化框图。
- [0014] 图4是根据示例实施例示出包括超节点和子节点的气球网络的简化框图。
- [0015] 图5是根据示例实施例示出基于气球的定位系统的简化框图。
- [0016] 图6是根据示例实施例示出方法的功能的流程图。
- [0017] 图7是图5的系统的一部分的备选描述。
- [0018] 图8是图5是系统的一部分的另一个备选描述。
- [0019] 图9是图5的系统的一部分的再另一个备选描述。
- [0020] 图10是图5的系统的一部分的又一个备选描述。
- [0021] 图11是图5的系统的一部分的又一个备选描述。
- [0022] 图12是图5的系统的一部分的甚至又一个备选描述。

## 具体实施方式

[0023] 贯穿本公开,除非指明并非如此和/或除非特定的上下文清楚地指示并非如此,否则:“一”或“一个”的任何使用意味着“至少一个”,并且“该”的任何使用意味着“该至少一个”。

[0024] 基于气球的定位系统的说明性实施例在本文中被描述并且不意欲为限制性的。可

以利用其他实施例并且可以进行其他改变,而不脱离本文中所呈现的主题的精神和范围。将容易理解,如在本文中通常描述的并且在附图中示出的本公开的发明的各方面可以按照各种不同的配置被布置、替换、组合、分离以及设计,所有这些在本文中都被设想到。

#### [0025] 1. 概述

[0026] 基于气球的定位系统的实施例可以与包括多个气球的气球数据网络整合;例如,由被部署在平流层中的高空气球(high-altitude balloon)所形成的网状网络(mesh network)。因为平流层中的风可能以差动的方式影响气球的位置,所以网络中的每个气球可以被配置为通过调整其垂直位置(即,高度)来改变其水平位置。例如,通过调整其高度,气球可能能够找到将把它水平地(例如,在经度和/或纬度上)运载到期望的水平位置的风。

[0027] 在一个气球网络中,气球可以相对于彼此在经度和/或纬度上移动以便形成期望的拓扑。然而,由于风以及也可能由于其他原因,将各个气球保持在特定的位置可能是困难的。因此,期望的拓扑可以定义用于气球相对于彼此定位的相对的框架和/或规则,使得气球在维持期望的拓扑的同时可以关于地面移动。因此,在地球上给定的位置处,提供服务的特定气球或多个气球可以随时间而改变。

[0028] 在一个示例中,基于气球的定位系统可以包括一组至少三个气球和控制系统。通常,控制系统可以被配置为执行与确定组中的每个气球相对于地球的位置有关的一个或多个功能。然后,控制系统可以向相应气球传送所确定的位置,相应气球进而可以广播所确定的位置使得它们可以被陆基接收器接收和处理。这可以允许陆基接收器确定其相对于地球的位置。

[0029] 在一个示例中,控制系统可以通过确定组中的每个气球相对于该组中的其他每个气球的位置并且然后确定该组相对于地球的位置,来确定组中的每个气球相对于地球的位置。控制系统可以基于一个或多个空间关系来做出这些确定。

[0030] 本上下文中的空间关系可以采取各种形式。例如,空间关系可以是两个对象(object)之间的距离。对象可以是气球或相对于地球具有已知位置的参考点。这种参考点可以是例如陆基台站、空中对象、卫星或可能是地球自身。作为另一个示例,空间关系可以是第一向量与第二向量之间的角度,其中,第一向量从第一对象朝向第二对象延伸,以及其中,第二向量从第一对象朝向第三对象延伸。

[0031] 在一个示例中,控制系统然后可以使用所确定的空间关系作为与优化函数有关的约束优化条件,以确定组中的每个气球相对于地球的位置(作为估计值)。在这方面,控制系统还可以使用气球属性、环境条件和/或其他数据作为约束优化条件。可注意的,当控制系统考虑更多观察数据时,控制系统可以以更高的精度水平确定每个气球相对于地球的位置。

[0032] 如上所指出的,一旦控制系统向相应气球传送了所确定的位置,则气球可以广播它们的相应位置。在一个示例中,每个气球可以包括位置广播模块(PBM),该位置广播模块被配置为用于广播包含气球定位数据的气球信号。气球定位数据可以包括相应气球的位置和相对应的广播时间(即,指示何时广播气球信号)。然后,这些气球信号可以被陆基接收器使用作为用于确定其相对于地球的位置的基准。这样,陆基接收器可以被配置为接收这些气球信号并且基于在气球信号中所包含的全体气球定位数据来确定其位置,诸如通过采用



三角定位技术。

[0033] 基于气球的定位系统的实施例可以提供若干优点。作为一个示例,与例如从GPS卫星到陆基接收器的典型距离相比,从气球到陆基接收器的典型距离相对较短。作为结果,与并行GPS情形相比,气球信号很可能更强并且更加可能到达陆基接收器。

[0034] 作为另一个示例优点,气球被定位在电离层之下。作为结果,为了到达陆基接收器,气球信号不需要穿过电离层,并且因此气球信号可以避免由电离层所导致的基于折射的干扰。再次,这意味着与卫星信号穿过电离层的并行GPS情形相比,气球信号很可能更强并且更加可能到达陆基接收器。

[0035] 可注意的,为了使基于折射的干扰的影响最小化,通常在两个不同的信道频率上同时地广播卫星信号。因为气球信号避免了此类干扰,所以气球信号可以在单个信道频率上被广播。此外,与在GPS中所使用的、必须被配置为在多个信道上接收信号的接收器相比,这可以允许陆基接收器更不复杂。

[0036] 虽然不是必要的,但是基于气球的定位系统的一些实施例可以包括大量的气球,包括数以千计、数以万计或更多。除了提供用于确定更多空间关系的额外的数据之外,这些实施例提供了增加下述可能性的进一步的优点:给定的陆基接收器将与气球中的一个或多个具有直接视线(line-of-sight)。因此,与GPS受其32个卫星的机队限制的并行GPS情形相比,气球信号更加可能到达陆基接收器。

[0037] 应当意识到,以上所描述的可能的利益和优点仅为示例并且是非限制性的。基于气球的定位系统的实施例可以提供额外的优点,诸如贯穿本公开更详细地描述的优点,和/或对于本领域普通技术人员之一将明显的优点。此外,所描述的可能的利益和优点不一定是必须的,并且不应当被解释为限制权利要求。

[0038] 2. 示例气球网络

[0039] 在一些实施例中,高空气球网络可以是同质的。也就是说,高空气球网络中的气球可以按照一种或多种方式与彼此基本相似。更具体地,在同质高空气球网络中,每个气球被配置为经由自由空间光链路与附近的气球通信。此外,这种网络中的气球中的一些或全部还可以被配置为使用RF通信与(一个或多个)陆基台站通信。(注意,在一些实施例中,在每个气球被配置为用于与其他气球的自由空间光通信的范围内,气球可以是同质的;但是关于与陆基台站的RF通信,气球可以是异质的。)

[0040] 在其他实施例中,高空气球网络可以是异质的,并且因此可以包括两种或更多种不同类型的气球。例如,一些气球可以被配置为超节点,而其他气球可以被配置为子节点。一些气球可以被配置为充当超节点和子节点两者。这种气球可以在特定时间处充当超节点或子节点,或者可替换地,依赖于情境同时用作两者。例如,示例气球可以聚集第一类型的搜索请求以传送到陆基台站。示例气球还可以向在该情境下用作超节点的另一个气球发送第二类型的搜索请求。

[0041] 在这种配置中,超节点气球可以被配置为经由自由空间光链路与附近的超节点气球通信。然而,子节点气球可以不被配置为用于自由空间光通信,并且替代地可以被配置为用于某种其他类型的通信,诸如RF通信。在那种情况下,超节点还可以被配置为使用RF通信与子节点通信。因此,子节点可以使用RF通信在超节点与一个或多个陆基台站之间中继通信。以这种方式,超节点可以总体上充当气球网络的回程(backhaul),而子节点起到将通信

从超节点中继到陆基台站的功能。在异质气球网络中的气球之间可能存在其他差异。

[0042] 图1是根据示例实施例示出气球网络100的简化框图。如所示的,气球网络100包括气球102A至102F,这些气球被配置为经由自由空间光链路104与彼此通信。气球102A至102F可以额外地或可替换地被配置为经由RF链路114与彼此通信。气球102A至102F可以共同充当用于分组数据通信的网状网络。此外,气球102A至102F可以被配置为用于经由RF链路108与陆基台站106和112的RF通信。在另一个示例实施例中,气球102A至102F可以被配置为经由光链路110与陆基台站112通信。

[0043] 在示例实施例中,气球102A至102F是被部署在平流层中的高空气球。在中纬度处,平流层包括在地表之上大约10千米(km)到50km之间的高度。在南北极处,平流层开始于大约8km的高度处。在示例实施例中,高空气球通常可以被配置为在具有较低风(例如,在5到20英里每小时(mph)之间)的平流层内的高度范围中操作。

[0044] 更具体地,在高空气球网络中,气球102A至102F通常可以被配置为在17km与25km之间的高度处操作(尽管其他高度也是可能的)。此高度范围可能由于若干原因而是有利的。具体地,平流层的此层通常具有轻柔的风和湍流(例如,5到20英里每小时(mph)之间的风)。此外,虽然17km到25km之间的风可以随着纬度并且根据季节而变化,但是可以以相当精确的方式对该变化建模。额外地,17km以上的高度通常超过了针对商业空中交通所指定的最大飞行高度。因此,当气球被部署在17km到25km之间时,对商业班机的干扰不是要担心的问题。以下更详细地讨论与此高度范围有关的额外的优点,特别地,与定位有关特征相关联的额外的优点。

[0045] 为了向另一个气球传送数据,给定的气球102A至102F可以被配置为经由光链路104传送光信号。在示例实施例中,给定的气球102A至102F可以使用一个或多个高功率发光二极管(LED)来传送光信号。可替换地,气球102A至102F中的一些或全部可以包括激光系统,用于通过光链路104的自由空间光通信。其他类型的自由空间光通信是可能的。此外,为了经由光链路104从另一个气球接收光信号,给定的气球102A至102F可以包括一个或多个光学接收器。以下参照图3更详细地讨论示例气球的额外的详情。

[0046] 在另外的方面中,气球102A至102F可以利用各种不同的RF空中接口协议中的一种或多种来经由RF链路108与陆基台站106和112通信。例如,气球102A至102F中的一些或全部可以被配置为使用IEEE 802.11(包括IEEE802.11的任何修订版)中描述的协议、诸如GSM、CDMA、UMTS、EV-DO、WiMAX和/或LTE的各种蜂窝协议和/或针对气球-地面RF通信所开发的一个或多个专有协议等等来与陆基台站106和112通信。

[0047] 在另外的方面中,可能存在下述情形:RF链路108没有为气球-地面的通信提供期望的链路容量。例如,为了提供从陆基网关的回程链路以及在其他场景中,可能期望增大的容量。因此,示例网络还可以包括下行链路气球,该下行链路气球可以提供高容量空-地链路。

[0048] 例如,在气球网络100中,气球102F可以被配置为下行链路气球。如同示例网络中的其他气球那样,下行链路气球102F可以操作为用于经由光链路104与其他气球的光通信。然而,下行链路气球102F还可以被配置为用于经由光链路110与陆基台站112的自由空间光通信。光链路110因此可以用作气球网络110与陆基台站112之间的高容量链路(与RF链路108相比)。

[0049] 注意,在一些实现方式中,下行链路气球102F可以额外地操作用于与陆基基站106的RF通信。在其他情况下,下行链路气球102F可以仅将光链路用于气球-地面的通信。此外,虽然图1中所示的布置仅包括一个下行链路气球102F,但是示例气球网络也可以包括多个下行链路气球。另一方面,气球网络还可以实现为没有任何下行链路气球。

[0050] 在其他实现方式中,代替自由空间光通信系统或除了自由空间光通信系统之外,下行链路气球可以配备有专门的高带宽RF通信系统以用于气球-地面的通信。高带宽RF通信系统可以采取超宽带系统的形式,该超宽带系统提供具有与光链路104基本上相同容量的RF链路。其他形式也是可能的。

[0051] 除了陆基通信链路之外或者替换于陆基通信链路,气球可以被配置为与天基卫星建立通信链路。

[0052] 陆基基站、诸如陆基基站106和/或112可以采取各种形式。通常,陆基基站可以包括诸如收发器、传送器和/或接收器的组件,以用于经由RF链路和/或光链路与气球网络通信。此外,陆基基站可以使用各种空中接口协议,以便通过RF链路108与气球102A至102F通信。这样,陆基基站106和112可以被配置为接入点,经由该接入点,各种设备可以连接到气球网络100。在不脱离本发明的范围的情况下,陆基基站106和112可以具有其他配置和/或用于其他用途。

