



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110291368 A

(43)申请公布日 2019.09.27

(21)申请号 201780083888.1

(22)申请日 2017.12.14

(30)优先权数据

62/447,273 2017.01.17 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2019.07.17

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2017/066524 2017.12.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/136175 EN 2018.07.26

(71)申请人 迈卡赛斯公司

地址 美国华盛顿

(72)发明人 菲力克斯·达尔沃斯

(74)专利代理机构 北京市万慧达律师事务所

11111

代理人 王蕊 张劼

(51)Int.Cl.

G01J 3/28(2006.01)

G01J 3/00(2006.01)

G01J 3/02(2006.01)

H01L 27/00(2006.01)

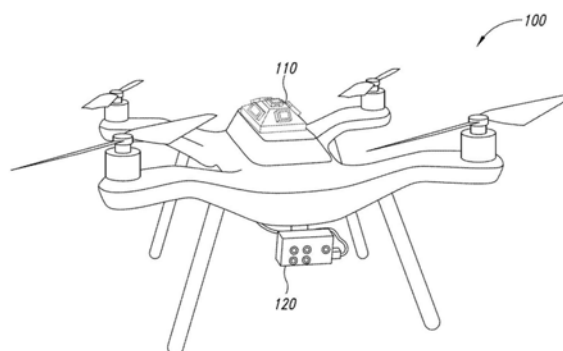
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

多传感器辐照度评估

(57)摘要

本发明涉及装置和方法,其用于使用具有不同方向的多个光传感器同时感测辐照度,以及确定所述辐照度的直射分量和散射分量。一种这样的装置包括飞行器和辐照度传感装置。所述辐照度传感装置包括安装至所述飞行器的底座结构,所述底座结构包括多个表面。多个光传感器布置在所述底座结构的各自的表面上,并且每个光传感器具有不同的方向。



1. 一种装置,包括:
飞行器;以及
辐照度传感装置,其包括:
底座结构,其安装到所述飞行器,所述基础结构包括多个表面,以及
多个光传感器,其分别布置在所述底座结构的所述表面上,以及相对于彼此具有不同的方向。
2. 如权利要求1所述的装置,其中,所述多个光传感器配置成同时感测来自于光源的辐照度,以及输出指示所感测的辐照度的信号。
3. 如权利要求2所述的装置,进一步包括处理器,所述处理器连接到所述多个光传感器,以及配置成接收所输出的信号和确定所感测的辐照度的直射分量和散射分量。
4. 如权利要求1所述的装置,其中所述底座结构的所述多个表面包括下表面、上表面以及在所述下表面和所述上表面之间延伸的多个倾斜表面。
5. 如权利要求4所述的装置,其中所述多个光传感器布置在所述底座结构的上表面和倾斜表面上。
6. 如权利要求5所述的装置,其中所述底座结构的倾斜表面包括四个倾斜表面,以及所述多个光传感器布置在所述四个倾斜表面和所述上表面上。
7. 如权利要求1所述的装置,进一步包括安装到所述飞行器上的成像装置。
8. 如权利要求7所述的装置,其中所述成像装置是多光谱成像装置。
9. 如权利要求7所述的装置,进一步包括连接到所述辐照度传感装置和所述成像装置的处理器,所述处理器配置成将所述多个光传感器所感测的辐照度信息与所述成像装置在采集图像信息的时间所采集的图像信息进行关联。
10. 如权利要求9所述的装置,其中所述处理器进一步配置成确定所感测的辐照度的直射分量和散射分量。
11. 如权利要求1所述的装置,其中所述飞行器是无人驾驶飞行器。
12. 如权利要求1所述的装置,其中所述底座结构包括容纳所述装置的一种或多种电气部件的内腔。
13. 一种方法,包括:
通过多个光传感器同时感测辐照度,所述光传感器的每一个具有不同的感测方向;
采集与目标物体相关的图像信息;
通过处理器确定所感测的辐照度的直射分量和散射分量;以及
基于所确定的直射分量和散射分量以及所采集的图像信息,确定所述目标物体的反射率。
14. 如权利要求13所述的方法,进一步包括将所感测的辐照度与在采集所述图像信息的时间的所述图像信息进行关联。
15. 如权利要求13所述的方法,进一步包括通过所述处理器确定所述辐照度的入射角。
16. 如权利要求13所述的方法,其中所述目标物体包括植物,所述方法进一步包括:基于所述植物的所确定的反射率来确定所述植物的健康状况。
17. 如权利要求13所述的方法,进一步包括:通过所述处理器,基于通过具有不同的感测方向的所述多个光传感器同时感测的辐照度,来确定所述飞行器的俯仰角、航向角和横

摇角中的至少一个。

18. 一种方法, 包括:

通过位于飞行器上的多个光传感器同时感测辐照度, 所述光传感器中的每一个具有不同的感测方向;

