(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116324894 A
(43)申请公布日 2023.06.23

(21)申请号 202180069972.4
(22)申请日 2021.01.15
(30)优先权数据
17/068,649 2020.10.12 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.04.12
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2021/072007 2021.01.15
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/077790 EN 2022.04.21
(71)申请人 深圳市大疆创新科技有限公司
地址 518057 广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼
(72)发明人 杨振宇 刘渭锋
(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
专利代理师 范芳茗
(51)Int.Cl.
G06T 15/10(2006.01)

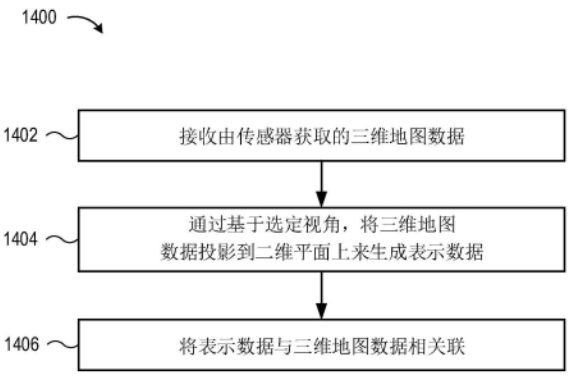
权利要求书2页 说明书28页 附图20页

(54)发明名称

三维地图数据的表示数据的生成

(57)摘要

公开了一种用于生成可移动物体环境中的地图数据的表示数据的技术。一种生成三维地图数据的表示数据的方法可以包括:接收由传感器获取的三维地图数据(1402);通过基于选定视角将所述三维地图数据投影到二维平面上来生成表示数据(1404);以及将所述表示数据与所述三维地图数据相关联(1406)。



CN 116324894 A

1.一种生成三维地图数据的表示数据的方法,包括:

接收由传感器获取的三维地图数据;

通过基于选定视角将所述三维地图数据投影到二维平面上,经由处理器生成表示数据;以及

将所述表示数据经由所述处理器与所述三维地图数据相关联。

2.根据权利要求1所述的方法,其中,所述三维地图数据是点云数据,所述传感器是光检测和测距LiDAR传感器,并且所述表示数据是图像数据。

3.根据权利要求1所述的方法,其中,所述表示数据被配置为提供所述三维地图数据的预览,并且所述表示数据的大小小于所述三维地图数据,以使得与所述三维地图数据相比,所述表示被更快地渲染。

4.根据权利要求1所述的方法,其中,所述选定视角是俯视视角、侧视视角、或所述三维地图数据具有最多特征点的视角。

5.根据权利要求1所述的方法,其中,所述三维地图数据是点云数据,并且基于选定视角将所述三维地图数据投影到二维平面上包括:

将所述点云数据变换至与所述选定视角相关联的坐标系;以及

通过对所述点云数据的每个点进行扫描,并将其投影到所述坐标系中的二维平面上,以生成所述表示数据。

6.根据权利要求1所述的方法,其中,通过正交投影或透视投影将所述三维地图数据投影到所述二维平面上,或者通过对所述三维地图数据进行光线追踪来获得所述表示数据。

7.根据权利要求1所述的方法,其中,所述三维地图数据与文件格式相关联,并且将所述表示数据与所述三维地图数据相关联还包括:

基于所述表示数据、所述三维地图数据和所述文件格式生成组合地图数据,所述组合地图数据和所述三维地图数据具有相同的文件格式。

8.根据权利要求7所述的方法,其中,生成所述组合地图数据包括:

将所述表示数据经由所述处理器插入到所述三维地图数据中;以及

将所述表示数据的元数据经由所述处理器插入到所述三维地图数据中。

9.根据权利要求8所述的方法,其中,在所述三维地图数据的起始位置插入所述表示数据,并且所述表示数据的所述元数据包括起始指针、结束指针和长度数据中的至少一个,所述起始指针指示所插入的表示数据的起始位置,所述结束指针指示所插入的表示数据的结束位置,并且所述长度数据指示所插入的表示数据的长度。

10.根据权利要求8所述的方法,其中,在所述三维地图数据的中点插入所述表示数据或将其附加到所述三维地图数据的尾部,并且在所述三维地图数据的头部插入所述元数据。

11.根据权利要求8所述的方法,其中,所述三维地图数据的所述文件格式为LAS文件,并且所述元数据被插入到所述LAS文件的头部中的GUID块中,或者所述三维地图数据的所述文件格式为PLY文件,并且所述元数据被插入到所述PLY文件的头部中的注释之中。

12.根据权利要求1所述的方法,还包括:

基于与三维点云数据对应的色值、强度值或高度值,经由所述处理器对所述表示数据进行着色,其中所述着色基于预定义的着色绘图逻辑。

13.根据权利要求1所述的方法,还包括:

基于与所述三维地图数据对应的强度值,经由所述处理器对所述表示数据的亮度进行调整。

14.根据权利要求8所述的方法,还包括:

由所述处理器接收与所述表示数据相关联的用户定义数据;以及

基于所述用户定义数据,经由所述处理器对所述表示数据和所述元数据进行更新。

15.一种生成三维地图数据的表示数据的系统,包括:

传感器,所述传感器与可移动物体连接,并且所述传感器被配置为获取环境中的三维地图数据;以及

处理器,所述处理器与所述传感器或所述可移动物体通信,并且所述处理器被配置为:

接收由所述传感器获取的所述三维地图数据;

通过基于选定视角将所述三维地图数据投影到二维平面上,以生成表示数据;以及

将所述表示数据与所述三维地图数据相关联。

16.根据权利要求15所述的系统,其中,所述三维地图数据与文件格式相关联,并且在将所述表示数据与所述三维地图数据相关联时,所述处理器还被配置为:

基于所述表示数据、所述三维地图数据和所述文件格式,生成组合地图数据。

17.根据权利要求16所述的系统,其中,在生成所述组合地图数据时,所述处理器还被配置为:

将所述表示数据插入到所述三维地图数据中;以及

将所述表示数据的元数据插入到所述三维地图数据中。

18.一种生成三维地图数据的表示数据的设备,包括:

处理器;以及

存储介质,所述存储介质存储有指令,所述指令在被所述处理器执行时使得所述处理器执行以下操作:

接收由传感器获取的三维地图数据;

通过基于选定视角将所述三维地图数据投影到二维平面上,以生成表示数据;以及

将所述表示数据与所述三维地图数据相关联。

19.根据权利要求18所述的设备,其中,所述三维地图数据与文件格式相关联,并且在将所述表示数据与所述三维地图数据相关联时,所述指令在被所述处理器执行时还使得所述处理器执行以下操作:

基于所述表示数据、所述三维地图数据和所述文件格式,生成组合地图数据。

20.根据权利要求19所述的设备,其中,在生成所述组合地图数据时,所述指令在被所述处理器执行时还使得所述处理器执行以下操作:

将所述表示数据插入到所述三维地图数据中;以及

将所述表示数据的元数据插入到所述三维地图数据中。

三维地图数据的表示数据的生成

[0001] 本申请要求于2020年10月12日递交的、申请号为17/068,649的美国专利申请的优先权,该申请的全部内容以引用方式并入本文。

[0002] 版权声明

[0003] 本申请的公开内容的一部分包括受版权保护的材料。版权所有者不反对任何人以传真方式复制出现在专利商标局专利档案或记录中的专利文件或专利公开内容,但保留所有版权权利。

技术领域

[0004] 所公开的实施例总体上涉及用于在可移动物体环境中采集的地图数据的技术,更具体地但不限于涉及用于生成将在客户端装置上渲染的所采集的地图数据的表示数据的技术。

背景技术

[0005] 例如无人机(UAV)的可移动物体可用于为各种应用执行监视、侦察和勘探任务。可移动物体可搭载包括各种传感器的有效载荷,使得在可移动物体的移动期间,可移动物体能够获取传感器数据。可以在通过遥控器、远程服务器或其他计算装置与可移动物体通信的客户端装置,例如移动装置或终端上对所获取的传感器数据进行渲染。

发明内容

[0006] 公开了一种用于生成在可移动物体环境中采集的地图数据的表示数据的技术。一种生成三维地图数据的表示数据的方法可以包括:接收由与无人机(UAV)连接的有效载荷的传感器获取的三维地图数据,通过基于选定视角将所述三维地图数据投影到二维平面上来生成表示数据,以及将所述表示数据与所述三维地图数据相关联。

附图说明

[0007] 图1示出了根据各实施例的可移动物体环境中的可移动物体的示例。

[0008] 图2示出了根据各实施例的可移动物体环境中的可移动物体的架构的示例。

[0009] 图3示出了根据各实施例的计算装置和客户端装置的架构的示例。

[0010] 图4示出了根据各实施例的可移动物体环境中的适配器设备的示例。

[0011] 图5A和图5B示出了根据各实施例的分层数据结构的示例。

[0012] 图6A和图6B示出了根据各实施例的在地图数据中剔除异常值的示例。

[0013] 图7示出了根据各实施例在地图数据中叠加信息的示例。

[0014] 图8示出了根据各实施例的地图数据的选定视角的示例。

[0015] 图9A和图9B示出了根据各实施例将三维地图数据投影到二维平面上的示例。

[0016] 图10A和图10B示出了根据各实施例的测绘任务中的地图数据的选定视角的示例。

[0017] 图11示出了根据各实施例的测绘任务中的地图数据的生成的表示数据的示例。

[0018] 图12示出了根据各实施例基于不同文件格式将表示数据和元数据插入到地图数据中的示例。

[0019] 图13示出了根据各实施例在客户端装置的显示器上渲染的组合地图数据和表示数据的示例。

[0020] 图14示出了根据各实施例的使用由传感器在可移动物体环境中获取的地图数据生成表示数据的方法的流程图。

[0021] 图15示出了根据各实施例的将表示数据与地图数据相关联以生成组合地图数据的方法的流程图。

[0022] 图16示出了根据各实施例的在软件开发环境中支持可移动物体界面的示例。

[0023] 图17示出了根据各实施例的可移动物体界面的示例。

[0024] 图18示出了根据各实施例的软件开发工具包(SDK)中的可移动物体的部件的示例。

具体实施方式

[0025] 本发明以示例而非限制的方式在附图中示出，在附图中，类似的附图标记表示类似的元件。应当注意，在本公开中，引用“一”或“一个”或“一些”实施例不一定表示引用同一实施例，而是至少一个实施例。

[0026] 本发明的以下说明对由可移动物体获取的地图数据的生成和所获取的地图数据的表示数据的生成进行了描述。可移动物体104可以是无人飞行器、无人载运工具、手持式装置和/或机器人。为便于说明，通常用无人机(UAV)作为可移动物体的示例。对于本领域技术人员来说显而易见的是，可以不受限制地使用其他类型的可移动物体。

[0027] 光探测和测距(LiDAR)传感器可用于生成非常精确的目标环境的地图。然而，LiDAR传感器会产生通常不易被人即刻查看的大量数据。相反，需要LiDAR传感器以及例如定位传感器的其他传感器的大量配置，以及对所采集的数据进行大量后处理，以生成可供人类有效解释和/或使用的用于各种应用的地图。例如，LiDAR传感器可以采集与LiDAR扫描传感器相关的地图/扫描数据，并且其需要高精度惯性导航系统来生成可以转换至有用的坐标系(例如全局坐标系)中的地图数据。因此，为了获得有用的地图数据，系统的复杂性、后处理的复杂性以及所需的所有部件的成本都迅速增加。

[0028] 此外，由于地图数据在常规系统中不像传统图像数据那样容易被人为解释，所以测绘系统的操作员不能容易地对目标环境中尚未测绘或未完整测绘的任何区域进行标识。相反，这些常规系统的操作员必须等待数据进行后处理，这可能需要花费数小时或数天的时间。之后，一旦发现地图数据不完整，操作员必须在目标环境中执行额外的测绘任务，以试图完成地图数据的采集。在测绘完成之前，取决于操作员的技巧，此过程可能会重复若干次。

[0029] 此外，在测绘任务完成后，所采集的大量原始地图数据或(例如在地理参考、异常值剔除、下采样过程等之后的)后处理地图数据以标准三维地图数据的形式存储为例如LAS文件或PLY文件。这些文件通常较大，且需要大量的处理时间和较大的数据通信带宽来传输这些地图数据文件。此外，当实施多个测绘任务时，通常将多个地图数据文件存储在一个任务文件夹下或同一存储卡中，用户只能基于按时间顺序生成的文件生成时间/名称来区分

这些文件。这使得用户难以对感兴趣的地图数据文件进行标识或选择，以用于进一步处理(例如下载以进行后处理，或对要查看的文件进行检索等)。

[0030] 实施例提供了一种生成原始三维地图数据的表示数据的方法，其中表示数据是示出三维地图数据的预览的二维图像。表示数据是通过基于预设视角或用户选定视角，例如俯视视角、侧视视角或具有最多特征点的视角，将原始三维地图数据投影到二维图像平面上而生成的。所生成的表示数据可以存储为单独的图像文件，并与原始三维地图数据相关联。在例如三维地图数据的中点、或附加在三维地图数据的尾部数据块的预留位置，可以通过数据插入技术将所生成的表示数据写入原始三维地图数据，以生成新的组合地图数据，该组合地图数据具有与原始三维地图数据相同的标准三维地图数据形式(例如LAS文件或PLY文件)。此外，还可以生成表示数据的元数据，并在例如地图数据的头部数据块的预留位置将其插入组合地图数据。

[0031] 由于在传统系统中，用户只能通过按时间顺序生成的文件时间或文件名来可视化显示或理解地图数据，因此无论是从在线系统中识别特定地图数据以下载所需的地图数据用于回放或进一步处理，还是从离线系统中识别特定地图数据以对存储在本地存储器中的所需地图数据进行标识以用于进一步处理，对用户来说都很困难。通过生成三维地图数据的表示数据，用户可以直观地可视化显示二维图像预览，并轻松对要在线下载或离线检索的感兴趣的地图数据进行标识，而无需通过逐一检查文件来对所有测绘任务进行整理。在测绘任务期间，用户还可以通过客户端装置上的可视化显示应用来检查图像预览，以确定目标物体/环境的特定区域是否尚未扫描，而不是下载所有的大尺寸地图数据文件来检查测绘任务进度。

[0032] 由于用户可以先查看预览图像以确定是否下载地图数据文件用于保存记录、检查要扫描的缺失区域、或进一步处理，因此本公开的实施例显著减小了数据通信带宽。由于所生成的表示数据以诸如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的标准图像文件格式存储，其文件大小(例如，以兆字节为单位)远小于诸如LAS或PLY文件的标准地图数据的文件大小(例如，以千兆字节为单位)，因此本公开的实施例还显著减少了文件处理时间。在一些实施例中，所生成的表示数据可以存储在不同的文件中。在这样的实施例中，当用户需要生成三维地图数据的预览时，由于其较小的尺寸，可以在很短的处理时间内轻松地检索到它。此外，通过将组合点云数据和原始点云数据的文件格式保持一致，可通过由任何第三方供应商在线或离线提供的商业点云可视化显示应用/服务/浏览器对组合点云数据进行识别，而无需进一步变更。

[0033] 图1示出了根据各实施例的可移动物体环境100中的可移动物体的示例。如图1所示，可移动物体环境100中的客户端装置110(例如，智能手机、平板电脑、远程终端、个人计算机或其他移动装置)可以通过通信链路106与可移动物体104通信。可移动物体104可以是无人飞行器、无人载运工具、手持式装置和/或机器人。客户端装置110可以是便携式个人计算装置、智能电话、遥控器、可穿戴式计算机、虚拟现实/增强现实系统和/或个人计算机。此外，客户端装置110可以包括遥控器111和通信系统120A，其负责处理客户端装置110与可移动物体104之间经由通信系统120B的通信。例如，客户端装置110和可移动物体104(例如，无人机(UAV))之间的通信可以包括上行链路通信和下行链路通信。上行链路通信可用于传输控制信号或命令，下行链路通信可用于传输媒体或视频流、由扫描传感器采集的地图/扫描

数据、或由其他传感器采集的其他传感器数据。

[0034] 根据各实施例，通信链路106可以是基于例如WiFi、蓝牙、3G/4G和其他射频技术的各种无线技术的网络(的一部分)。此外，通信链路106可以基于其他计算机网络技术，例如因特网技术，或任何其他有线或无线网络技术。在一些实施例中，通信链路106可以是非网络技术，包括例如通用串行总线(USB)或通用异步收发器(UART)的直接点对点连接。

[0035] 在各实施例中，可移动物体环境100中的可移动物体104可以包括适配器设备122和有效载荷124，有效载荷124包括多个传感器，例如扫描传感器(例如LiDAR传感器)、(一个或多个)相机和/或单个有效载荷单元中的传感器集合。在各实施例中，适配器设备122包括用于将有效载荷124连接到可移动物体104的端口，该可移动物体104为有效载荷124提供动力、数据通信和结构支撑。尽管可移动物体104通常被描述为飞行器，但这并不旨在限制，任何合适类型的可移动物体均可以使用。本领域技术人员应当理解，本文中，在飞行器系统的上下文中描述的任一实施例都可以应用于任一合适的可移动物体(例如UAV)。在一些情况下，有效载荷124可以设置在可移动物体104上而不需要适配器设备122。

[0036] 根据各实施例，可移动物体104可包括一个或多个移动机构116(例如推进机构)、感测系统118和通信系统120B。移动机构116可以包括旋翼、螺旋桨、桨叶、引擎、电机、轮子、轮轴、磁体、喷嘴、动物或人类中的一个或多个。例如，可移动物体可具有一个或多个推进机构。运动机构可以为同一类型，或者运动机构可以为不同类型。移动机构116可以使用诸如支撑元件(例如，驱动轴)的任何合适的方式安装在可移动物体104上(反之亦然)。移动机构116可以安装在可移动物体104的任何合适的部分上，例如在顶部、底部、前部、后部、侧部或其合适组合上。

[0037] 在一些实施例中，移动机构116可以使可移动物体104能够从表面垂直起飞或垂直降落在表面上，而无需可移动物体104进行任何水平移动(例如，无需沿跑道行进)。可选地，移动机构116可以是可操作的，以允许可移动物体104在指定位置和/或朝向悬停在空中。可以例如，通过在与移动机构通信的客户端装置110或其他计算装置上执行的可视化显示应用128，对移动机构116中的一个或多个独立于其他移动机构进行控制。或者，移动机构116可以被配置为同时控制。例如，可移动物体104可具有多个水平定向的旋翼，为可移动物体提供升力和/或推力。可以驱动多个水平定向的旋翼，为可移动物体104提供垂直起飞、垂直降落和悬停的能力。在一些实施例中，水平定向的旋翼中的一个或多个可沿顺时针方向旋转，同时水平定向的旋翼中的一个或多个可沿逆时针方向旋转。例如，顺时针旋转的旋翼的数量可等于逆时针旋转的旋翼的数量。每个水平定向的旋翼的旋转速率可以独立变化，以对每个旋翼产生的升力和/或推力进行控制，从而调整可移动物体104的(例如，关于多达三个平移度和多达三个旋转度的)空间布局、速度和/或加速度。如本文中进一步所述，诸如飞行控制器114的控制器可以向移动机构116发送移动命令，以对可移动物体104的移动进行控制。这些移动命令可以基于和/或源自从客户端装置110或其他计算实体接收的指令。

[0038] 感测系统118可包括一个或多个传感器，传感器可以感测可移动物体104的(例如，关于各平移度和各旋转度的)空间布局、速度和/或加速度。该一个或多个传感器可以包括GPS传感器、实时动态(RTK)传感器、运动传感器、惯性传感器、距离传感器或图像传感中的任何传感器。感测系统118提供的感测数据可用于(例如，使用合适的处理单元和/或控制模块)对可移动物体104的空间布局、速度和/或朝向进行控制。或者，感测系统118可用于提供

关于可移动物体周围环境的数据，例如天气条件、与潜在障碍物的距离、地理特征的位置、人造结构的位置等。

[0039] 通信系统120B能够通过通信链路106和通信系统120A与客户端装置110进行通信，通信链路106可以包括如上所述的各种有线和/或无线技术。通信系统120A或120B可以包括适合于无线通信的任意数量的发射器、接收器和/或收发器。通信可以是单向通信，以使得数据仅可沿一个方向传输。例如，单向通信可以仅包括从可移动物体104向客户端装置110传输数据，反之亦然。数据可以从可移动物体104的通信系统120B的一个或多个发射器传输到客户端装置110的通信系统120A的一个或多个接收器，反之亦然。或者，通信可以是双向通信，以使得数据可以沿可移动物体104和客户端装置110之间的两个方向传输。双向通信可以包括从可移动物体104的通信系统120B的一个或多个发射器向客户端装置110的通信系统120A的一个或多个接收器传输数据，以及从客户端装置110的通信系统120A的一个或多个发射器向可移动物体104的通信系统120B的一个或多个接收器传输数据。

[0040] 在一些实施例中，在与可移动物体104通信的客户端装置110或其他计算装置上执行的可视化显示应用128可以向可移动物体104、适配器设备122和有效载荷124中的一个或多个提供控制数据，并从可移动物体104、适配器设备122和有效载荷124中的一个或多个接收信息(例如，可移动物体、适配器设备或有效载荷的位置和/或运动信息；有效载荷感测的数据，如一个或多个有效载荷相机获取的图像数据或有效载荷LiDAR传感器获取的地图/扫描数据；以及从有效载荷相机获取的图像数据生成的数据或从有效载荷LiDAR传感器获取的地图/扫描数据生成的LiDAR数据)。