[0053] 此外,一些陆基基站,诸如陆基基站106和112,可以被配置为气球网络110与一个或多个其他网络之间的网关。因此,这种陆基基站106和112可以用作气球网络与因特网、蜂窝服务提供商网络和/或其他类型的网络之间的接口。关于陆基基站106和112的此配置和其他配置的变化也是可能的。

[0054] 2a)网状网络功能

[0055] 如所指出的,气球102A至102F可以共同充当网状网络。更具体地,因为气球102A至102F可以使用自由空间光链路与彼此通信,所以气球可以共同充当自由空间光学网状网络。

[0056] 在网状网络配置中,每个气球102A至102F可以充当网状网络的节点,该节点可操作为接收指向其的数据并且可操作为将数据路由到其他气球。这样,通过确定源气球与目的地气球之间的适当光链路序列,可以将数据从源气球路由到目的地气球。这些光链路对于源气球与目的地气球之间的连接可以被统称为“光路”。此外,光链路中的每个可以被称为光路上的“跳(hop)”。

[0057] 为了作为网状网络操作,气球102A至102F可以采用各种路由技术和自我修复算法。在一些实施例中,气球网络100可以采用适应性修改的或动态的路由,其中,源气球与目的地气球之间的光路在需要连接时被确定并且设立,以及在以后某时被解除。此外,当使用适应性修改的路由时,可以依赖于气球网络的当前状态、过去状态和/或预测状态来动态地确定光路。

[0058] 另外,当气球102A至102F相对于彼此和/或相对于地面移动时,网络拓扑可以改变。因此,当网络的拓扑改变时,示例气球网络100可以应用网格协议来更新网络的状态。例如,为了解决气球102A至102F的移动性,气球网络100可以采用和/或适配在移动自组网络(mobile ad hoc network,MANET)中所采用的各种技术。其他示例也是可能的。

[0059] 在一些实现方式中,气球网络100可以被配置为透明网状网络。更具体地,在透明

气球网络中,气球可以包括完全光学化的用于物理交换的组件,而在光信号的物理路由中不涉及任何电学操作。因此,在具有光学交换的透明配置中,信号行经完全光学化的多跳光路。

[0060] 在其他实现方式中,气球网络100可以实现不透明的自由空间光学网状网络。在不透明配置中,气球102A至102F中的一些或全部可以实施光-电-光(optical-electrical-optical, OEO)交换。例如,一些或全部气球可以包括光学交叉连接(optical cross-connect, OXC),以用于光信号的OEO转换。其他不透明配置也是可能的。额外地,包括具有透明片段和不透明片段两者的路由路径的网络配置也是可能的。

[0061] 在另外的方面中,示例气球网络100中的气球可以实现波分复用(WDM),其可以帮助增大链路容量。当以透明交换实现WDM时,穿过气球网络的物理光路可能经受“波长连续性约束”。更具体地,因为透明网络中的交换是完全光学化的,所以可能有必要针对给定的光路上的所有光链路指派相同的波长。

[0062] 另一方面,不透明配置可以避免波长连续性约束。具体地,不透明气球网络中的气球可以包括可操作为用于波长转换的OEO交换系统。作为结果,气球可以在沿着光路的每一跳处转换光信号的波长。可替换地,光波长转换可以仅在沿着光路的选定跳处发生。

[0063] 此外,在不透明配置中可以采用各种路由算法。例如,为了针对给定的连接确定主要光路和/或一个或多个不同的备用光路,示例气球可以应用或考虑最短路径路由技术,诸如Dijkstra的算法和k最短路径,和/或边缘和节点多样或不相交路由,诸如Suurballe的算法,等等。额外地或可替换地,当确定光路时,可以采用用于维持特定服务质量(QoS)的技术。其他技术也是可能的。

[0064] 2b) 台站保持功能

[0065] 在一个实施例中,气球网络100可以实现台站保持功能来帮助提供期望的网络拓扑。例如,台站保持可能涉及每个气球102A至102F相对于网络中的一个或多个其他气球维持和/或移动到特定位置(并且可能在相对于地面的特定位置中)。作为此过程的一部分,每个气球102A至102F可以实现台站保持功能以确定其在期望拓扑内的期望定位,并且如果必要,则确定如何移动到期望位置。

[0066] 期望拓扑可以依赖于特定的实现方式而变化。在一些情况下,气球可以实现台站保持来提供基本上均一的拓扑。在这种情况下,给定的气球102A至102F可以实现台站保持功能来将其自身定位在距气球网络100中的邻近气球基本上相同的距离处(或在一定距离范围内)。

[0067] 在其他情况下,气球网络100可以具有非均一拓扑。例如,示例实施例可能涉及下述拓扑:在该拓扑中,出于各种原因,气球在某些区域中分布得更加密集或更不密集。作为示例,为了帮助满足城市区域中典型的更高带宽需求,气球在城市区域上可以更加密集地群集。出于相似的原因,气球的分布在陆地上可以比在大水体上更加密集。非均一拓扑的许多其他示例也是可能的。

[0068] 在另外的方面中,示例气球网络的拓扑可以是可适应性修改的。具体地,示例气球的台站保持功能可以允许气球根据网络的期望拓扑的改变来调整它们相应的定位。例如,一个或多个气球可以移动到新的位置以增大或减小给定的区域中气球的密度。其他示例也是可能的。

[0069] 在一些实施例中,气球网络100可以采用能量函数来确定气球是否应当移动和/或应当如何移动来提供期望的拓扑。具体地,给定的气球的状态以及一些或全部附近气球的状态可以被输入到能量函数。能量函数可以将给定的气球和附近气球的当前状态应用到期望的网络状态(例如,与期望的拓扑相对应的状态)。然后,可以通过确定能量函数的梯度来确定指示给定的气球的期望移动的向量。然后,给定的气球可以确定为了实现期望的移动而要采取的适当动作。例如,气球可以确定一个或多个高度调整以使得风将会以期望的方式来移动气球。

[0070] 2c)对气球网络中气球的控制

[0071] 在一些实施例中,网状联网和/或台站保持功能可以是集中的。例如,图2是根据示例实施例示出气球网络控制系统的框图。具体地,图2示出了分布式控制系统,其包括中央控制系统200和多个区域控制系统202A至202B。这种控制系统可以被配置为协调用于气球网络204的某些功能,并且这样,可以被配置为控制和/或协调用于气球206A至206I的某些功能。

[0072] 在所示的实施例中,中央控制系统200可以被配置为经由多个区域控制系统202A至202C与气球206A至206I通信。这些区域控制系统202A至202C可以被配置为从它们所覆盖的相应的地理区域中的气球接收通信和/或聚集数据,并且被配置为将通信和/或数据中继到中央控制系统200。此外,区域控制系统202A至202C可以被配置为将通信从中央控制系统200路由到在它们相应的地理区域中的气球。例如,如图2中所示,区域控制系统202A可以在气球206A至206C与中央控制系统200之间中继通信和/或数据,区域控制系统202B可以在气球206D至206F与中央控制系统200之间中继通信和/或数据,以及区域控制系统202C可以在气球206G至206I与中央控制系统200之间中继通信和/或数据。

[0073] 为了促进中央控制系统200与气球206A至206I之间的通信,某些气球可以被布置为可操作为与区域控制系统202A至202C通信的下行链路气球。因此,每个区域控制系统202A至202C可以被配置为与其所覆盖的相应的地理区域中的一个或多个下行链路气球通信。例如,在所示的实施例中,气球206A、206F以及206I被配置为下行链路气球。这样,区域控制系统202A至202C可以分别地经由光链路208、210以及212与气球206A、206F以及206I分别地通信。

[0074] 在所示的、气球206A至206I中的仅一些被配置为下行链路气球的配置中,被配置为下行链路气球的气球206A、206F以及206I可以用作将通信从中央控制系统200中继到气球网络中的其他气球,诸如气球206B至206E、206G以及206H。然而,应当理解,在一些实现方式中,有可能所有气球可以充当下行链路气球。此外,虽然图2示出了被配置为下行链路气球的多个气球,但是也有可能气球网络仅包括一个下行链路气球。

[0075] 注意,区域控制系统202A至202C可能实际上仅是被配置为与下行链路气球通信的特定类型的陆基台站(例如,图1的陆基台站112)。因此,虽然在图2中未示出,但是可以结合其他类型的陆基台站(例如,接入点、网关等)实现控制系统。

[0076] 在集中式控制布置中,诸如图2中所示的那种,中央控制系统200(并且区域控制系统202A至202C也可以)可以协调用于气球网络204的某些网状联网功能。例如,气球206A至206I可以向中央控制系统200发送某些状态信息,中央控制系统200可以利用该状态信息来确定气球网络204的状态。来自给定的气球的状态信息可以包括位置数据、光链路信息(例

如,气球与其建立光链路的其他气球的身份、链路的带宽、链路上的波长使用和/或可用性(等)、由气球所收集的风数据、和/或其他类型的信息。因此,中央控制系统200可以聚集来自气球206A至206I中的一些或全部的状态信息,以便确定网络的整体状态。

[0077] 然后,网络的整体状态可以被用于协调和/或促进特定网状联网功能,诸如确定用于连接的光路。例如,中央控制系统200可以基于来自气球206A至206I中的一些或全部的聚集状态信息来确定当前拓扑。拓扑可以提供气球网络中可用的当前光链路和/或链路上的波长可用性的图景。然后,该拓扑可以被发送至气球中的一些或全部,使得可以采用路由技术来为通过气球网络204的通信选择适当的光路(并且可能选择备用光路)。

[0078] 在又一个方面中,中央控制系统200(并且区域控制系统202A至202C也可能)还可以协调用于气球网络204的某些台站保持功能。例如,中央控制系统200可以将来自气球206A至206I所接收的状态信息输入到能量函数,该能量函数可以有效地将网络的当前拓扑与期望的拓扑进行比较,并且提供为每个气球指示移动的方向(如果有移动的话)的向量,以使得气球可以朝向期望的拓扑移动。此外,中央控制系统200可以使用高度风力数据来确定相应的高度调整,该相应的高度调整可以被发起来实现朝向期望的拓扑的移动。中央控制系统200也可以提供和/或支持其他台站保持功能。

[0079] 图2示出了提供了集中式控制的分布式布置,其中,区域控制系统202A至202C协调中央控制系统200与气球网络204之间的通信。这种布置对于为覆盖大地理区域的气球网络提供集中式控制会是有用的。在一些实施例中,分布式布置甚至可以支持在地球上的每处提供覆盖的全球气球网络。分布式控制布置在其他情形中也会是有用的。

[0080] 此外,应当理解,其他控制系统布置也是可能的。例如,一些实现方式可能涉及具有额外的层(例如,区域控制系统内的子区域系统等)的集中式控制系统。可替换地,控制功能可以由单个集中式控制系统提供,该控制系统与一个或多个下行链路气球直接地通信。

[0081] 在一些实施例中,依赖于实现方式,对气球网络的控制和协调可以由陆基控制系统和气球网络在不同程度上共享。实际上,在一些实施例中,可能不存在陆基控制系统。在这种实施例中,所有网络控制和协调功能可以由气球网络自身实现。例如,某些气球可以被配置为提供与中央控制系统200和/或区域控制系统202A至202C相同或相似的功能。其他示例也是可能的。

[0082] 此外,对气球网络的控制和/或协调可以是分散式的。例如,每个气球可以将状态信息中继到一些或全部附近气球,并且从一些或全部附近气球接收状态信息。此外,每个气球可以将其从附近气球所接收的状态信息中继到一些或全部附近气球。当所有气球都这样做时,每个气球可能能够单独确定网络的状态。可替换地,某些气球可以被指定为聚集网络的给定部分的状态信息。然后,这些气球可以彼此协调来确定网络的整体状态。

[0083] 此外,在一些方面中,对气球网络的控制可以是部分或完全局部化的,使得其不依赖于网络的整体状态。例如,个体气球可以实现仅考虑附近气球的台站保持功能。具体地,每个气球可以实现将其自身状态和附近气球的状态考虑在内的能量函数。该能量函数可以用于维持和/或移动到关于附近气球的期望位置,而不必考虑网络整体上的期望的拓扑。然而,当每个气球为了台站保持实现这种能量函数时,气球网络整体上可以维持期望的拓扑和/或朝向期望的拓扑移动。

[0084] 作为示例,每个气球A可以接收关于其k个最近邻居中的每个的距离信息 $d_1$ 至 $d_k$ 。每

个气球A可以将到k个气球中的每个的距离视为虚拟弹簧,其中,向量代表从第一最近邻居气球i朝向气球A的力方向,并且力幅值与 $d_i$ 成比例。气球A可以对k个向量中的每个求和,并且总和向量是气球A的期望移动的向量。气球A可以通过控制其高度来尝试实现期望的移动。

