



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104703877 B

(45)授权公告日 2017.06.09

(21)申请号 201380053359.9

(73)专利权人 X开发有限责任公司

(22)申请日 2013.08.12

地址 美国加利福尼亚州

(65)同一申请的已公布的文献号

(72)发明人 R.W.德沃尔 E.特勒 C.L.比弗尔
J.韦弗

申请公布号 CN 104703877 A

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

(43)申请公布日 2015.06.10

代理人 邵亚丽

(30)优先权数据

13/590,020 2012.08.20 US

(51)Int.Cl.

B64B 1/44(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H04W 16/18(2006.01)

2015.04.13

审查员 马维忠

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/054489 2013.08.12

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/031375 EN 2014.02.27

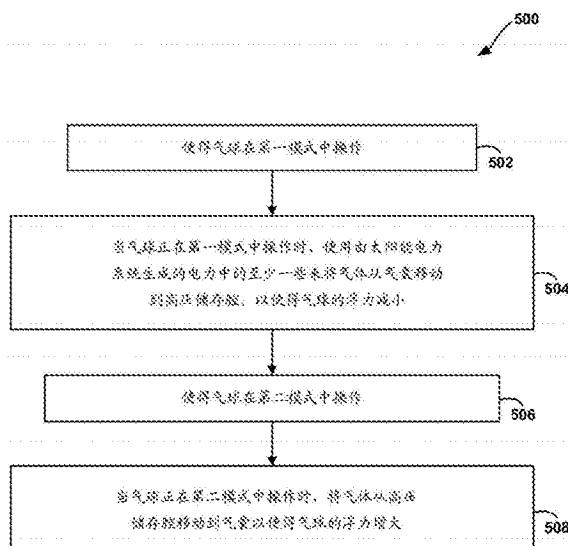
权利要求书3页 说明书15页 附图6页

(54)发明名称

具有浮力权衡的气球电源

(57)摘要

除非本文另外指出,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认为是现有技术。诸如个人计算机、膝上型计算机、平板计算机、蜂窝电话和无数类型的具备联网能力的设备之类的计算设备在现代生活的许多方面中正越来越普遍。这样,对于经由因特网、蜂窝数据网络和其它这样的网络的数据连通性的需求正在增长。然而,在世界的许多地区中,数据连通性仍是不可得的,或者如果可得,则是不可靠的和/或成本高昂的。因此,希望有额外的网络基础设施。



1. 一种由计算机实现的方法,包括:

使得气球在第一模式中操作,其中所述气球包括气囊、高压储存腔和太阳能电力系统;

当所述气球正在所述第一模式中操作时:

操作所述太阳能电力系统来为所述气球生成电力;

确定所述气球应当在第一水平方向移动;

确定在较低高度处的风对应于所述第一水平方向;

响应于确定在较低高度处的风对应于所述第一水平方向,确定所述气球应当移动到所述较低高度;以及

作为响应,使用由所述太阳能电力系统生成的电力中的至少一些来将气体从所述气囊移动到所述高压储存腔以使得所述气球的浮力减小;

使得所述气球在第二模式中操作;以及

当所述气球正在所述第二模式中操作时,确定所述气球应当移动到较高高度,并且作为响应,将气体从所述高压储存腔移动到所述气囊以使得所述气球的浮力增大。

2. 如权利要求1所述的方法,其中,所述第一模式是日间模式,并且所述第二模式是夜间模式。

3. 如权利要求2所述的方法,还包括:

检测预定的日-夜转变条件;以及

作为响应使得所述气球从在所述日间模式中的操作转变到在所述夜间模式中的操作。

4. 如权利要求1所述的方法:

其中,在所述第一模式中的操作还包括将气体从所述气囊移动到所述高压储存腔以便减小所述气球的高度;并且

其中,在所述第二模式中的操作还包括将气体从所述高压储存腔移动到所述气囊以便增大所述气球的高度。

5. 如权利要求1所述的方法,其中,所述气球还包括电池,并且其中,在所述第二模式中的操作还包括使用由所述电池供应的电力。

6. 如权利要求1所述的方法,还包括:

当所述气球正在所述第一模式中操作时,确定所述气球应当移动到较高高度,并且作为响应:

反向操作所述气球的燃料电池以产生气体;以及

将由所述燃料电池产生的气体移动到所述气囊以使得所述气球的浮力增大;以及

当所述气球正在所述第二模式中操作时,确定所述气球应当移动到较低高度,并且作为响应:

将气体从所述气囊移动到所述燃料电池;以及

操作所述燃料电池以使用来自所述气囊的气体来为所述气球生成电力,以使得所述气球的浮力减小。

7. 如权利要求6所述的方法,还包括:

将由所述燃料电池产生的气体移动到所述气囊以便增大所述气球的高度;以及

操作所述燃料电池以使用来自所述气囊的气体来生成电力以便减小所述气球的高度。

8. 如权利要求1所述的方法:

其中,气体被从所述气囊移动到所述高压储存腔以便减小由所述气囊内部的气体施加在所述气囊上的压力;并且

其中,气体被从所述高压储存腔移动到所述气囊以增大由所述气囊内部的气体施加在所述气囊上的压力。

9. 一种由计算机实现的系统,包括:

用于使得气球在第一模式中操作的装置,其中所述气球包括气囊、高压储存腔和太阳能电力系统;

用于当所述气球正在所述第一模式中操作时:

操作所述太阳能电力系统来为所述气球生成电力,

确定所述气球应当在第一水平方向移动,

确定在较低高度处的风对应于所述第一水平方向,

响应于确定在较低高度处的风对应于所述第一水平方向,确定所述气球应当移动到所述较低高度,以及

作为响应,使用由所述太阳能电力系统生成的电力中的至少一些来将气体从所述气囊移动到所述高压储存腔以使得所述气球的浮力减小的装置;

用于使得所述气球在第二模式中操作的装置;以及

用于当所述气球正在所述第二模式中操作时,确定所述气球应当移动到较高高度,并且作为响应,将气体从所述高压储存腔移动到所述气囊以使得所述气球的浮力增大的装置。

10. 如权利要求9所述的系统,其中,所述第一模式是日间模式,并且所述第二模式是夜间模式。

11. 如权利要求9所述的系统:

其中,在所述第一模式中的操作还包括将气体从所述气囊移动到所述高压储存腔以便减小所述气球的高度;并且

其中,在所述第二模式中的操作还包括将气体从所述高压储存腔移动到所述气囊以便增大所述气球的高度。

12. 如权利要求9所述的系统,还包括:

用于当所述气球正在所述第一模式中操作时,确定所述气球应当移动到较高高度,并且作为响应:

反向操作所述气球的燃料电池以产生气体,以及

将由所述燃料电池产生的气体移动到所述气囊以使得所述气球的浮力增大的装置;以及

用于当所述气球正在所述第二模式中操作时,确定所述气球应当移动到较低高度,并且作为响应:

将气体从所述气囊移动到所述燃料电池,以及

操作所述燃料电池以使用来自所述气囊的气体来为所述气球生成电力,以使得所述气球的浮力减小的装置。

13. 如权利要求12所述的系统,还包括:

用于将由所述燃料电池产生的气体移动到所述气囊以便增大所述气球的高度的装置;

以及

用于操作所述燃料电池以使用来自所述气囊的气体来生成电力以便减小所述气球的高度的装置。

14. 一种气球,包括:

太阳能电力系统,被配置为为气球生成电力,其中所述气球包括气囊和高压储存腔;以及

控制系统,其被配置为使得所述气球在至少第一模式和第二模式中操作;

其中,当在第一模式中操作期间,所述控制系统被配置为:

操作所述太阳能电力系统来为所述气球生成电力,

确定所述气球应当在第一水平方向移动,

确定在较低高度处的风对应于所述第一水平方向,

响应于确定在较低高度处的风对应于所述第一水平方向,确定所述气球应当移动到所述较低高度,以及

作为响应,使用由所述太阳能电力系统生成的电力中的至少一些来将气体从所述气囊移动到所述高压储存腔以使得所述气球的浮力减小,

其中,当在第二模式中操作期间,所述控制系统被配置为确定所述气球应当移动到较高高度,并且作为响应,将气体从所述高压储存腔移动到所述气囊以使得所述气球的浮力增大。

15. 如权利要求14所述的气球,还包括电池,其中所述控制系统还被配置为平衡对来自所述电池的电力的使用与对由所述太阳能电力系统生成的电力的使用。

16. 如权利要求14所述的气球,还包括:

燃料电池,被配置为为所述气球生成电力;

其中,所述控制系统还被配置为:

当所述气球正在所述第一模式中操作时,确定所述气球应当移动到较高高度,并且作为响应:

反向操作所述气球的燃料电池以产生气体;以及

将由所述燃料电池产生的气体移动到所述气囊以使得所述气球的浮力增大;以及

当所述气球正在所述第二模式中操作时,确定所述气球应当移动到较低高度,并且作为响应:

将气体从所述气囊移动到所述燃料电池;以及

操作所述燃料电池以使用来自所述气囊的气体来为所述气球生成电力,以使得所述气球的浮力减小。

17. 如权利要求16所述的气球,还包括电池,其中所述控制系统还被配置为平衡对来自所述电池的电力的使用与对由所述太阳能电力系统生成的电力的使用和对由所述燃料电池生成的电力的使用。

18. 如权利要求14所述的气球,其中,所述第一模式是日间模式,并且所述第二模式是夜间模式。

19. 如权利要求14所述的气球,还包括涡轮系统,该涡轮系统可操作来经由气体流出所述高压储存腔经过所述涡轮系统并流入所述气囊中来生成电力。

具有浮力权衡的气球电源

技术领域

[0001] 本公开涉及具有浮力权衡的气球电源。

背景技术

[0002] 除非本文另外指出,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。

[0003] 诸如个人计算机、膝上型计算机、平板计算机、蜂窝电话和无数类型的具备联网能力的设备之类的计算设备在现代生活的许多方面中正越来越普遍。这样,对于经由因特网、蜂窝数据网络和其它这样的网络的数据连通性的需求正在增长。然而,在世界的许多地区中,数据连通性仍是不可得的,或者如果可得,则是不可靠的和/或成本高昂的。因此,希望有额外的网络基础设施。