[0041] 在一些实施例中，控制数据会(例如，通过对移动机构116的控制)导致可移动物体的位置和/或朝向的变更，或(例如，通过对适配器设备122的控制)导致有效载荷相对于可移动物体的移动。来自可视化显示应用128的控制数据可以对有效载荷124进行控制，例如对扫描传感器、相机或其他图像获取装置的操作(例如，拍摄静态或动态照片、放大或缩小、打开或关闭、切换成像模式、更改图像分辨率、更改焦距、更改景深、更改曝光时间、更改视角或视野、添加或删除航路点等)进行控制。

[0042] 在一些情况下，来自可移动物体、适配器设备和/或有效载荷的通信可包括从(例如，感测系统118或有效载荷124或其他有效载荷的)一个或多个传感器获得的信息和/或基于感测信息生成的数据(例如，从LiDAR传感器获得的三维地图数据或点云)。通信可以包括从一个或多个不同类型的传感器(例如，LiDAR传感器、GPS传感器、RTK传感器、运动传感器、惯性传感器、距离传感器或图像传感器)获得的感测信息。这些信息可与可移动物体、适配器设备和/或有效载荷的位置(例如位置、朝向)、移动或加速度有关。来自有效载荷的这些信息可包括有效载荷获取的数据或有效载荷的感测状态。

[0043] 在一些实施例中，可移动物体104和/或有效载荷124可以包括一个或多个处理器，例如DSP、CPU、GPU、现场可编程门阵列(FPGA)、片上系统(SoC)、专用集成电路(ASIC)或其他处理器和/或加速器。如上所述，有效载荷可包括集成到单个有效载荷中的各种传感器，例如LiDAR传感器、一个或多个相机、惯性导航系统等。有效载荷可采集用于为构建、勘测、目标检查等各种应用提供基于LiDAR的测绘的传感器数据。

[0044] 在各实施例中，在测绘任务期间，例如，通过连接106或通过客户端装置110与可移动物体104和/或有效载荷124之间的另一连接，可视化显示应用128可以从有效载荷124获

得传感器数据。在一些实施例中，一个或多个其他网络和/或系统可以作为连接的中介。例如，可移动物体或有效载荷可以连接到云计算系统、卫星或其他通信系统中的服务器，该服务器可以向客户端装置110提供传感器数据。

[0045] 在一些实施例中，有效载荷使原始地图数据能够本地存储到有效载荷或UAV上的存储介质中，以用于后续的后处理。在各实施例中，一旦测绘任务完成，可以从有效载荷124获得传感器数据，并将其提供给计算装置126用于后处理。例如，有效载荷124或通过适配器设备122与有效载荷124通信的可移动物体104可以包括例如安全数字(SD)卡的可移动介质，或例如基于闪存的存储器装置的其他可移动介质。可移动介质可以存储从有效载荷124获得的测绘任务的传感器数据。

[0046] 在一些实施例中，计算装置126可以设置在可移动物体104之外，例如设置在接地终端、遥控器111、客户端装置110或其他远程终端处。在这些实施例中，计算装置126可以包括数据接口136，例如读卡器，其可以读取存储在可移动介质上的传感器数据。在其他实施例中，计算装置126可以设置在可移动物体104上，例如设置在有效载荷124处或设置在可移动物体104内。在这些实施例中，计算装置126可以包括数据接口136，其可以从有效载荷124或可移动物体104的机载存储器中读取传感器数据，或者通过机载读卡器从可移动介质中读取传感器数据。

[0047] 在一些实施例中，计算装置126可以直接对存储在可移动介质上的数据进行操作，或者将例如存储器132中的本地副本存储到计算装置126可访问的磁盘(未示出)或其他存储位置，例如附接的存储装置、网络存储位置等。计算装置126可以包括一个或多个处理器134，例如DSP，CPU、GPU、现场可编程门阵列(FPGA)、片上系统(SoC)、专用集成电路(ASIC)或其他处理器和/或加速器。如图所示，存储器132可以包括后处理应用130，其对原始地图数据进行处理以生成经后处理的地图/扫描数据。经后处理的扫描数据可由客户端装置110上的可视化显示应用128进行可视化显示，例如在客户端装置110的显示器或触摸屏上进行渲染。

[0048] 如上所述，传感器数据可包括从提供目标环境高分辨率扫描的LiDAR传感器或其他传感器获得的扫描数据、指示(例如，从惯性测量单元)获得扫描数据时的有效载荷姿态的位姿数据、以及来自定位传感器(例如，GPS模块、RTK模块或其他定位传感器)的定位数据，其中提供传感器数据的传感器全部合并到单个有效载荷124中。在一些实施例中，可以基于传感器的外部和内部参数对并入单个有效载荷124的各传感器进行预校准，并基于各传感器之间共享的基准时钟信号对各传感器进行同步。基准时钟信号可由与各传感器之一相关联的时间电路或连接各传感器的单独时间电路生成。在一些实施例中，可以基于校正数据更新来自定位传感器的定位数据，所述校正数据是从可包括在功能模块108、感测系统118或与可移动物体104连接、为可移动物体提供定位数据的单独模块中的可移动物体104的定位传感器接收的。在一些实施例中，扫描数据可以使用定位数据进行地理参考，并可用于构建目标环境的地图。

[0049] 如下文所述，可将经地理参考的扫描数据和有效载荷位姿数据提供给后处理应用130，以将其后处理为人类可读的格式。在一些实施例中，后处理应用130可以输出优化的地图作为LiDAR数据交换文件(LAS)或多边形(PLY)文件，该文件可由各种工具，例如可视化显示应用128使用，以对目标环境的地图进行渲染和/或使用地图数据用于进一步处理、规划

等。嵌入到LAS或PLY输出文件中的元数据可以便于地图与各种第三方工具集成。在各实施例中，取决于用户的偏好，可以以各种文件格式(例如.las文件或.ply文件)输出地图。

[0050] 在一些实施例中，后处理应用130还可生成原始或经后处理的地图数据或扫描数据的表示数据，该表示数据通过移动装置110上的可视化显示应用128提供要进行可视化显示的原始或经后处理的地图数据的预览。例如，后处理应用130可以生成针对从LiDAR扫描传感器获得的三维点云数据的二维图像数据。原始三维点云数据可以是从有效载荷124获得的原始点云数据或经后处理应用130处理的点云数据。在实施例中，表示数据可以是诸如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的图像文件格式，地图数据可以是诸如LAS或PLY文件等的点云文件格式。在其他实施例中，表示数据可以是小于标准点云文件格式的其他压缩文件格式。例如，通过选择部分三维地图数据，或对三维地图数据进行下采样用于压缩来生成表示数据。所生成的表示数据可以存储在不同的文件中，或者可以在起始位置插入原始点云数据，以提供原始点云数据的预览。例如，可以在点云数据的中点插入表示数据或将其附加在点云数据的尾部，因此可以生成组合点云数据(包括原始点云数据及其表示数据)。

[0051] 生成表示数据是为了在可视化显示应用128上提供更快的、高效的渲染，因为表示数据的文件大小(例如，以兆字节为单位)远小于地图数据(例如，以千兆字节为单位)。基于本公开生成的表示数据确保预览图像具有足够的地图数据信息。因此，其容许用户通过图像可视化显示从多个测绘任务中轻松地对特定测绘任务进行标识，而不是通过逐个打开点云文件来对所有测绘任务进行整理。以下将对生成表示数据的方法进行详细描述。

[0052] 在一些实施例中，后处理应用130还可以生成针对所插入的表示数据的元数据。该元数据可以包括所插入的表示数据的例如起始位置、结束位置或长度/大小的信息。在实施例中，也可以将元数据插入点云数据，例如在点云数据的头部插入元数据。在渲染时，可视化显示应用128可以仅读取组合点云数据的头部以获得元数据，该元数据将可视化显示应用128指向或引导至表示数据的起始位置。与通读整个组合点云数据以查找用于渲染的表示数据相比，仅读取头部有效缩短了渲染预览图像的处理时间。此外，通过将表示数据和/或表示数据的元数据插入到具有标准文件格式(例如，LAS或PLY文件)的点云数据中，组合点云数据的数据格式将与数据插入之前的点云数据相同。因此，任何第三方供应商在线或离线提供的点云可视化显示应用/服务/浏览器都可以识别组合点云数据。

[0053] 以下参照图2对可移动物体的架构的其他细节进行描述。

[0054] 图2示出了根据各实施例的可移动物体环境中的可移动物体的架构的示例200。如图2所示，可移动物体104可以包括飞行控制器114，其通过适配器设备122与有效载荷124通信。此外，飞行控制器可以与可移动物体上的各种功能模块108通信。如下文进一步所述，适配器设备122可以有助于飞行控制器与有效载荷之间经由诸如以太网或通用串行总线(USB)的高带宽连接进行通信。适配器设备122还可以向有效载荷124供电。

[0055] 如图2所示，有效载荷可包括多个传感器，包括扫描传感器202、单目相机204、RGB相机206、惯性导航系统208、一个或多个处理器214和一个或多个存储装置216，其中惯性导航系统208可包括惯性测量单元210和定位传感器212。例如，扫描传感器202可以包括LiDAR传感器。LiDAR传感器可以提供目标环境的高分辨率扫描数据。可将具有各种特性的各种LiDAR传感器并入有效载荷中。例如，LiDAR传感器可以具有大约70度的视野，并且可以实现各种扫描模式，例如翘板模式、椭圆模式、花瓣模式等。在一些实施例中，较高密度的点云需

要额外的处理时间，因此可以在有效载荷中使用较低密度的LiDAR传感器。在一些实施例中，有效载荷可以将其部件实现在单个嵌入式板上。有效载荷还可为其部件提供热管理。

[0056] 有效载荷还可以包括灰度单目相机204。单目相机204可以包括与惯性导航系统(INS)208同步的机械快门，以使得当单目相机获取图像时，有效载荷在该时刻的姿态与图像数据相关联。这使得能够从单目相机204获取的图像数据中提取视觉特征(墙、角、点等)。例如，所提取的视觉特征可以与INS产生的姿态数据生成的位姿-时间戳签名相关联。使用位姿-时间戳特征数据，可以从一帧到另一帧跟踪视觉特征，从而能够生成有效载荷(以及由此，可移动物体)的轨迹。这使得能够在基于卫星的定位传感器信号有限的区域，例如在室内或当RTK数据较弱或不可用时进行导航。在一些实施例中，有效载荷还可包括RGB相机206。RGB相机可以在可移动物体飞行时采集被流式传输到客户端装置110的即时图像数据。例如，用户可以选择是否通过客户端装置110的用户界面查看由可移动物体的一个或多个相机或有效载荷的RGB相机采集的图像数据。此外，可以从RGB相机采集的图像数据中获得颜色数据，并将其叠加在扫描传感器采集的点云数据上。这改进了点云数据的可视化显示，使其更接近被扫描的目标环境中的实际物体。

[0057] 如图2所示，有效载荷还可以包括惯性导航系统208。INS 208可以包括惯性测量单元210以及可选地包括定位传感器212。IMU 210提供可分别与扫描传感器获取的扫描数据和相机获取的图像数据相关联的有效载荷的姿态。定位传感器212可以使用全球导航卫星服务，例如GPS、GLOSNASS、Galileo、北斗等。在一些实施例中，可以使用可移动物体上的RTK模块218来增强定位传感器212采集的定位数据，从而增强INS 208采集的定位数据。在一些实施例中，可以从一个或多个基站无线接收RTK信息。RTK模块218的天线和有效载荷在可移动物体上以固定距离分开，以容许RTK模块218采集的RTK数据被转换为有效载荷的IMU帧。或者，有效载荷124自身可以不包括定位传感器212，而是可以依赖于例如包括在功能模块108中的可移动物体的RTK模块218和定位传感器。例如，可以从可移动物体104的RTK模块218获得定位数据，并将其与IMU数据组合。可以基于RTK天线和有效载荷之间的已知距离，对从RTK模块218获得的定位数据进行变换。

[0058] 如图2所示，有效载荷可以包括一个或多个处理器214。该一个或多个处理器可以包括嵌入式处理器，该嵌入式处理器包括CPU和DSP作为加速器。在一些实施例中，可以使用例如GPU、FPGA等的其他处理器。在一些实施例中，处理器214可以使用INS数据对扫描数据进行地理参考。在一些实施例中，经地理参考的扫描数据在被发送到客户端装置110用于可视化显示之前被下采样到较低的分辨率。在一些实施例中，有效载荷通信管理器230可以管理连接到有效载荷的多个移动装置的下采样和其他数据设置。在一些实施例中，不同的移动装置可与有效载荷通信管理器230维护的偏好数据相关联，其中偏好数据指示地图数据将如何准备和/或发送到该移动装置。例如，通信协议设置、信道设置、加密设置、传输速率、下采样设置等。

[0059] 在一些实施例中，(一个或多个)处理器214还可以管理传感器数据到一个或多个存储装置216的存储。(一个或多个)存储装置可以包括安全数字(SD)卡或其他可移动介质、固态驱动器(SSD)、eMMC和/或存储器。在一些实施例中，处理器还可用于使用单目相机204采集的图像数据执行视觉惯性里程计(VIO)。这可以实时执行以计算视觉特征，然后以可存储格式(不一定是图像)存储这些视觉特征。在一些实施例中，日志数据可以存储到eMMC，调

试数据可以存储到SSD。在一些实施例中，(一个或多个)处理器可以包括内置的编码器/解码器，用于处理由RGB相机获取的图像数据。

[0060] 飞行控制器114可以通过通信系统120B向遥控器发送数据以及从遥控器接收数据。飞行控制器114可以连接到各种功能模块108，例如RTK模块218、IMU 220、气压计222或磁力计224。在一些实施例中，通信系统120B可以连接到其他计算装置而非飞行控制器114，或者除了连接到飞行控制器114之外还连接到其他计算装置。在一些实施例中，由一个或多个功能模块108采集的传感器数据可以从飞行控制器114传送到有效载荷124。

[0061] 在测绘任务期间，用户可以使用客户端装置110上的可视化显示应用128从UAV接收数据以及向UAV提供命令。可视化显示应用128可以显示迄今为止已经执行的测绘的可视化显示。例如，计算装置126的后处理应用130(位于有效载荷124或可移动物体104上，或位于客户端装置110之外)可以在通过数据接口136接收地图数据时对地图数据进行处理。这可以包括使用定位数据对扫描数据和图像数据进行地理参考，然后对得到的经地理参考的地图数据进行下采样。当计算装置126位于有效载荷124或可移动物体104上时，可以使用通信系统120B经由飞行控制器114将下采样的数据无线传输到可视化显示应用128。当计算装置126位于客户端装置110之外时，可以直接将下采样的数据传输到可视化显示应用128。实时可视化显示应用128随后可以显示下采样数据的视觉表示。这使得用户能够使目标环境的已扫描量和/或已扫描部分可视化显示，以确定仍需要扫描的部分等。

[0062] 一旦测绘任务完成且UAV返航，可从有效载荷或UAV上的可移动存储介质获得由有效载荷采集和处理的地图数据。可以将可移动介质提供给计算装置126，通过数据接口136读取可移动介质。例如，在可移动介质是SD卡的情况下，数据接口136可以是读卡器。计算装置126可以包括使地图数据可视化显示的地图应用128，以及将原始地图数据处理为可以可视化显示的格式的后处理应用130。在一些实施例中，可以优化后处理应用130以处理来自有效载荷的扫描传感器的数据。因为有效载荷包括具有固定特性的单个扫描传感器，可以针对这些特性，例如扫描密度等，对后处理应用130进行优化。后处理可以包括高精度后处理，其在与在线处理相比具有更高密度的经地理参考的地图数据上执行。此外，因为不需要实时处理INS数据，定位数据可以具有更高的质量。在一些实施例中，高精度后处理还可以利用更复杂、运行时间更长的优化算法，例如G2O。

[0063] 在一些实施例中，后处理可包括接收经地理参考的点云数据和有效载荷位姿数据，并构建多个局部地图。在一些实施例中，可以使用迭代最接近匹配(ICP)模块或实现匹配算法的其他模块来构建局部地图。在各实施例中，ICP模块可以直接对点云数据进行操作，而不是先从扫描中提取特征并使用这些特征来匹配扫描并构建局部地图，从而提高精度并减少处理时间。之后，可以分析局部地图以标识对应点。对应点包括已从多个位姿进行多次扫描的空间点。对应点可用于构建位姿图。在一些实施例中，ICP模块可以使用ICP算法对局部地图中的对应点进行标识。本公开的实施例在不计算人工创造的特征(例如，PFH、FPFH、3D SIFT等)的情况下，使用ICP直接确定对应关系，而不是使用众多点云匹配技术所采用的计算特征点(例如点特征直方图(PFH)、快速点特征直方图(FPFH)、三维尺度不变特征变换(SIFT)特征点或其他特征提取技术)然后估计对应关系的方法。这也避免了在提取特征信息的过程中引入潜在错误。之后，可以使用图形优化技术对位姿图进行优化，以创建优化的点云数据。之后，可以在后处理应用130或可视化显示应用128上查看所得到的优化

点云数据。

[0064] 在一些实施例中，后处理应用130还可生成原始或经后处理的地图数据或扫描数据的表示数据，该表示数据通过移动装置110上的可视化显示应用128提供要进行可视化显示的原始或经后处理的地图数据的预览。例如，后处理应用130可以生成针对从LiDAR扫描传感器获得的三维点云数据的二维图像数据。原始三维点云数据可以是通过数据接口136获得的原始点云数据或经后处理应用130处理的点云数据。在实施例中，表示数据可以是诸如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的图像文件格式，地图数据可以是诸如LAS或PLY文件等的点云文件格式。在其他实施例中，表示数据可以是小于标准点云文件格式的其他压缩文件格式。例如，通过选择部分三维地图数据或对三维地图数据进行下采样用于压缩来生成表示数据。所生成的表示数据可以存储在不同的文件中，也可以在起始位置插入原始点云数据以提供原始点云数据的预览。例如，可以在点云数据的中点插入表示数据或将其附加到点云数据的尾部，因此可以生成组合点云数据(包括原始点云数据及其表示数据)。

[0065] 生成表示数据是为了在可视化显示应用128上提供更快的、高效的渲染，因为表示数据的文件大小(例如，以兆字节为单位)远小于地图数据(例如，以千兆字节为单位)。基于本公开生成的表示数据确保预览图像具有足够的地图数据信息。因此，其容许用户通过图像可视化显示从多个测绘任务中轻松地对特定测绘任务进行标识，而不是通过逐个打开点云文件来对所有测绘任务进行整理。以下将对生成表示数据的方法进行详细描述。

[0066] 在一些实施例中，后处理应用130还可以生成针对所插入的表示数据的元数据。该元数据可以包括所插入的表示数据的例如起始位置、结束位置或长度/大小的信息。在实施例中，元数据也可以插入到点云数据中，例如插入到点云数据的头部。在渲染时，可视化显示应用128可以仅读取组合点云数据的头部以获得元数据，该元数据将可视化显示应用128指向或引导至表示数据的起始位置。与通读整个组合点云数据以查找用于渲染的表示数据相比，仅读取头部有效缩短了渲染预览图像的处理时间。此外，通过将表示数据和/或表示数据的元数据插入具有标准文件格式(例如，LAS或PLY文件)的点云数据中，组合点云数据的数据格式将与数据插入之前的点云数据相同。因此，任何第三方供应商在线或离线提供的点云可视化显示应用/服务/浏览器都可以识别组合点云数据。

[0067] 图3示出了根据各实施例的可移动物体环境中的计算装置126和移动装置110的架构的示例300。如图3所示，计算装置126可以在计算装置126的一个或多个处理器302上执行。如上所述，在一些实施例中，计算装置126可以设置在可移动物体104上，例如在有效载荷124处或在可移动物体104内。在其他实施例中，计算装置126可以设置在可移动物体104之外，例如在接地终端、遥控器111、客户端装置110或其他远程终端处。一个或多个处理器302可以包括CPU、GPU、FGPA、SoC或其他处理器，并且可以是由计算装置126实现的并行计算架构的一部分。计算装置126可以包括数据接口303、后处理应用308和地图生成器316。

[0068] 数据接口303可以包括扫描传感器接口304和定位传感器接口306。传感器接口303可以包括硬件和/或软件接口。扫描传感器接口304可以从扫描传感器(例如，LiDAR或其他扫描传感器)接收数据，定位传感器接口306可以从定位传感器(例如，GPS传感器、RTK传感器、IMU传感器和/或其他定位传感器或其组合)接收数据。在各实施例中，扫描传感器可产生点云格式(例如，LAS或PLY文件)的地图数据。地图数据的点云可以是目标环境的三维表示。在一些实施例中，地图数据的点云可以转换为矩阵表示。定位数据可以包括可移动物体

的GPS坐标，并且在一些实施例中，可以包括与每个GPS坐标对应的与可移动物体相关联的横滚值、俯仰值和偏航值。该横滚值、俯仰值和偏航值可从定位传感器，例如惯性测量单元(IMU)或其他传感器获得。如上所述，定位数据可以从RTK模块获得，RTK模块基于从基准站接收的校正信号对GPS坐标进行校正。在一些实施例中，RTK模块可以产生与每个输出坐标相关联的方差值。方差值可以表示相应定位数据的精度。例如，如果可移动物体正在进行剧烈移动，则方差值会上升，指示采集到的定位数据不太精确。方差值也可因大气条件而变化，导致可移动物体测量的精度因采集数据时的特定条件而异。