[0085] 可替换地,这个过程可以指派这些虚拟力中的每个的力幅值等于 $d_i \times d_I$ ,其中,例如, $d_I$ 与到第二最近邻居气球的距离成比例。

[0086] 在另一个实施例中,可以针对k个气球中的每个执行相似的过程,并且每个气球可以将其计划的移动向量传送到其本地邻居。能够基于其邻居的对应计划的移动向量来对每个气球的计划的移动向量做出进一步的精细化。对于本领域技术人员明显的是,在气球网络中可以实现其他算法,以尝试在给定的地理位置上维持一组气球间距和/或特定的网络容量水平。

[0087] 2d)示例气球配置

[0088] 在示例气球网络中可以包含各种类型的气球。如上所指出的,示例实施例可以利用高空气球,该高空气球典型地可以在17km到25km之间的高度范围中操作。图3根据示例实施例示出了高空气球300。如图所示的,气球300包括气囊(envelope)302、套罩(skirt)304、有效载荷306以及附接于气球302与有效载荷306之间的下切(cut-down)系统308。

[0089] 气囊302和套罩304可以采取各种形式,该各种形式可以是当前公知的或尚待开发的。例如,气囊302和/或套罩304可以由高灵活性乳胶材料构成或者可以由诸如氯丁二烯的橡胶材料构成。在一个示例实施例中,气囊和/或套罩可以由金属化聚脂薄膜(Mylar)或双向拉伸聚酯薄膜(BoPet)构成。其他材料也是可能的。此外,气囊302和套罩304的形状和大小可以依赖于特定的实现方式而变化。额外地,气囊302可以被填充以各种不同类型的气体,诸如氦气和/或氢气。其他类型的气体也是可能的。

[0090] 气球300的有效载荷306可以包括处理器312和机载(on-board)数据存储装置,诸如存储器314。存储器314可以采取非暂态计算机可读介质的形式或包括非暂态计算机可读介质。非暂态计算机可读介质上可以存储有指令,该指令可以由处理器312访问和执行,以便执行本文所描述的气球功能。

[0091] 气球300的有效载荷306还可以包括各种其他类型的设备和系统,以提供多种不同的功能。例如,有效载荷306可以包括光通信系统316,该光通信系统316可以经由光信号传送器(例如,超亮LED传送器)320传送光信号,并且可以经由光信号接收器322(例如,光电二极管接收器)接收光信号。在一个示例中,光信号传送器320可以被配置为以多向方式或全向方式来传送光信号(使用调制技术)。相似地,光信号接收器322可以被配置为在给定的时间从多个不同的方向接收光信号。

[0092] 在一些实例中,光信号传送器可以采取可转向(steerable)光信号传送器(在这里被称为“可转向传送器”)的形式,并且光信号接收器可以采取可转向光信号接收器(在这里被称为“可转向接收器”)的形式。在一个示例中,可转向传送器和可转向接收器可以整合在一起作为可转向传送器/接收器344。与以上所讨论的多向或全向方式相比,可转向传送器可以被配置为以相对聚焦的方式传送光信号。类似地,与以上所讨论的从多个不同的方向接收光信号相比,可转向接收器可以被配置为从相对聚焦的方向接收光信号。

[0093] 可转向传送器/接收器344(或者单独地可转向传送器和/或可转向接收器)可以被

配置为关于一个或多个轴旋转(例如,限定偏摆(yaw)和横摆(ptich)欧拉角偏移)。这可以允许两个气球使它们相应的可转向传送器/接收器朝向彼此转向,使得相应气球可以使用自由空间光链路通信。在一些实例中,对准技术可以被用于适当地定向每个可转向传送器/接收器。此外,在一个气球上的可转向传送器和在另一个气球上的光信号接收器的组合使用可以帮助确定基于特定角度的空间关系,如以下更详细描述。

[0094] 可注意的,光通信系统316可以依赖于特定的应用以各种方式实现(例如,采用机械系统和/或采用硬件、固件和/或软件)。

[0095] 有效载荷306还可以包括反射器(有时被称为制动(retro)反射器)346,其被配置为(在一个方向或多个方向上)反射指向其的光信号。在一个气球上的可转向传送器和在另一个气球上的反射器的组合使用还可以帮助确定基于特定角度的空间关系,如以下更详细描述。

[0096] 有效载荷306还可以包括RF通信系统318,该RF通信系统318可以经由天线系统340传送和/或接收RF通信。光通信系统316和/或RF通信系统318是可以包括用于气球网络中的气球与其他节点之间的通信的通信接口的通信系统的示例。应当理解提供其他类型的通信接口的其他类型的通信系统也是可能的,并且其他类型的通信系统可以依赖于特定的网络实现方式而变化。

[0097] 有效载荷306还可以包括电源326以向气球300的各种组件供给电力。电源326可以包括可再充电电池。在其他实施例中,电源326可以额外地或可替换地代表在产生电力领域已知的其他装置。另外,气球300可以包括太阳能电力生成系统327。太阳能电力生成系统327可以包括太阳能面板并且可以被用于生成电力,该电力进行充电和/由电源326配电。

[0098] 此外,有效载荷306可以包括由传感器系统330所管理的各种类型的其他系统和传感器328。例如,有效载荷306可以包括各种运动传感器(例如,加速度计、磁力计、陀螺仪和/或罗盘)、(例如,基于压力、音波或雷达的)高度计和/或用于捕获环境数据的各种传感器。此外,有效载荷306内组件中的一些或全部可以实现为无线电探空仪或其他探测器,其可能可操作为测量例如压力、高度、地理位置(纬度和经度)、温度、相对湿度和/或风速和/或风向以及其他信息。

[0099] 气球可以进一步包括GPS(或其他定位系统)接收器342,该GPS接收器342可以处理经由天线系统340所接收的卫星或其他类型信号。天线系统340还可以被用于广播各种类型的信号。此外,以下将更详细地提供与接收和广播信号有关的、具体地结合定位相关的特征进行的讨论,。

[0100] 在又一个方面中,气球300可以被配置为用于高度控制。例如,气球300可以包括可变浮力系统,该可变浮力系统被配置为通过调整气球300中的气体的体积和/或密度来改变气球300的高度。可变浮力系统可以采取各种形式,并且通常可以是可改变气囊302中的气体的体积和/或密度的任何系统。

[0101] 在示例实施例中,可变浮力系统可以包括被定位在气囊302的内部的囊袋310。囊袋310可以是配置为保持液体和/或气体的弹性腔。可替换地,囊袋310不需要在气囊302内部。例如,囊袋310可以是被加压到远超过中性压力的刚性囊袋。因此,可以通过改变囊袋310中的气体的密度和/或体积来调整气球300的浮力。为了改变囊袋310中的密度,气球300可以配置有用于加热和/或冷却囊袋310中的气体的系统和/或机制。此外,为了改变体积,



气球300可以包括用于向囊袋310添加气体和/或从囊袋310去除气体的泵或其他特征。额外地或可替换地,为了改变囊袋310的体积,气球300可以包括可控制的以允许气体从囊袋310逸出的放气阀或其他特征。在本公开的范围内可以实现多个囊袋310。例如,多个囊袋可以用于提高气球稳定性。

[0102] 在示例实施例中,气囊302可以被填充以氦气、氢气或其他比空气轻的材料。因此,气囊302可以具有相关联的向上浮力。在这种实施例中,囊袋310中的空气可以被认为具有相关联的向下压载力的压载舱。在另一个示例实施例中,通过(例如,采用空气压缩机)将空气泵入和泵出囊袋310,可以改变囊袋310中的空气的量。通过调整囊袋310中的空气的量,可以控制压载力。在一些实施例中,压载力可以部分用于抵消浮力和/或提供高度稳定性。

[0103] 在另一个实施例中,气囊302的一部分可以是第一颜色(例如,黑色)和/或第一材料,而气囊302的剩余部分可以具有第二颜色(例如,白色)和/或第二材料。例如,第一颜色和/或第一材料可以被配置为比第二颜色和/或第二材料吸收相对更大量的太阳能。从而,旋转气球以使得第一材料面对太阳可以起到加热气囊302以及气囊302内部的气体的作用。以这种方式,气囊302的浮力可以增大。通过旋转气球使得第二材料面向太阳,气囊302内部的气体的温度可以降低。因此,浮力可以降低。以这种方式,通过使用太阳能改变气囊302内部的气体的温度/体积,可以调整气球的浮力。在这种实施例中,有可能囊袋310可以不是气球300的必要元件。因此,在各种所设想的实施例中,可以至少部分地通过相对于太阳调整气球的旋转来实现气球300的高度控制。

[0104] 此外,气球306可以包括导航系统(未示出)。导航系统可以实现台站保持功能,以维持期望拓扑内的位置和/或根据期望的拓扑移动到一位置。具体地,导航系统可以使用高度风数据来确定使得风在期望的方向上和/或向期望的位置运载气球的高度调整。然后,高度控制系统可以对气球腔的密度进行调整,以便实现所确定的高度调整并且使得气球横向移动到期望的方向和/或期望的位置。可替换地,高度调整可以由陆基控制系统或基于卫星的控制系统来计算并且被传达给高空气球。在其他实施例中,异质气球网络中的特定气球可以被配置为计算用于其他气球的高度调整并且向那些其他气球传送调整命令。

[0105] 如所示的,气球300还包括下切系统308。下切系统308可以被激活以将有效载荷306与气球300的其余部分分离。下切系统308可以至少包括将有效载荷306连接到气囊302的连接器的装置,诸如气球绳索,以及用于切断该连接器的装置(例如,剪切机构或爆炸螺栓)。在示例实施例中,可以为尼龙的气球绳索被包裹以镍铬。可以使电流通过该镍铬合金线以对其进行加热并且熔断该绳索,从而从将有效载荷306从气囊302脱离。

[0106] 可在任何需要在地面上访问有效载荷的时候利用下切功能,诸如当是时候将气球300从气球网络中去除时,当在有效载荷306内的系统上应当进行维护时和/或当电源326需要被再充电或更换时。

[0107] 在可替换的布置中,气球可以不包括下切系统。在这种布置中,在需要将气球从网络中去除和/或需要在地面上访问气球的情况下,导航系统可以操作为将气球导航到着陆位置。另外,有可能气球可以是自我维持的,从而不需要在地面上访问它。在其他实施例中,可以由特定的服务气球或另外类型的服务航空器或服务飞行器来检修飞行中的气球。

[0108] 3.在气球之间具有光和RF链路的气球网络

[0109] 在一些实施例中,高空气球网络可以包括经由光链路与彼此通信的超节点气球,以及经由RF链路与超节点气球通信的子节点气球。一般地,超节点气球之间的光链路可以被配置为比超节点与子节点气球之间的RF链路具有更大的带宽。这样,超节点气球可以充当气球网络的骨干,而子节点可以提供子网络,该子网络提供对气球网络的访问和/或将气球网络连接到其他网络。

[0110] 图4是根据示例实施例示出了包括超节点和子节点的气球网络的简化框图。更具体地,图4示出了包括超节点气球410A至410C的(也可以被称为“超节点”)和子节点气球420(也可以被称为“子节点”)的气球网络400的一部分。

[0111] 每个超节点气球410A至410C可以包括可操作为用于与其他超节点气球的分组数据通信的自由空间光通信系统。这样,超节点可以通过光链路与彼此通信。例如,在所示的实施例中,超节点410A和超节点410B可以通过光链路402与彼此通信,并且超节点410A和超节点410C可以通过光链路404与彼此通信。

[0112] 每个子节点气球420中可以包括可操作为用于通过一个或多个RF空中接口的分组数据通信的射频(RF)通信系统。因此,每个超节点气球410A至410C可以包括可操作为用于将分组数据路由到一个或多个附近的子节点气球420的RF通信系统。当子节点420从超节点410接收到分组数据时,子节点420可以使用其RF通信系统来经由RF空中接口将分组数据路由到陆基台站430。额外地或可替换地,子节点可以使用其光通信系统诸如经由自由空间光链路或者经由RF传输来将分组数据路由到陆基台站。可注意的,陆基台站430可以包括以上结合气球300的有效载荷306所描述的组件中的一个或多个。

[0113] 如上所指出的,超节点410A至410C可以被配置为用于与其他超节点的较长距离的光通和与附近子节点420的较短距离的RF通信两者。例如,超节点410A至410C可以利用高功率或超亮LED来通过可以延展100英里那么长或者可能更长的光链路402、404传送光信号。通过这样的配置,超节点410A至410C可以能够进行速度为10至50GB/Sec或以上的光通信。

[0114] 更大数量的气球可以被配置为子节点,这些子节点可以以大约10MB/Sec量级的速度与陆基特网节点通信。通过这样的配置,子节点420可以被配置为将超节点410连接到其他网络和/或客户端设备。