将指示来自于所述多个光传感器所感测的辐照度的信息传输到处理器; 以及
通过所述处理器确定所述辐照度的直射分量和散射分量。

19. 如权利要求17所述的方法, 进一步包括: 通过所述处理器, 基于通过具有不同的感测方向的所述多个光传感器同时感测的辐照度, 来确定所述飞行器的俯仰角、航向角和横摇角的至少一个。

20. 如权利要求19所述的方法, 进一步包括: 基于所确定的俯仰角、航向角和横摇角的至少一个来导航所述飞行器的飞行。

多传感器辐照度评估

技术领域

[0001] 本发明涉及使用具有不同方向的多个光传感器的辐照度传感装置来评估或者确定辐照度。

背景技术

[0002] 辐射遥感中的一个常见问题是评估从太阳到任意表面上的来自于日光的散射和直射分量的入射辐照度。传统上,日光的这些分量是在地面上使用用于散射分量的遮蔽的日射强度计和用于直射分量的太阳热量计来测量的。这两种装置在测量过程中追踪了太阳的位置。太阳热量计具有长管,其仅仅允许直射光进入,并且日射强度计的追踪阴影阻挡直射光,以使得该仪器仅仅分别测量直射和散射光。这两种仪器具有高的成本,并且不适于安装在小的、快速移动的平台例如无人机上。

[0003] 如果单个常规的光传感器的姿势是充分确定的,并且该姿势是经时变化的,则该传感器可以用于测量两种日光分量。但是,虽然这样的传感器可以安装到无人机上,但是移动平台的精确的姿势评估是难以获得的,或者需要昂贵的传感器和倾向于具有大的误差,特别是在变化的光条件更是如此,例如这归因于部分的云层覆盖。

[0004] 因此,在常规的遥感应用中,例如用于确定植被健康的多光谱成像应用中,通常使用地面校准系统来标准化可变光源(例如,太阳)对于目标多光谱图像的效果。这样的校准系统通常依赖于使用具有已知的光谱反射率的目标校准或者反射板,其置于多光谱成像装置的视野中,并且可以用于校准所采集的目标图像。这样的技术存在几个缺点,包括校准或者反射板是昂贵的,笨重的,并且不能在采集图像的同时准确测量辐照度水平。

发明内容

[0005] 本发明涉及装置和方法,其用于通过辐照度传感装置(其包括以不同方向布置的多个光传感器)感测来自于光源例如太阳的辐照度。通过使用多个具有不同方向的光传感器同时感测该辐照度,可以具体确定辐照度的特定分量,例如直射分量和散射分量和入射角。这些确定的辐照度分量可以用于在通过成像装置采集所述图像的同时补偿或者标准化所述目标图像。所述辐照度传感装置和所述成像装置可以携带于飞行器例如无人机上。

[0006] 在一种实施方式中,本发明提供一种装置,其包括飞行器和辐照度传感装置。所述辐照度传感装置包括安装到所述飞行器的底座结构,所述底座结构包括多个表面。所述辐照度传感装置进一步包括多个光传感器,并且每个光传感器布置在所述底座结构的各自的表面上并具有不同的方向。

[0007] 在另一实施方式中,本发明提供一种方法,其包括:通过多个光传感器同时感测辐照度,每个光传感器具有不同的感测方向;采集与目标物体相关的图像信息;通过处理器确定所感测的辐照度的直射分量和散射分量;以及基于所确定的直射分量和散射分量和所采集图像信息,来确定所述目标物体的反射率。

[0008] 在仍然的另一实施方式中,本发明提供一种方法,其包括:通过位于飞行器上的多

个光传感器同时感测辐照度,每个光传感器具有不同的感测方向;将指示来自于所述多个光传感器所感测的辐照度的信息传输到处理器;以及通过所述处理器确定所述辐照度的直射分量和散射分量。

附图说明

[0009] 在附图中,相同的附图标记表示类似元件。附图中元件的尺寸和相对位置无需按照尺寸绘制。

[0010] 图1是根据本发明的一种或多种实施方式的用于感测辐照度和同时采集目标图像飞行器的示意图。

[0011] 图2是显示了图1所示的飞行器进一步的细节的示意图。

[0012] 图3是根据本发明的一种或多种实施方式的辐照度传感装置的示意图。

[0013] 图4是一个框图,其显示了根据本发明的一种或多种实施方式的用于基于多个光传感器所感测的辐照度来评估或者确定辐照度以及用于确定所成像物体的反射率的系统。

[0014] 图5是一个流程图,其显示了根据本发明一种或多种实施方式确定所感测的辐照度的直射和散射分量以及基于所确定的直射和散射分量来确定所成像的目标的反射率的方法。