[0069] 定位传感器和扫描传感器可以使用时间同步机构进行同步。例如，定位传感器和扫描传感器可以共享时钟电路。在一些实施例中，定位传感器可包括时钟电路并向扫描传感器输出时钟信号。在一些实施例中，单独的时钟电路可以向扫描传感器和定位传感器两者输出时钟信号。这种情况下，可以使用共享时钟信号对定位数据和地图数据加盖时间戳。

[0070] 在一些实施例中，定位传感器和扫描传感器可以以不同的延迟输出数据。例如，定位传感器和扫描传感器可以不同时开始生成数据。由此，可以对定位数据和/或地图数据进行缓冲而产生延迟。在一些实施例中，可以基于各传感器的输出之间的延迟来选择缓冲器大小。在一些实施例中，后处理应用308可以从定位传感器和扫描传感器接收数据，并利用由传感器数据相对于共享时钟信号共享的时间戳生成同步数据。这使得定位数据和地图数据能够同步以用于进一步处理。

[0071] 此外，从各传感器获得的数据的频率可以不同。例如，扫描传感器可以产生数百kHz范围内的数据，而定位传感器可以产生数百Hz范围内的数据。因此，为了确保地图数据的每个点具有相应的定位数据，上采样模块310可以插补较低频率的数据以与较高频率的数据进行匹配。例如，假设定位数据由定位传感器以100Hz的频率产生，而地图数据由扫描传感器(例如，LiDAR传感器)以100kHz的频率产生，则可将定位数据从100Hz上采样到100kHz。可以使用各种上采样技术对定位数据进行上采样。例如，可以使用诸如最小二乘法的线性拟合算法。在一些实施例中，可以使用非线性拟合算法对定位数据进行上采样。此外，也可以插补定位数据的横滚值、俯仰值、偏航值以与地图数据的频率进行匹配。在一些实施例中，横滚值、俯仰值和偏航值可以是球面线性插值(SLERP)，以与地图数据中的点的数量进行匹配。同样，可以插补时间戳以与插值定位数据进行匹配。

[0072] 一旦定位数据已通过上采样模块310进行上采样并与地图数据同步，地理参考模块312可以将地图数据的矩阵表示从其被采集的参照系(或参照坐标系)(例如，扫描器参照系或扫描器参照坐标系)转换为期望的参照系(或期望的参照坐标系)。例如，定位数据可以从扫描器参照系转换为北东地(NED)参照系(或NED坐标系)。定位数据转换到的参照系可以根据生成的地图的应用而变化。例如，如果地图被用于勘测，则可以将其转换到NED参照系。又例如，如果地图用于诸如飞行模拟的渲染运动，则可以将其转换到FlightGear坐标系。地图的其他应用可以对定位数据转换为不同参照系或不同参照坐标系产生影响。

[0073] 将地图数据的点云中的每个点与相对于扫描传感器确定的扫描器参照系中的位置相关联。之后，可以使用定位传感器产生的可移动物体的定位数据，将扫描器参照系中的该位置转换到例如GPS坐标系的世界坐标系中的输出参照系。例如，基于定位数据，可知扫描传感器在世界坐标系中的位置。在一些实施例中，(例如，由于位于可移动物体上的不同位置)，定位传感器和扫描模块可能偏移。在这些实施例中，可以使用该偏移中的又一校正

因子从扫描器参照系转换到输出参照系(例如,利用定位传感器和扫描传感器之间的偏移,可以对定位数据中的每个测量位置进行校正)。对于地图数据的点云中的每个点,可以使用时间戳来对相应的定位数据进行标识。之后,可以将该点转换到新的参照系。在一些实施例中,可以使用来自定位数据的插值横滚值、俯仰值和偏航值将扫描器参照系转换至水平参照系。一旦地图数据已转换至水平参照系,则可将其进一步转换至笛卡尔坐标系或其他输出参照系。每个点都被转换后的结果是经地理参考的点云,其中每个点现在都参照世界坐标系。在一些实施例中,可以在进行异常值剔除之前将经地理参考的点云提供给地图生成器316,以将异常值数据从经地理参考的点云之中剔除。

[0074] 在已经生成经地理参考的点云之后,异常值剔除模块314可以将异常值数据从经地理参考的点云之中剔除。在一些实施例中,可以对经地理参考的点云进行下采样,从而减少数据中的异常值的数量。可以使用体素对该数据进行下采样。在一些实施例中,各体素中的点可以被平均,并且每个体素可以输出一个或多个平均点。由此,异常点将在平均各体素中的点的进程中从数据集中剔除。在各实施例中,可以任意定义体素的分辨率(例如各体素的大小)。这容许生成稀疏和密集的下采样点云。该分辨率可由用户或地图管理器基于例如可用计算资源、用户偏好、默认值或其他应用特定的信息来确定。例如,可以使用较低的分辨率(例如,较大的体素)来生成稀疏的下采样点云,以在客户端装置或移动装置上进行可视化显示。另外或替代地,可以统计地剔除异常值。例如,可以确定和统计分析从各点到其最近相邻点的距离。如果某个点到其最近相邻点的距离大于阈值(例如,点云中的最近相邻距离的标准偏差),则该点可以从点云中剔除。在一些实施例中,异常值剔除技术可由用户选择或由后处理应用自动选择。在一些实施例中,可以禁用异常值剔除。

[0075] 如上所述,点云数据可以是目标环境的三维表示。该三维表示可以划分为体素(例如三维像素)。

[0076] 在统计地剔除异常值之后,可以将得到的点云数据提供给地图生成器316。在一些实施例中,地图生成器316可以包括密集地图生成器318和/或稀疏地图生成器320。在这些实施例中,密集地图生成器318可以从剔除异常值之前接收的点云数据产生高密度地图,而稀疏地图生成器320可以从剔除异常值之后接收的稀疏的下采样点云数据产生低密度地图。在其他实施例中,密集地图生成器318和稀疏地图生成器320可以分别从剔除异常值之后接收的点云产生高密度地图和低密度地图。在这些实施例中,每个地图生成器可以使用相同的过程生成输出地图,但可以改变体素的大小以产生高密度或低密度地图。在一些实施例中,客户端装置110或移动装置可以使用低密度地图来提供地图数据的可视化显示。高密度地图可以输出为LIDAR数据交换文件(LAS)或其他文件类型(例如PLY文件),从而与各种测绘、规划、分析或其他工具一起使用,或通过可视化显示应用128在移动装置110上进行渲染。

[0077] 地图生成器316可以使用点云数据来对地图中的点的位置执行概率估计。例如,地图生成器可以使用例如OctoMap的三维地图库,来产生输出地图。地图生成器可以将点云数据划分为体素。针对每个体素,地图生成器可以确定体素中的点的数量,并基于点的数量和与每个点相关的方差,确定某个点位于该体素中的概率。可以将该概率与占用率阈值进行比较,如果该概率大于占用率阈值,则在输出地图中可以表示该点位于该体素中。在一些实施例中,给定体素被占用的概率可以表示为:

[0078] $$P(n|z_{1:t}) = \left[1 + \frac{1-P(n|z_t)}{P(n|z_t)} \frac{1-P(n|z_{1:t-1})}{P(n|z_{1:t-1})} \frac{P(n)}{1-P(n)}\right]^{-1}$$

[0079] 节点n被占用的概率P(n|$z_{1:t}$)是当前测量值z_1、先验概率P(n)和前一估值P(n|$z_{1:t-1}$)的函数。此外,P(n|z_t)表示给定测量值z_t时体素n被占用的概率。该概率可被增强以包括由定位传感器测量的各点的方差,如以下公式所示:

[0080] $$P(n) = \frac{1}{2} P_x(x, \mu_x, \sigma_x^2) P_y(y, \mu_y, \sigma_y^2) P_z(z, \mu_z, \sigma_z^2) + \frac{1}{2}$$

[0081] $$P(n, \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

[0082] 在以上公式中,P(n)表示体素n被占用的总概率。以上公式中1/2的使用是特定于实现方式的,以使得概率映射到1/2-1的范围。该范围根据所使用的特定实现方式会有所不同。在以上公式中,总概率是针对x、y和z维度计算的概率的乘积。每个维度中的概率可基于该维度中各点的平均值μ和给定维度中各测量值的方差σ^2来确定,其中x、y和z对应于给定点的坐标值。在给定体素中大量点靠近平均点会增加概率,而体素中更分散的点的集合会降低概率。同样,与数据(例如,指示已采集到较低精度的位置数据)相关联的较大方差会降低概率,而较低的方差会增加概率。P(n,μ,σ^2)表示在给定体素中的点的平均值和方差值时的该体素的高斯分布。

[0083] 如果体素被占用的总概率大于占用率阈值,则可以将点添加到该体素。在一些实施例中,可以将该体素中的所有点取平均值,所得到的平均坐标可以用作该点在该体素中的位置。与替代方法相比,这提高了所得到的地图的精度,替代方法例如是使用被占用体素的中心点作为所述点,这可能取决于体素的分辨率而导致结果偏斜。在各实施例中,可以基于可用的处理资源量和/或基于给定应用的数据中的可接受噪声量来设置占用率阈值。例如,该占用率阈值可以设置为70%的默认值。也可设置更高的阈值以减少噪声。此外,可根据所采集数据的质量来设置占用率阈值。例如,在一组条件下采集的高质量(例如,低方差)的数据可以设置较低的占用率阈值,而较低质量的数据可能需要较高的占用率阈值。

[0084] 之后,其中每个被占用的体素中有一个点的所得到的地图数据可以输出为LAS文件或其他文件格式(如PLY文件)。在一些实施例中,可以输出经地理参考的点云数据而无需额外处理(例如,异常值剔除)。在一些实施例中,点云数据中的各点还可以与强度值相关联。该强度值可以表示被扫描物体的各特征,例如基准面以上的高度、材料成分等。输出地图中各点的强度值可以是扫描传感器(例如,LiDAR传感器)采集的地图数据中针对各点测量的强度值的平均值。

[0085] 在实施例中,后处理应用308可以生成高密度或(在异常值剔除后进行下采样的)低密度三维地图数据的二维表示数据。该二维表示数据提供三维地图数据的预览图像。在一些实施例中,通过基于三维地图数据的视角将三维地图数据投影到二维投影平面上来生成表示数据。用于投影的视角可以是俯视视角、侧视视角,或是获取地图最多特征的包括最多特征点的视角。在生成表示数据之后,后处理应用308还可将表示数据插入到原始三维地图数据中,从而在不改变三维地图数据的标准文件格式的情况下获得组合地图数据。例如,表示数据可以附加在原始地图数据的尾部或中间位置。可以基于三维地图数据的特定文件

格式(例如LAS或PLY文件)实施数据插入。

[0086] 后处理应用308还可以生成针对所插入的表示数据的元数据。元数据提供添加到三维地图数据的所插入的表示数据的附加信息,例如所插入的表示数据的起始位置、结束位置和/或长度或大小。在生成表示数据的元数据之后,也可以将其插入组合地图数据,例如将其插入原始三维地图数据的头部。在实施例中,可以将包括所插入的表示数据和所插入的元数据的组合地图数据与移动装置110通信,以通过可视化显示应用128显示。表示数据提供大尺寸三维地图数据(通常以千兆字节为单位)的小尺寸预览图像(通常以兆字节为单位),其可以由移动装置110的用户轻松浏览。元数据可以用作指针,指向要通过移动装置110上的可视化显示应用128进行可视化显示的组合地图数据中的表示数据的确切位置。

[0087] 图4示出了根据各实施例的可移动物体环境中的适配器设备的示例。如图4所示,适配器设备122使得有效载荷124能够与可移动物体104连接。在一些实施例中,适配器设备122是有效载荷软件开发工具包(SDK)适配器板、适配器环等。有效载荷124可以与适配器设备122连接,并且适配器设备可以与可移动物体104的机身连接。在一些实施例中,适配器设备可以包括快拆连接体,有效载荷可以与快拆连接体附接/分离。

[0088] 当有效载荷124通过适配器设备122与可移动物体104连接时,也可以由客户端装置110通过遥控器111对有效载荷124进行控制。如图4所示,遥控器111和/或可视化显示应用128可以通过可移动物体104的通信系统和遥控器之间的命令信道发送控制指令。可以传输该控制指令以对可移动物体104和/或有效载荷124进行控制。例如,该控制指令可用于对有效载荷的姿态进行控制,以在移动装置上选择性查看由有效载荷采集的即时数据(例如,实时低密度地图数据、图像数据等)。

[0089] 如图4所示,在可移动物体104的通信系统接收控制指令之后,将控制指令发送给适配器设备122。可移动物体的适配器设备和通信系统之间的通信协议可以称为内部协议,适配器设备和有效载荷124之间的通信协议可以称为外部协议。在实施例中,适配器设备122和可移动物体104的通信系统之间的内部协议作为内部通信协议,适配器设备122和有效载荷124之间的外部协议作为外部通信协议。在可移动物体的通信系统接收控制指令之后,采用内部通信协议通过通信系统与适配器设备之间的命令信道将控制指令发送给适配器设备。

[0090] 当适配器设备使用内部通信协议接收可移动物体发送的控制指令时,适配器设备和可移动物体的通信系统之间的内部协议被转换为适配器设备和有效载荷124之间的外部协议。在一些实施例中,通过在内部协议消息的外层添加符合外部协议的报头,适配器设备可以将内部协议转换为外部协议,以使得内部协议消息转换为外部协议消息。

[0091] 如图4所示,适配器设备和有效载荷124之间的通信接口可以包括控制器局域网(CAN)接口或通用异步收发器(UART)接口。在适配器设备将适配器设备和可移动物体的通信系统之间的内部协议转换为适配器设备和有效载荷124之间的外部协议之后,使用外部协议通过CAN接口或UART接口将控制指令发送给有效载荷124。

[0092] 如上所述,有效载荷124可以从并入有效载荷的多个传感器,例如LiDAR传感器、一个或多个相机、INS等采集传感器数据。有效载荷124可以通过有效载荷124和适配器设备之间的网络端口向适配器设备发送传感器数据。或者,有效载荷124还可以通过有效载荷124和适配器设备之间的CAN接口或UART接口发送传感器数据。可选地,有效载荷124使用外部

通信协议通过网络端口、CAN接口或UART接口将传感器数据发送给适配器设备。

[0093] 在适配器设备从有效载荷124接收传感器数据之后，适配器设备将适配器设备和有效载荷124之间的外部协议转换为可移动物体104的通信系统和适配器设备之间的内部协议。在一些实施例中，适配器设备使用内部协议通过适配器设备和可移动物体之间的数据信道将传感器数据发送给可移动物体的通信系统。进一步地，该通信系统通过可移动物体和遥控器111之间的数据信道将传感器数据发送给遥控器111，遥控器111再将传感器数据转发给客户端装置110。

[0094] 在适配器设备接收由有效载荷124发送的传感器数据之后，可以对传感器数据进行加密以获得加密数据。进一步地，适配器设备使用内部协议通过适配器设备和可移动物体之间的数据信道将加密数据发送给可移动物体的通信系统，通信系统通过可移动物体和遥控器111之间的数据信道将加密数据发送给遥控器111，遥控器111再将加密数据转发给客户端装置110。

[0095] 在一些实施例中，可以通过适配器设备122将有效载荷124安装在可移动物体上。当适配器设备122接收由可移动物体104发送的用于对有效载荷124进行控制的控制指令时，将可移动物体和适配器设备之间的内部协议转换为适配器设备122和有效载荷124之间的外部协议，并采用外部协议将控制指令发送给有效载荷124，以使得第三方制造商生产的第三方装置可以通过外部协议与可移动物体正常通信，从而使得可移动物体可以支持第三方装置，并且提高了可移动物体的应用范围。

[0096] 在一些实施例中，为了便于与有效载荷进行通信，适配器设备122向有效载荷124发送握手指令，握手指令用于检测适配器设备122和有效载荷124是否处于正常通信连接中。在一些实施例中，适配器设备122还可以周期性地或在任意时间向有效载荷124发送握手指令。如果有效载荷124没有应答，或者有效载荷124的响应消息错误，适配器设备122可以断开与有效载荷124的通信连接，或者适配器设备122可以限制有效载荷可用的功能。

[0097] 适配器设备122还可以包括电源接口，该电源接口用于向有效载荷124供电。如图4所示，可移动物体104可以向适配器设备122供电，进一步地，适配器设备122可向有效载荷124供电，适配器设备可以包括电源接口，适配器设备122通过该电源接口向有效载荷124供电。在各实施例中，可移动物体104和适配器设备122之间的通信接口可以包括通用串行总线(USB)接口。

[0098] 如图4所示，可以使用USB接口来实现适配器设备122和可移动物体104的通信系统之间的数据信道。在一些实施例中，适配器设备122可以将USB接口转换为网络端口，例如以太网端口。有效载荷124可通过该网络端口与适配器设备122进行数据传输，以使得有效载荷124无需USB驱动器即可方便地使用传输控制协议与适配器设备122进行网络通信。

[0099] 在一些实施例中，可移动物体104对外输出的接口包括CAN端口、USB端口和12V 4A电源端口。该CAN端口、USB端口和12V 4A电源端口分别与适配器设备122连接，该CAN端口、USB端口和12V 4A电源端口通过适配器设备122进行协议转换，并且可以生成一对外部接口。

[0100] 图5A和图5B示出了根据各实施例的分层数据结构的示例。如上所述，如图5A所示，表示三维环境500的数据可以划分为多个体素。如图5A所示，目标环境可划分为八个体素，每个体素进一步划分为八个子体素，每个子体素进一步划分为八个更小的子体素。每个体

素可以表示三维环境的不同体积部分。可以细分体素，直到达到最小体素大小。得到的三维环境可以表示为分层数据结构502，其中数据结构的根表示整个三维环境，并且每个子节点表示三维环境内不同层次中的不同体素。

[0101] 图6A和图6B示出了根据各实施例的在地图数据中剔除异常值的示例。如图6A所示，当扫描目标物体时，可以将其表示为多个点，这些点聚集在物体的不同部分上，包括目标环境中目标物体的表面(例如表面601)、边缘(例如边缘603)和其他部分。为便于描述，这些表面、边缘等显示为实心。在数据的各个区域600A～600F中存在额外的异常点。这在空白区域中最为明显，如图6A所示。与目标物体的表面和边缘的更密集聚集的点相比，这些点是分散的。可使用异常值剔除来消除或减少数据中这些点的数量。如上所述，可以对经地理参考的点云数据进行下采样，从而减少数据中的异常值的数量。另外地或替代地，也可以统计地剔除异常值。例如，可以确定和统计分析从各点到其最近相邻点的距离。如果某个点到其最近相邻点的距离大于阈值(例如，点云中最近相邻点距离的标准偏差)，则可以从点云中剔除该点。如图6B所示，点云数据的区域602A～602F随着异常值剔除而缩小，提供了更清晰的三维地图。

[0102] 图7示出了根据各实施例在地图数据中叠加数据值的示例700。如图7所示，可以从并入有效载荷的RGB相机或其他传感器获得叠加信息702。例如，在一些实施例中，叠加数据可包括颜色数据，其可以包括各种颜色方案(例如，16位、32位等)的像素值。在扫描传感器获取点云数据的同时，可以从RGB相机获取的一个或多个图像中提取颜色数据，并且可以将这些色值叠加在点云数据的可视化显示之上。尽管在图7中被描绘为灰度，但是取决于由RGB相机获取的图像数据的色值，颜色数据可以包括各种色值。在一些实施例中，叠加数据可以包括基准面以上的高度。例如，可以根据点在基准面以上的高度为点分配色值。高度值可以是相对于基准面的相对高度值、或(例如，相对于海平面的)绝对高度值。基准面可以与地面、地板或用户选择的任意平面相对应。这些值可以随着高度的变化而单色变化，也可以随着高度的变化而改变颜色。在一些实施例中，叠加数据可以表示强度值。强度值可以与LiDAR传感器接收的激光束的返回强度相对应。强度值可以指示目标环境中物体的材料成分或特性。例如，基于材料的反射率，可以推断材料的特性(例如材料的类型，如金属、木材、混凝土等)，并且叠加信息可以通过分配给不同特征的不同色值来指示这些特征。另外地或者替代地，在一些实施例中，可以将点云数据叠加在被扫描的目标区域的地图上。例如，可以将点云数据叠加在测绘服务提供的二维或三维地图上。

[0103] 如上所述，使用可移动物体(例如UAV)实施测绘任务可以生成地图数据，由与可移动物体连接的扫描传感器获取。例如，可以使用与UAV连接的有效载荷的LiDAR扫描传感器获取和生成点云数据。生成的点云数据是目标物体或目标环境的三维表示。如上所述，原始三维点云数据或经后处理应用308处理并由地图生成器316生成的经后处理的点云数据可以具有标准三维地图数据文件格式，例如LiDAR数据交换文件(LAS)或多边形(PLY)文件，其可由诸如可视化显示应用128的各种工具使用，以对目标物体或目标环境的地图进行渲染和/或使用该三维地图数据用于进一步处理、规划、回放等。