[0115] 注意,以上示例和本文其他地方所描述的数据速度和链路距离是为了说明的目的而提供的,而不应当被认为是限制性的;其他数据速度和链路距离也是可能的。

[0116] 在一些实施例中,超节点410A至410C可以充当核心网络,而子节点420充当到核心网络的一个或多个接入网络。在这种实施例中,子节点420中的一些或全部也可以充当到气球网络400的网关。额外地或可替换地,陆基台站430中的一些或全部可以充当到气球网络400的网关。

[0117] 4. 基于气球的定位系统的示例结构

[0118] 图5是根据示例实施例示出了基于气球的定位系统500的简化框图。系统500包括控制系统502、陆基台站504、一组气球506A至506C(该组通常被指定为506)、空中对象508以及陆基接收器510。

[0119] 控制系统502可以包括处理器和数据存储装置,诸如存储器。并且,存储器可以采取具有存储在其上的指令的非暂态计算机可读介质的形式,或包括具有存储在其上的指令的非暂态计算机可读介质,该指令可以由处理器访问和执行以便实行本文所描述的功能。

控制系统502还可以具有通信系统,以允许其与诸如陆基台站504的一个或多个设备通信。在一些示例中,控制系统502可以与诸如气球506A至506C的一个或多个其他设备整合或者可以与诸如气球506A至506C的一个或多个其他设备通信。

[0120] 陆基台站504可以包括气球300的有效载荷302的一个或多个组件,并且可以提供以上所述的功能。陆基台站510也可以包括气球300的有效载荷302的一个或多个组件,如上所述。陆基台站510可以采取各种形式,包括例如,移动电话机、平板式或膝上型计算机或者导航系统。

[0121] 贯穿本公开,术语“陆基”指代在地球地面或地表上或者接近地球地面或地表的任何位置。这样,术语不限于字面上在地球地面上的位置,而且还可以指代在建筑物中或者甚至在商用飞行器上的位置。如图5所示,在一个示例中,陆基台站504和陆基接收器510可以位于地球512的地表上。

[0122] 每个气球506A至506C可以包括气球300的一个或多个组件,如上所述。最终,空中对象508可以采取各种形式,包括例如,行星、月亮或星体(例如,太阳)。

[0123] 注意,系统500仅用于说明的目的而提供并且不意味着为限制性的。实际上,虽然不是必须的,但是基于气球的定位系统的一些实施例可以包括大量的气球,包括可能跨越整个地球的数以千计、数以万计或者更多的气球。同样地,这种系统可以包括大量的控制台站、陆基台站、空中对象和/或陆基接收器。

[0124] 5. 基于气球的定位系统的示例操作

[0125] 图6是根据示例实施例示出了方法的示例功能的流程图。通常,在方块602处,方法可以涉及通过计算设备来确定与被部署在平流层中的一组至少三个气球有关的空间关系的第一集合。在方块604处,方法可以涉及通过计算设备来确定与该组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合。此外,在方块606处,方法可以涉及通过计算设备来确定参考点相对于地球的位置。另外,在方块608处,方法可以涉及使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定组中的目标气球相对于地球的位置的基准。以及在方块610处,方法可以涉及传送所确定的目标气球相对于地球的位置。以下提供与这些功能有关的额外的细节。出于说明的目的,结合系统500来描述功能。然而,功能还可以在其他系统中实现(例如,更大规模(scale)的基于气球的定位系统)。

[0126] 5a) 确定与组有关的空间关系的第一集合

[0127] 如上所指出的,在方块602处,方法可以涉及通过计算设备来确定与被部署在平流层中的一组至少三个气球有关的空间关系的第一集合。这可以涉及确定与组506有关的空间关系的第一集合的控制系统502。通常,该空间关系的第一集合定义组506的几何结构。

[0128] 第一集合中的空间关系可以采取各种形式。例如,空间关系可以是基于距离的。这样,控制系统502确定空间关系的第一集合可以涉及控制系统502确定组506中的气球与组506中的另一个气球之间的距离。如图5所示,这可以涉及控制系统502确定气球506A与506B之间的距离D1、气球506A与506C之间的距离D2和/或气球506B与506C之间的距离D3。

[0129] 控制系统502可以以各种方式确定这种距离。例如,控制系统502可以基于从气球506A行进到气球506B的信号的“飞行时间”来确定距离D1。这可能涉及若干功能。第一功能可以涉及控制系统502确定由气球506A所发送的并且由气球506B所接收的信号的传送时间。在一个示例中,气球506A可以将传送时间编码在信号中。然后,气球506B可以从信号中

提取传送时间并且将其提供给控制系统502。第二功能可以涉及控制系统502确定气球506B的信号接收时间。在一个示例中,气球506B可以记录其接收信号的时间并且将该时间提供给控制系统502。第三功能可以涉及控制系统502确定信号的行进速度(例如,经由查找表格)。以及第四功能可以涉及控制系统502使用所确定的传送时间、所确定的接收时间以及所确定的行进速度作为用于确定气球506A与气球506B之间的距离的基准,诸如通过求解作为时间和速度的函数的距离。例如,控制系统502可以通过确定所确定的传送时间与所确定的接收时间之间的差、并且将所确定的差与所确定的信号的行进速度相乘来确定距离D1。

[0130] 作为另一个示例,控制系统502可以如结合图7所示的、基于其他距离和/或角度来确定距离D1。这可能涉及若干功能。第一功能可以涉及控制系统506A确定气球506A与地球512(即,地球512的地心)之间的距离D4。在一个示例中,气球506A可以使用高度计来确定其高度并且将其高度提供给控制系统502。然后,控制系统502可以确定从地球512的地表(在气球506A之下)到地球512的地心的距离(例如,经由查找表格),并且将该距离相加到高度以确定距离D4。第二功能可以涉及控制系统502确定第一向量与第二向量之间的角度A1,其中,第一向量从气球506A朝向地球512延伸,并且其中,第二向量从气球506A朝向气球506B延伸。第三功能可以涉及确定第二向量与第三向量之间的角度A2,其中,第三向量从气球506B朝向地球512延伸。以下将更详细地描述可以确定这种角度的示例方式。

[0131] 第四功能可能涉及控制系统502使用所确定的距离D4、所确定的角度A1以及所确定的角度A2作为用于确定距离D1的基准,诸如通过求解正弦函数。额外地或可替换地,控制系统502可以确定气球506B与地球512之间的距离D5。并且控制系统502可以使用所确定的距离D4、所确定的距离D5、所确定的角度A1以及所确定的角度A2作为用于确定距离D1的基准,诸如通过求解余弦函数。

[0132] 作为又一示例,控制系统502可以基于在第一天线接收RF信号时与第二天线接收RF信号时之间RF信号强度的改变来确定距离D1,其中,RF信号从气球506A广播,并且其中两个天线从气球506B的不同部分延伸。

[0133] 对于确定距离D1额外地或可替换地,控制系统502可以以相似的方式确定其他距离。例如,控制系统502可以确定距离D2和/或距离D3,并且因此,空间关系的第一集合可以包括距离D1、D2和/或D3。

[0134] 在一些实例中,基于距离的空间关系可以指定两个对象之间的距离范围。例如,如果气球506A确定其在气球506B的RF通信范围内,则气球506A可以确定距离D1在下述距离范围内:该距离范围具有等于RF信号可以行进的最大距离的上限。对于使用光信号进行通信的气球也可以使用相似的技术。此外,气球506A可以使用所接收的、从气球506B所发送的信号强度来进一步缩减(narrow)距离D1的范围。

[0135] 对于确定距离D1的范围额外地或可替换地,控制系统502可以以相似的方式确定其他距离范围。例如,控制系统502可以确定距离D2的范围和/或距离D3的范围,并且因此,空间关系的第一集合可以包括距离D1、D2和/或D3的范围。

[0136] 空间关系还可以是基于角度的。在一个示例中,控制系统502确定空间关系的第一集合可以涉及控制系统502确定第一向量与第二向量之间的角度,其中,第一向量从组500中的第一气球朝向组500中的第二气球延伸,以及其中,第二向量从第一气球朝向组500中的第三气球延伸。如图8所示,这可以涉及控制系统502确定向量V1与V2之间的角度A3。

[0137] 控制系统502确定角度A3可以涉及若干功能。第一功能可以涉及控制系统502确定向量V1与参考向量V3之间的角度A4,其中,向量V3从气球506A延伸。第二功能可以涉及控制系统502确定向量V2与向量V3之间的角度A5。第三功能可以涉及控制系统502使用所确定的角度A4和所确定的角度A5作为用于确定角度A3的基准。例如,其中,角度A4和A5具有不同的符号(相对于向量V3),控制系统502可以将角度A3确定为角度A4和A5的幅值的求和。可替换地,其中,角度A4和A5具有相同的符号(相对于向量V3),控制系统502可以将角度A3确定为角度A4与A5的幅度之间的差。

[0138] 控制系统502可以以各种方式确定角度A4和A5。在一个示例中,气球506A可以确定角度A4并且将其提供给控制系统502。这可能涉及若干功能。第一功能可以涉及气球506A经由在第一位置中的可转向传送器来发射光信号。第二功能可以涉及气球506A(例如,使用成像系统)检测所发射的光信号的反射。第三功能可以涉及响应于检测到所发射的光信号的反射,气球506A确定可转向传送器的第一位置与第二位置之间的偏移,其中,在第二位置中,可转向传送器与向量V3对准。以及第四操作可以涉及气球506A使用所确定的偏移(例如,经由将偏移映射到角度的查找表格)来确定角度A4。

[0139] 额外地或可替换地,气球506A可以基于从气球506B接收到确认消息来确定角度A4,并且然后气球506A可以向控制系统502提供角度A4。这可能涉及若干功能。第一功能可以涉及气球506A在发射对可转向传送器的当前位置进行编码的光信号的同时扫描天空。这样,气球506A可以经由在第一位置中的可转向光信号传送器来传送光信号,其中,光信号包括第一位置,并且其中,光信号指向气球506B。响应于接收到此信号,气球506B可以向气球506A发送指示当可转向传送器在第一位置中时气球506B接收到光信号的消息。因此,第二功能可以涉及气球506A从气球506B接收消息。第三功能可以涉及响应于气球506A接收到消息,气球506A确定可转向传送器的第一位置与第二位置之间的偏移,其中,在第二位置中,可转向传送器与向量V3对准。第四功能可以涉及气球506A使用所确定的偏移来确定角度A4。

[0140] 额外地或可替换地,气球506A可以通过分析包括气球506B的图像来确定角度A4。这可能涉及若干功能。第一功能可以涉及气球506A使用成像系统来拍摄天空的图像。第二功能可以涉及气球506A确定气球506B在图像中处于第一位置处。第三功能可以涉及响应于确定了气球506B在图像中处于第一位置处,气球506A确定第一位置与第二位置之间的偏移,其中,第二位置代表参考向量V3在图像中的位置。第四功能可以涉及气球506A使用所确定的偏移来确定角度A4。

[0141] 可注意的,控制系统502还可以使用以上结合确定角度A4所描述的技术中的一个或多个来确定角度A5。然后,在确定角度A4和A5之后,控制系统502可以确定角度A3,如上所述。

[0142] 对于确定角度A3额外地或可替换地,控制系统502可以以相似的方式确定与组506有关的其他角度。例如,控制系统502可以确定从气球506B朝向气球506A延伸的第一向量以及从气球506B朝向气球506C延伸的第二向量之间的角度。同样地,控制系统502可以确定从气球506C朝向气球506B延伸的第一向量与从气球506C朝向气球506A延伸的第二向量之间的角度。因此,空间关系的第一集合可以包括这种角度中的一个或多个。

[0143] 5b)确定与组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合

[0144] 如上所述,在方块604处,方法可以涉及通过计算设备来确定与组的至少一部分和参考点有关的空间关系的第二集合。这可以涉及控制系统502确定与组506的至少一部分和与诸如陆基台站504或空中对象508的参考点有关的第二空间集合。通常,空间关系的第二集合定义组506相对于地球512的定向。

[0145] 如同第一集合中的空间关系那样,第二集合中的空间关系可以采取任何形式并且可以是基于距离的。例如,如图5所示,第二集合中的空间关系可以包括气球506A与陆基台站504之间的距离D6、气球506B与陆基台站504之间的距离D7和/或气球506C与陆基台站504之间的距离D8。

[0146] 如上所指出的,陆基台站504可以包括气球300的有效载荷302的组件中的一个或多个。因此,控制系统502可以使用与以上结合空间关系的第一集合所描述的技术相似的技术来确定这种距离。例如,控制系统502可以确定从气球506A至506C之一行进到陆基台站504的信号的飞行时间,并且反之亦然。额外地或可替换地,控制系统502可以基于如上所述的RF信号的强度的改变来确定这种距离。另外,如同第一集合中的空间关系那样,第二集合中的空间关系可以指定距离范围。另外,在一些示例中,气球506A至506C之一或者陆基台站504可以确定距离或距离的范围并且将其提供给控制系统502。