发明内容

[0004] 在一个方面中,一种由计算机实现的方法包括: (i) 使得气球在第一模式中操作,其中气球包括气囊、高压储存腔和太阳能电力系统; (ii) 当气球正在第一模式中操作时: (a) 操作太阳能电力系统来为气球生成电力; 以及 (b) 使用由太阳能电力系统生成的电力中的至少一些来将气体从气囊移动到高压储存腔以使得气球的浮力减小; (iii) 使得气球在第二模式中操作; 以及 (iv) 当气球正在第二模式中操作时,将气体从高压储存腔移动到气囊以使得气球的浮力增大。

[0005] 在另一方面中,一种非暂态计算机可读介质中可存储有指令,这些指令可被计算设备运行来使得该计算设备执行功能,这些功能包括: (i) 使得气球在第一模式中操作,其中气球包括气囊、高压储存腔和太阳能电力系统; (ii) 当气球正在第一模式中操作时: (a) 操作太阳能电力系统来为气球生成电力; 以及 (b) 使用由太阳能电力系统生成的电力中的至少一些来将气体从气囊移动到高压储存腔以使得气球的浮力减小; (iii) 使得气球在第二模式中操作; 以及 (iv) 当气球正在第二模式中操作时,将气体从高压储存腔移动到气囊以使得气球的浮力增大。

[0006] 在又一方面中,一种气球包括: (i) 太阳能电力系统,被配置为为气球生成电力,其中气球包括气囊和高压储存腔; 以及 (ii) 控制系统,其被配置为: (a) 经由使用由太阳能电力系统生成的电力将气体从气囊移动到高压储存腔来减小气球的浮力,其中气体从气囊到高压储存腔的移动减小包含被移动气体的体积; 以及 (b) 经由气体从高压储存腔到气囊的移动来增大气球的浮力。

[0007] 在另外一方面中,一种由计算机实现的方法可包括: (a) 使得气球在第一模式中操作,其中气球包括气囊、高压储存腔和太阳能电力系统; (b) 当气球正在第一模式中操作时: (i) 操作太阳能电力系统来为气球生成电力; 以及 (ii) 使用由太阳能电力系统生成的电力中的至少一些来将气体从气囊移动到高压储存腔; (c) 使得气球在第二模式中操作; 以及 (d) 当气球正在第二模式中操作时,将气体从高压储存腔移动到气囊。

[0008] 通过酌情参考附图阅读以下详细描述,本领域普通技术人员将清楚这些以及其它方面、优点和替换。

附图说明

- [0009] 图1是根据示例实施例图示出气球网络的简化框图。
- [0010] 图2是根据示例实施例图示出气球网络控制系统的框图。
- [0011] 图3是根据示例实施例图示出高空气球的简化框图。
- [0012] 图4是根据示例实施例图示出包括超节点和子节点的气球网络的简化框图。
- [0013] 图5是根据示例实施例图示出由计算机实现的方法的流程图。
- [0014] 图6是根据示例实施例图示出利用燃料电池和气体流动系统来进行高度控制的气球的功能的组合操作状态图。

具体实施方式

[0015] 本文描述了示例方法和系统。本文描述的任何示例实施例或特征不一定要被解释为比其它实施例或特征更优选或有利。本文描述的示例实施例不欲进行限定。将容易理解,公开的系统和方法的某些方面可按许多种不同的配置来布置和组合,所有这些在本文都已被设想到。

[0016] 另外,附图中示出的特定布置不应当被视为限制性的。应当理解,其它实施例可包括更多或更少的给定附图中示出的每种元素。另外,一些图示的元素可被组合或省略。此外,示例实施例可包括附图中没有图示的元素。

[0017] 1. 概述

[0018] 示例实施例可在包括多个气球(balloon)的数据网络的情境中实现;例如,由部署在平流层(stratosphere)中的高空气球(high-altitude balloon)形成的网状网络(mesh network)。因为平流层中的风可以以差动的方式影响气球的位置,所以示例网络中的每个气球可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,气球可能找到将把它水平地(例如,在纬度上和/或经度上)运载到期望的水平位置的风。

[0019] 为了作为气球网络中的节点工作,气球可消耗大量的电力。然而,增大电池(例如,锂离子电池)供应的电力的量和/或增大气球上的电池的数目通常将会增大一个或多个电池的大小和重量,这由于各种原因可能是不合需要的。因此,示范性实施例可包括一个或多个高度控制机制(mechanism),这些机制也作为补充电力系统工作,并且作为增大或减小气球的高度的过程的一部分生成电力。

[0020] 在示例实施例中,气球可在其气囊和高压储存腔之间移动气体(例如,氢气或者另外的比空气轻的气体)以减小或增大其浮力。更具体而言,高压储存腔可被设定大小(size)并配置为使得当气体被从气囊移动到高压储存腔时,气体的密度增大。这样,气球可将气体从气囊泵出并泵入高压储存腔中以减小其浮力。相反,气球可将气体从高压储存腔移回气囊以增大其浮力。此气体流动可在夜间用作电力的来源,并且其增大浮力。

[0021] 经由气体在高压储存腔和气囊之间的移动的高度控制(本文中称为“气体流动”高度控制机制)可被配置为使得在日间当太阳能电力充足时消耗电力,并且在夜间经由高度

控制生成电力。具体地，在日间，气球可将气体流动系统用于一些或全部高度减小，并且将其它高度控制技术用于一些或全部高度增大。这样，气体在日间可被储存在高压储存腔中。然后，在夜间，气球可将气体流动系统用于一些或全部高度增大，并且将另外的技术用于一些或全部高度减小。从而，使用气体流动系统可在太阳能电力更容易获得的日间消耗电力，并且在太阳能电力不那么可用的夜间生成电力。

[0022] 在一些实施例中，气球也可将燃料电池用于高度控制。燃料电池可经由氢和氧产生水的化学反应来产生电力。另外，燃料电池也可反向运行来从水产生氢和氧。因此，为了增大其高度，气球可反向运行其燃料电池以使得生成气体(例如，氢气)，该气体随后可被移动到气囊中以增大浮力。另外，为了减小其高度，燃料电池可被配置为使用来自气囊的气体来生成电力(例如，经由来自气囊的氢和氧产生水的化学反应)。

[0023] 在又一方面中，气球可实现使用燃料电池和气体流动系统的高度控制过程。具体而言，在日间，气球可使用气体流动系统来减小其高度，并且反向操作燃料电池以增大其高度。这两个高度控制技术都可消耗电力，但是在有更多太阳能电力可用的日间消耗的。另外，这些过程的组合产生并储存气体(例如，氢气)，该气体于是可用于在夜间消耗。具体地，在夜间，气球可使用气体流动系统来增大其高度，并且操作燃料电池以减小其高度。从而，在夜间，用于增大和减小气球的高度的机制都可生成电力，该电力可立即用于操作气球和/或可用于对气球的电池再充电。

[0024] 2. 示例气球网络

[0025] 在示例气球网络中，气球可利用自由空间光通信来与彼此通信。例如，气球可被配置用于使用超亮LED(也被称为“高功率”或“高输出”LED)的光通信。在一些场合中，取代LED或者除了LED之外可以使用激光，虽然关于激光通信的规章可限制激光使用。此外，气球可利用射频(radio-frequency, RF)通信与(一个或多个)陆基台站通信。

[0026] 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一种或多种方式与彼此基本相似。更具体而言，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。另外，这种网络中的气球中的一些或全部也可被配置为利用RF通信与(一个或多个)陆基台站通信。(注意，在一些实施例中，气球就每个气球被配置用于与其它气球的自由空间光通信而言可以是同质的，但至于与陆基台站的RF通信则是异质的。)

[0027] 在其它实施例中，高空气球网络可以是异质的，从而可包括两种或更多种不同类型的气球。例如，一些气球可被配置为超节点(super-node)，而其它气球可被配置为子节点(sub-node)。一些气球可被配置为既充当超节点又充当子节点。这种气球在特定的时间可充当超节点或者子节点，或者取决于情境可同时充当这两者。例如，示例气球可聚集第一类型的搜索请求以发送到陆基台站。示例气球还可将第二类型的搜索请求发送到另一气球，该另一气球在那个情境下可充当超节点。

[0028] 在这种配置中，超节点气球可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，子节点气球可不被配置用于自由空间光通信，而是可被配置用于某种其它类型的通信，诸如RF通信。在那种情况下，超节点可还被配置为利用RF通信与子节点通信。从而，子节点可利用RF通信在超节点与一个或多个陆基台站之间中继通信。这样，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存在其它差异。

[0029] 图1是根据示例实施例图示出气球网络100的简化框图。如图所示，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可以总体上充当用于封包数据通信的网状网络。另外，气球102A至102F可被配置用于经由RF链路108与陆基台站106和112RF通信。在另一示例实施例中，气球102A至102F可被配置为经由光链路110与陆基台站112通信。

[0030] 在示例实施例中，气球102A至102F是部署在平流层中的高空气球。在中等纬度，平流层包括地表之上大约10千米(km)到50km高度之间的高度。在南北极，平流层开始于大约8km的高度。在示例实施例中，高空气球可大体上被配置为在具有较低速的风(例如，在5到20英里每小时(mile per hour, mph)之间)的平流层内的高度范围中操作。