[0104] 本发明还公开了生成三维地图数据的表示数据的技术，例如生成三维点云数据的二维图像预览。在实施例中，表示数据可以是例如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的图像文件格式，而原始地图数据或经后处理的地图数据可以是例如LAS或PLY文件等的点云文件格

式。在其他实施例中，表示数据可以是小于标准点云文件格式的其他压缩文件格式。例如，通过选择部分三维地图数据或对三维地图数据进行下采样以进行压缩来生成表示数据。以通过投影生成表示数据为例，通过基于三维点云数据的选择性视角将三维点云数据投影到二维平面上来生成二维图像预览。可以使用透视投影或正交投影将三维点云数据投影到二维平面上。用于投影三维点云数据的视角可以选择为目标物体或目标环境的俯视视角或侧视视角。还可以将该视角选择为包括最多特征点的视角，以获取目标物体或目标环境的最多特征，从而最有助于提供物体或环境的预览。在实施例中，二维平面可以是垂直于选定视角的中心轴的平面，或者是与选定视角的中心轴以一定角度相交的任何平面。在实施例中，三维地图数据也可以不投影到二维平面上，而是可以投影到二维曲面或包括均匀或不均匀平面的其他二维表面等。

[0105] 在另一个实施例中，可使用光线追踪技术来生成二维图像预览。在此实施例中，基于追踪虚拟光的路径并模拟光遇到目标物体或目标环境的效果，生成二维图像预览中的各像素。在另一个实施例中，用户可以选择其他二维图像数据作为自定义表示数据，例如针对目标物体/环境拍摄的照片图像，或在过去的飞行任务中由UAV的有效载荷中的成像传感器(例如RGB相机或灰度相机)获取的图像数据，或用户绘制的草图图像。在此实施例中，类似于使用三维点云数据生成的表示数据，可以以本文所述的类似方式和类似技术(例如，将二维表示数据与三维地图数据相关联，生成二维表示数据的元数据，通过数据插入生成包括三维地图数据、二维表示数据和元数据的组合地图数据，或将表示数据存储在单独的文件中等)使用用户自定义的表示数据。

[0106] 图8示出了根据各实施例的地图数据的选定视角的示例。如图8所示，可以选择从点云数据的顶部(例如，点云数据的俯视视角802)投影目标物体800的三维点云数据。选择俯视视角将三维点云数据投影到相对于基准面，例如相对于地面水平的二维平面上。该基准面可对应于地面、地板、海平面或用户选择的任意平面。可以选择从点云数据的一侧(例如，点云数据的侧视视角804)投影目标物体800的三维点云数据。选择侧视视角将三维点云数据投影到相对于基准面，例如相对于地面垂直的二维平面上。该基准面可对应于地面、地板、海平面或用户选择的任意平面。可以选择从点云数据包括最多特征点的视角(例如，具有最多特征点的点云数据视角806)投影目标物体800的三维点云数据。选择三维点云数据的具有最多特征点的视角可以反映三维点云数据的最多特征，以使得要生成的表示数据将会获取目标物体800的最独特特征。

[0107] 图9A和图9B示出了根据各实施例将三维地图数据投影到二维平面上的示例。如上所述，可以通过透视投影或正交投影将三维点云数据投影到二维平面上。图9A示出了将目标物体900的三维点云数据透视投影到二维投影平面902上以生成表示数据，例如二维图像预览904的示例。透视投影或透视变换是线性投影，其中投影线906源自单个点(例如，投影中心908)。当观看者的眼睛位于投影908的中心时，可以看到投影平面902上的投影图像904，并且该投影线对应于源自目标物体900的光的路径。透视投影的效果是，距离较远的物体看起来比距离较近的物体更小。

[0108] 在实施例中，在选择三维点云数据的视角(例如图8所示的俯视视角802、侧视视角804或具有最多特征点的视角804)后，首先将三维点云的各点变换至与选定视角相关联的坐标系中。之后，基于透视投影对点云数据中的所有点进行扫描，并将其投影到投影平面

902的各单元上。根据位于各单元平面中的投影点，计算投影平面902的各单元中的点的顶部、底部、左侧和右侧的边界。随后，可以通过根据特定分辨率值离散投影平面902的各单元来生成像素块。在该过程中，可以更新各像素块以记录距离投影中心最近的点的信息(例如强度值或色值)，以便形成表示数据的最终二维图像预览。在实施例中，所生成的表示数据可以是例如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的图像文件格式，而地图数据可以是例如LAS或PLY文件等的点云文件格式。在其他实施例中，表示数据可以是小于标准点云文件格式的其他压缩文件格式。例如，通过选择部分三维地图数据或对三维地图数据进行下采样以进行压缩来生成表示数据。所生成的表示数据可以存储在不同的文件中，或者通过数据插入将其插入原始点云数据，如下详述。

[0109] 图9B示出了将目标物体900的三维点云数据正交投影到二维投影平面902上以生成表示数据，例如二维图像预览904的示例。正交投影或正交变换是平行投影，其中投影线906是平行的。投影平面902上的投影图像904是通过使平行投影线906从目标物体900上的各顶点延伸，直到它们与投影平面902相交而形成的。正交投影的效果是，原本平行的每一条物体线在投影后将保持平行。

[0110] 在实施例中，在选择三维点云数据的视角(例如图8所示的俯视视角802、侧视视角804或具有最多特征点的视角804)后，首先将三维点云的各点变换至与选定视角相关联的坐标系中。之后，基于正交投影对点云数据中的所有点进行扫描，并将其投影到投影平面902的各单元上。根据位于各单元平面中的投影点，计算投影平面902的各单元中的点的顶部、底部、左侧和右侧的边界。随后，可以通过根据特定分辨率值离散投影平面902的各单元来生成像素块。在该过程中，可以更新各像素块以记录距离投影中心最远的点的信息(例如强度值或色值)，以便形成表示数据的最终二维图像预览。在实施例中，所生成的表示数据可以是例如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的图像文件格式，而地图数据可以是例如LAS或PLY文件等的点云文件格式。在其他实施例中，表示数据可以是小于标准点云文件格式的其他压缩文件格式。例如，通过选择部分三维地图数据或对三维地图数据进行下采样以进行压缩来生成表示数据。所生成的表示数据可以存储在不同的文件中，或者通过数据插入将其插入到原始点云数据，如下详述。

[0111] 图10A和图10B示出了根据各实施例的测绘任务中的地图数据的选定视角的示例。图10A示出了在用于扫描目标环境的测绘任务中生成的点云数据的选定俯视视角1000的示例。图10B示出了在用于扫描目标环境的测绘任务中生成的点云数据的选定侧视视角1002的示例。在实施例中，如图10A和图10B所示的点云数据可以是例如LAS或PLY文件等的标准点云文件格式。

[0112] 在实施例中，基于以选定视角进行投影的点(即投影点)的叠加信息，对点云数据进行着色。如图7中所述，可以从并入有效载荷的RGB相机或其他传感器获得叠加信息702。例如，在一些实施例中，叠加数据可以包括投影点的颜色数据，该颜色数据可以包括各种颜色方案(例如，16位、32位等)的像素值。在扫描传感器获取点云数据的同时，可以从RGB相机获取的一个或多个图像中提取颜色数据，并且这些色值可以叠加在点云数据中的投影点的可视化显示之上。

[0113] 尽管在图7中以灰度示出，但是取决于RGB相机获取的图像数据的色值，颜色数据可以包括各种色值。在一些实施例中，叠加数据可以包括基准面以上的高度。例如，可以根

据投影点在基准面以上的高度为投影点分配色值。高度值可以是相对于基准面的相对高度值、或(例如,相对于海平面的)绝对高度值。基准面可以对应于地面、地板或用户选择的任意平面。这些值可以随着高度的变化而单色变化,或者可以随着高度的变化而改变颜色。在一些实施例中,叠加数据可以表示从选择性视角投影的点的强度值。该强度值可以与由LiDAR传感器接收的激光束的返回强度相对应。该强度值可以指示目标环境中物体的材料成分或特性。例如,基于材料的反射率,可以推断材料的图像(例如材料的类型,如金属、木材、混凝土等),并且叠加信息可以通过分配给不同特征的不同色值来指示这些特性。另外地或者替代地,在一些实施例中,可以将点云数据叠加在从同一视角扫描的目标环境的地图上。例如,从俯视视角投影的点云数据中的点可以叠加在由测绘服务从同一俯视视角提供的二维地图上。

[0114] 图11示出了根据各实施例的测绘任务中地图数据的生成的表示数据的示例。如图11所示,通过从图10A所示的关联点云数据的选定俯视视角1000将点投影到二维图像平面上来生成图像预览1100。在实施例中,图像预览1100可以是例如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的标准图像文件格式,其文件大小(通常以兆字节为单位)远小于图10A所示的点云数据的文件大小(通常以千兆字节为单位)。在实施例中,所生成的表示数据1100的各像素也可以基于某种着色绘图逻辑进行着色,以反映关联点云数据的色值、强度值或高度值。例如,如图7所示,从并入有效载荷的RGB相机或其他传感器获得的叠加信息702可用于表示数据的着色绘图。例如,在一些实施例中,叠加数据可以包括投影点的颜色数据,该颜色数据可以包括各种颜色方案(例如,16位、32位等)的像素值。在扫描传感器获取点云数据的同时,可以从RGB相机获取的一个或多个图像中提取颜色数据。这些色值可以叠加在点云数据中的投影点的可视化显示之上,还可以叠加到与关联点云数据相对应的投影图像1100的像素之上。

[0115] 尽管在图7中被描绘为灰度,但是取决于RGB相机获取的图像数据的色值,颜色数据可以包括各种色值。在一些实施例中,叠加数据可以包括基准面以上的高度。例如,可以根据投影点在基准面以上的高度为其分配色值,并为与各投影点相关联的投影图像1100的各像素分配色值。高度值可以是相对于基准面的相对高度值、或(例如,相对于海平面的)绝对高度值。基准面可以对应于地面、地板或用户选择的任意平面。这些值可以随着高度的变化而单色变化,或者可以随着高度的变化而改变颜色。在一些实施例中,叠加数据可以表示从选择性视角投影的点的强度值。该强度值可以与LiDAR传感器接收的激光束的返回强度相对应。该强度值可以指示目标环境中物体的材料成分或特性。例如,基于材料的反射率,可以推断材料的特性(例如材料的类型,如金属、木材、混凝土等),并且叠加信息可以通过分配给不同特性的不同色值来指示这些特性。另外地或者替代地,在一些实施例中,可以将所生成的表示数据1100的像素叠加在从同一视角扫描的目标环境的地图上。例如,与从俯视视角投影的点云数据中的点相关联的表示数据1100的像素可以叠加在由测绘服务从同一俯视视角提供的二维地图上。

[0116] 在一些实施例中,还可以对(基于透视投影、正交投影、光线追踪或用户选择的图像生成的)所生成的表示数据进行处理,以调整图像预览的亮度,例如,将整个图像预览1100的亮度自动调整至最适合可视化显示的范围中。例如,可以获得该图像预览中的像素的亮度值的分布,之后,基于高斯分布的假设来计算平均值和标准偏差。最后,根据适当的

标准偏差范围(通常为标准偏差±5或用户定义的范围),该范围内的亮度值可以线性映射到整个所需的亮度范围(例如在0-255之间)。

[0117] 如上所述,所生成的表示数据(例如,二维图像预览)可以是例如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的标准图像文件格式。二维图像预览中的各像素的像素格式可以包括诸如像素位置(x和y坐标)、强度值、RGB色值等的信息。在一些实施例中,当像素的强度值小于0时,表示该像素使用RGB着色。在一个实施例中,所生成的表示数据的像素格式如下所示。

[0118] struct preview_pixel

[0119] {

[0120] uint32 x;

[0121] uint32 y;

[0122] int8 intensity;

[0123] uchar red;

[0124] uchar green;

[0125] uchar blue;

[0126] };

[0127] 图12示出了根据各实施例的基于不同文件格式将表示数据和元数据插入到地图数据中的示例。图12示出了LAS文件格式1200和PLY文件格式1210的点云数据的示例。应当理解,可以使用其他标准三维地图数据文件格式来执行本文公开的类似技术。如图12所示,标准LAS文件1200可以具有至少包括头部块1202、主点云数据块1204和尾部块1206的不同数据块的数据结构。头部块1202通常包括通用数据,例如文件格式、文件创建时间、点的总数、坐标边界等。主点云数据块1204包括点云数据中所有采集点的地图数据。尾部块1206包括扩展信息,例如投影信息,这些信息将被附加到LAS文件的末尾,而不必重写整个文件。

[0128] 如上所述,可以通过透视投影、正交投影或光线追踪技术将存储在LAS文件中的三维点云数据投影到二维图像平面上来生成LAS文件的表示数据。在其他实施例中,用户可以从现有图像或由用户绘制的图像中选择并且分配表示数据。在选择表示数据后,可将其与包括预投影点云数据的点云数据相关联。可以基于该点云数据的文件格式(如LAS文件或PLY文件)实施关联。以LAS文件1200为例,将表示数据与LAS文件进行关联的一种方法是以例如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的标准图像文件格式将表示数据存储为单独的图像文件。在此实施例中,生成该单独图像文件的元数据,并将其存储到LAS文件1200,例如存储在头部块1202处。该单独图像文件的元数据可以包括指针,该指针将可视化显示应用引导至该单独图像文件的存储器地址,以检索该图像文件并将其作为预览图像显示给用户。这样,该可视化显示应用只需要读取LAS文件1200的头部块1202来检索具有更小文件大小(通常以千字节或兆字节为单位)的图像预览,而不用通读具有巨大文件大小(通常以千兆字节为单位)的整个LAS文件1200。这充分减少了处理时间和数据传输带宽,并为用户提供了直观的预览图像,以在多个LAS文件中对特定LAS文件进行标识。图像预览文件的元数据还可以包括其他信息,例如,指示所插入的表示数据的结束位置的结束指针,或指示所插入的表示数据的大小的长度数据。

[0129] 将表示数据与LAS文件进行关联的另一种方法是通过数据插入1208A将表示数据附加到原始LAS文件的尾部块1206,以创建包括点云数据及其关联的表示数据的组合LAS文

件。在其他实施例中，可以在主点云数据块1204的中间位置插入表示数据。而且，还可以生成与所生成的表示数据相关联的元数据。该元数据可以是与所插入的表示数据有关的信息，例如与所插入的表示数据的起始位置、结束位置或长度/大小有关的信息。可以在头部块1202将所生成的元数据插入LAS文件。例如，可以通过数据插入1208B将指示所插入的表示数据的起始位置的元数据写入头部块1202的GUID data 1数据块到GUILD data 3数据块。类似地，可以通过数据插入1208B将指示所插入的表示数据的长度的元数据写入头部块1202的GUID data 4数据块。

[0130] 在将表示数据插入原始LAS文件1208A和将表示数据的元数据插入原始LAS文件1208B后，形成组合LAS文件。该组合LAS文件和该原始LAS文件具有相同的标准点云数据格式。通过使组合点云数据和原始点云数据的文件格式保持一致，任何第三方供应商在线或离线提供的商业点云可视化显示应用/服务/浏览器都能够对组合点云数据进行识别，而无需进一步变更。组合LAS文件包括表示数据及其元数据，其中表示数据用作预览图像，供用户轻松对多个文件中的特定点云文件进行标识。例如，当用户希望使用可视化显示应用检查记录的点云数据文件时，可以向用户显示每个记录的点云数据文件的预览图像，以使得用户可以直观地对感兴趣的文件进行标识。用户不需要打开所有的点云数据文件来检查其内容，只需要打开感兴趣的文件来执行进一步应用，例如对感兴趣的点云文件进行后处理，以执行该感兴趣的点云记录的回放功能，或者对感兴趣的点云文件进行进一步编辑等。由此，用户可以节省在多个点云数据文件中进行选择的时间。还可以在将点云数据下载到可视化显示应用之前提供图像预览，因此，还可以节省用于从可移动物体或计算装置下载点云数据文件的数据通信带宽。

[0131] 如图12所示，标准PLY文件1210可以具有至少包括头部块121、主点云数据块1214和尾部块1216的不同数据块的数据结构。头部块1212通常包括通用数据，例如文件格式、文件格式的变体版本等。主点云数据块1214包括点云数据中所有采集点的地图数据。尾部块1216包括扩展信息，例如投影信息，这些信息将被附加到PLY文件的末尾，而不必重写整个文件。

[0132] 如上所述，可以通过透视投影、正交投影或光线追踪技术将存储在PLY文件中的三维点云数据投影到二维图像平面上来生成PLY文件的表示数据。在其他实施例中，用户可以从现有图像或用户绘制的图像中选择和分配表示数据。在选择表示数据之后，可将其与包括预投影点云数据的点云数据相关联。可以基于该点云数据的文件格式(如LAS文件或PLY文件)实施关联。以PLY文件1210为例，将表示数据与PLY文件进行关联的一种方法是以例如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等的标准图像文件格式将表示数据存储为单独的图像文件。在此实施例中，生成该单独图像文件的元数据，并将其存储到PLY文件1210，例如存储在头部块1212处。该单独图像文件的元数据可以包括指针，该指针将可视化显示应用引导至该单独图像文件的存储器地址，以检索该图像文件并将其作为预览图像显示给用户。这样，该可视化显示应用只需要读取PLY文件1210的头部块1212来检索具有更小文件大小(通常以千字节或兆字节为单位)的图像预览，而不用通读具有巨大文件大小(通常以千兆字节为单位)的整个PLY文件1210。这充分减少了处理时间和数据传输带宽，并为用户提供了直观的预览图像，以在多个PLY文件中对特定PLY文件进行标识。图像预览文件的元数据还可以包括其他信息，例如，指示所插入的表示数据的结束位置的结束指针，或指示所插入的表示数

据的大小的长度数据。

[0133] 将表示数据与PLY文件进行关联的另一种方法是通过数据插入1218A将表示数据附加到原始PLY文件的尾部块1216,以创建包括点云数据及其关联的表示数据的组合PLY文件。在其他实施例中,可以在主点云数据块1214的中间位置插入表示数据。而且,还可以生成与所生成的表示数据相关联的元数据。该元数据可以是与所插入的表示数据有关的信息,例如与所插入的表示数据的起始位置、结束位置或长度/大小有关的信息。可以在头部块1212将所生成的元数据插入PLY文件。例如,可以通过数据插入1218B将指示所插入的表示数据的起始位置、结束位置或长度/大小的元数据写入头部块1212的注释行。

[0134] 此外,或者可选地,元数据或所插入的表示数据也可以保存为PLY文件的用户定义元素,并写入头部块1212中。用于元数据插入的包括四个像素的用户定义元素的示例可由用户定义如下。

[0135] element dji_pc_thumbnail_pixel 4

[0136] property uint32 x

[0137] property uint32 y

[0138] property int8 intensity

[0139] property uchar red

[0140] property uchar green

[0141] property uchar blue

[0142] 0,0,-1,100,100,100

[0143] 0,1,-1,100,100,100

[0144] 1,0,-1,100,100,100

[0145] 1,1,-1,100,100,100

[0146] 在将表示数据插入原始PLY文件1218A和将表示数据的元数据插入原始PLY文件1218B后,形成组合PLY文件。该组合PLY文件和该原始PLY文件具有相同的标准点云数据格式。通过使组合点云数据和原始点云数据的文件格式保持一致,任何第三方供应商在线或离线提供的商业点云可视化显示应用/服务/浏览器都能够对组合点云数据进行识别,而无需进一步变更。组合PLY文件包括表示数据及其元数据,其中表示数据用作预览图像,供用户轻松对多个文件中的特定点云文件进行标识。例如,当用户希望使用可视化显示应用检查记录的点云数据文件时,可以向用户显示每个记录的点云数据文件的预览图像,以使得用户可以直观地对感兴趣的文件进行标识。用户不需要打开所有的点云数据文件来检查其内容,只需要打开感兴趣的文件来执行进一步应用,例如对感兴趣的点云文件进行后处理,以执行感兴趣的点云记录的回放功能,或者对感兴趣的点云文件进行进一步编辑等。这样,用户可以节省在多个点云数据文件中进行选择的时间。还可以在将点云数据下载到可视化显示应用之前提供图像预览,因此,还可以节省用于从可移动物体或计算装置下载点云数据文件的数据通信带宽。

[0147] 图13示出了根据各实施例在客户端装置的显示器上渲染的组合地图数据和表示数据的示例。客户端装置的显示器1300可用于通过在客户端装置上执行可视化显示应用来显示点云数据文件夹或文件。如图13所示,显示器1300的左窗格1302可以示出用户记录的测绘任务。例如,测绘任务可以包括任务文件夹(如图13中名为“任务1”的文件夹),该文件

夹保存组合点云数据文件(如“任务1”文件夹下名为“点云1.las”和“点云2.ply”的文件),其中包括记录的点云、其关联的表示数据和元数据。如上所述,组合地图数据可以是例如LAS文件或PLY文件的任何标准点云文件格式,其可由任何第三方供应商在线或离线提供的商业点云可视化显示应用/服务/浏览器识别,而无需进一步变更。在其他实施例中,根据本公开生成的表示数据可以可选地保存为单独的图像文件,其文件名与组合点云数据文件(如“任务1”文件夹下名为“点云1.jpg”和“点云2.jpg”的文件)相关联。在实施例中,表示数据或单独的图像文件可以是其他标准图像文件格式,例如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件等。在一些实施例中,单独的图像预览文件的文件名可以与其关联的组合点云数据文件相同。在其他实施例中,可以应用其他名称规则来保存单独的图像预览文件。