[0147] 此外,如同第一集合中的空间关系那样,第二集合中的空间关系可以是基于角度的。例如,第二集合可以包括第一向量与第二向量之间的角度,其中,第一向量从气球506A朝向地球512延伸,以及其中,第二向量从气球506A朝向空中对象508延伸。如图9中所示,这可能涉及控制系统502确定向量V4与V5之间的角度A6。在一个示例中,气球506A可以使用与以上结合气球506A确定角度A4所描述的技术相似的技术来确定角度A6,并且将其提供给控制系统502。

[0148] 作为另一个示例,第二集合可以包括第一向量与第二向量之间的角度,其中,第一向量从陆基台站504朝向地球512延伸,以及其中,第二向量从陆基台站504朝向气球506A延伸。如图10中所示,这可以涉及控制系统502确定向量V6与V7之间的角度A7。在一个示例中,陆基台站504可以使用以上结合气球506A确定角度A4所讨论的技术相似的技术来确定角度A7,并且将其提供给控制系统502。

[0149] 作为又一个示例,第二集合可以包括第一向量与第二向量之间的角度,其中,第一向量从气球506A朝向地球512延伸,以及其中,第二向量从气球506A朝向陆基台站504延伸。如图11中所示,这可以涉及控制系统502确定向量V8与V9之间的角度A8。在一个示例中,气球506A可以使用以上结合气球506A确定角度A4所描述的技术中的一个或多个来确定这种角度,并且将其提供给控制系统502。

[0150] 5c)确定参考点相对于地球的位置

[0151] 如上所指出的,在方块606处,方法可以涉及通过计算设备来确定参考点相对于地球的位置。这可以涉及控制系统502确定陆基台站504、空中对象508或者另一对象相对于地球512的位置。在一个示例中,控制系统502可以通过识别参考点并且从查找表格中检索所识别的参考点的位置来进行此确定。在一个示例中,气球506A可以识别参考点并且将其提供给控制系统502。气球506A可以以各种方式识别参考点。例如,在参考点是空中对象508的情况下,气球506A可以使用成像系统(例如,使用“星体追踪”技术)来识别空中对象508。在参考点是陆基台站504的情况下,气球506A可以使用成像系统和/或基于陆基台站504广播

的参考点标识符来识别陆基台站504。

[0152] 5d)确定目标气球相对于地球的位置

[0153] 如上所指出的,在方块608处,方法可以涉及使用所确定的第一集合,所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球的位置作为用于确定组中的目标气球相对于地球的位置的基准。这可以涉及控制系统502使用所确定的第一集合、所确定的第二集合以及所确定的陆基台站504和/或空中对象508的位置作为用于确定气球506A的位置的基准。

[0154] 因为所确定的空间关系固有地具有至少一些程度的测量不确定性,所以在一个示例中控制系统502可以结合优化函数使用所确定的第一集合和所确定的第二集合中的空间关系来作为约束优化条件。优化函数可以采用各种优化技术中的任一个来确定(即,优化)气球506A的位置。这种技术可以包括最小二乘法误差(MMSE)、同时定位与映射(SLAM)(尽管不具有映射组件,部分可观测马尔科夫设计、线性二次估计、动态贝叶斯网络估计和/或凸优化。在一些实例中,也可以使用基于时间的优化函数(即,考虑空间关系随时间的改变)。

[0155] 通过使用这些优化函数中的一个或多个,控制系统502可以基于所确定的第一和空间关系的第二集合来确定气球506A相对于地球512的最可能的位置。实际上,控制系统502可以使用类似过程来确定组506中的每个气球(或至少多个气球)相对于地球512的位置。这样,控制系统502可以确定气球506B和506C相对于地球512的位置。

[0156] 在这方面中,控制系统502还可以使用气球属性、环境条件和/或其他数据作为约束优化条件。例如,在围绕地球延伸的基于气球的定位系统中,该组气球的连续的或者“闭环的”本质可以被用作这种条件。这可以提供在其中测量误差可能在长距离上累积的其他环境中不可获得的利益。实际上,在这种闭环系统中,控制系统502可以对在这种距离上将会另外地累积的误差进行自校正。

[0157] 在一个示例中,控制系统502可以单独地确定组506中的每个气球相对于组506中的每个其他气球的位置,以及组506相对于地球512的位置。这样,在方块608处的功能可以涉及:控制系统502使用所确定的第一集合作为用于确定组506中的每个气球相对于组506中的其余气球的位置的基准,并且控制系统502使用所确定的相对于其余气球的位置、所确定的第二集合以及所确定的参考点相对于地球512的位置作为用于确定目标气球相对于地球512的位置的基准。

[0158] 在一些实例中,控制系统502可以使用第一优化函数来确定组506中的每个气球相对于组中的其余气球的位置,并且可以使用第二优化函数来确定目标气球相对于地球512的位置。

[0159] 5e)传送所确定的目标气球相对于地球的位置

[0160] 如以上指出的,在方块610处,方法可以涉及传送所确定的目标气球相对于地球的位置。这可能涉及控制系统502向气球506A传送所确定的气球506A相对于地球512的位置。在另一个示例中,控制系统502可以向陆基台站504提供所确定的位置,并且陆基台站504可以向气球506A传送所确定的位置。然后,气球506A可以广播或另外地传送所确定的位置和用于由陆基接收器510使用的其他相关数据。还可以关于组中的其他气球——例如包括气球506B和506C——执行这些功能。

[0161] 如图12中所示,每个气球506A至506C可以包括相应的PBM 514A至514C,其被配置为用于(例如,经由天线)广播包含气球定位数据的相应气球信号516A至516C。气球定位数

据包括所确定的相应气球的位置和广播的相对对应的时间(即,指示气球信号何时被广播)。陆基接收器510可以被配置为接收气球信号516A至516C中的一个或多个,并且基于在其中所包含的整体气球定位数据来确定其相对于地球512的位置。

[0162] 当在本公开中使用时,PBM是指代在相应气球中所包含的组件中的一个或一组的功能模块——诸如结合图3所描述的功能模块——其可以实行所描述的功能。例如,PBM可以包括在存储器314中所存储的、与广播相应气球相对于地球的位置的功能有关的指令的特定集合,连同用于执行这些指令的处理器312,以及任何通信系统或其他相关联的组件。然而,PBM不限于组件的任何特定集合。

[0163] 可注意的,在一些实施例中,每个PBM可以在单独的信道频率上广播相应气球信号。这提供了优于诸如GPS的传统定位系统的特别的优点,在GPS中,针对尝试检测和去除由基于反射的干扰所导致的延迟,卫星信号通常同时在两个不同的信道频率(典型地,在1575.42Mhz处的L1以及在1227.6Mhz处的L2)上被广播。由于GPS卫星的高度,直接地被发送到陆基接收器的卫星信号穿过电离层,并且因此经受这种类型的干扰。

[0164] 因为GPS卫星在两个信道频率上广播信号,所以传统GPS接收器必须被配置为接收两个信道频率。另一方面,在气球信号在单个信道频率上被传送的基于气球的定位系统的实施例中,相对应的陆基接收器仅需要被配置为接收单个信道频率。此外,这允许陆基接收器较不复杂,并且因此,通常对于生产更不昂贵。可注意的,所使用的单个信道频率可以是任何特定频率,尽管在选择实施例中,其可以与L1和L2的频率或者其他通常所使用的频率不同以降低或避免潜在的干扰。

[0165] 此外,由于气球很可能以其行进的相对低速(即,与GPS卫星相比),所以陆基接收器不需要如在GPS接收器情况下那样补偿多普勒频移。再次地,这降低了陆基接收器的复杂度和生产成本。

[0166] 5f)变型例

[0167] 虽然所公开的方法的一个或多个功能已经被描述为由特定实体(例如,控制系统502)所执行,但是功能可以由任何实体或实体的组合所执行,诸如在以上所述的系统500中所包括的那些。

[0168] 另外,如以上所指出的,所公开的系统不必限于系统500的配置。实际上,在实践中,所公开的系统可以包括数以千计、数以万计、或甚至更多的气球、控制系统、陆基台站、空中对象、陆基接收器和/或其他实体。同样地,方法可能涉及确定数以千计、数以万计或者甚至更多的空间关系,诸如以以上所描述的示例方式。可注意的,当更多的空间关系被确定时,控制系统可能能够以更高的精确度并且以更少的计算时间来确定目标气球的位置。这样,在一些实施例中,可以期望大规模的基于气球的定位系统。

[0169] 此外,贯穿本申请所描述的步骤不必按照所公开的顺序执行,尽管在一些示例中顺序是优选的。另外,为了实现所公开的系统和方法的期望优点,不是所有步骤都必须被执行,并且因此不是所有步骤都是必须的。此外,贯穿本公开所描述的变型例可以被应用至所公开的示例中的任一个并且可能应用于其他环境中。

[0170] 另外,贯穿本申请所描述的各种技术可以在除了基于气球的定位系统之外的环境中被利用。例如,所描述的用于确定两个气球之间的距离的技术可以被用于确定两个其他对象之间的距离。同样地,所描述的用于确定两个向量之间的角度的技术不必在基于气球



的定位系统的上下文中被利用。实际上,第一向量可以从第一对象向第二对象延伸,并且第二向量可以从第一对象向参考点(例如,第三对象)延伸。这样,可以设想到,控制系统(或者其他设备)可以确定其他(非气球)对象之间的空间关系。可注意的,这些对象可以包括以上所描述的气球组件中的一个或多个,并且这种组件可以至少部分地被用于确定这种空间关系。然后,基于这些空间关系,控制系统(或其他设备)可以以与以上结合示例的基于气球的定位系统所描述的方式相似的方式,来确定每个对象相对于一个或多个其他对象和/或相对于诸如地球的参考点的位置。

[0171] 6. 额外的示例优点

[0172] 在GPS的上下文中,接收器通常不能够确定其位置,这是因为其不能够接收由GPS卫星中的一个或多个所广播的信号。由于一些原因,诸如由于弱的信号强度和由于反射、折射和/或多路径传播的信号干扰,这些信号可能难以到达GPS接收器。在尝试最小化与弱的信号强度有关的问题时,GPS采用数字序列扩频(DSSS)编码技术,该数字序列扩频编码技术通过利用增加的带宽提高信号强度。然而,该技术仅少量地提高了信号强度。

[0173] 如所指出的,GPS卫星通常在近似20000千米的高度处绕地球轨道运行。作为卫星信号行进这样长距离的结果,信号衰减通常是大量的,即使采用DSSS编码也如此。另一方面,在基于气球的定位系统中,从气球发送到陆基接收器的气球信号行进实质上较短的距离。在一个实施例中,气球信号行进了在近似17km到25km的范围中的距离。此外,以接收器为目的地的气球信号起源于电离层之下,并且因此,未经受如以上所讨论的基于反射的干扰。出于这些原因,与并行GPS情形相比,气球信号很可能更强并且更可能到达接收器。

[0174] 最终,当给定的GPS接收器处于诸如城市、高层建筑物等的特定环境中时,其他对象可能阻挡或干扰信号。如所讨论的,基于气球的定位系统的一些实施例可以包括横穿平流层所部署的大量气球。一些实施例可以包括数以千计、数以万计或者甚至更多的气球。作为结果,任何给定的陆基接收器很可能具有到多个气球的视线,在一些实施例中,一次(at a time)为50至100个那么多。作为结果,与例如可能具有与最多大约11个或12个GPS卫星的视线的GPS接收器相比,接收器具有较大的可能性能够接收到气球信号。

[0175] 虽然在本文中公开了各个方面和各种实施例,但是对于本领域技术人员其他方面和实施例将是明显的。本文中所讨论的各个方面和各种实施例是出于说明的目的并且意欲为限制性的,而真实的范围和精神由下面的权利要求书指示。