[0031] 更具体而言，在高空气球网络中，气球102A至102F可大体上被配置为在17km到25km之间的高度处操作(虽然其它高度也是可能的)。此高度范围可能由于若干个原因而是有利的。具体地，平流层的这一层一般具有温和的风和湍流(例如，5到20英里每小时(mph)之间的风)。另外，虽然17km到25km之间的风可随着纬度并根据季节而变化，但可以以相当精确的方式对这些变化建模。额外地，17km以上的高度通常超过了为商业空中交通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。

[0032] 为了向另一气球发送数据，给定的气球102A至102F可被配置为经由光链路104发送光信号。在示例实施例中，给定的气球102A至102F可使用一个或多个高功率发光二极管(light-emitting diode, LED)来发送光信号。可替换地，气球102A至102F中的一些或全部可包括激光系统，用于通过光链路104的自由空间光通信。其它类型的自由空间光通信是可能的。另外，为了经由光链路104从另一气球接收光信号，给定的气球102A至102F可包括一个或多个光学接收器。示例气球的额外细节在下文参考图3更详细论述。

[0033] 在又一方面中，气球102A至102F可利用各种不同的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中的一些或全部可被配置为利用IEEE 802.11(包括IEEE 802.11的任何修订版)中描述的协议、诸如GSM、CDMA、UMTS、EV-DO、WiMAX和/或LTE之类的各种蜂窝协议和/或为气球到地面的RF通信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。

[0034] 在又一方面中，可能存在如下场景：其中RF链路108不为气球到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它场景中，可希望有增大的容量。因此，示例网络还可包括下行链路气球，这些下行链路气球可提供高容量空-地链路。

[0035] 例如，在气球网络100中，气球102F可被配置为下行链路气球。与示例网络中的其它气球一样，下行链路气球102F可操作以用于经由光链路104与其它气球的光通信。然而，下行链路气球102F也可被配置用于经由光链路110与陆基台站112的自由空间光通信。光链路110因此可用作气球网络100与陆基台站112之间的高容量链路(与RF链路108相比)。

[0036] 注意，在一些实现方式中，下行链路气球102F可额外地操作用于与陆基台站106的RF通信。在其它情况下，下行链路气球102F可以只将光链路用于气球到地面的通信。另外，虽然图1中所示的布置只包括一个下行链路气球102F，但示例气球网络也可包括多个下行

链路气球。另一方面，气球网络也可实现为没有任何下行链路气球。

[0037] 在其它实现方式中，取代自由空间光通信系统或者除了自由空间光通信系统以外，下行链路气球可配备有专门的高带宽RF通信系统以用于气球到地面的通信。高带宽RF通信系统可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基本相同的容量的RF链路。其它形式也是可能的。

[0038] 除了陆基通信链路以外，或者作为陆基通信链路的替换，气球可被配置为与天基卫星建立通信链路。

[0039] 陆基台站，诸如陆基台站106和/或112，可采取各种形式。一般地，陆基台站可包括诸如收发器、发送器和/或接收器之类的组件，用于经由RF链路和/或光链路与气球网络通信。另外，陆基台站可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，陆基台站106和112可被配置为接入点，利用该接入点，各种设备可连接到气球网络100。在不脱离本发明的范围的情况下，陆基台站106和112可具有其它配置和/或起到其它作用。

[0040] 另外，一些陆基台站，诸如陆基台站106和112，可被配置为气球网络100与一个或多个其它网络之间的网关。这样的陆基台站106和112从而可用作气球网络与互联网、蜂窝服务提供商的网络和/或其它类型的网络之间的接口。关于这个配置以及陆基台站106和112的其它配置的变化也是可能的。

[0041] 2a) 网状网络功能

[0042] 如所指明的，气球102A至102F可总体上充当网状网络。更具体而言，因为气球102A至102F可利用自由空间光链路与彼此通信，所以这些气球可总体上充当自由空间光学网状网络。

[0043] 在网状网络配置中，每个气球102A至102F可充当网状网络的节点，该节点可操作来接收送往它的数据并将数据路由到其它气球。这样，通过确定源气球与目的地气球之间的光链路的适当序列，可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和目的地气球之间的连接可被统称为“光路(lightpath)”。另外，每个光链路可被称为光路上的“跳(hop)”。

[0044] 为了作为网状网络操作，气球102A至102F可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可采用自适应或动态路由，其中源气球和目的地气球之间的光路在需要连接时被确定并设立，并且在以后某时被解除。另外，当使用自适应路由时，可依据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。

[0045] 此外，随着气球102A至102F相对于彼此和/或相对于地面移动，网络拓扑可变化。因此，示例气球网络100可应用网状协议来随着网络的拓扑变化而更新网络的状态。例如，为了解决气球102A至102F的移动性，气球网络100可采用和/或适应性地修改移动自组网络(mobile ad hoc network, MANET)中采用的各种技术。其它示例也是可能的。

[0046] 在一些实现方式中，气球网络100可被配置为透明网状网络。更具体而言，在透明气球网络中，气球可包括用于完全光学化的物理交换的组件，其中在光信号的物理路由中不涉及任何电气组件。从而，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。

[0047] 在其它实现方式中，气球网络100可实现不透明的自由空间光学网状网络。在不透

明配置中,一些或全部气球102A至102F可实现光-电-光(optical-electrical-optical,OEO)交换。例如,一些或全部气球可包括光学交叉连接(optical cross-connect,OXC)以用于光信号的OEO转换。其它不透明配置也是可能的。额外地,包括既具有透明片段也具有不透明片段的路由路径的网络配置是可能的。

[0048] 在又一方面中,示例气球网络100中的气球可实现波分复用(wavelength division multiplexing,WDM),这可帮助增大链路容量。当以透明交换实现WDM时,穿过气球网络的物理光路可受到“波长连续性约束”。更具体而言,因为透明网络中的交换是完全光学化的,所以可能有必要向给定光路上的所有光链路指派相同的波长。

[0049] 另一方面,不透明配置可避免波长连续性约束。具体地,不透明气球网络中的气球可包括可操作用于波长转换的OEO交换系统。结果,气球可在沿着光路的每一跳处转换光信号的波长。可替换地,光学波长转换可仅在沿着光路的选定跳处发生。

[0050] 另外,在不透明配置中可采用各种路由算法。例如,为了为给定的连接确定主光路和/或一个或多个不同的备用光路,示例气球可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,在确定光路时可采用用于维持特定服务质量(Quality of Service,QoS)的技术。其它技术也是可能的。

[0051] 2b) 台站保持功能

[0052] 在示例实施例中,气球网络100可实现台站保持功能来帮助提供期望的网络拓扑。例如,台站保持可涉及每个气球102A至102F维持和/或移动到相对于网络中的一个或多个其它气球的特定位置(并且可能在相对于地面的特定位置)。作为此过程的一部分,每个气球102A至102F可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。

[0053] 期望拓扑可依据特定的实现方式而有所不同。在一些情况下,气球可实现台站保持来提供基本上均一的拓扑。在这样的情况下,给定的气球102A至102F可实现台站保持功能来将其自身定位在与气球网络100中的邻近气球相距基本上相同距离(或者在一定距离范围内)。

[0054] 在其它情况下,气球网络100可具有非均一拓扑。例如,示例实施例可涉及如下的拓扑:在这些拓扑中,出于各种原因,气球在某些区域中分布得更密集或更不密集。作为示例,为了帮助满足城市区域中典型的更高带宽需求,气球在城市区域上方可更密集地群集。出于类似的原因,气球的分布在陆地上方可以比在大水体上方更密集。非均一拓扑的许多其它示例是可能的。

[0055] 在又一方面中,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允许气球依据网络的期望拓扑的变化来调整其各自的定位。例如,一个或多个气球可移动到新的位置以增大或减小给定区域中气球的密度。其它示例是可能的。

[0056] 在一些实施例中,气球网络100可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,给定气球的状态和一些或全部附近气球的状态可以是能量函数的输入。能量函数可将给定气球和附近气球的当前状态应用到期望的网络状态(例如,与期望拓扑相对应的状态)。随后可通过确定能量函数的梯度来确定指示给定气球的期望移动的向量。给定气球随后可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。

[0057] 2c) 对气球网络中的气球的控制

[0058] 在一些实施例中,网状联网和/或台站保持功能可以是集中式的。例如,图2是根据示例实施例图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和数个区域控制系统202A至202C。这种控制系统可被配置为为气球网络204协调某些功能,并且因此可被配置为为气球206A至206I控制和/或协调某些功能。

[0059] 在图示的实施例中,中央控制系统200可被配置为经由数个区域控制系统202A至202C与气球206A至206I通信。这些区域控制系统202A至202C可被配置为从其所覆盖各自的地理区域中的气球接收通信和/或聚集数据,以及将这些通信和/或数据中继到中央控制系统200。另外,区域控制系统202A至202C可被配置为将通信从中央控制系统200路由到其各自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可在气球206D至206F与中央控制系统200之间中继通信和/或数据,并且区域控制系统202C可在气球206G至206I与中央控制系统200之间中继通信和/或数据。

[0060] 为了促进中央控制系统200与气球206A至206I之间的通信,某些气球可被配置为可操作来与区域控制系统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可被配置为与其所覆盖的各个地理区域中的一个或多个下行链路气球通信。例如,在图示的实施例中,气球206A、206F和206I被配置为下行链路气球。这样,区域控制系统202A至202C可分别经由光链路206、208和210与气球206A、206F和206I通信。

[0061] 在气球206A至206I中只有一些被配置为下行链路气球的图示配置中,被配置为下行链路气球的气球206A、206F和206I可起到将通信从中央控制系统200中继到气球网络中的其它气球——诸如气球206B至206E、206G和206H——的作用。然而,应当理解,在一些实现方式中,有可能所有气球都可充当下行链路气球。另外,虽然图2示出了多个气球被配置为下行链路气球,但也有可能气球网络只包括一个下行链路气球。