具体实施方式

[0015] 本发明涉及用于在辐射遥感应用中测量太阳辐照度的系统和方法。来自于光源例如太阳的辐照度可以通过以不同方向布置在辐照度传感装置上的多个光传感器同时感测。因此可以确定该辐照度的分量,例如直射和散射分量以及入射角,并且该辐照度的分量用于在通过成像装置采集目标图像的同时补偿或者标准化目标图像。

[0016] 图1显示了根据一种或多种实施方式的用于感测辐照度和同时采集图像(例如地面目标的图像)的飞行器100,以及图2显示了该飞行器100进一步的细节。参见图1和图2,飞行器100包括辐照度传感装置110和用于对物理区域或者场景(即目标)进行成像的成像装置120。该辐照度传感装置110和成像装置120可以收集、存储和/或输出所采集的辐照度和图像信息。

[0017] 飞行器100可以是任何类型的飞行器,包括任何旋转翼或者固定翼飞行器,可以是无人驾驶飞行器(如图1所示)或者载人飞行器,例如,飞机或者无人机。此外,该飞行器100可以是能够自主飞行(以及自主获得辐照度和图像信息)自主运载工具,或者可以是驾驶飞行器(其例如通过载人飞行器内的飞行员驾驶,或者通过无人驾驶飞行器的远程导航员来驾驶)。

[0018] 成像的目标(例如树木102、农作物104、106、草场、水体等)接收了来自于光源例如太阳108的辐照度。该目标可以是一个或多个不同的物体(例如单个树木、建筑物、池塘等),区域或者场景(例如森林的一部分、农场的一部分、湖泊的一部分等)或者期望采集其图像的任何其他目标。

[0019] 成像装置120可以是多光谱成像装置,其能够采集目标的光谱图像,可以包括多个成像器,并且每个这样的成像器被调节以捕获所述目标反射的特定波长的光。成像装置120可以配置成捕获电磁光谱的紫外区,可见区,近红外区和/或红外区中的一个或多个区中的

反射光。

[0020] 通过这样的多光谱成像装置采集的图像可以用于测量或者确定目标的不同的特性,例如植物的叶绿素含量,单位地面面积上的叶面积量,水体中藻类的量或者类型等。在一种或多种实施方式中,该成像装置120可以用于确定成像目标的反射率。

[0021] 成像装置120可以安装到飞行器100上和以任何期望的方式定向。例如成像装置120可以安装到飞行器100的下表面,并且布置成能够采集地面目标的图像。

[0022] 辐照度传感装置110可以安装到飞行器100的上表面,并且包括多个光传感器,其配置成在相对于该光源的多种不同的方向上同时感测来自于光源例如太阳108的辐照度。

[0023] 通过使用具有不同方向的多个光传感器同时感测辐照度,可以确定该光源的具体特性,例如太阳辐照度的直射分量和散射分量,以及太阳辐照度的入射角 α 。此外,辐照度传感装置110可以在通过成像装置120采集图像的同时感测辐照度,其能够使得标准化或者补偿所采集的图像来解释成像目标接收的辐照度中的变化。例如,通过解释在采集每个图像的同时辐照度传感装置110所感测的辐照度的差异,可以将成像装置120在多云天气采集的目标图像与在无云天气所采集的同一目标的图像相关联。

[0024] 图3更详细地显示了根据本发明一种或多种实施方式的辐照度传感装置110。该辐照度传感装置110包括布置在底座115的不同表面上的多个光传感器112。底座115包括下表面114,其可以例如安装于飞行器100的上表面。从下表面114延伸的是多个倾斜表面116,其上可以安装光传感器112。如图3所示,在一种或多种实施方式中,底座115可以具有截正方棱锥形状,具有在下表面114和平坦上表面118之间延伸的四个倾斜表面116。一个或多个光传感器112可以安装于倾斜表面116和上表面118的每个上。光传感器112可以因此定向来接收和感测来自于光源例如太阳108的不同的量或者分量(例如直射分量和散射分量)的辐照度。

[0025] 底座115可以具有包括多个表面的任何形状或者形式,光传感器112可安装于所述多个表面并配置成感测来自于不同方向的辐照度。该辐照度传感装置110可以优选包括至少四个光传感器112,在一种或多种实施方式中可以包括五个光传感器112。因此,底座115可以优选包括至少四个,在一种或多种实施方式中可以包括五个具有不同方向的用于安装所述光传感器112表面。

[0026] 每个光传感器112包括外壳111或者一些外部封装,其容纳用于处理和/或存储所接收的信号(例如指示所感测的辐照度的信号)的电子电路(例如一种或多种专用集成电路,计算机可读存储器等),以及用于感测辐照度的光传感器表面113。