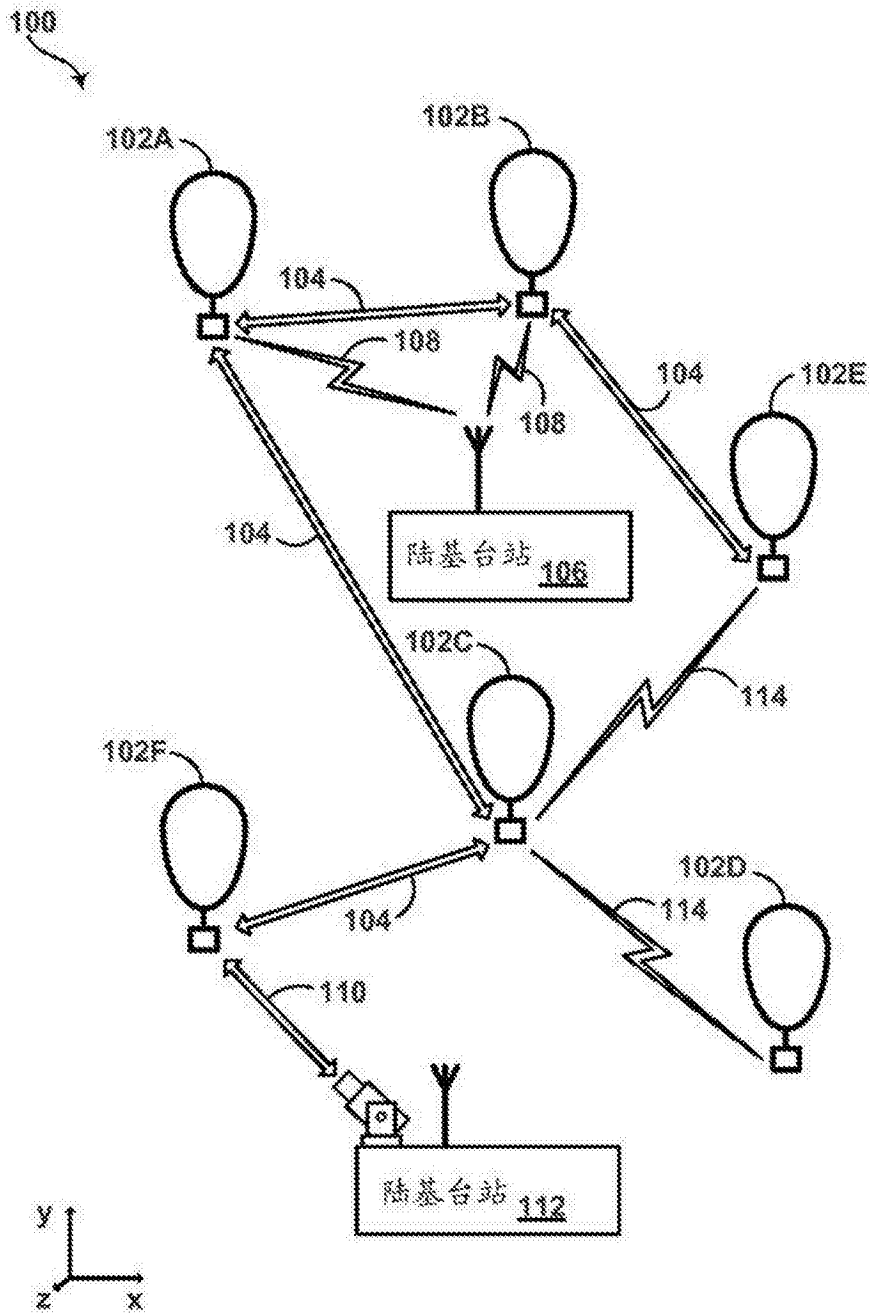


图1

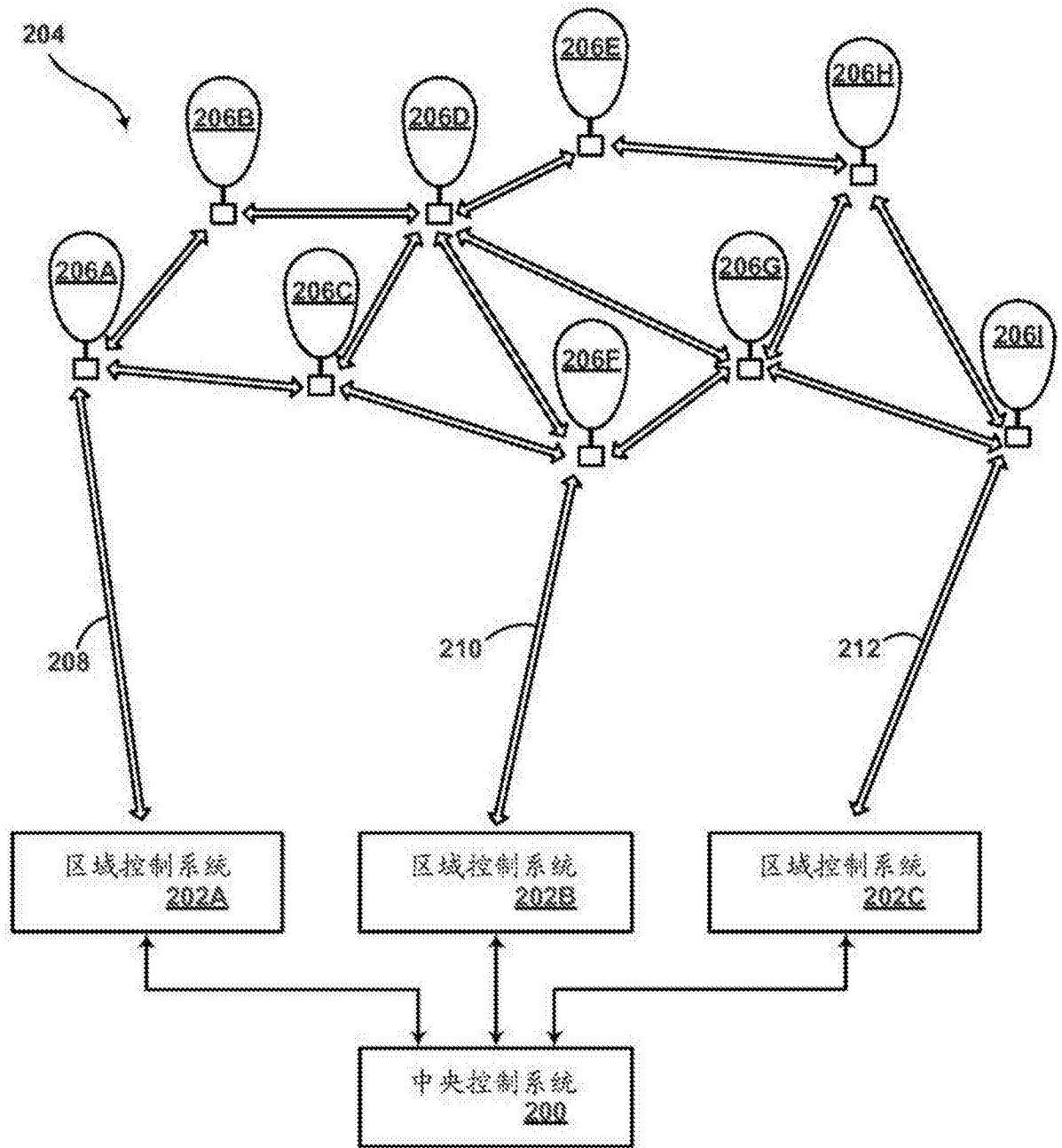


图2

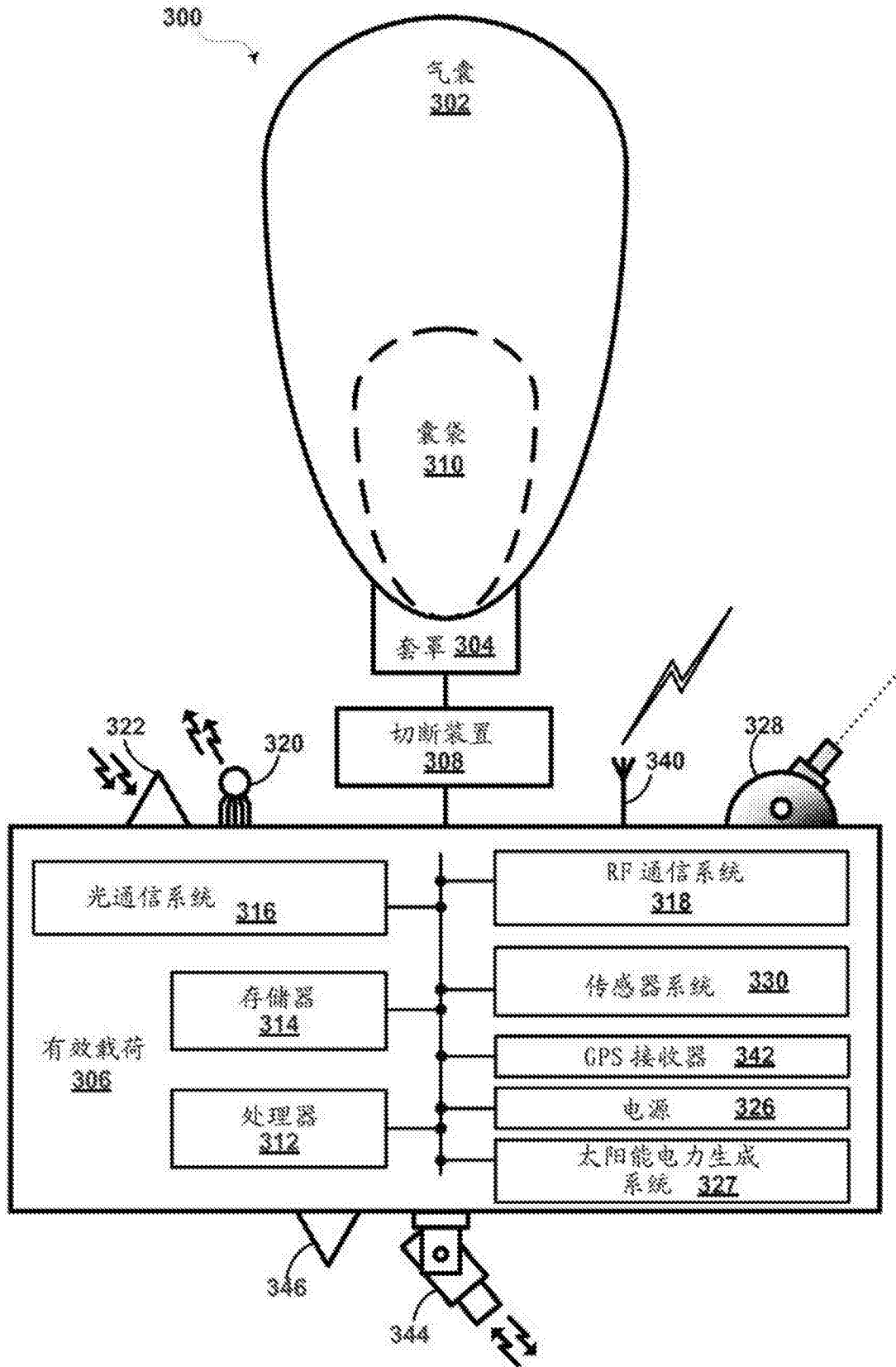


图3

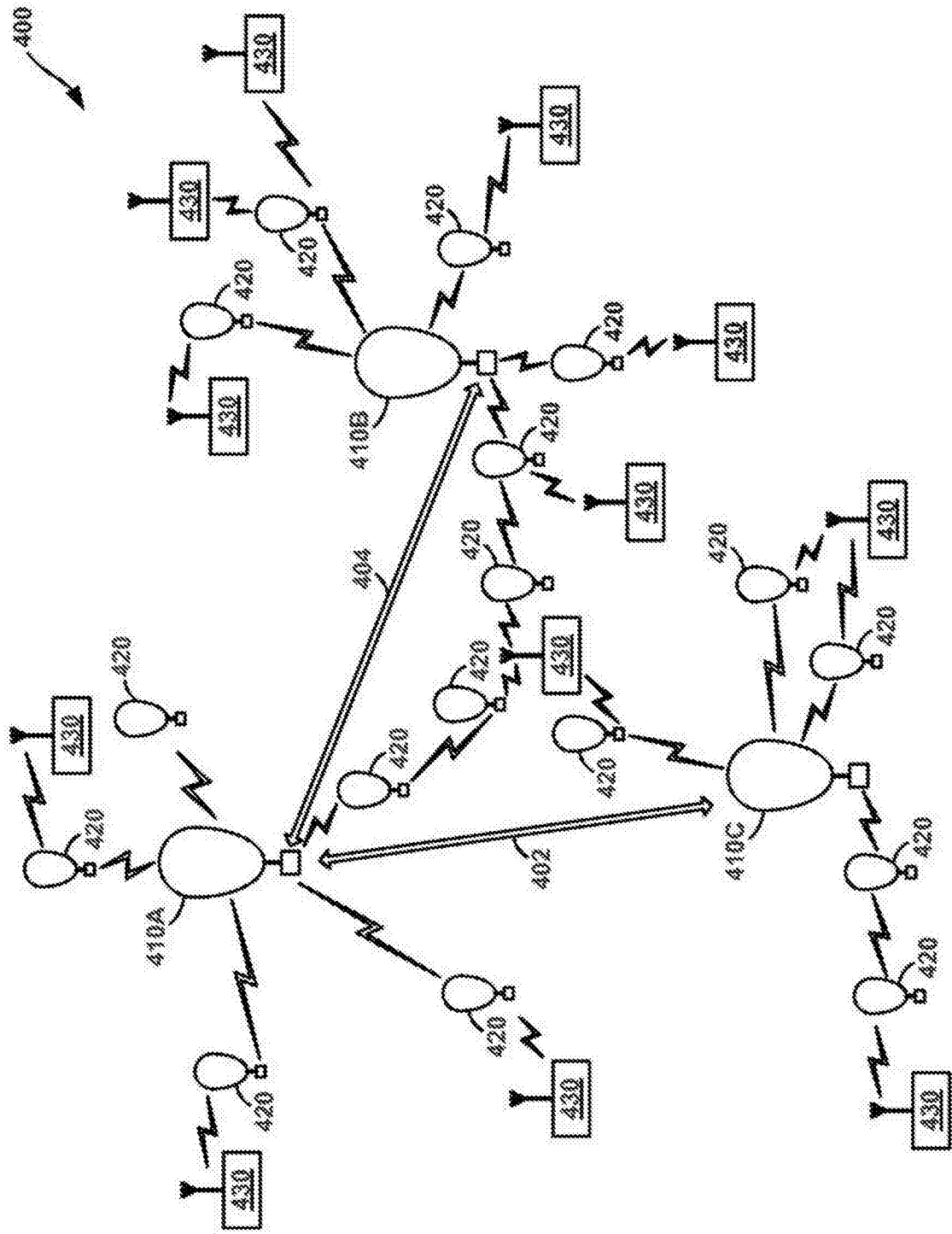


图4