[0062] 注意,区域控制系统202A至202C可能实际上只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)。从而,虽然在图2中未示出,但可结合其它类型的陆基台站(例如,接入点、网关等等)实现控制系统。

[0063] 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也可能)可为气球网络204协调某些网状联网功能。例如,气球206A至206I可向中央控制系统200发送某些状态信息,中央控制系统200可利用这些状态信息来确定气球网络204的状态。来自给定气球的状态信息可包括位置数据、光链路信息(例如,气球与之建立光链路的其它气球的身份、链路的带宽、链路上的波长使用和/或可用性等等)、气球收集的风数据和/或其它类型的信息。因此,中央控制系统200可聚集来自气球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。

[0064] 网络的整体状态随后可用于协调和/或促进某些网状联网功能,诸如为连接确定光路。例如,中央控制系统200可基于来自气球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。此拓扑随后可被发送到气球中的一些或全部,从而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(以及可能选择备用光路)。

[0065] 在又一方面中,中央控制系统200(并且区域控制系统202A至202C也可能)还可为气球网络204协调某些台站保持功能。例如,中央控制系统200可以把从气球206A至206I接收的状态信息输入到能量函数,该能量函数可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的向量(如果有移动的话),以使得气球可朝着期望的拓扑移动。另外,中央控制系统200可以使用高度风数据来确定可被发起来实现朝着期望拓扑的移动的各个高度调整。中央控制系统200也可提供和/或支持其它台站保持功能。

[0066] 图2示出了提供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可以是有用的。在一些实施例中,分布式布置甚至可支持在地球上每个地方提供覆盖的全球气球网络。分布式控制布置在其它场景中也可以是有用的。

[0067] 另外,应当理解,其它控制系统布置是可能的。例如,一些实现方式可涉及具有额外的层(例如,区域控制系统内的子区域系统,等等)的集中式控制系统。可替换地,控制功能可由单个集中式控制系统提供,该系统可与一个或多个下行链路气球直接通信。

[0068] 在一些实施例中,取决于实现方式,对气球网络的控制和协调可由陆基控制系统和气球网络之间在不同程度上共享。实际上,在一些实施例中,可以没有陆基控制系统。在这种实施例中,所有网络控制和协调功能可由气球网络自身实现。例如,某些气球可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。其它示例也是可能的。

[0069] 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。另外,每个气球可以把其从附近气球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,某些气球可被指定为为网络的给定部分聚集状态信息。这些气球随后可彼此协调来确定网络的整体状态。

[0070] 另外,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,从而使得其不依赖于网络的整体状态。例如,个体气球可实现只考虑附近气球的台站保持功能。具体地,每个气球可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。该能量函数可用于维持和/或移动到相对于附近气球的期望位置,而不必考虑网络整体上的期望拓扑。然而,当每个气球为了台站保持实现这种能量函数时,气球网络整体上可维持期望的拓扑和/或朝着期望的拓扑移动。

[0071] 作为示例,每个气球A可接收相对于其k个最近邻居中的每一个的距离信息d₁至d_k。每个气球A可以把到k个气球中的每一个的距离视为虚拟弹簧,其中向量表示从第一最近邻居气球i朝着气球A的力方向,并且力的幅值与d_i成比例。气球A可对k个向量中的每一个求和,并且总和向量是气球A的期望移动的向量。气球A可通过控制其高度来尝试实现期望的移动。

[0072] 可替换地,这个过程可指派这些虚拟力中的每一个的力幅值等于d_i × d₁,其中d₁例如与到第二近的邻居气球的距离成比例。

[0073] 在另一实施例中,可以为k个气球中的每一个执行类似的过程,并且每个气球可将其计划的移动向量发送到其本地邻居。对每个气球的计划移动向量的更多轮精细化可基于

其邻居的相应计划移动向量来进行。对于本领域技术人员将显而易见的是，在气球网络中可实现其它算法以尝试在给定的地理位置上方维持一组气球间距和/或特定的网络容量水平。

[0074] 2d) 示例气球配置

[0075] 在示例气球网络中可包含各种类型的气球系统。如上所指明的，示例实施例可利用高空气球，这些高空气球通常可在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，气球300包括气囊(envelope) 302、套罩(skirt) 304、有效载荷306和附接于气球302与有效载荷306之间的下切系统(cut-down system) 308。

[0076] 气囊302和套罩304可采取可以是当前公知或尚待开发的各种形式。例如，气囊302和/或套罩304可由高灵活性乳胶材料制成或者可由诸如氯丁二烯之类的橡胶材料制成。在一个示例实施例中，气囊和/或套罩可由金属化聚酯薄膜(Mylar) 或双向拉伸聚酯薄膜(BoPet) 制成。其它材料也是可能的。另外，气囊302和套罩304的形状和大小可依据特定的实现方式而有所不同。额外地，气囊302可被填充以各种不同类型的气体，诸如氦和/或氢。其它类型的气体也是可能的。

[0077] 气球300的有效载荷306可包括处理器312和机载数据存储装置，诸如存储器314。存储器314可采取非暂态计算机可读介质的形式或者包括非暂态计算机可读介质。非暂态计算机可读介质上可存储有指令，这些指令可被处理器312访问并运行以便执行本文描述的气球功能。

[0078] 气球300的有效载荷306还可包括各种其它类型的设备和系统来提供数种不同的功能。例如，有效载荷306可包括光通信系统316，该光通信系统316可经由超亮LED系统320发送光信号，并且可经由光通信接收器322(例如，光电二极管接收器系统)接收光信号。另外，有效载荷306可包括RF通信系统318，该RF通信系统318可经由天线系统340发送和/或接收RF通信。

[0079] 有效载荷306还可包括电源326来向气球300的各种组件供应电力。电源326可包括可再充电电池。在其它实施例中，电源326可以额外地或可替换地代表本领域中已知的用于产生电力的其它手段。此外，气球300可包括太阳能电力生成系统327。太阳能电力生成系统327可包括太阳能电池板并且可用于生成对电源326充电和/或被电源326配送的电力。

[0080] 另外，有效载荷306可包括各种类型的其它系统和传感器328。例如，有效载荷306可包括一个或多个视频和/或静止相机、GPS系统、各种运动传感器(例如，加速度计、磁力计、陀螺仪和/或罗盘)，和/或用于捕捉环境数据的各种传感器。另外，有效载荷306内的组件中的一些或全部可在无线电探空仪(radiosonde) 或其它探测器中实现，该无线电探空仪或其它探测器可操作来测量例如压力、高度、地理位置(纬度和经度)、温度、相对湿度和/或风速和/或风向以及其它信息。

[0081] 如所指明的，气球300包括超亮LED系统320，用于与其它气球的自由空间光通信。这样，光通信系统316可被配置为通过调制超亮LED系统320来发送自由空间光信号。光通信系统316可实现有机械系统和/或硬件、固件和/或软件。一般地，实现光通信系统的方式可依据具体应用而有所不同。光通信系统316和其它关联组件在下文更详细描述。

[0082] 在又一方面中，气球300可被配置用于高度控制。例如，气球300可包括可变浮力系统，该系统可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。

可变浮力系统可采取各种形式，并且一般可以是任何可改变气囊302中的气体的体积和/或密度的系统。

[0083] 在示例实施例中，可变浮力系统可包括位于气囊302内部的囊袋(bladder)310。囊袋310可以是被配置为保持液体和/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可以是可被加压到远超过中性压力的刚性囊袋。因此可通过改变囊袋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可被配置有用于加热和/或冷却囊袋310中的气体的系统和/或机制。另外，为了改变体积，气球300可包括用于向囊袋310添加气体和/或从囊袋310去除气体的泵或其它特征。额外地或可替换地，为了改变囊袋310的体积，气球300可包括可控制来允许气体从囊袋310逸出的放气阀或其它特征。在本公开的范围内可实现多个囊袋310。例如，多个囊袋可用于提高气球稳定性。

[0084] 在示例实施例中，气囊302可被填充以氦气、氢气或其它比空气轻的材料。气囊302从而可具有关联的向上浮力。在这种实施例中，囊袋310中的空气可被认为是可具有关联的向下压载力的压载舱。在另一示例实施例中，通过向囊袋310中泵入空气(例如，利用空气压缩机)以及从囊袋310中泵出空气，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。

[0085] 在另一实施例中，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的其余部分可具有第二颜色(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量。从而，旋转气球以使得第一材料面对太阳可起到加热气囊302以及气囊302内部的气体的作用。这样，气囊302的浮力可增大。通过旋转气球以使得第二材料面对太阳，气囊302内部的气体的温度可减小。因此，浮力可减小。这样，通过利用太阳能量改变气囊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。从而，在各种设想到的实施例中，可以至少部分通过调整气球相对于太阳的旋转来实现对气球300的高度控制。

[0086] 另外，气球300可包括导航系统(未示出)。导航系统可实现台站保持功能以维持期望的拓扑内的位置和/或依据期望的拓扑移动到一位置。具体地，导航系统可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。高度控制系统随后可对气球腔的密度进行调整以便实现所确定的高度调整并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，高度调整可由陆基控制系统或基于卫星的控制系统来计算并被传达给高空气球。在其它实施例中，异质气球网络中的特定气球可被配置为为其它气球计算高度调整并向这些其它气球发送调整命令。

[0087] 如图所示，气球300还包括下切系统308。下切系统308可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可至少包括将有效载荷306连接到气囊302的连接器，诸如气球绳，以及用于切断该连接器的手段(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被包裹以镍铬合金线。可以使电流经过该镍铬合金线以对其进行加热并熔化该绳，从而将有效载荷306从气囊302切离。

[0088] 可在需要在地面上访问有效载荷的任何时间利用下切功能，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。