[0148] 一旦用户例如通过点击文件夹图标来打开“任务1”文件夹,显示器1300的右窗格1304可以示出存储在“任务1”文件夹下的所有文件。如图13所示,将表示数据插入原始LAS文件,以使得用户可以查看组合点云LAS文件的预览图像1306。表示数据可选地保存为用户也可查看的单独图像文件1308。如图13所示,将表示数据插入到原始PLY文件中,以使得用户可以查看组合点云PLY文件的预览图像1310。表示数据可选地保存为用户也可查看的单独图像文件1312。这样,用户可以直观地选择感兴趣的点云数据进行进一步处理,例如使用回放应用对点云数据记录进行回放,使用第三方应用对点云数据进行编辑或后处理等。

[0149] 图14示出了根据各实施例的使用由传感器在可移动物体环境中获取的地图数据生成表示数据的方法的流程图。在操作/步骤1402,该方法可以包括接收由传感器获取的三维数据。在一些实施例中,该传感器是扫描传感器,包括与可移动物体连接的光检测和测距(LiDAR)传感器。在一些实施例中,三维地图数据包括由LiDAR传感器采集的点云数据(例如LAS文件或PLY文件),包括多个点和相应的颜色数据。在一些实施例中,该可移动物体是无人机(UAV)。在一些实施例中,该传感器与UAV连接。

[0150] 在操作/步骤1404,该方法可以包括通过基于选定视角,将三维地图数据投影到二维平面上来生成表示数据。在一些实施例中,表示数据是图像数据(例如JPEG、GIF、PNG、TIFF、BMP文件)。表示数据提供三维地图数据的预览,其中表示数据的文件大小小于三维地图数据,以便快速渲染。在一些实施例中,选定视角是如图8所述的俯视视角、侧视视角或具有最多特征点的视角。在一些实施例中,表示数据被投影到与选定视角的中心轴垂直的二维平面上。在一些实施例中,如图9A和图9B所示,通过透视投影或正交投影将三维地图数据投影到二维平面上。在其他实施例中,可以通过其他方式,例如通过光线追踪三维地图数据,由用户从现有图像中选择,或由用户通过用户绘图来分配等等来获得表示数据。在一些实施例中,将三维地图数据投影到二维平面可以通过以下方式执行:(1)将点云数据变换至与选定视角相关联的坐标系,以及(2)通过点云数据的各点进行扫描,并将其投影到该坐标系中的二维平面来生成表示数据。

[0151] 在操作/步骤1406,该方法可以包括将表示数据与三维地图数据相关联。在一些实施例中,三维地图数据与例如PLY文件或LAS文件的文件格式相关联,并且表示数据与基于该文件格式的二维地图数据相关联。在一些实施例中,该关联包括基于所生成的表示数据、原始三维地图数据及其文件格式来生成组合地图数据,如图15中进一步所述。

[0152] 图15示出了根据各实施例的将表示数据与地图数据相关联以生成组合地图数据的方法的流程图。如图15所示,基于输入的三维地图数据、基于三维地图数据生成的表示数

据以及三维地图数据的文件格式，生成组合地图数据作为输出。在一些实施例中，通过将所生成的表示插入到三维地图数据中以生成组合地图数据来实施关联，其中基于文件格式确定表示数据的插入位置。在一些实施例中，还可以生成表示数据的元数据并将其插入到三维地图数据中，以使得原始三维地图、表示数据和元数据都包括在输出的组合地图数据中。重定向的数据的元数据包括与所插入的表示数据有关的信息，例如所插入的数据的起始位置、结束位置和/或长度/大小。

[0153] 在操作/步骤1502，该方法可以包括基于表示数据、三维地图数据和与三维地图数据相关联的文件格式生成组合地图数据。在一些实施例中，所输出的组合地图数据具有与输入的原始三维地图数据相同的文件格式，以使得任何第三方供应商在线或离线提供的商业点云可视化显示应用/服务/浏览器都可以对该数据进行识别，而无需进一步变更。如操作/步骤1504和操作/步骤1506所示，将表示数据与地图数据关联以生成组合地图数据的操作/步骤可包括通过数据插入技术将表示数据及其元数据添加到三维地图数据中的两个子操作/子步骤。

[0154] 在操作/步骤1504，该方法可以包括在起始位置(例如，在三维地图数据的中点或附加在三维地图数据的尾部)将表示数据插入到三维地图数据中。在一些实施例中，在所述三维地图数据的中点插入表示数据或将其附加到所述三维地图数据的尾部，例如在PLY文件或LAS文件的尾部块插入表示数据。

[0155] 在操作/步骤1506，该方法可以包括将表示数据的元数据(包括起始指针、结束位置和/或长度数据)插入到三维地图数据(例如，在三维地图数据的头部)中。在一些实施例中，表示数据的元数据包括指示所插入的表示数据的起始位置的起始指针、指示所插入的表示数据的结束位置的结束指针、或指示所插入的表示数据的长度的长度数据。在一些实施例中，在所述三维地图数据的头部插入元数据，例如将其插入到LAS文件的头部块中的一个或多个GUID块中，或者插入到PLY文件的头部块中的一个或多个注释行中。在一些实施例中，元数据可以包括(例如表示的生成时间等的)自定义信息并被插入到三维地图数据中，例如使用PLY文件的用户自定义元素来插入表示数据的元数据。

[0156] 在一些实施例中，在插入表示数据和元数据之前，该方法可以进一步地包括通过剔除异常值数据对三维地图数据进行下采样，并基于下采样的三维地图数据生成表示数据。

[0157] 在一些实施例中，可以基于叠加信息，例如与三维测绘点云数据相对应的色值、强度值或高度值，对所生成的表示数据进行着色。在一些实施例中，基于预定义的着色绘图逻辑实施着色。

[0158] 在一些实施例中，可以基于与三维地图数据相对应的强度值来调整所生成的表示数据的亮度。

[0159] 在一些实施例中，用户可以定义与表示数据相关联的用户定义数据，并且该方法可以进一步地包括基于用户定义数据对表示数据和元数据进行更新。例如，用户可以设置表示的特定大小以(例如，以小/中/大图像)示出合适的图像预览。可以基于用户定义的大小对表示数据进行更新，还可以对元数据进行更新以反映该变化。

[0160] 图16示出了根据各实施例的在软件开发环境中支持可移动物体界面的示例。如图16所示，可移动物体界面1603可用于在软件开发环境1600，例如软件开发工具包(SDK)环境

中提供对可移动物体1601的访问。如本文所使用的,SDK可以是在与可移动物体1601连接的机载环境上实现的机载SDK。SDK还可以是在与移动装置连接的机外环境或移动装置上实现的移动SDK。而且,可移动物体1601可以包括各种功能模块A-C1611-1613,并且可移动物体界面1603可以包括不同的接口部件A-C1631-1633。可移动物体界面1603中的各接口部件A-C 1631-1633与可移动物体1601中的模块A-C 1611-1613相对应。在一些实施例中,可以在与可移动物体通信的移动装置或其他计算装置的显示器的用户界面上对接口部件进行渲染。在这样的示例中,所渲染的接口部件可以包括用于接收用户输入/指令以对可移动物体的相应功能模块进行控制的可选命令按钮。

[0161] 根据各实施例,可移动物体界面1603可以提供一个或多个回调函数,以支持应用和可移动物体1601之间的分布式计算模型。

[0162] 应用可以使用该回调函数来确认可移动物体1601是否接收命令。此外,应用可以使用该回调函数来接收执行结果。因此,即使所述应用和可移动物体1001在空间和逻辑上是分离的,它们也可以进行交互。

[0163] 如图10所示,接口部件A-C 1631-1633可与监听器A-C 1641-1643相关联。监听器A-C 1641-1643可以通知接口部件A-C 1631-1633使用相应的回调函数来从(一个或多个)有关模块接收信息。

[0164] 此外,为可移动物体界面1603准备数据1620的数据管理器1602可以对可移动物体1601的相关功能进行分离和打包。数据管理器1602可以为机载的,与可移动物体1601连接或位于可移动物体1601之上,其准备数据1620,数据1620将经由可移动物体1601和移动装置或移动装置之间的通信传送到可移动物体界面1603。数据管理器1602可以为外接的,与移动装置连接或位于移动装置之上,其通过移动装置内的通信为可移动物体界面1603准备数据1620。此外,数据管理器1602可用于管理应用和可移动物体1601之间的数据交换。因此,应用开发人员不需要参与复杂的数据交换过程。

[0165] 例如,机载或移动SDK可以提供一系列回调函数,用于传送即时消息和从可移动物体接收执行结果。该机载或移动SDK可以配置回调函数的生命周期,以确保信息交换的稳定和完整。例如,机载或移动SDK可以在可移动物体和(例如,使用Android系统或iOS系统的)智能手机上的应用之间建立连接。在智能手机系统的生命周期之后,例如从可移动物体接收信息的回调函数可以利用智能手机系统中的模式,并根据智能手机系统生命周期的不同阶段相应地更新语句。

[0166] 图17示出了根据各实施例的可移动物体界面的示例。如图17所示,可在表示可移动物体1701的不同部件的状态的移动装置或其他计算装置的显示器上对可移动物体界面1703进行渲染。因此,可移动物体环境1700中的应用,例如应用1704-1706,可以通过可移动物体界面1703对可移动物体1701进行访问和控制。如上所述,这些应用可以包括检查应用1704、查看应用1705和校准应用1706。

[0167] 例如,可移动物体1701可以包括各种模块,例如相机1711、电池1712、云台1713和飞行控制器1714。

[0168] 相应地,可移动物体界面1703可以包括相机部件1721、电池部件1722、云台部件1723和飞行控制器部件1724,将在计算装置或其他计算装置上对这些部件进行渲染,以接收用户使用1704-1706的输入/指令。

[0169] 此外，可移动物体界面1703可包括与飞行控制器部件1724相关联的地面站部件1726。该地面站部件用于执行需要高级权限的一个或多个飞行控制操作。

[0170] 图18示出了根据各实施例的软件开发工具包(SDK)中的可移动物体的部件的示例。如图18所示，SDK 1800中的无人机类1801是可移动物体(例如，无人机)的其他部件1802-1807的聚合。可访问其他部件1802-1807的无人机类1801可与其他部件1802-1807交换信息并对其他部件1802-1807进行控制。

[0171] 根据各实施例，一个应用仅能由无人机类1801的一个实例访问。或者，一个应用中可以存在无人机类1801的多个实例。

[0172] 在SDK中，应用可以与无人机类1801的实例连接，以便将控制命令上传到可移动物体。例如，SDK可以包括用于建立到可移动物体的连接的功能。此外，SDK还可以使用端连接功能断开与可移动物体的连接。在连接到可移动物体后，开发人员可以访问其他类(例如相机类1802、电池类1803、云台类1804和飞行控制器类1805)。然后，无人机类1801可用于调用特定功能，例如提供访问数据，该访问数据可供飞行控制器使用来用于控制可移动物体的行为和/或限制可移动物体的移动。

[0173] 根据各实施例，应用可以使用电池类1803来对可移动物体的电源进行控制。此外，该应用还可以使用电池类1803来各种飞行任务的时间表进行规划和测试。由于电池是可移动物体中最受限制的元件之一，应用会认真考虑电池的状态，不仅为了可移动物体的安全，也为了确保可移动物体能够完成指定的任务。例如，电池类1803可以被配置成使得如果电池电量低，则可移动物体可以终止任务并即刻返航。例如，如果确定可移动物体的电池电量低于阈值水平，则电池类可以使可移动物体进入节电模式。在节电模式下，电池类可以关闭或减少对于可移动物体返航来说并非不可或缺的各部件的可用的电量。例如，不用于导航的相机和其他附件可以断电，从而增加可移动物体返航、安全着陆等所需的飞行控制器、电机、导航系统和其他任何系统的可用的电量。

[0174] 通过使用SDK，应用可以通过调用函数从无人机电池类中请求信息来获得电池的当前状态和信息。在一些实施例中，SDK可以包括用于对此类反馈的频率进行控制的功能。

[0175] 根据各实施例，应用可以使用相机类1802来定义可移动物体，例如如无人机中的相机的各种操作。例如，在SDK中，相机类包括用于接收SD卡中的媒体数据、获取和设置照片参数、拍照和录制视频的功能。

[0176] 应用可以使用相机类1802来变更照片和记录的设置。例如，SDK可以包括使得开发人员能够对所拍摄照片的大小进行调整的功能。此外，应用还可以使用媒体类来对照片和记录进行维护。

[0177] 根据各实施例，应用可以使用云台类1804来对可移动物体的视角进行控制。例如，云台类可用于配置实际视角，例如设置可移动物体的第一个人视角。此外，云台类还可以用于自动稳定云台，使其集中在一个方向上。此外，该应用还可以使用云台类来更改视角，以对不同的物体进行检测。

[0178] 根据各实施例，应用可以使用飞行控制器类1805来提供关于可移动物体的各种飞行控制信息和状态。如上所述，飞行控制器类可以包括用于接收和/或请求访问数据的功能，这些访问数据用于对可移动物体在可移动物体环境中跨不同区域的移动进行控制。

[0179] 通过使用飞行控制器类，应用可以，例如，使用即时消息来对飞行状态进行监控。

例如,飞行控制器类中的回调函数可以每1000毫秒(1000ms)发回一次即时消息。

[0180] 而且,飞行控制器类容许应用的用户对从可移动物体接收的即时消息进行研究。例如,飞行员可以分析每次飞行的数据,以进一步其提高飞行技巧。

[0181] 根据各实施例,应用可以使用地面站类1807来执行一系列用于对可移动物体进行控制的操作。

[0182] 例如,SDK可以要求应用具有使用地面站类的SDK-LEVEL-2密钥,。地面站类可提供一键飞行、一键返航、通过应用手动控制无人机(即操纵杆模式)、设置巡航和/或航路点以及各种其他任务调度功能。

[0183] 根据各实施例,应用可以使用通信部件来建立该应用和可移动物体之间的网络连接。

[0184] 许多特征可以在硬件、软件、固件或其组合中执行,或使用硬件、软件、固件或其组合执行,或借助于硬件、软件、固件或其组合执行。因此,可以使用(例如,包括一个或多个处理器的)处理系统来实现所述特征。示例性处理器可以包括但不限于一个或多个通用微处理器(例如,单核或多核处理器)、专用集成电路、专用指令集处理器、图形处理单元、物理处理单元、数字信号处理单元、协处理器、网络处理单元、音频处理单元、加密处理单元等。

[0185] 特征可以在计算机程序产品中实现,或使用计算机程序产品实现,或借助于计算机程序产品实现,该计算机程序产品是其上/其中存储有指令的存储介质(媒介)或计算机可读介质(媒介),这些指令可用于对处理系统进行编程,以执行本文所述的任何特征。存储介质可以包括但不限于任何类型的磁盘(包括软盘、光盘、DVD、CD-ROM、微驱动器和磁光盘)、ROM、RAM、EPROM、EEPROM、DRAM、VRAM、闪存装置、磁卡或光卡、(包括分子存储器IC的)纳米系统或任何类型的适合存储指令和/或数据的介质或装置。

[0186] 存储在任何一个机器可读介质(媒介)上的特征可以并入软件和/或固件中,用来对处理系统的硬件进行控制,并且用来使处理系统能够使用结果与其他机构进行交互。这种软件或固件可包括但不限于应用代码、装置驱动器、操作系统和执行环境/容器。

[0187] 本发明的特征还可以,例如,使用诸如专用集成电路(ASIC)和现场可编程门阵列(FPGA)装置的硬件部件来以硬件实现。实现硬件状态机以执行本文所描述的功能对于相关领域的技术人员将是显而易见的。

[0188] 此外,可以使用一台或多台常规通用或专用数字计算机、计算装置、机器或微处理器(包括一台或多台处理器、存储器和/或根据本公开的教导来编程的计算机可读存储介质)来方便地实现本发明。熟练的编程人员基于本公开的教导可以容易地准备适当的软件编码,这对于软件领域的技术人员而言是显而易见的。

[0189] 尽管以上已经对各实施例进行了描述,但是应当理解,它们仅仅以示例呈现,而非限制。对于相关领域的技术人员来说显而易见的是,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对其中的形式和细节进行各种改变。

[0190] 以上已经在功能构建块的辅助下对本发明进行了描述,这些功能构建块示出了特定功能的表现,以及他们之间的关系。为便于描述,在本文中,这些功能构建块的边界通常是任意定义的。只要特定功能以及他们之间的关系被适当地执行,就可以定义替代的边界。因此,任何这样的替代边界都在本发明的范围和精神之内。

[0191] 出于说明和描述的目的而提供前述了描述,其不旨在穷举或将本发明限制为所公

开的精确形式。本发明的广度和范围不应受到上述任何示例性实施例的限制。对于本领域技术人员而言，许多变更和变化将是显而易见的。这些变更和变化包括所公开的特征的任何相关组合。选择实施例并对其进行描述是为了最好地解释本公开的原理及其实际应用，从而使本领域其他技术人员能够理解本发明的各种实施例以及适合于预期的特定用途的各种变更。本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

[0192] 在上述各实施例中，除非另有特别说明，否则诸如短语“A、B或C中的至少一个”的析取语言应理解为表示A、B或C，或其任何组合(例如，A、B和/或C)。因此，析取语言不旨在也不应被理解为暗示给定的实施例要求至少一个A、至少一个B或者至少一个C均存在。

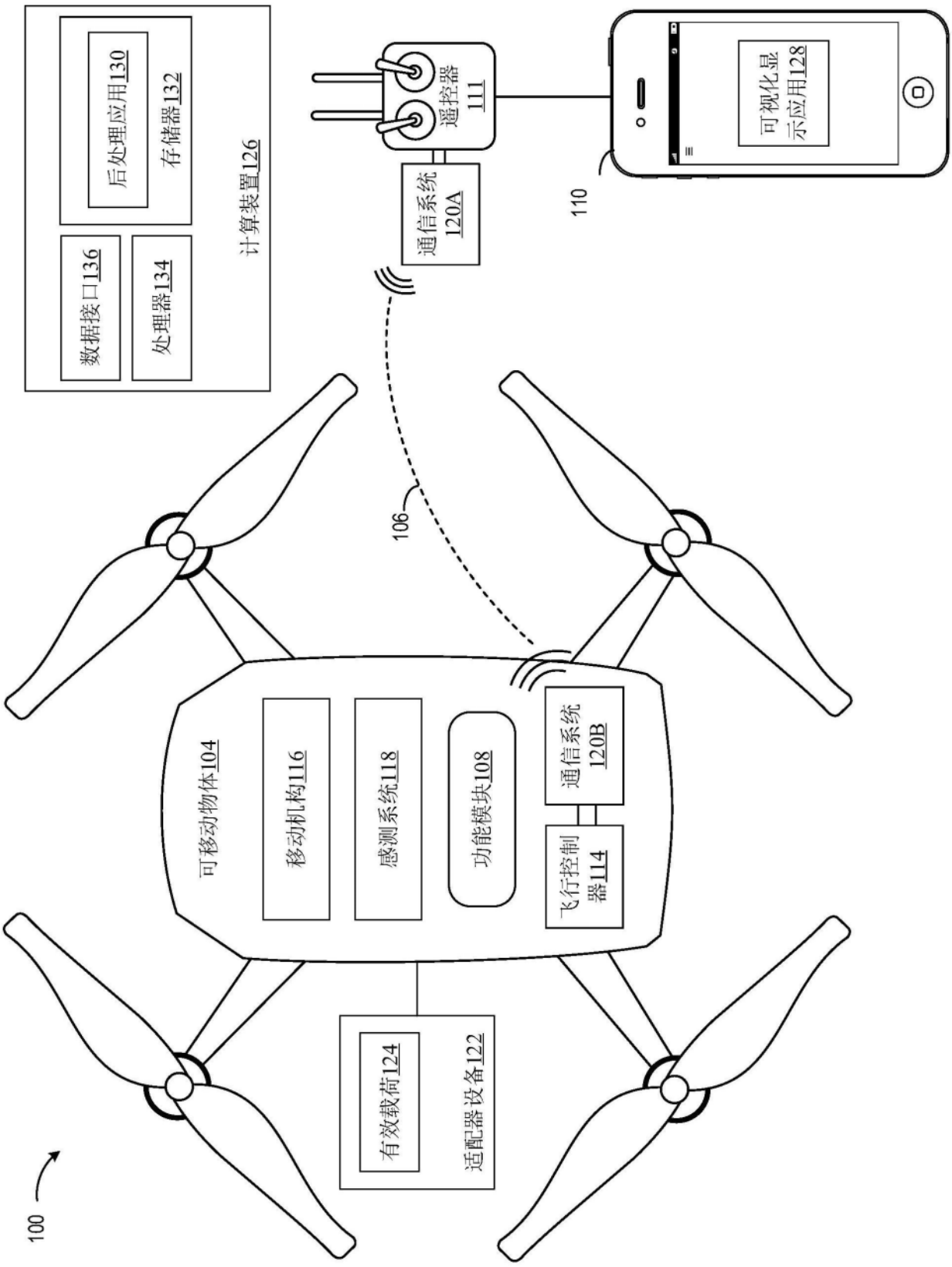

计算装置126
数据接口136
处理器134
存储器132
后处理应用130
遥控器111
通信系统120A
可视化显示应用128
110
106
可移动物体104
移动机构116
感测系统118
功能模块108
飞行控制器114
通信系统120B
有效载荷124
适配器设备122
100