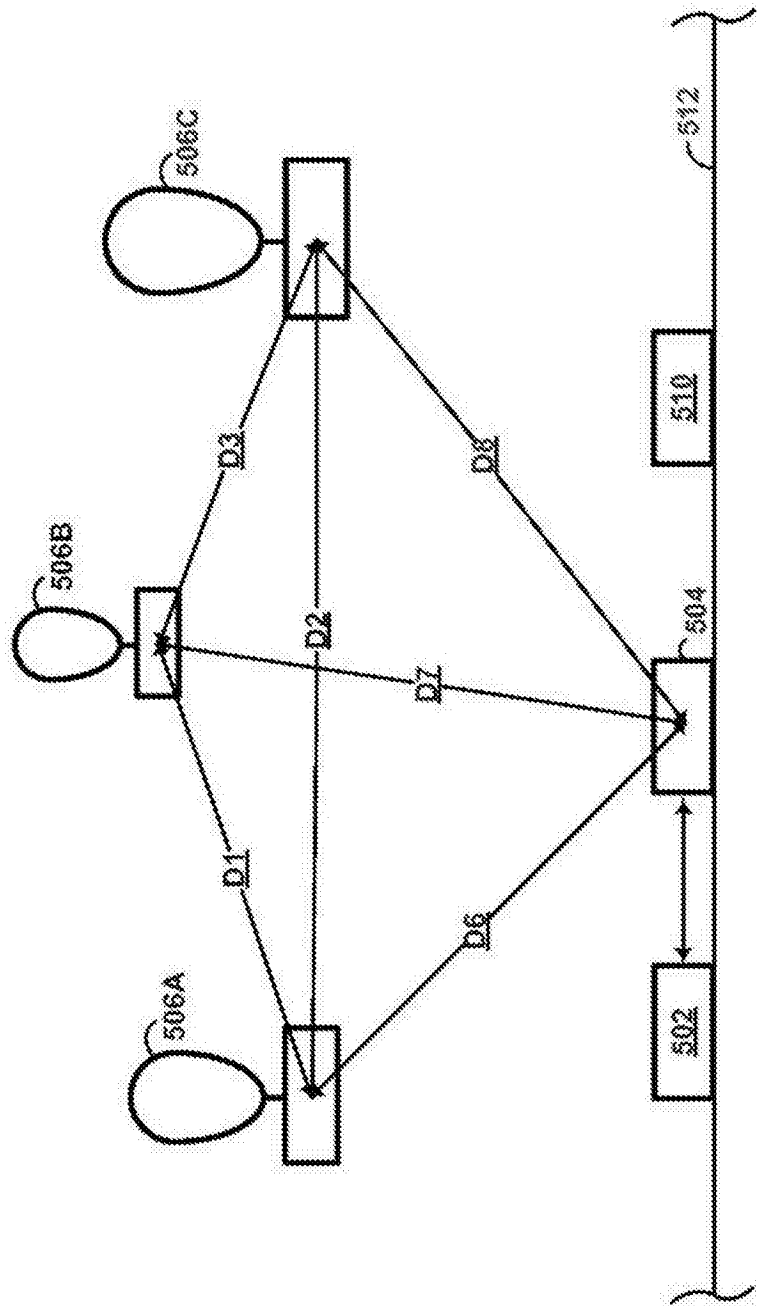


图5

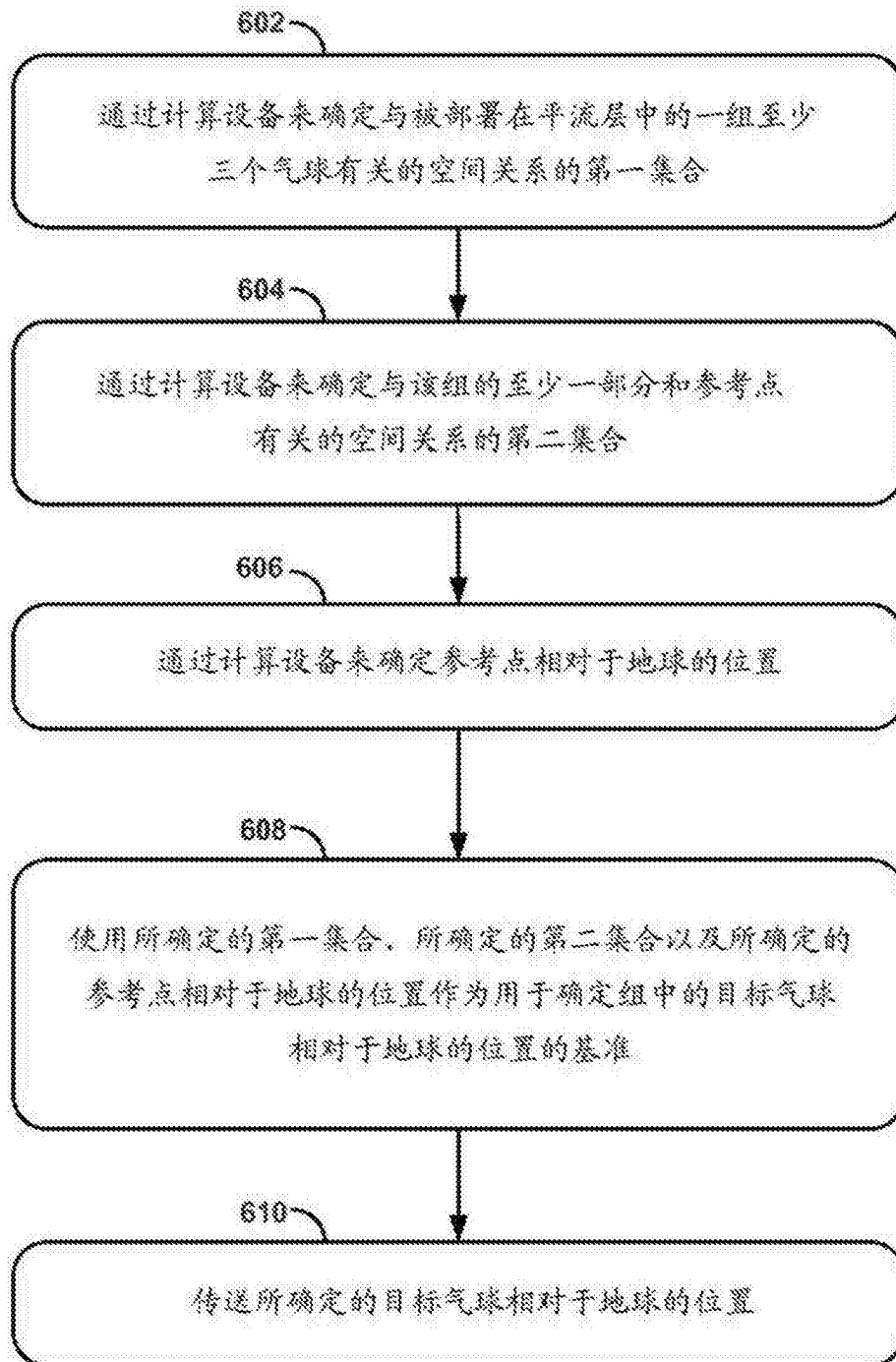


图6

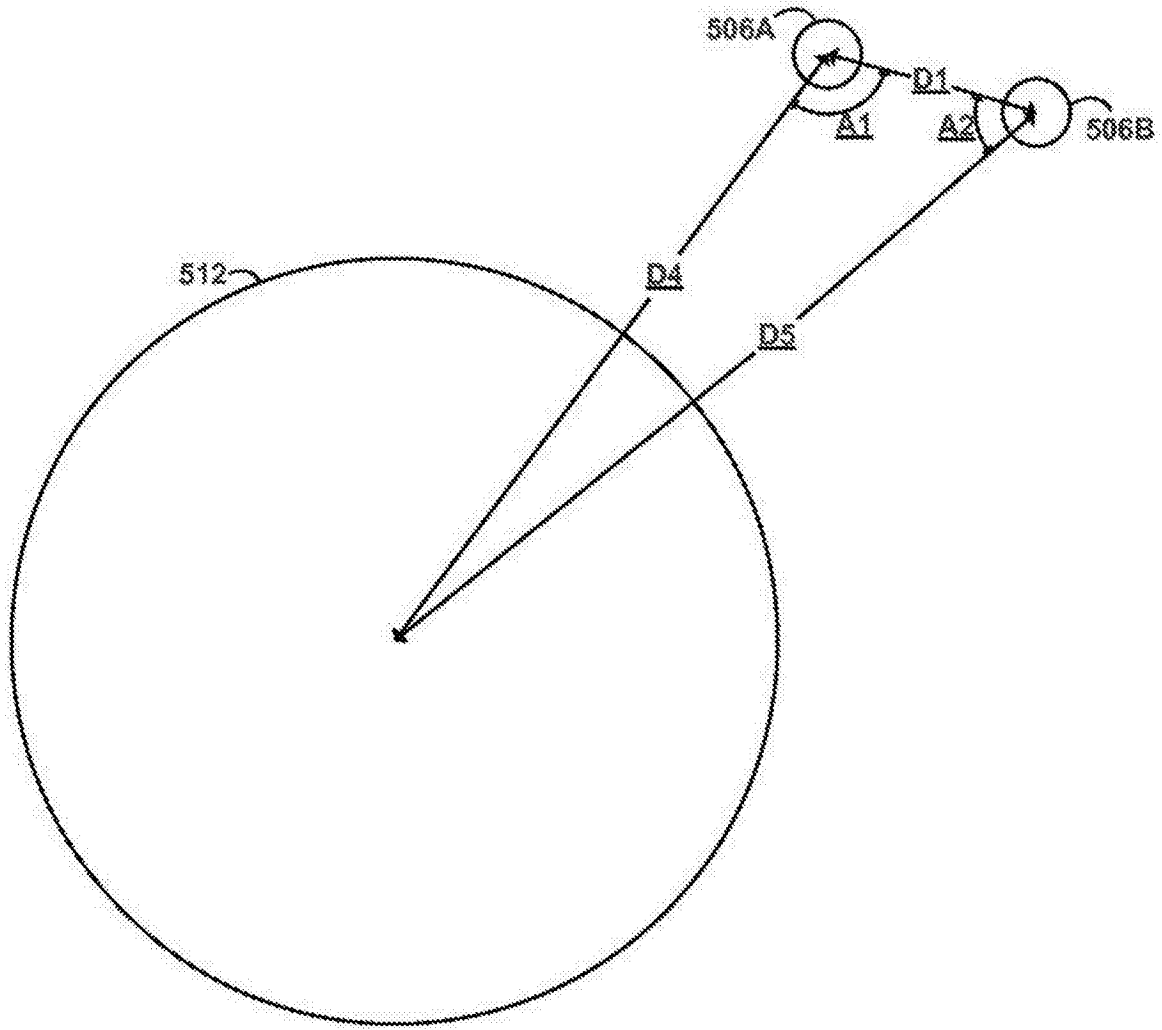


图7



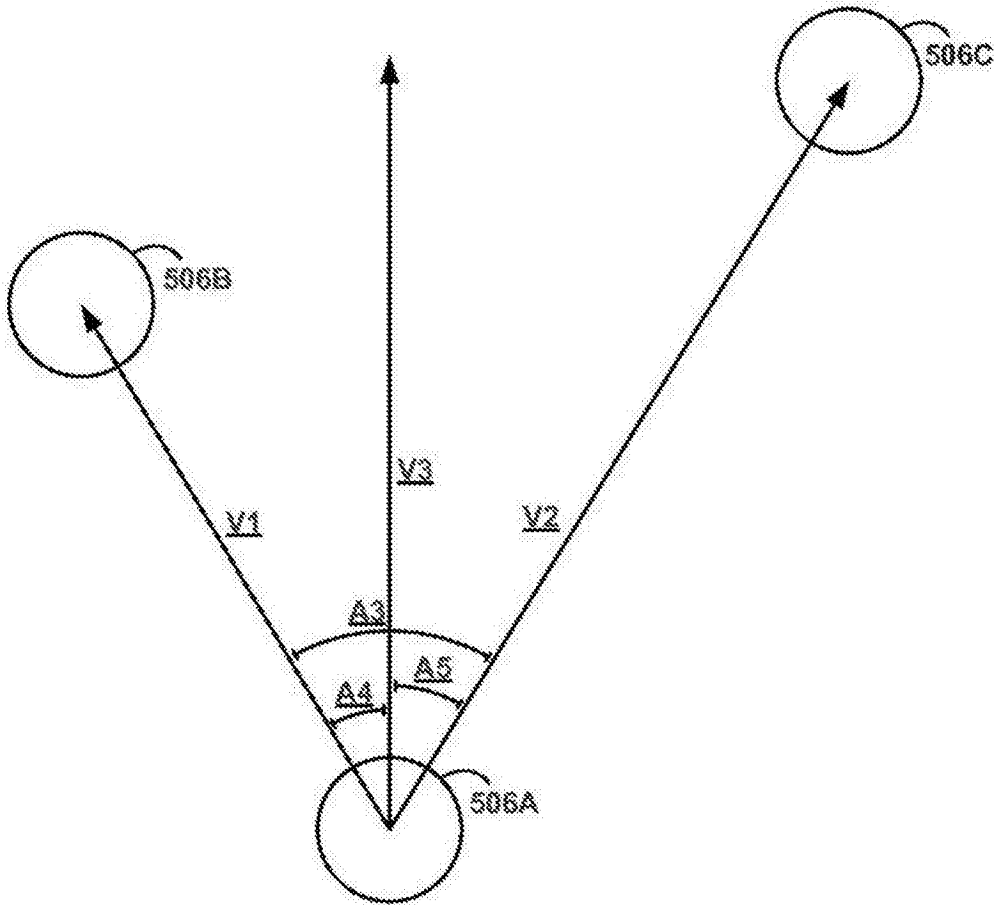


图8