[0089] 在可替换布置中,气球可不包括下切系统。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,导航系统可操作来将气球导航到着陆位置。另外,有可能气球可以是自给自足的,从而不需要在地面上访问它。在其它实施例中,可以由特定的服务气球或另外类型的航空器或飞行器来检修飞行中的气球。

[0090] 在又一方面中,气球300包括气体流动系统,该气体流动系统可用于高度控制。在图示的示例中,气体流动系统包括高压储存腔342、气体流动管350和泵348,该泵348可用于将气体从气囊302泵出、经过气体流动管350并进入高压储存腔342中。这样,气球300可被配置为通过将气体从气囊302泵出并泵入高压储存腔342中来减小其高度。另外,气球300可被配置为通过打开气体流动管350的末端处的阀352并且允许来自高压储存腔342的比空气轻的气体流入气囊302中来将气体移动到气囊中并增大其高度。

[0091] 注意,示例气球中的高压储存腔,即高压储存腔342,可被构造成使得其体积不会由于例如由在腔内压缩的气体产生的很大的力和/或力矩而变化。在示例实施例中,高压储存容器342可由具有较高的抗张强度对重量比的材料制成,诸如钛或者由纺成碳纤维和环氧树脂构成的复合物。然而,高压储存容器342可由其它材料或者材料的组合制成,而不脱离本发明的范围。

[0092] 在又一方面中,气球300可被配置为从气体流出高压储存腔342并流入气囊302来生成电力。例如,在气体流动的路径中(例如,在气体流动管350的末端)可装配涡轮(未示出)。该涡轮可以是燃气涡轮发电机,或者可采取其它形式。这种涡轮可在气体从高压储存腔342流动到气囊302时生成电力。所生成的电力可立即用于操作气球和/或可用于对气球的电池再充电。

[0093] 在又一方面中,涡轮,诸如燃气涡轮发电机,也可被配置为“反向”操作以便将气体泵入高压储存腔342中并对高压储存腔342加压。在这种实施例中,泵348可以是不必要的。然而,具有涡轮的实施例也可包括泵。

[0094] 在一些实施例中,泵348可以是正排量泵,其可操作来将气体从气囊302泵出并泵入到高压储存腔342中。另外,正排量泵可反向操作来充当发电机。

[0095] 另外,在图示的示例中,气体流动系统包括阀346,该阀346被配置为调整气囊302、高压储存腔342和燃料电池344之间的气体流动路径。具体地,阀346可调整气体流动路径,以使得气体可在高压储存腔342和气囊302之间流动,并且切断去往燃料电池344的路径。可替换地,阀346可切断去往高压储存腔342的路径,并且产生气体流动路径,以使得气体可在燃料电池344和气囊302之间流动。

[0096] 气球300可被配置为操作燃料电池344以便经由氢和氧产生水的化学反应来产生电力,以及反向操作燃料电池344以从水产生氢和氧。因此,为了增大其高度,气球300可反向运行燃料电池344以生成气体(例如,氢气),该气体随后可被移动到气囊中以增大浮力。具体而言,气球可通过反向运行燃料电池344、调整阀346和阀352以使得由燃料电池344产生的氢气可从燃料电池344经过气体流动管350流入到气囊302中,来增大其高度。

[0097] 为了“反向”运行燃料电池344,气球300可利用电解机制以便分离水分子。例如,气球可被配置为使用光催化水解离技术来从水产生氢和氧。用于电解的其它技术也是可能

的。

[0098] 另外，气球300可被配置为分离经由电解产生的氧和氢。为此，燃料电池344和/或另外的气球组件可包括阳极和阴极，该阳极和阴极吸引带正电和带负电的O离子和H离子，并且分离两种气体。一旦气体被分离，氢就可被指引到气囊中。额外地或可替换地，氢和/或氧可被移动到高压储存腔中。

[0099] 另外，为了减小其高度，气球300可使用泵348来将气体从气囊302泵到燃料电池344，以使得氢气可在燃料电池的化学反应中被消耗以产生电力（例如，氢和氧产生水的化学反应）。通过消耗氢气，可减小气球的浮力，这进而可减小气球的高度。

[0100] 应当理解，关于图示的高压储存腔的变化是可能的。例如，取决于实现方式，高压储存腔可采取各种大小和/或形状，并且可由各种材料构成。另外，虽然高压储存腔342被示为有效载荷306的一部分，但高压储存腔也可位于气囊302内部。此外，气球可实现多个高压储存腔。关于图示的高压储存腔342的其它变化也是可能的。

[0101] 还应当理解，关于图示的气流管350的变化是可能的。具体而言，促进气体在高压储存腔和气囊之间的移动的任何配置都是可能的。

[0102] 此外，应当理解，气球和/或其组件可与图示的气球300不同。例如，气球300的组件中的一些或全部可被省略。气球300的组件也可被组合。另外，除了图示的气球300的组件以外，或者作为图示的气球300的组件的替换，气球可包括额外的组件。其它变化也是可能的。

[0103] 3. 在气球之间具有光链路和RF链路的气球网络

[0104] 在一些实施例中，高空气球网络可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被配置为比超节点气球和子节点气球之间的RF链路具有更大的带宽。这样，超节点气球可充当气球网络的骨干，而子节点可提供子网，这些子网提供对气球网络的访问和/或将气球网络连接到其它网络。

[0105] 图4是根据示例实施例图示出包括超节点和子节点的气球网络的简化框图。更具体而言，图4图示了包括超节点气球410A至410C（也可称之为“超节点”）和子节点气球420（也可称之为“子节点”）的气球网络400的一部分。

[0106] 每个超节点气球410A至410C可包括可操作用于与其它超节点气球的封包数据通信的自由空间光通信系统。这样，超节点可通过光链路与彼此通信。例如，在图示的实施例中，超节点410A和超节点410B可通过光链路402与彼此通信，并且超节点410A和超节点410C可通过光链路404与彼此通信。

[0107] 每个子节点气球420可包括可操作用于通过一个或多个RF空中接口的封包数据通信的射频（RF）通信系统。因此，每个超节点气球410A至410C可包括可操作来将封包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接收到封包数据时，子节点420可使用其RF通信系统来经由RF空中接口将封包数据路由到陆基台站430。

[0108] 如上所指明的，超节点410A至410C既可被配置用于与其它超节点的较长距离的光通信，又可被配置用于与附近的子节点420的较短距离的RF通信。例如，超节点410A至410C可使用高功率或超亮LED来通过可延伸100英里那么长或者可能更长的光链路402、404发送光信号。这样配置的超节点410A至410C可能够以10到50GB/秒或以上的速度进行光通信。

[0109] 更多的气球可被配置为子节点,这些子节点可以以大约10MB/秒的速度与陆基互联网节点通信。这样配置的子节点420可被配置为将超节点410连接到其它网络和/或客户端设备。

[0110] 注意,以上示例中和本文别处描述的数据速度和链路距离是为了说明而提供的,而不应当被认为是限制性的;其它数据速度和链路距离是可能的。

[0111] 在一些实施例中,超节点410A至410C可充当核心网络,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中的一些或全部可充当到气球网络400的网关。

[0112] 4. 说明性方法

[0113] 图5是根据示例实施例图示出由计算机实现的方法的流程图。诸如图5的方法500这样的示例方法可由控制系统和/或由气球的其它组件执行。控制系统可采取存储在非暂态计算机可读介质(例如,图3的存储器314)上的程序指令和运行这些指令的处理器(例如,处理器312)的形式。然而,控制系统可采取包括软件、硬件和/或固件在内的其它形式。

[0114] 示例方法可实现为气球的高度控制过程的一部分。此外,示例方法可实现为气球的电力生成和/或电力管理过程的一部分或者与气球的电力生成和/或电力管理过程联合实现。

[0115] 4a) 经由气体流动进行的带有电力管理的高度控制

[0116] 如方框502所示,方法500涉及控制系统使得气球在第一模式中操作。当气球正在第一模式中操作时,控制系统可操作气球的太阳能电力系统来为气球生成电力。控制系统可使得气球使用由太阳能电力系统生成的电力中的至少一些来将气体从气囊移动到高压储存腔以使得气球的浮力减小,如方框504所示。在以后某个时刻,控制系统可使得气球在第二模式中操作,如方框506所示。当气球正在第二模式中操作时,控制系统可将气体从高压储存腔移动到气囊,以使得气球的浮力增大,如方框508所示。

[0117] 在示例实施例中,第一模式可以是日间模式,并且第二模式可以是夜间模式。另外,除了太阳能电力系统以外,气球还可包括电池。这样,控制系统可在日间(例如,当有足够的日光来供太阳能电力系统支持气球的功能中的一些或全部时)使得气球在第一模式中操作并使用太阳能电力系统,并且可在夜间(例如,当太阳能电力可能不可得时)使得气球在第二模式中操作并使用电池。

[0118] 在又一方面中,示例方法还可涉及控制系统检测预定的日-夜转变条件,并且作为响应使得气球从日间模式转变到夜间模式。各种日-夜转变条件是可能的。例如,控制系统可在某个时间(例如,日落)或者在检测到太阳能电力系统接收到的日光的量已下降到阈值水平以下之时引起该转变,等等。其它类型的日-夜转变条件也是可能的。

[0119] 在一些实施例中,模式之间的转变可以是从日间到夜间模式的立即切换。在其它实施例中,日间和夜间模式之间的转变可在一时间段期间发生。例如,气球的控制系统可随着接收到的日光量减小并且从而由太阳能电力系统生成的电力量减小而逐渐地增大被利用的电池电力的量。其它示例也是可能的。

[0120] 如上所指明的,示例方法可实现为高度控制过程的一部分。这样,气球的高度移动在不同的操作模式中可按不同的方式实现。例如,在第一模式(例如,日间模式)中,气球可