图1

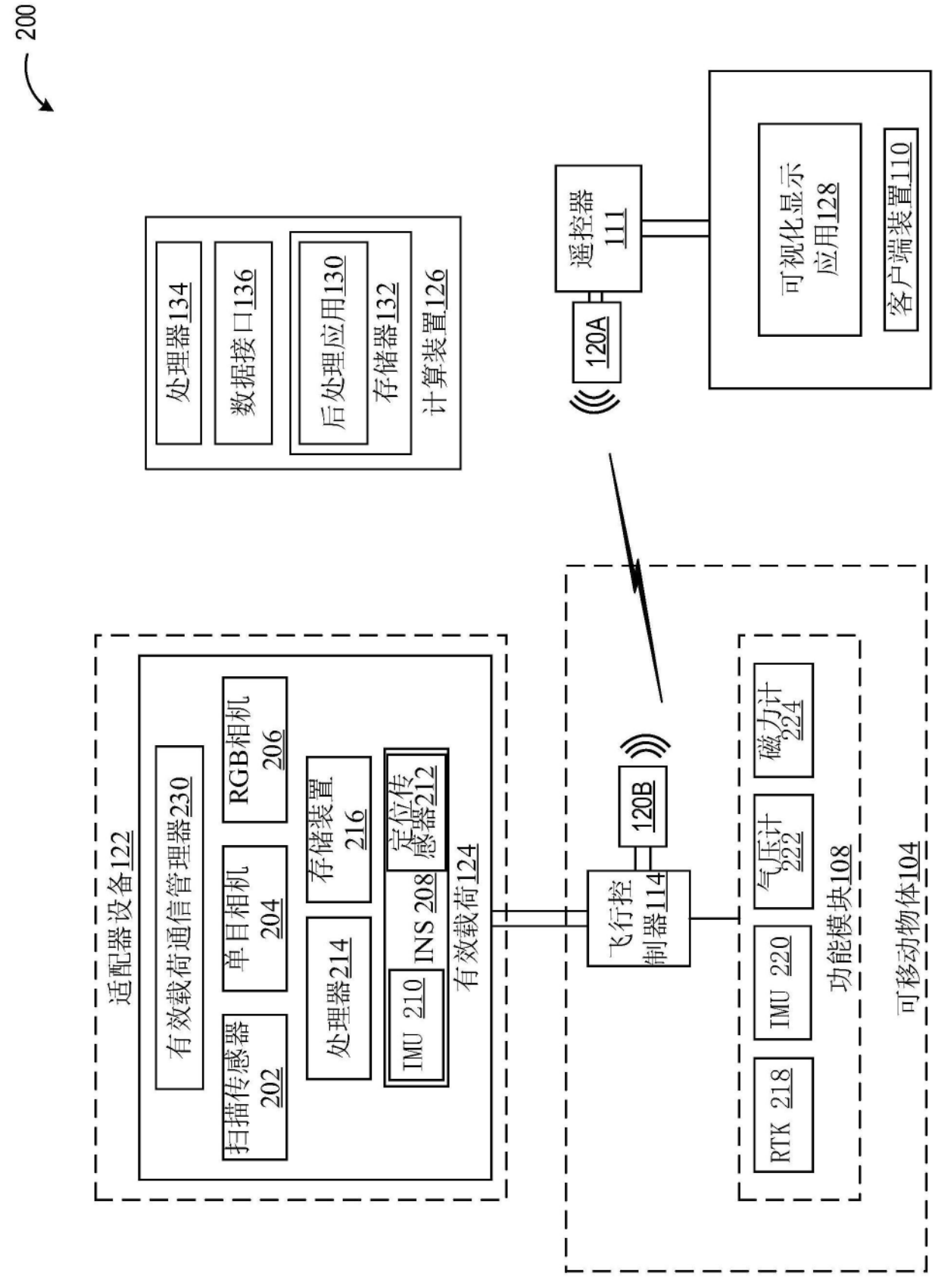

200
处理器134
数据接口136
后处理应用130
存储器132
计算装置126
遥控器111
120A
可视化显示应用128
客户端装置110
适配器设备122
有效载荷通信管理器230
扫描传感器202
单目相机204
RGB相机206
处理器214
存储装置216
IMU 210
INS 208
定位传感器212
有效载荷124
飞行控制器114
120B
RTK 218
IMU 220
气压计222
磁力计224
功能模块108
可移动物体104

图2

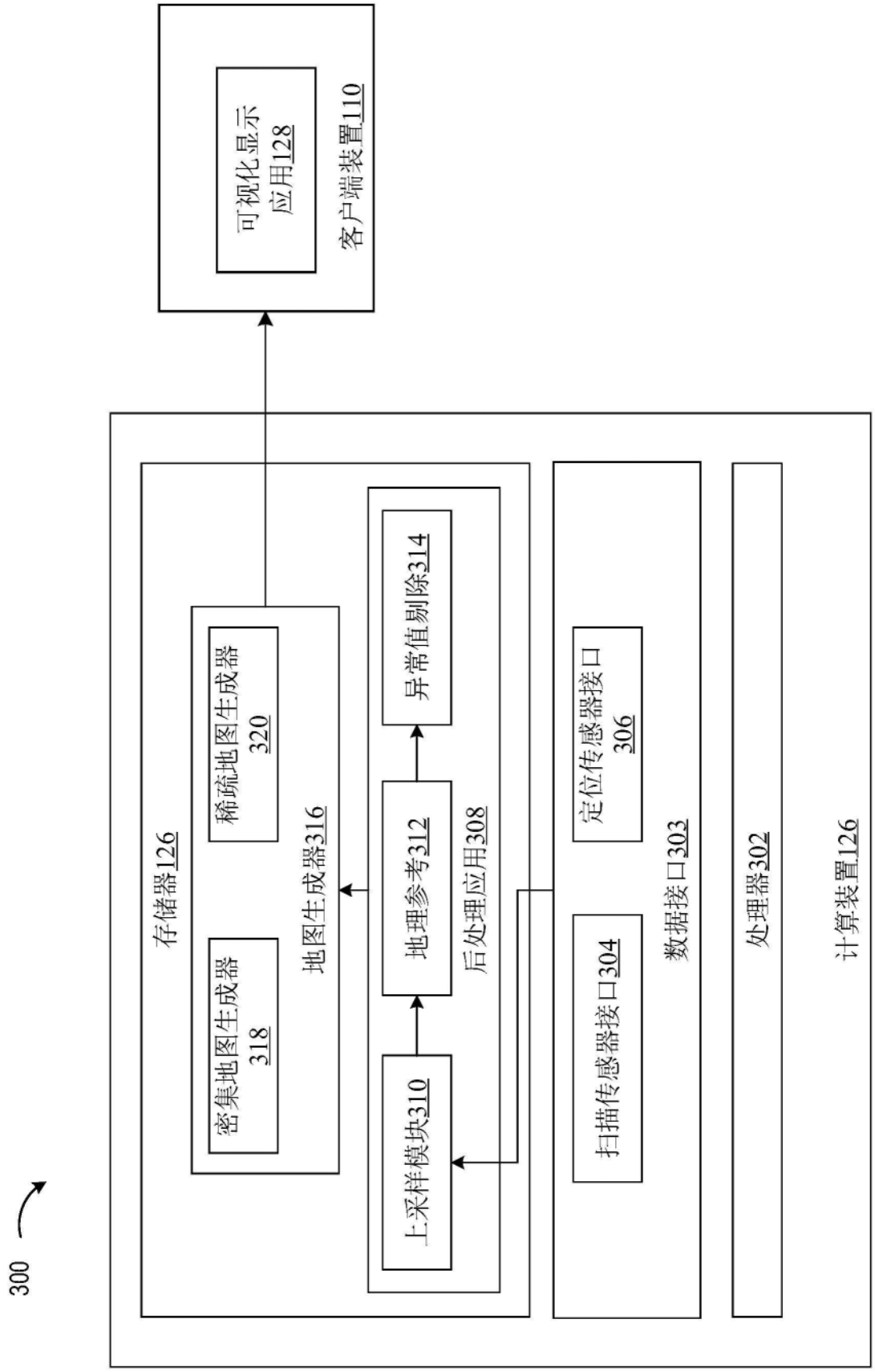

300
客户端装置110
可视化显示应用128
计算装置126
存储器126
地图生成器316
密集地图生成器318
稀疏地图生成器320
后处理应用308
上采样模块310
地理参考312
异常值剔除314
数据接口303
扫描传感器接口304
定位传感器接口306
处理器302

图3

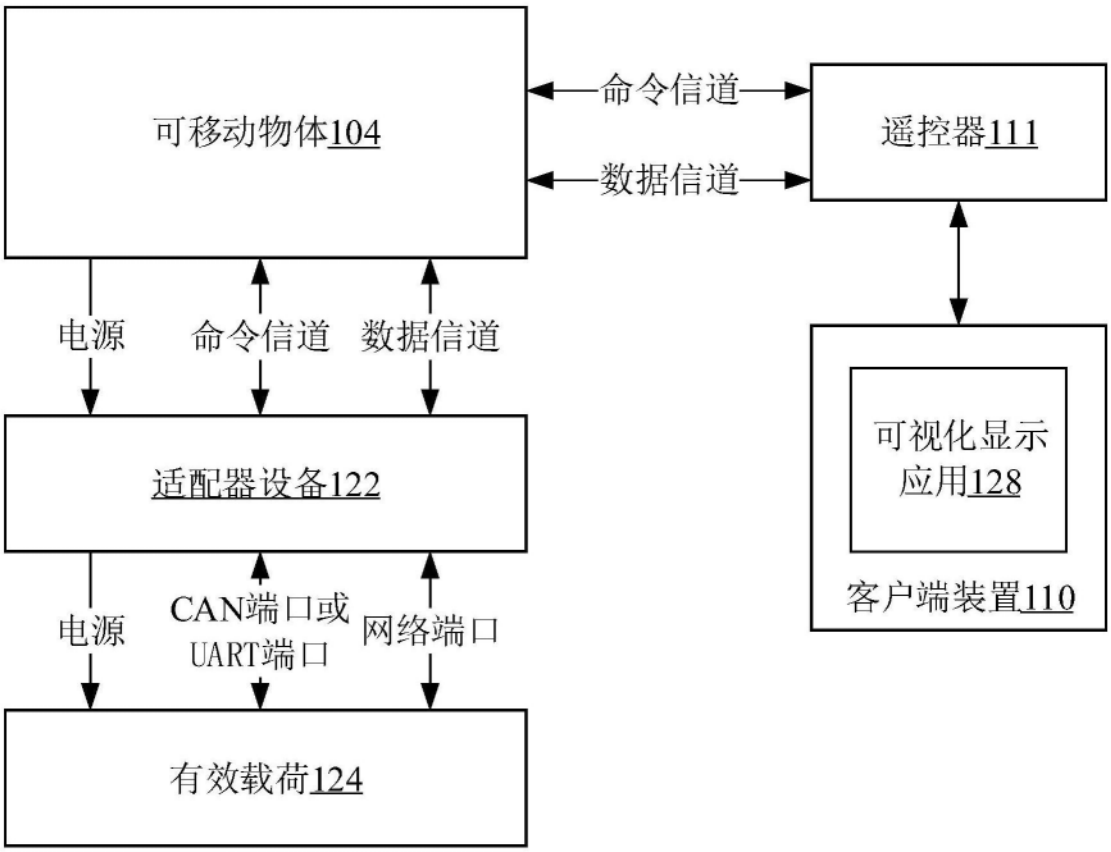

可移动物体104
命令信道
数据信道
遥控器111
电源
命令信道
数据信道
可视化显示
应用128
客户端装置110
适配器设备122
电源
CAN端口或
UART端口
网络端口
有效载荷124