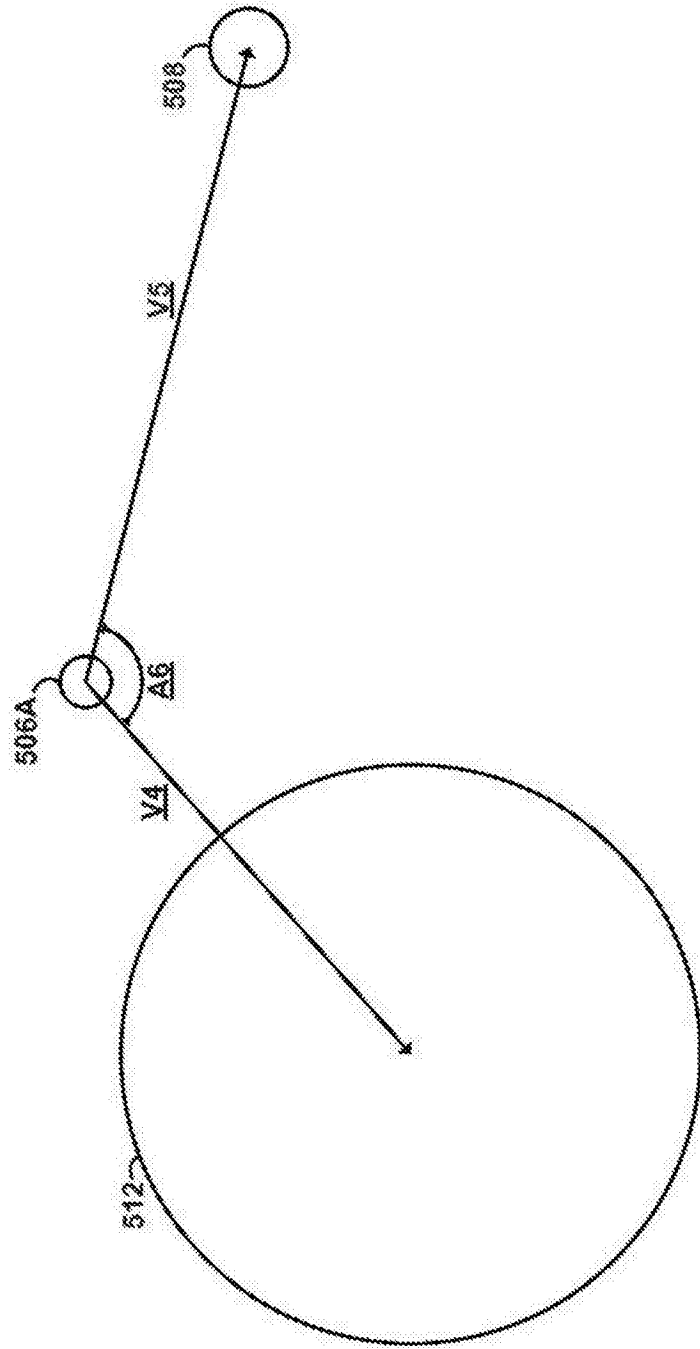


图9

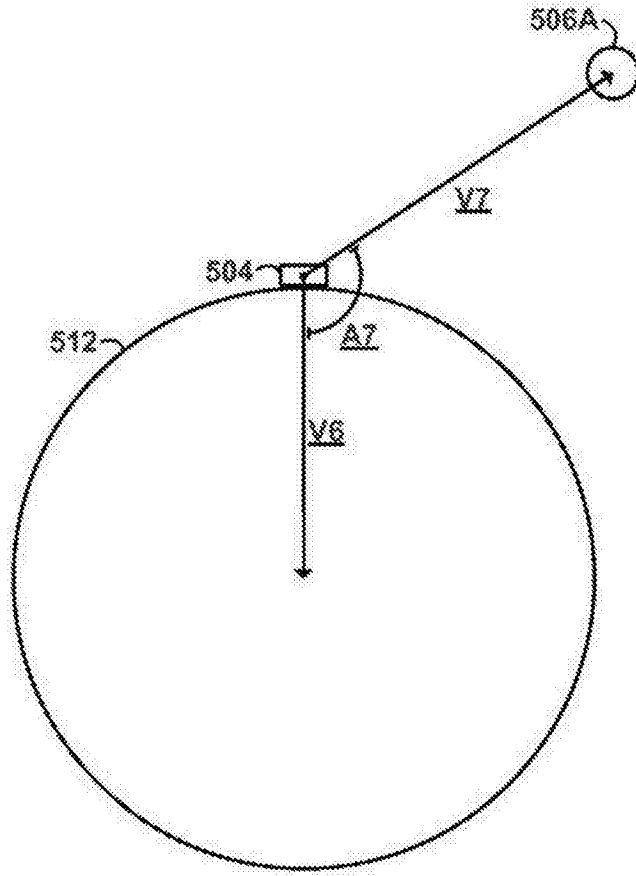


图10

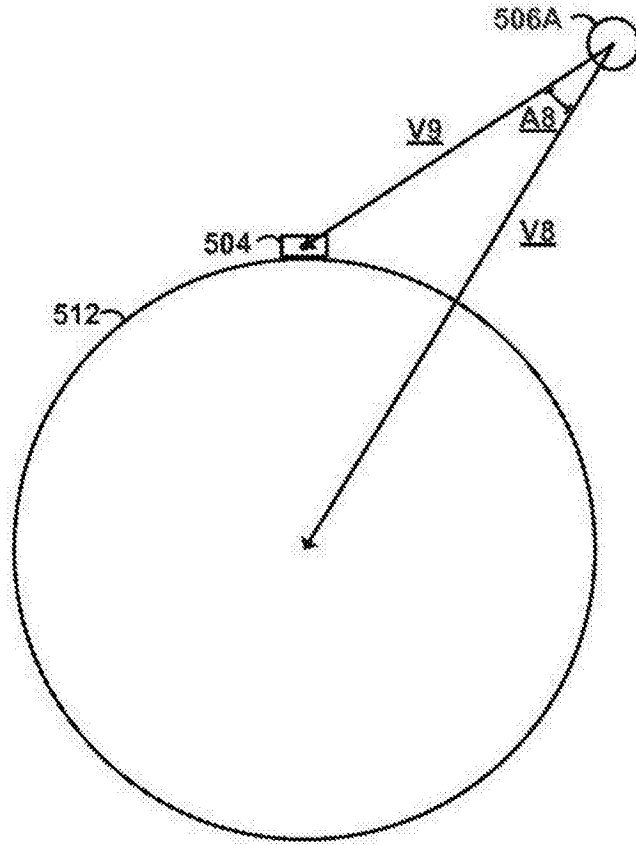


图11

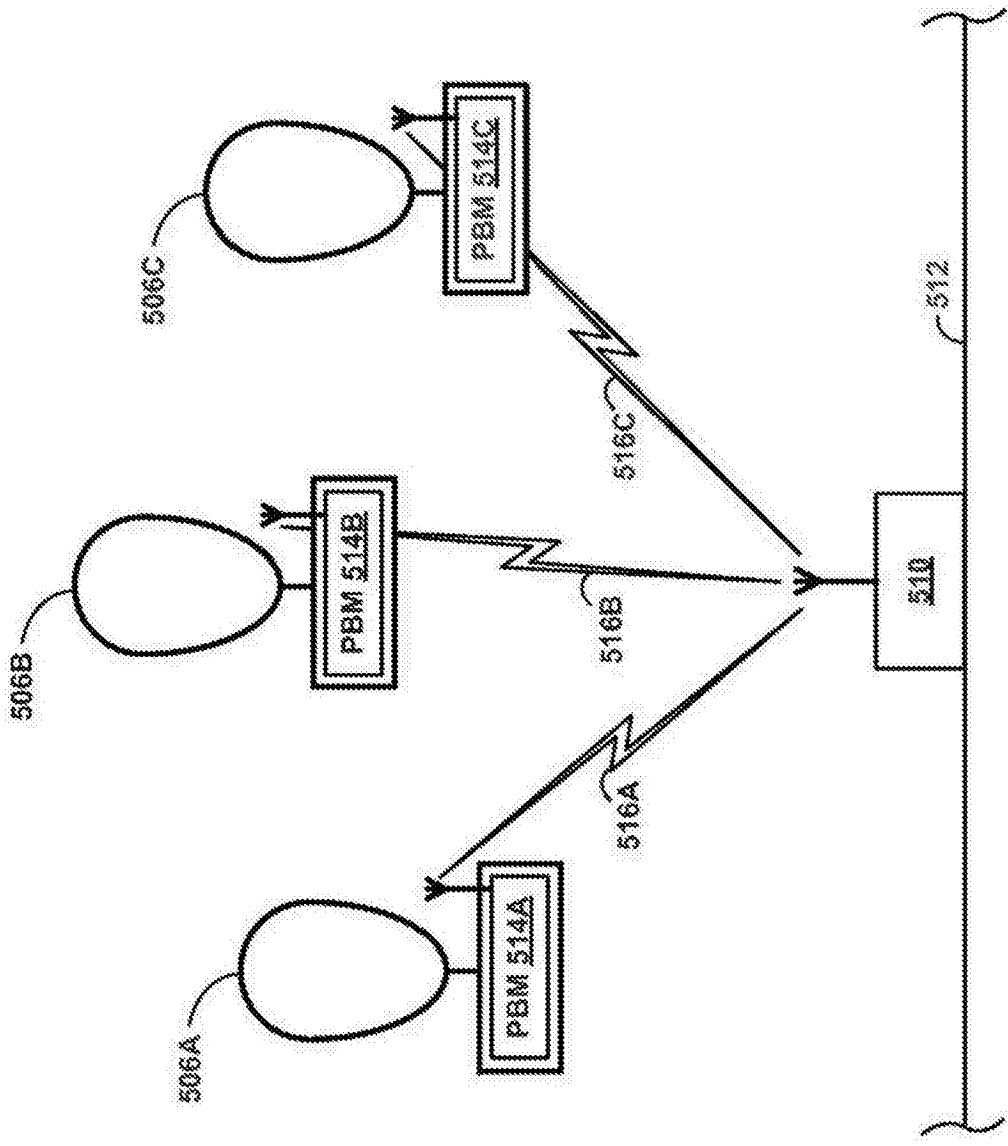


图12