通过将气体从气囊移动到高压储存腔来减小其高度。更具体而言，将气体从气囊移动到高压储存腔减小包含气体的体积，并从而增大气体的密度。增大气体的密度减小气球的浮力，并从而可使得气球移动到更低的高度。相反，当气体被移回到气囊中时，气体的密度减小，这进而可增大气球的浮力并且使得气球移动到更高的高度。

[0121] 在又一方面中，第二(例如，夜间)模式中的操作可涉及使用来自高压储存腔的气体流动来生成电力。另外，从该气体流动生成的电力可用于对气球供电，或者可用于对气球的电池充电。

[0122] 在日间，气球可利用方法500来利用可得的太阳能电力并且储存当其在HP压力中减小其高度时生成的气体，以用于在夜间增大其高度。(注意气球可使用其它技术来在日间增大其高度和/或在夜间减小其高度。)有利地，此高度控制过程在日间使用可再生的能量源(例如，太阳)，并且在夜间当太阳能量不可得时也可生成电力(例如，经由气体流动到气囊中)。

[0123] 4b) 经由气体流动和燃料电池进行的带有电力管理的高度控制

[0124] 在又一方面中，气球可使用燃料电池作为高度控制过程的一部分和/或作为气球的电力管理过程的一部分或者联合气球的电力管理过程使用。在示例实施例中，结合参考图5描述的高压储存腔的功能，高度控制和/或电力管理过程可利用燃料电池(或者可能多个燃料电池)。通过既利用燃料电池又利用气体在气囊和高压储存腔之间的移动，可以向气球提供两种增大浮力的方式，包括一种生成电力的和一种使用电力的，以及两种减小浮力的方式，包括一种生成电力的和一种使用电力的。

[0125] 例如，图6是根据示例实施例图示出利用燃料电池和气体流动系统来进行高度控制的气球的功能的组合操作状态图600。按诸如图6所图示的方式操作可促进经由使用燃料电池和气囊与高压储存腔之间的气体流动两者来进行电力管理，以便以帮助气球以更高效的方式生成和利用电力的方式来进行浮力调整。

[0126] 更具体而言，气球可在日间模式602和夜间模式604中操作。气球可在日间模式602和夜间模式604之间转变，如转变603和605所示。

[0127] 另外，气球可在其检测到一定的条件时(例如，一天的一定时刻、一定日光量的可得(或者其缺乏)，等等)在日间模式602和夜间模式604之间转变。可替换地，气球可被另一实体指示何时在日间模式602和夜间模式604之间转变，所述另一实体诸如是气球网络中的另一气球或者陆基台站。

[0128] 气球可实现涉及高度调整的各种过程，诸如各种类型的台站保持过程，其中高度移动例如利用了随高度变化的风来实现经度和纬度移动。根据示例实施例，日间模式602和夜间模式604可涉及不同的用于增大气球的高度的技术，以及不同的用于减小气球的高度的技术。

[0129] 具体地，当在日间模式602中操作时，气球可确定气球应当改变其高度，如方框606所示(在日间模式602内示出)。如果气球确定其应当移动到更低的高度，则气球可通过使气体移出气囊并移入到高压储存腔中来减小其浮力，如方框608所示。为此，气球可使用由其太阳能电力系统生成的电力。具体地，气球可使用由其太阳能电力系统供应的电力来操作泵，并且将气体从气囊泵入到高压储存腔中。

[0130] 另外，如果当气球在日间模式602中操作时气球确定其应当移动到更高的高度，则

气球可通过使用其燃料电池来产生气体(例如,氢气)并且将产生的气体指引到气囊中来增大其浮力,如方框610所示。例如,气球可反向操作其燃料电池以从水产生氢气和氧气。氢气随后可被移动(或被允许移动)到气球的气囊中以便将浮力增大与期望的高度增大相对应的量。另外,在日间模式602中,气球可利用来自其太阳能电力系统的电力来反向操作其燃料电池。

[0131] 另外,当在夜间模式604中操作时,气球也可确定气球应当改变其高度,如方框606所示(同样在夜间模式604内示出)。然而,在夜间模式604可按不同方式实现高度调整。在示例实施例中,如果气球确定其应当移动到更低的高度,则气球可通过操作其燃料电池以使用来自气囊的气体为气球生成电力来减小其浮力,如方框612所示。例如,如果气球使用氢气作为提升气体,则燃料电池可引起氧气与来自气囊的氢气之间的化学反应,这产生水。该化学反应也生成电力,该电力可用于在气球在夜间模式604中操作时对气球供电和/或可用于对气球的电池再充电。

[0132] 如果当气球在夜间模式604中操作时气球确定其应当移动到更高的高度,则气球可通过将气体移出高压储存腔并移入到气囊中来增大其浮力。为此,气球可例如打开阀并允许储存在高压储存腔中的气体上升到气囊中。用于将气体从高压储存腔移动到气囊的其它技术也是可能的。

[0133] 注意,当在日间模式中操作时和/或在夜间模式中操作时,气球可在各种时间点确定其应当改变高度。因此,当气球在日间模式602中操作时,方框608和/或方框610可各自被执行多次。类似地,当气球在日间模式602中操作时,方框612和/或方框614可各自被执行多次。然而,也有可能方框608和/或方框610在气球在日间模式602中操作的单个时段期间(例如,在一天期间)可完全不被执行。

[0134] 在又一方面中,注意,可能因为除了调整浮力和高度控制以外的其它原因在气囊和高压储存腔之间移动气体。例如,可作为压力管理过程的一部分在气囊和高压储存腔之间移动气体。具体地,随着气囊加热和冷却,其内部的压力在空气较热时(例如,正午)将比空气较冷时(例如,半夜)高得多。这可产生这样的场景,即,热量使气囊内部的空气压力增大,增大量可防止使气囊爆开的风险。因此,为了调节压力,气球可以将一些气体从气囊移动到高压储存腔。另外,气球可在将气体移回到气囊从结构上来说更安全时(例如,在太阳落下并且气囊中的气体的温度减小之后)将气体移回到气囊。其它示例也是可能的。

[0135] 5. 结论

[0136] 以上详细描述参考附图对公开的系统、设备和方法的各种特征和功能进行了描述。虽然本文已公开了各种方面和实施例,但本领域技术人员将会清楚其它方面和实施例。本文公开的各种方面和实施例是为了说明,而并不打算进行限定,真实的范围和精神由所附权利要求指示。