图4

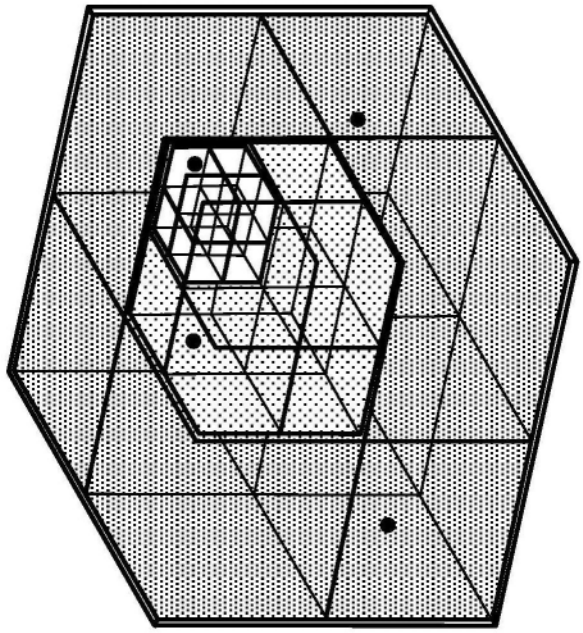


图5A

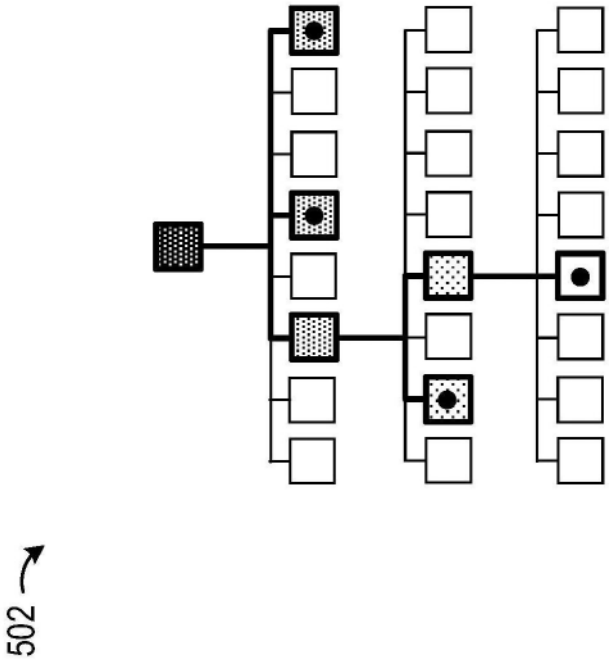


图5B

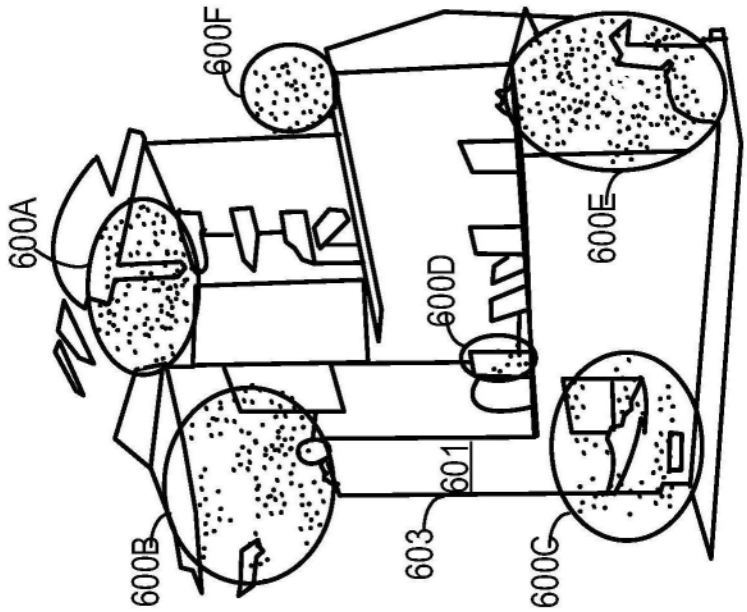

600F
600A
600E
600D
601
600B
603
600G

图6A

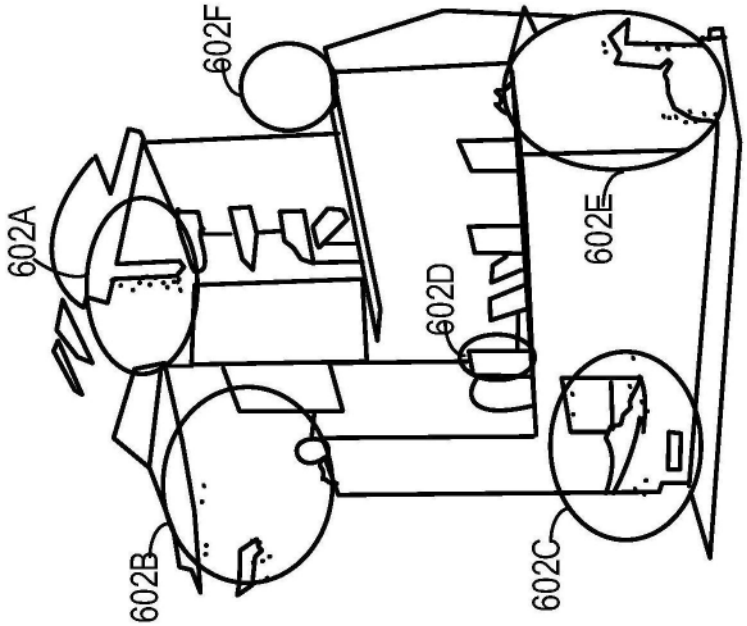

602F
602A
602E
602D
602B
602C

图6B

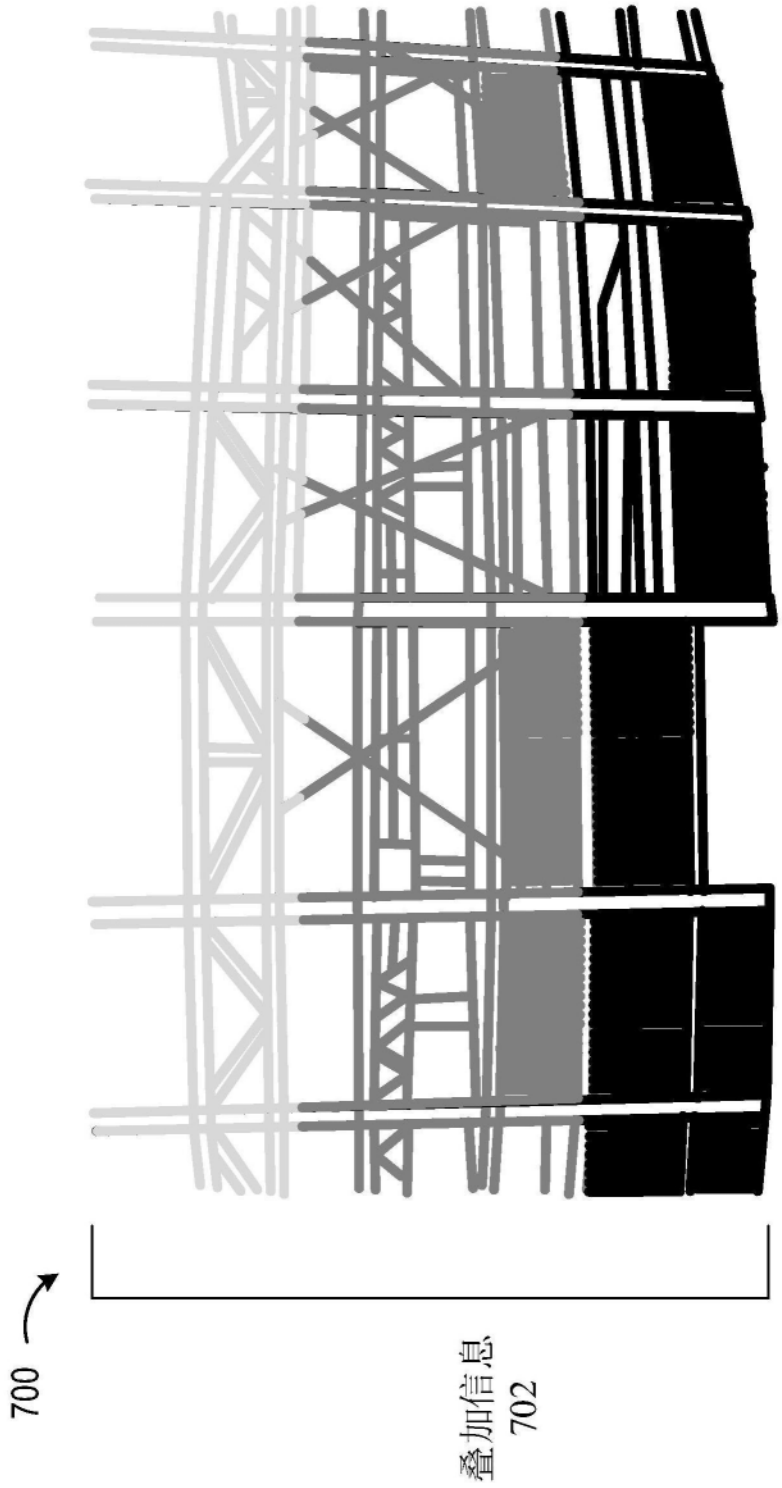


图7

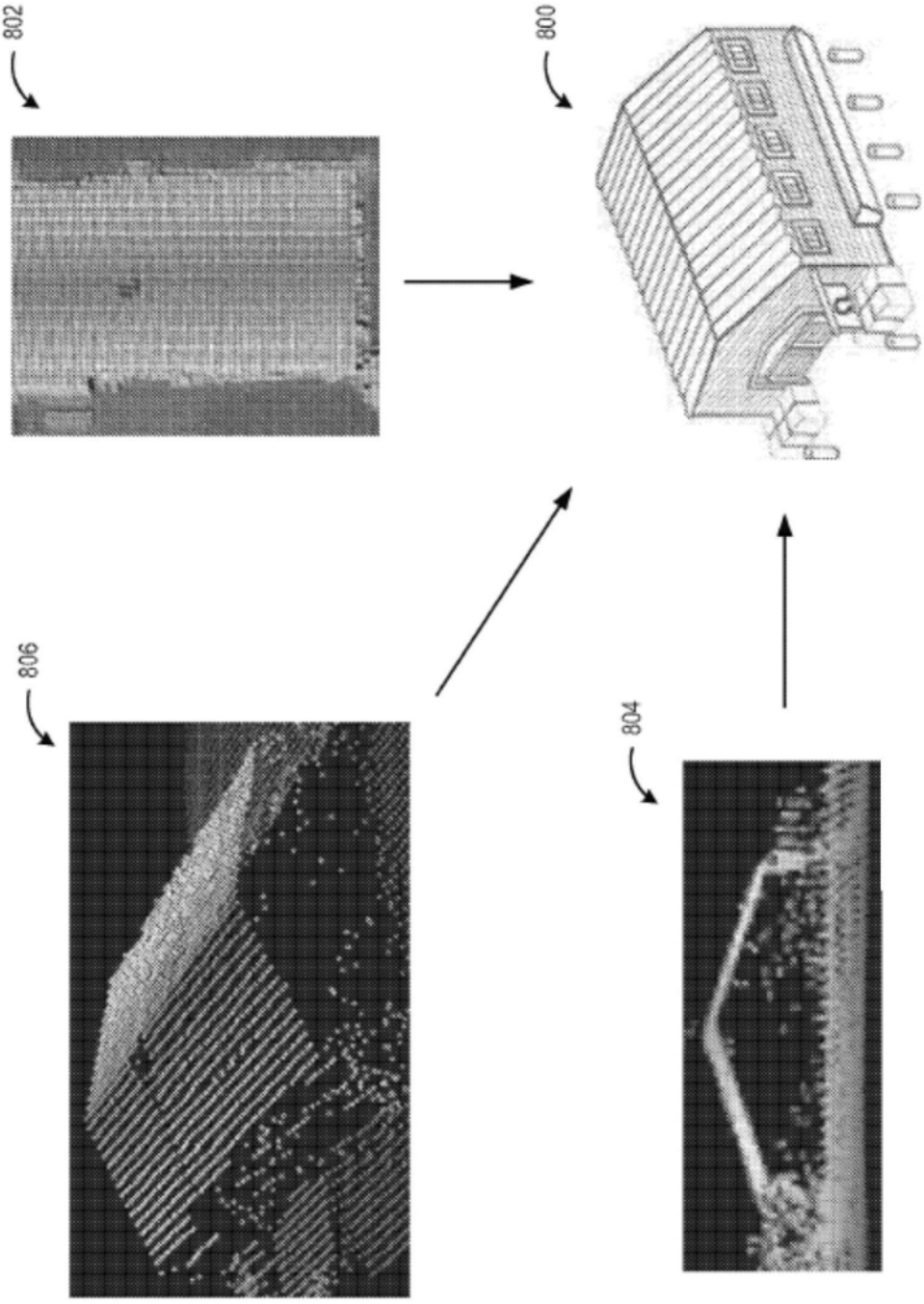


图8

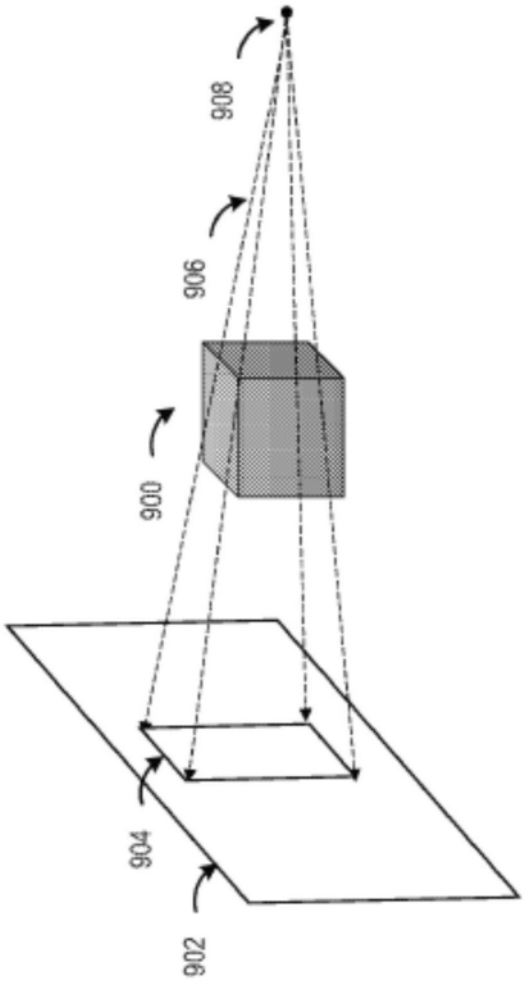


图9A

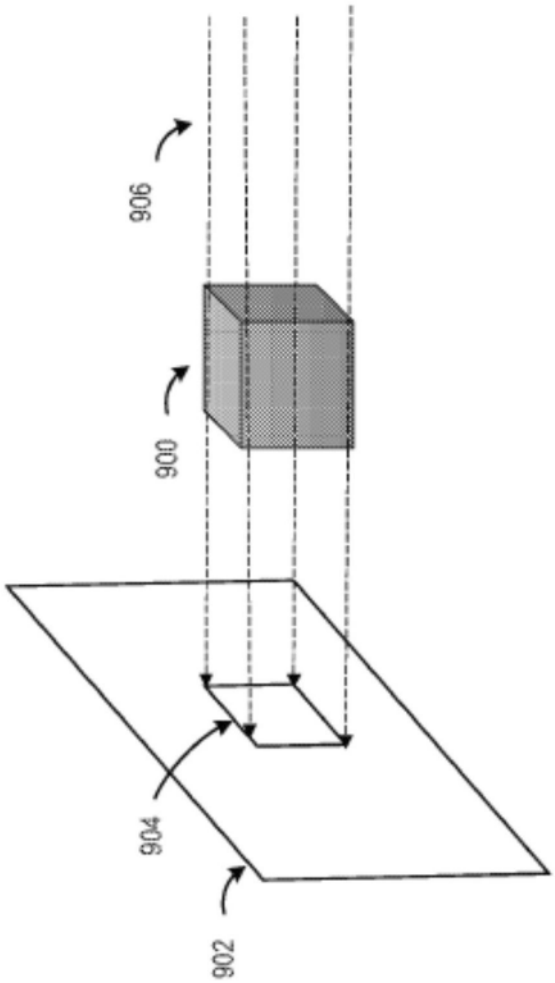


图9B

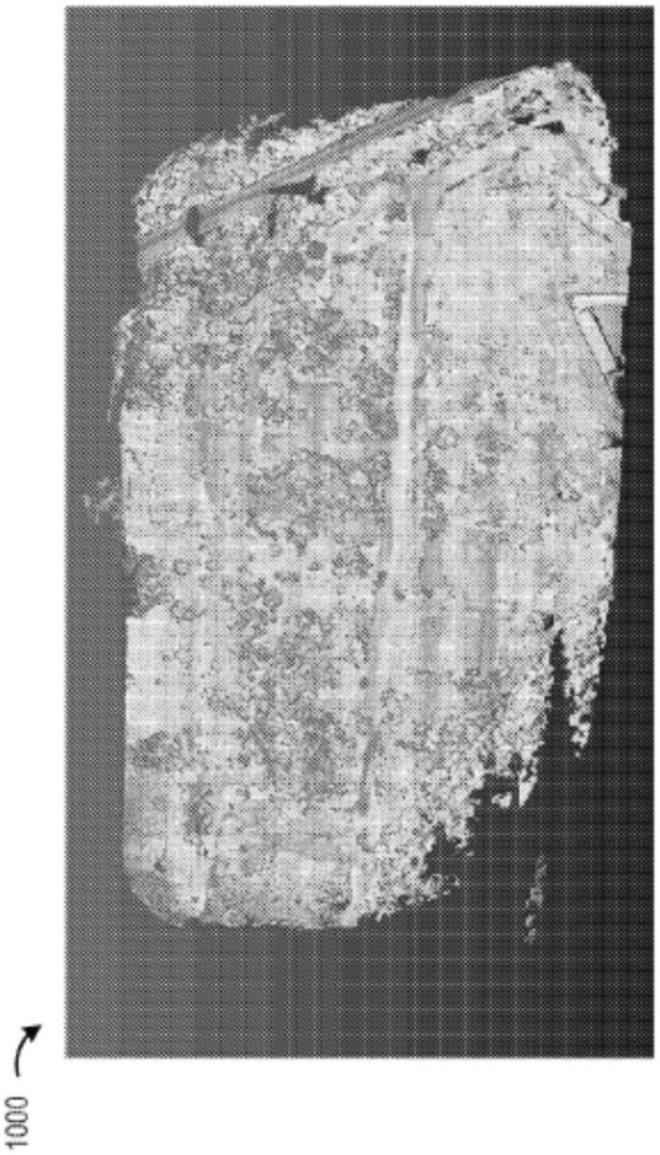


图10A

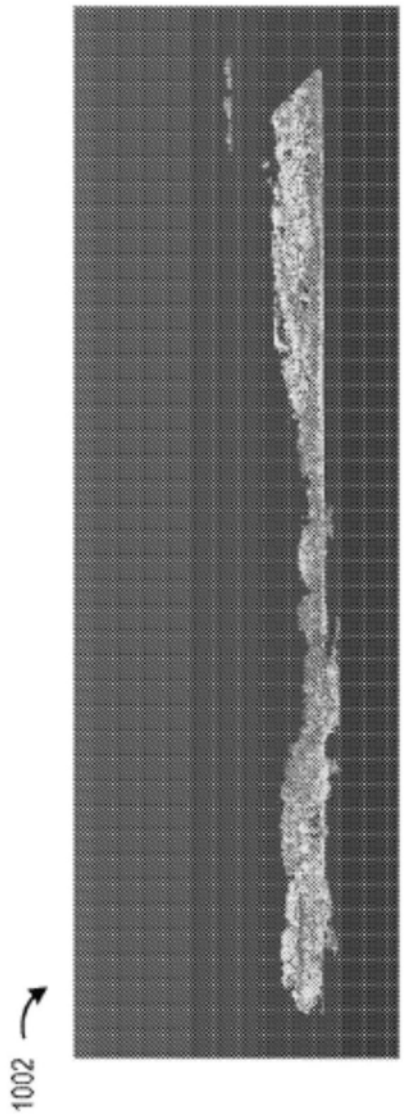


图10B

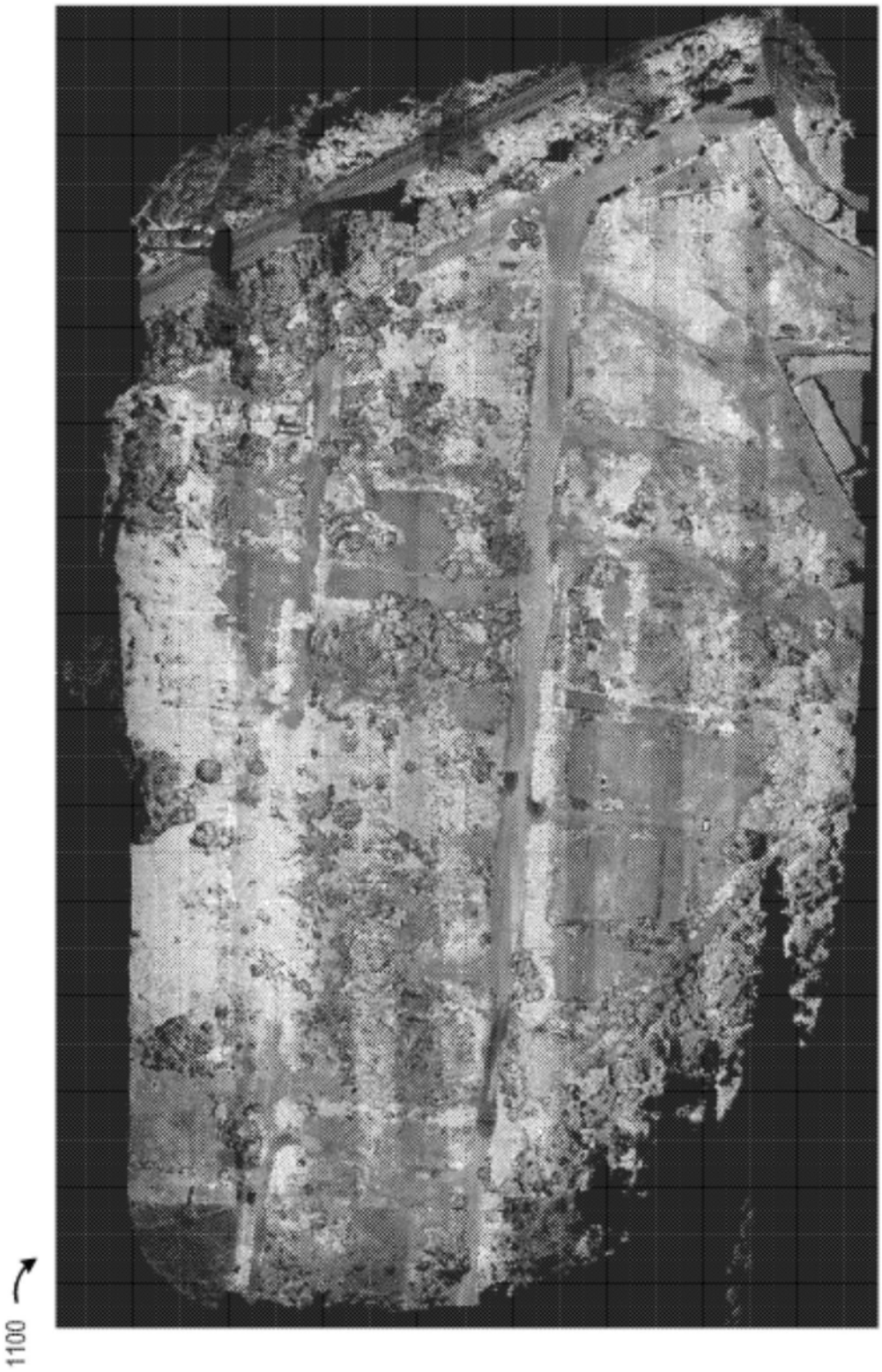


图11

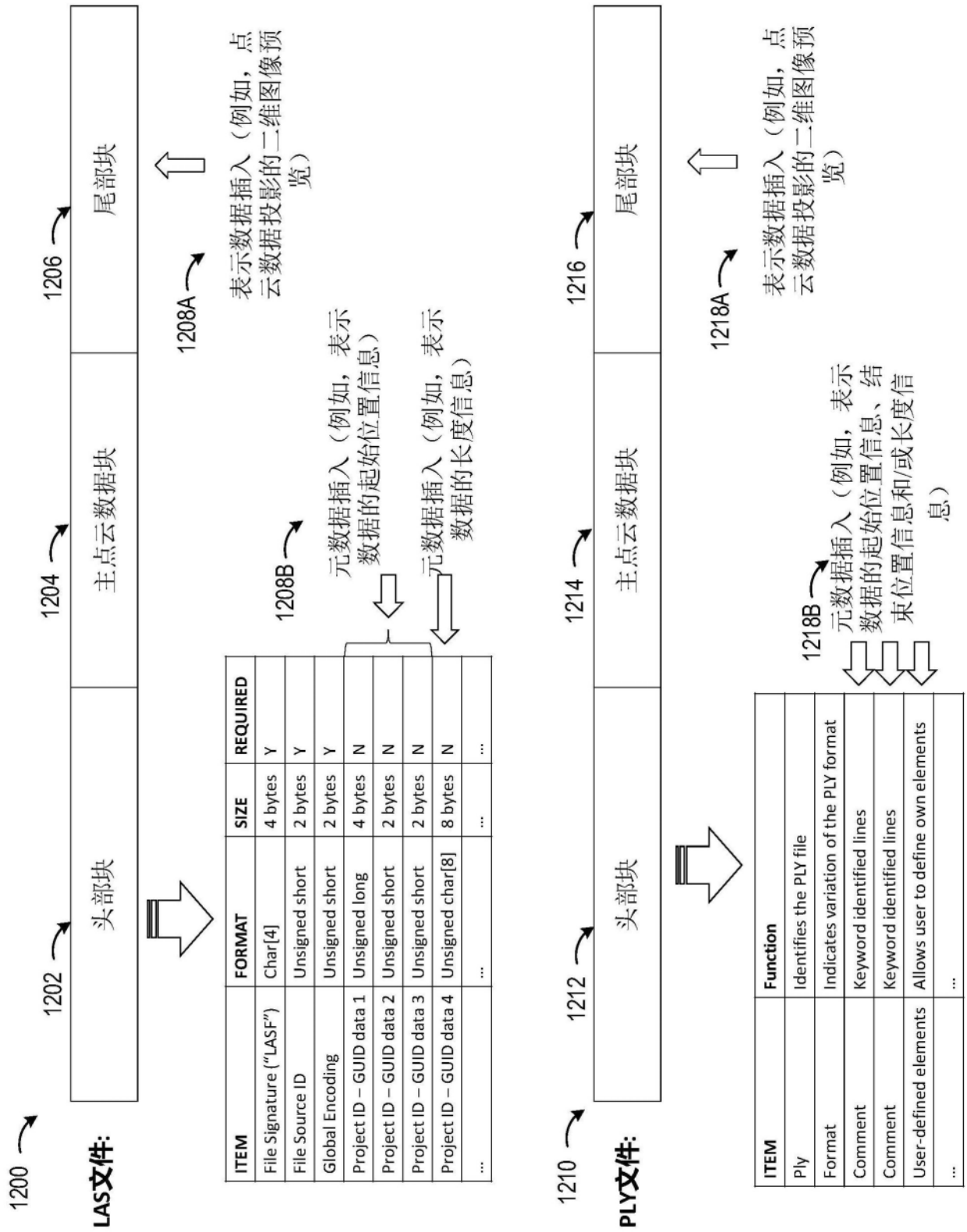

1200
LAS文件:
1202
头部块
1204
主点云数据块
1206
尾部块
1208A
表示数据插入（例如，点云数据投影的二维图像预览）
1208B
元数据插入（例如，表示数据的起始位置信息）
元数据插入（例如，表示数据的长度信息）
ITEM | FORMAT | SIZE | REQUIRED
File Signature ("LASF") | Char[4] | 4 bytes | Y
File Source ID | Unsigned short | 2 bytes | Y
Global Encoding | Unsigned short | 2 bytes | Y
Project ID – GUID data 1 | Unsigned long | 4 bytes | N
Project ID – GUID data 2 | Unsigned short | 2 bytes | N
Project ID – GUID data 3 | Unsigned short | 2 bytes | N
Project ID – GUID data 4 | Unsigned char[8] | 8 bytes | N
... | ... | ... | ...
1210
PLY文件:
1212
头部块
1214
主点云数据块
1216
尾部块
1218A
表示数据插入（例如，点云数据投影的二维图像预览）
1218B
元数据插入（例如，表示数据的起始位置信息、结束位置信息和/或长度信息）
ITEM | Function
Ply | Identifies the PLY file
Format | Indicates variation of the PLY format
Comment | Keyword identified lines
Comment | Keyword identified lines
User-defined elements | Allows user to define own elements
... | ...

图12

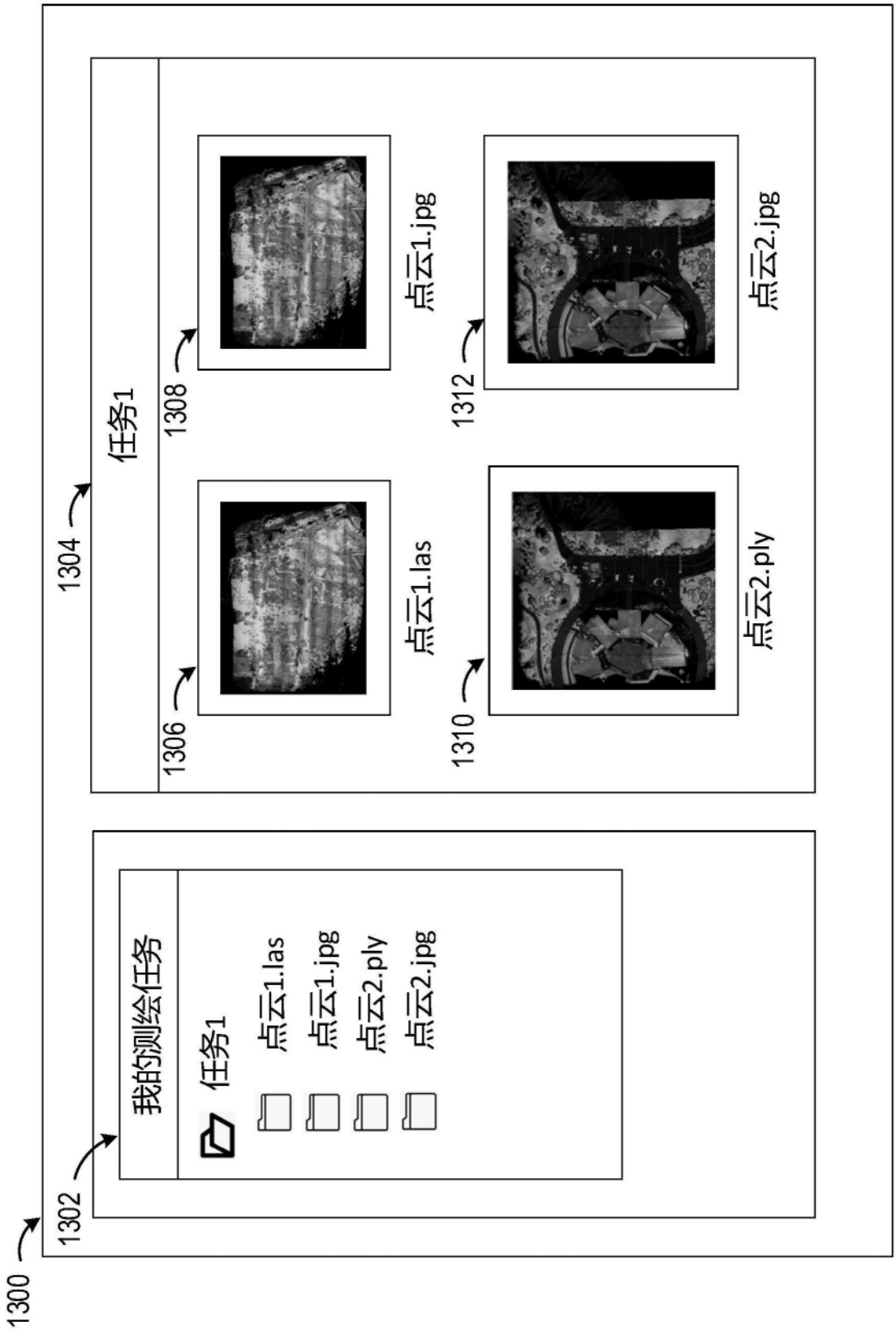

1300
1302
我的测绘任务
任务1
点云1.las
点云1.jpg
点云2.ply
点云2.jpg
1304
任务1
1306
点云1.las
1308
点云1.jpg
1310
点云2.ply
1312
点云2.jpg

图13

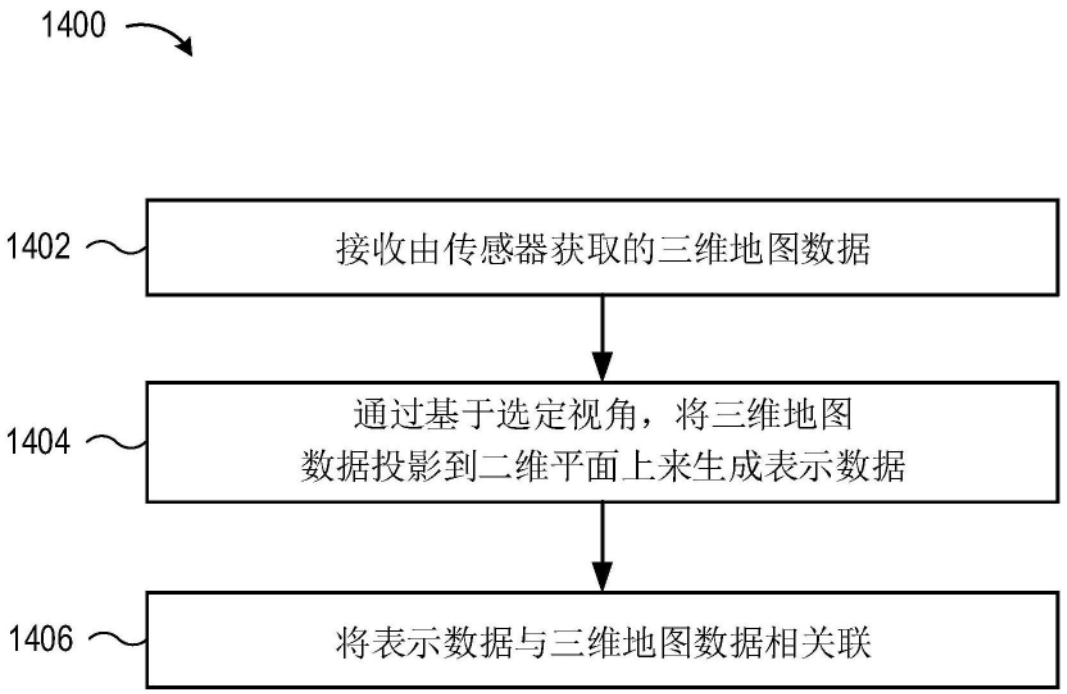

1400
1402
接收由传感器获取的三维地图数据
1404
通过基于选定视角，将三维地图
数据投影到二维平面上来生成表示数据
1406
将表示数据与三维地图数据相关联

图14

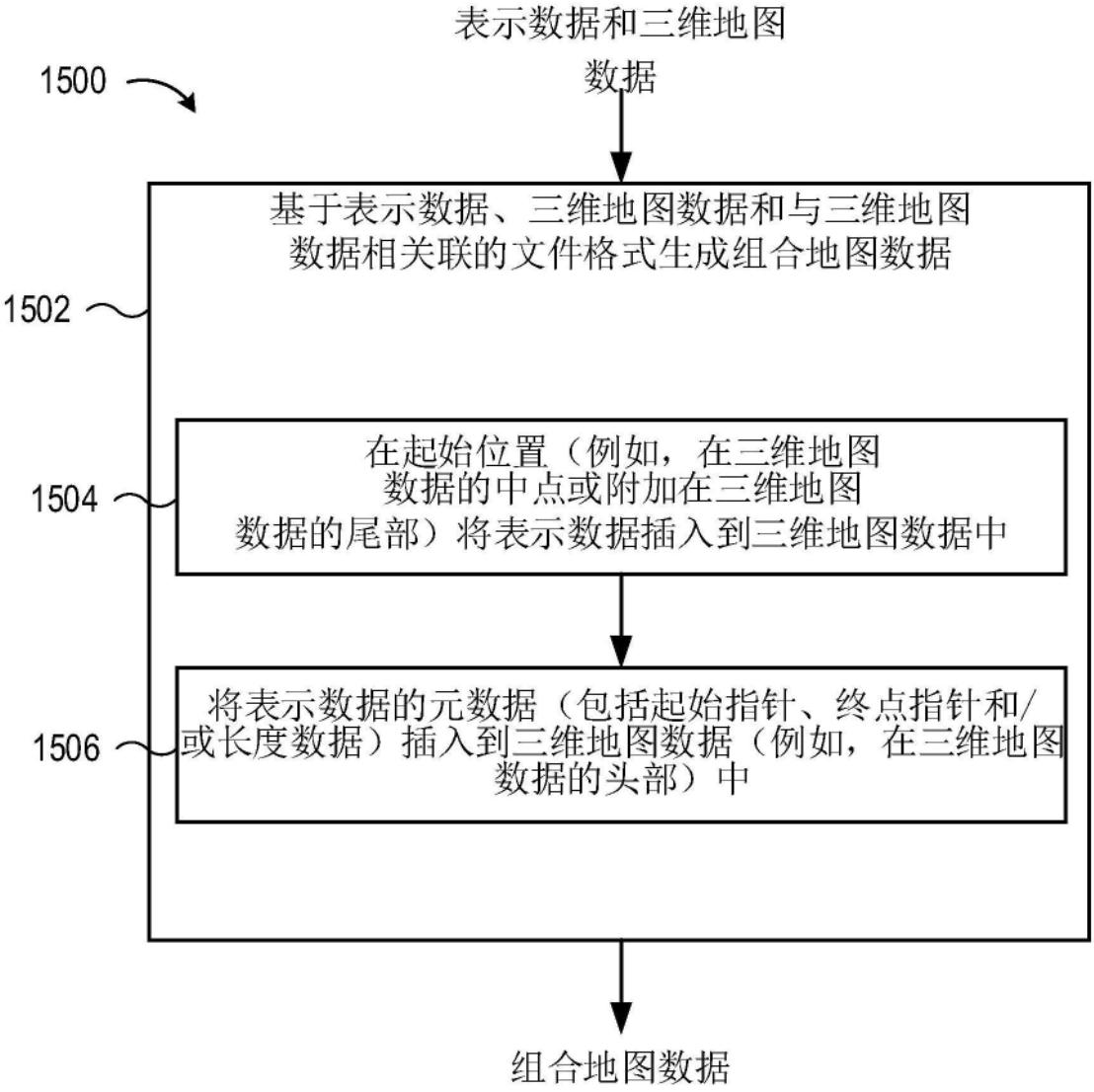

表示数据和三维地图数据
1500
基于表示数据、三维地图数据和与三维地图数据相关联的文件格式生成组合地图数据
1502
在起始位置（例如，在三维地图数据的中点或附加在三维地图数据的尾部）将表示数据插入到三维地图数据中
1504
将表示数据的元数据（包括起始指针、终点指针和/或长度数据）插入到三维地图数据（例如，在三维地图数据的头部）中
1506
组合地图数据

图15

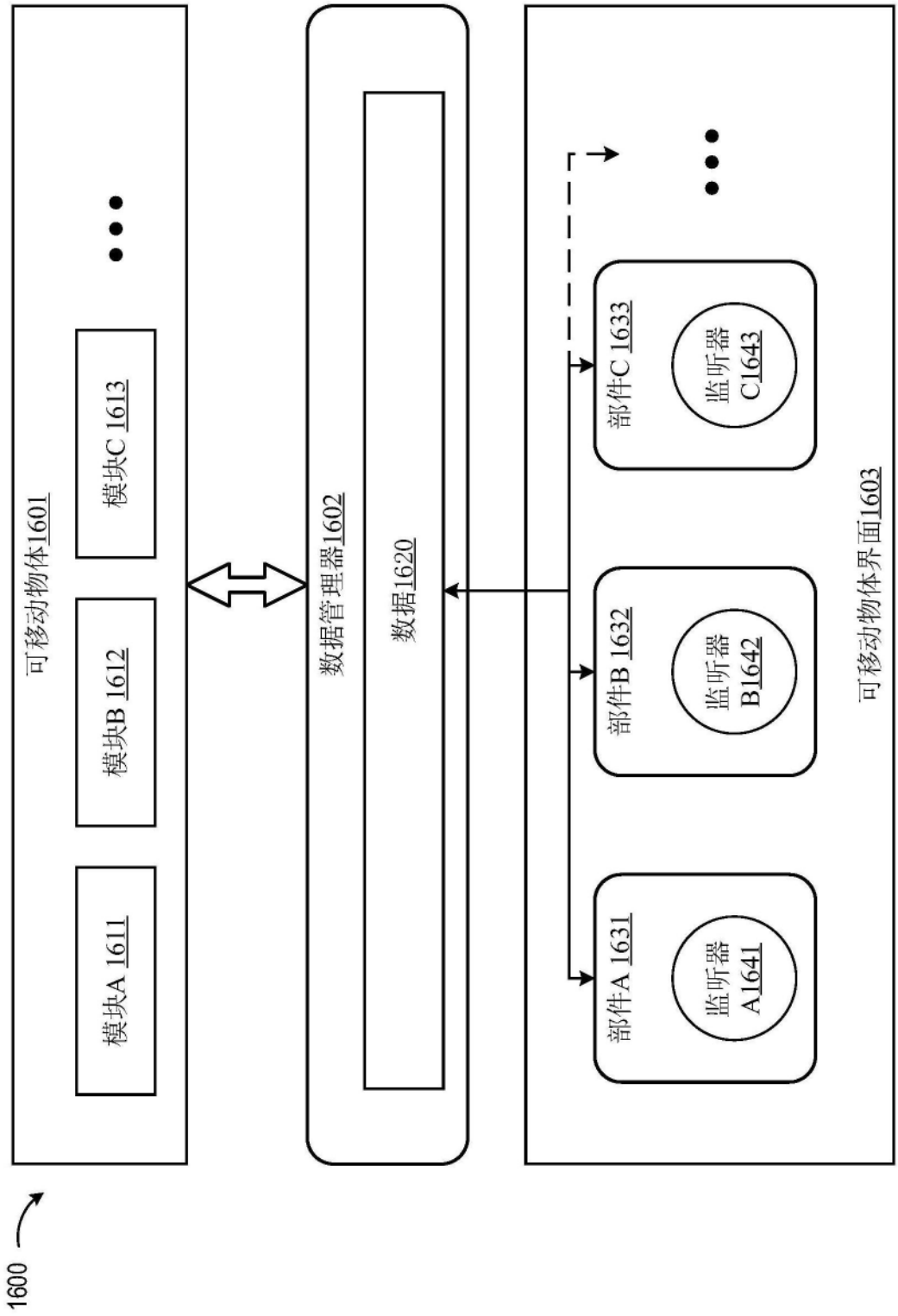

1600
可移动物体1601
模块A 1611
模块B 1612
模块C 1613
数据管理器1602
数据1620
可移动物体界面1603
部件A 1631
监听器A1641
部件B 1632
监听器B1642
部件C 1633
监听器C1643

图16

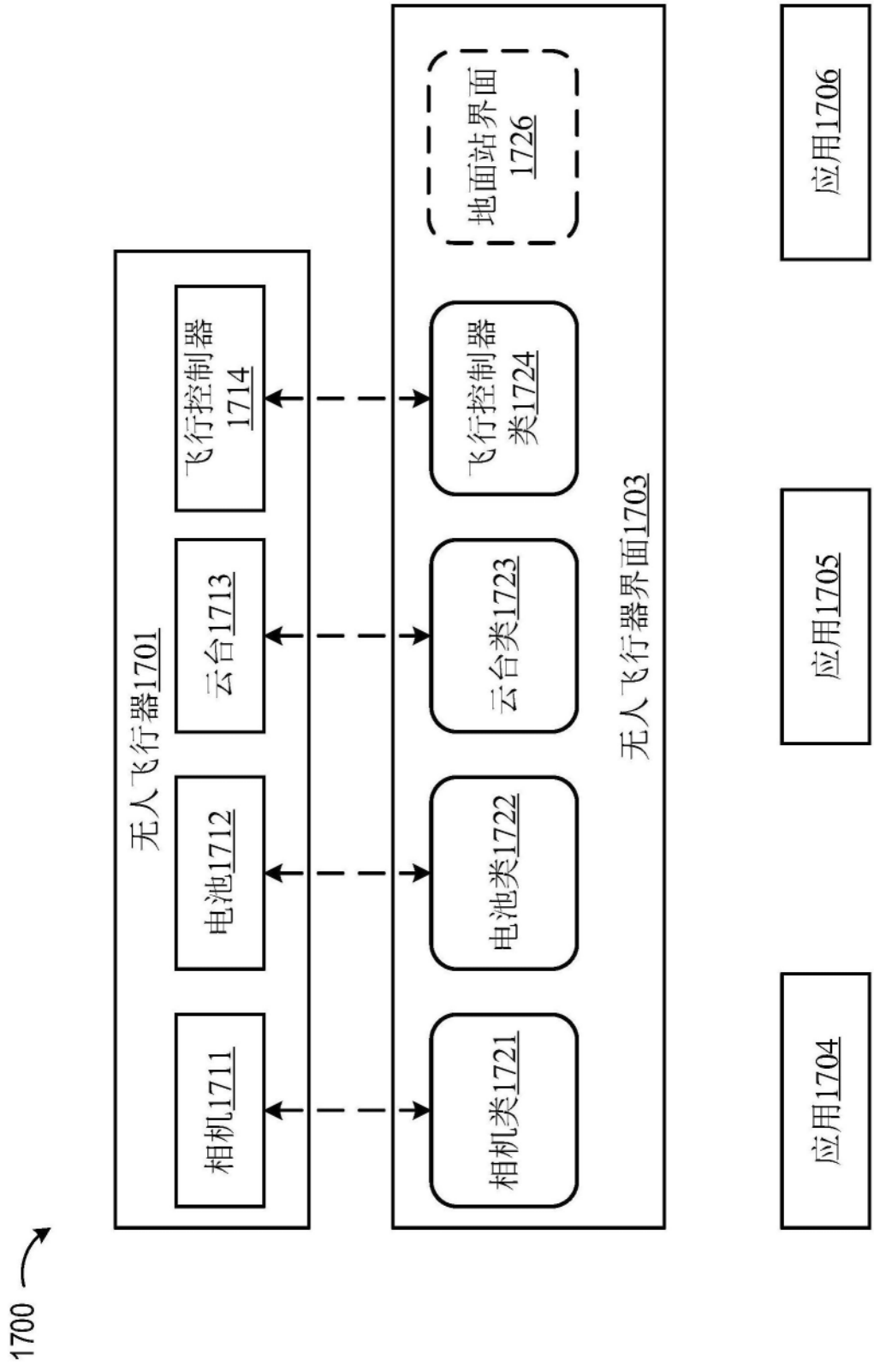

1700
无人飞行器1701
相机1711
电池1712
云台1713
飞行控制器1714
无人飞行器界面1703
相机类1721
电池类1722
云台类1723
飞行控制器类1724
地面站界面1726
应用1704
应用1705
应用1706

图17

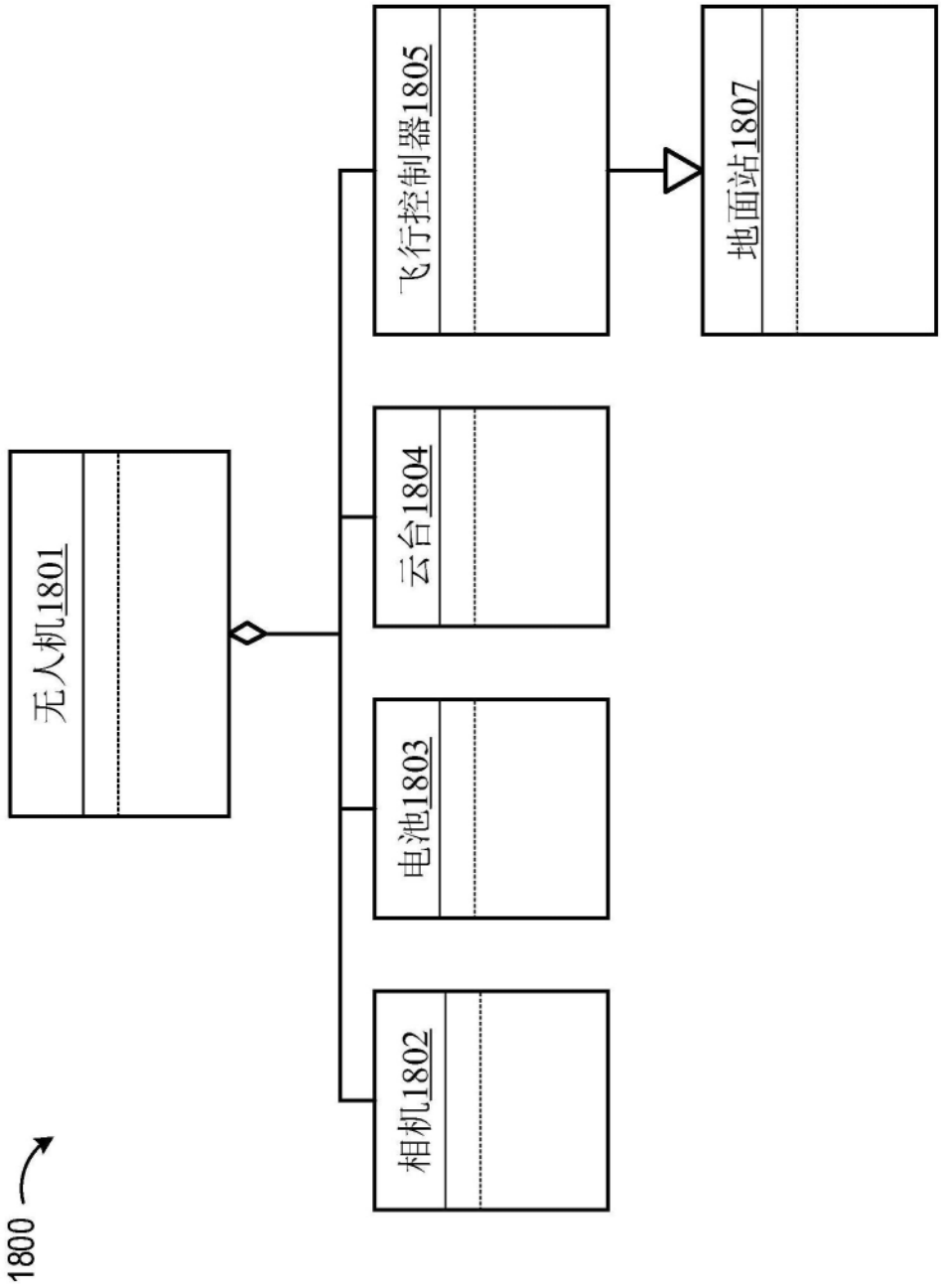


图18