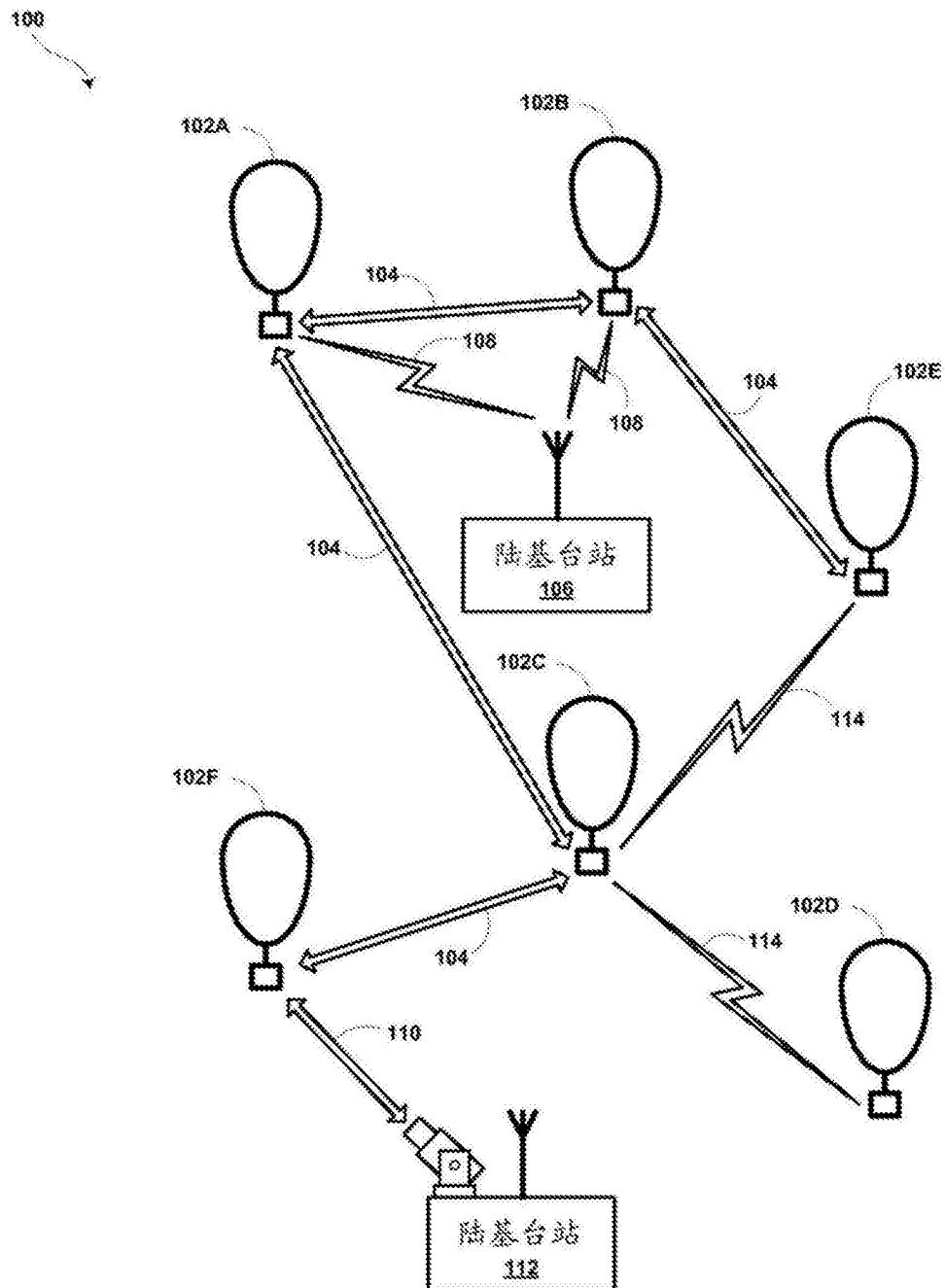


图1

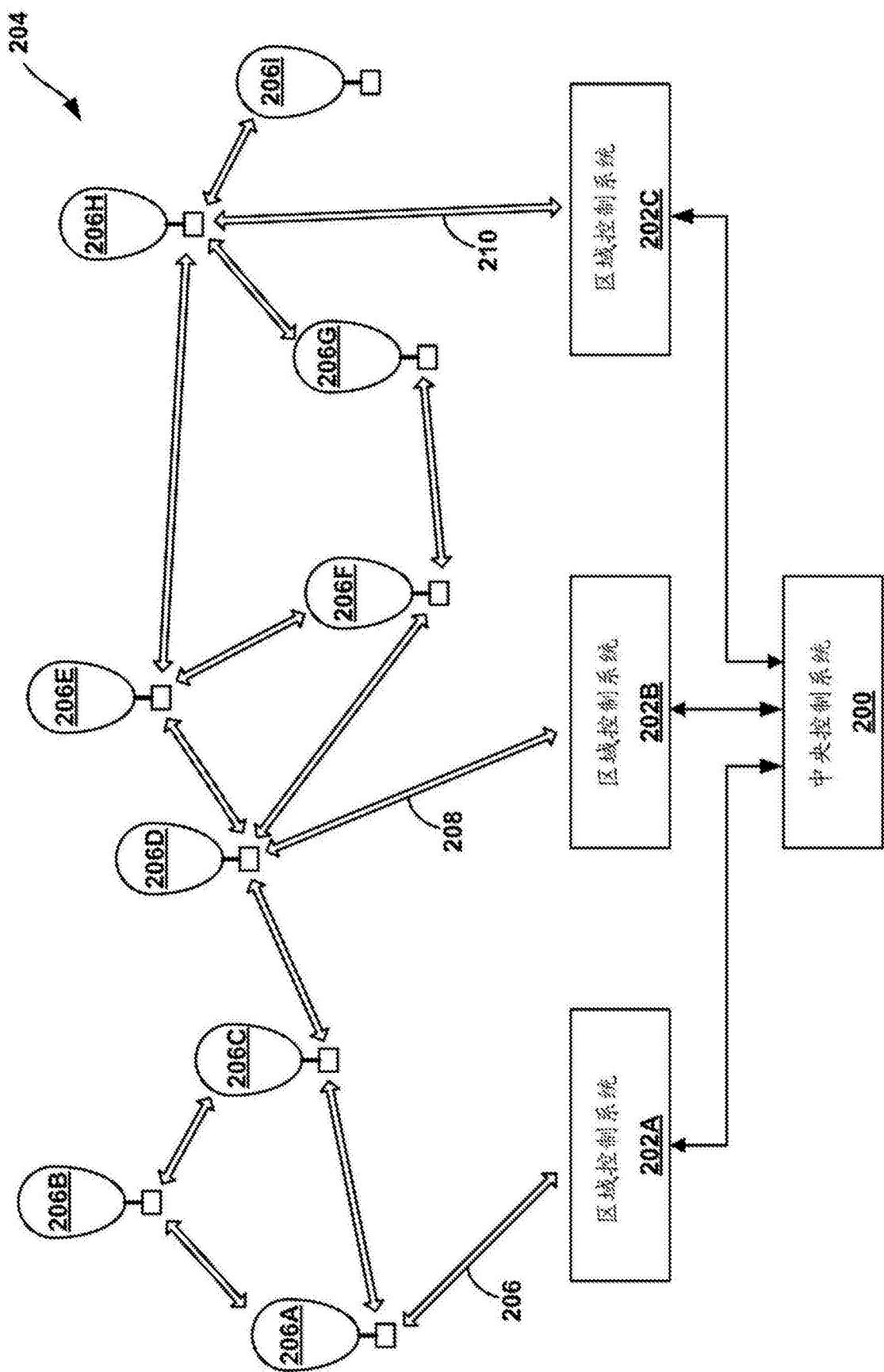


图2

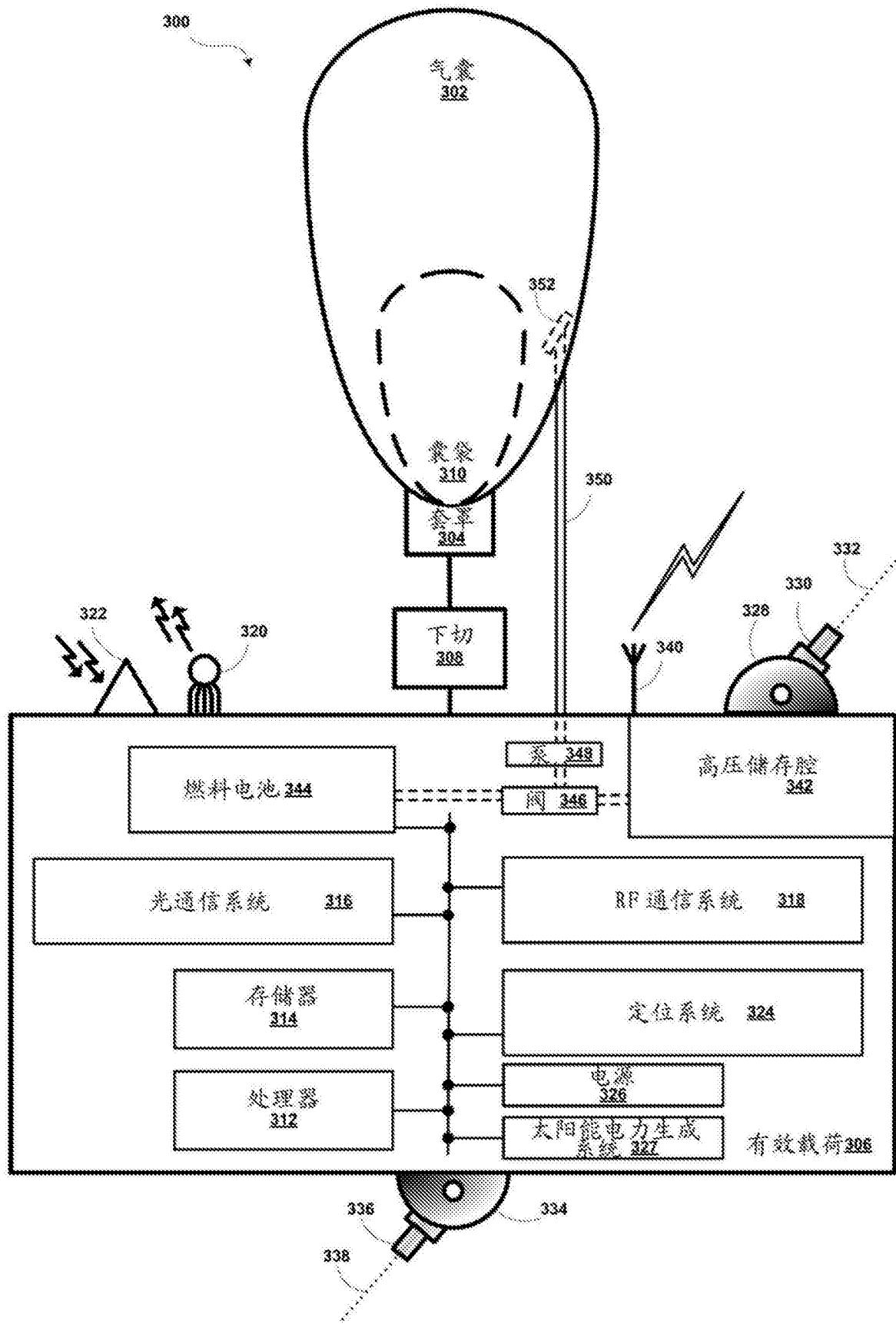


图3

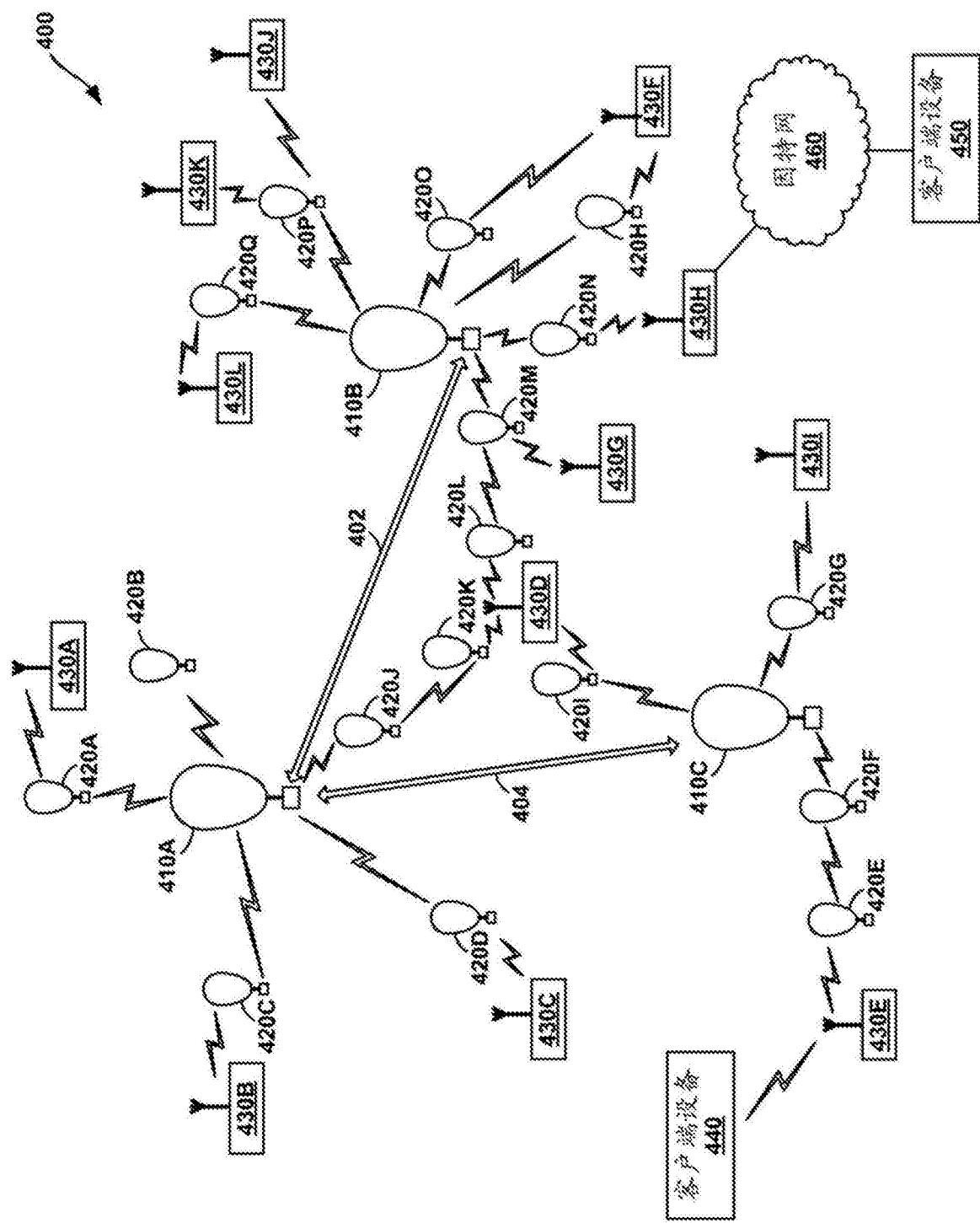


图4

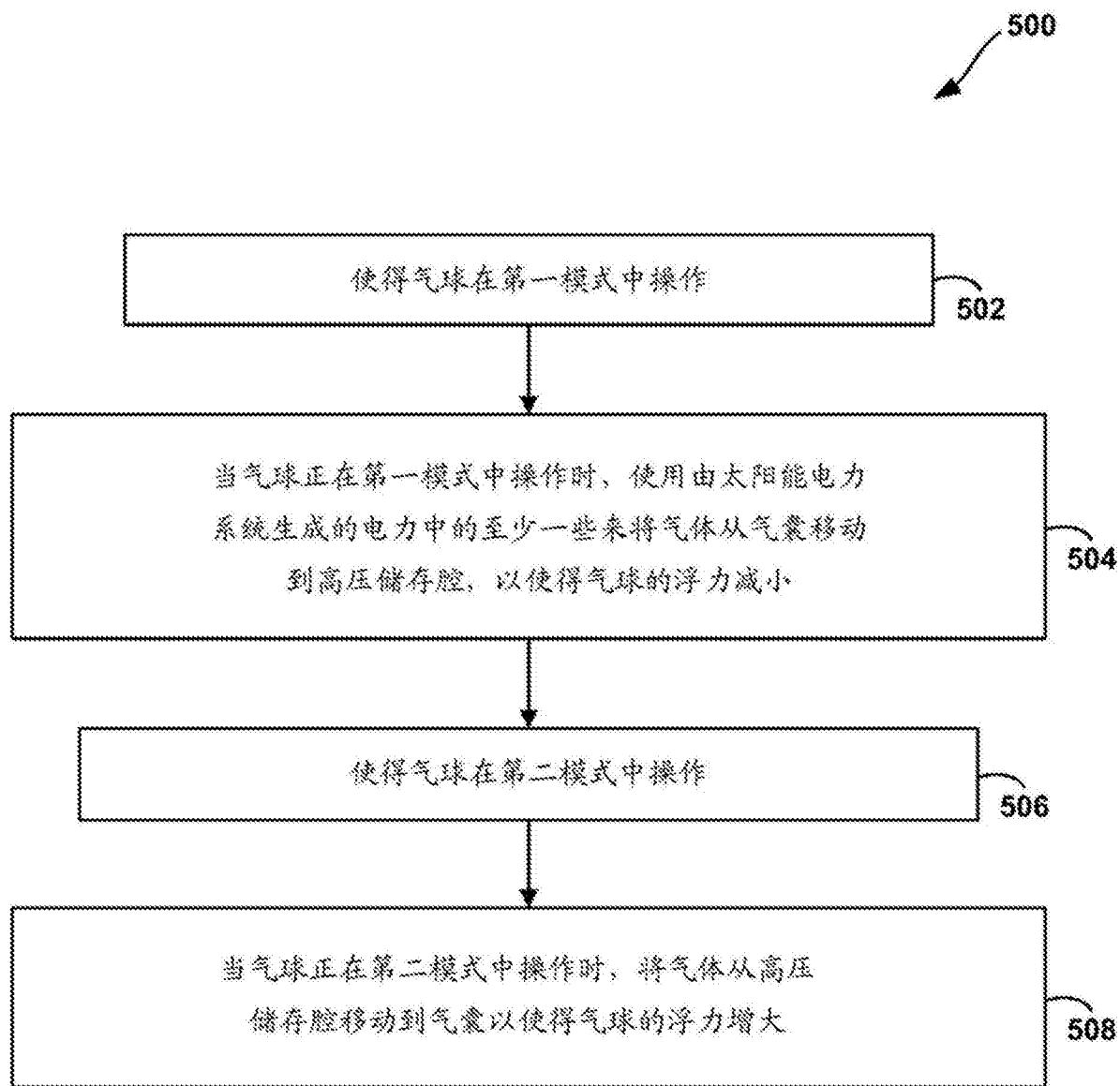


图5

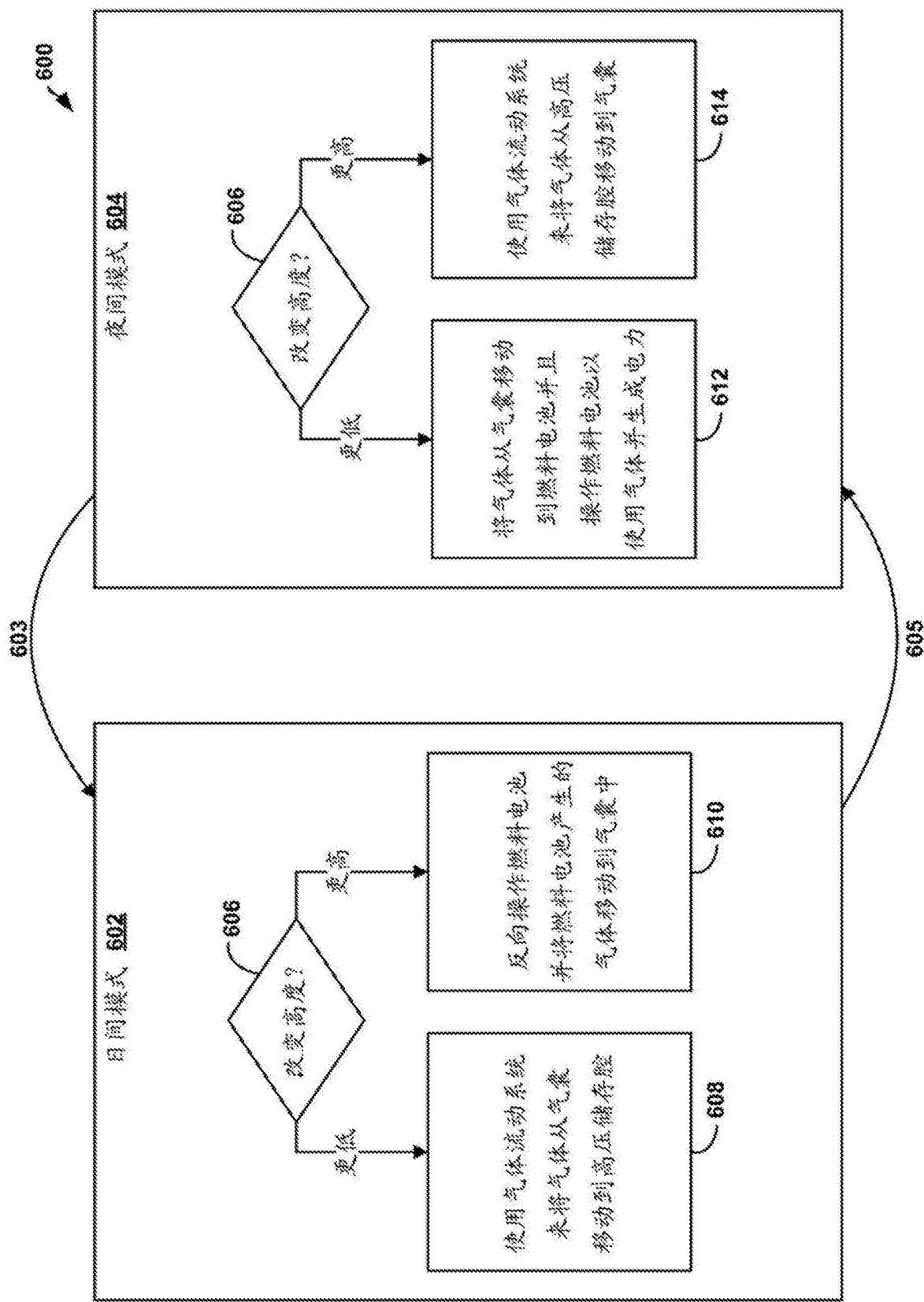


图6