[0027] 每个光传感器112可以包括一个或多个端口117,其用于向光传感器112或从光传感器传输信号(例如一个或多个指示所感测的辐照度的信号)。在一种或多种实施方式中,光传感器112可以连接到飞行器100所包括的处理器上(例如通过连接到端口117上的一个或多个电线或者电缆来连接)。该处理器可以类似地通信连接到成像装置120。因此,该处理器可以在成像装置120采集目标图像的同时,通过光传感器112获得感测的辐照度。辐照度传感装置110感测的辐照度因此可以与通过成像装置120同时采集的图像相关联。

[0028] 此外或者可选择地,光传感器112可以在飞行器100飞行过程中获得所感测的辐照度信息的同时对其进行存储。类似地,成像装置120可以存储飞行过程中采集的图像。该图像和辐照度信息可以随后上传到计算机系统,该计算机系统可以基于采集这样的信息时

间来将所存储的辐照度和图像信息相关联,其可以通过时间戳或者该辐照度和图像信息可以包括的类似信息来获得。

[0029] 底座115可以是至少部分中空的或者可以包括内腔,其降低了辐照度传感装置110的重量。此外,飞行器100另外的部件,例如任何电气或者电子部件,可以容纳在底座115的内腔中。例如,处理器和/或任何其他电路可以包括在底座115内,并且可以通信连接到光传感器112和/或成像装置120。

[0030] 对于通过飞行器的辐照度感测来说,辐照度传感装置应当提供直射和散射分量二者的瞬时评估,其独立于传感器姿势评估(例如其可以由不精确的IMU提供)和飞行器本身的移动。虽然单个传感器不能提供这样的评估,但是,多个传感器阵列,例如本文提供的辐照度传感装置110,可以提供这样的评估。

[0031] 如下面将证实的,在任何特定时间的太阳辐照度的直射和散射分量可以基于通过具有不同方向的多个光传感器112同时获得的所感测的辐照度来确定。

[0032] 为了简要和不失一般性,可以假定传感器主体坐标系统,其具有朝着当前太阳位置定向的Z轴。在这样的坐标系统中,在太阳和传感器之间的入射角 α 仅仅取决于两个角(方位角和天顶角),因为该辐照度在围绕Z轴旋转的情况下是不变的。

[0033] 并非尝试直接测量这些角,所述方位角和天顶角可以作为未知量来处理,与直射和散射太阳辐照度一起评估。因此,总计,我们的目的是从五个(或更多个)独立的辐照度测量值组来确定四个未知量,其将给予我们五个(或更多个)非线性等式。这样的系统很容易通过标准方法(例如牛顿方法或者最小二乘法)解出。

[0034] 具有以下配置的五個传感器的系统(如图3所示)在模拟中提供了良好的结果,并且允许稳定地确定全部未知量。

[0035] 要注意的是,在这种方法中唯一的输入是已知的固定的光传感器方向和所测量的辐照度。不需要假设直射和散射辐照度的时间过程,并且不需要测量姿势。辐照度分量的评估是瞬时的,并且作为增加的益处,该光传感器姿势是在专用太阳坐标系统中提供的。

[0036] 要注意的是,存在一些特殊情况,在其中这种方法会不适于确定辐照度的分量。一种这样的情况是在缺乏任何直射光的情形存在的,在其中独立方程的数目减少到仅仅一个。但是,这是一种可以容易地识别的特殊情况,因为在这种情况下全部的光传感器读数应当是相同的,并且等于散射辐照度。此外,对于任何光传感器来说,当入射角变成大于90度时可以预期无意义的结果,其是可以通过使用IMU确定的情况。要注意的是,在这种情况下不需要来自于IMU的特别高的精度,因为它仅需确定这种特殊阈值。

[0037] 由于上述内容,该辐照度传感装置110可以具有已知的坐标系统,并且存在转换,该转换可以在装置坐标系统和全球坐标系统之间确定,这是因为在任何给定时间的太阳位置是已知的。

[0038] 因此,通过该辐照度传感装置110的每个光传感器112同时感测的辐照度可以用于确定(例如,通过处理器)太阳辐照度的直射和散射分量(以及入射角 α ,方位角 ϕ 和天顶角 θ),该太阳辐照度是在特定时间入射到可以通过成像装置120来成像的目标上的。

[0039] 图4是一个框图,其显示了系统200,该系统200用于基于多个光传感器所感测的(例如通过辐照度传感装置110所感测的)辐照度来评估或者确定辐照度,和用于确定所成像的目标或者物体的反射率。系统200可以包括处理器230,其通信连接到成像装置120和辐

照度传感装置110(包括光传感器1至N)。

[0040] 如此前所述,处理器230可以包括在飞行器100上(例如容纳在底座115的腔室内,或者处于飞行器100上的任何其他位置)。在其他实施方式中,在飞行器100成像期之后,处理器230可以包括作为后处理计算机的一部分(辐照度传感装置110和/或成像装置120可以连接到后处理计算机)。因此,该后处理计算机可以基于辐照度传感装置110所收集和存储的数据来确定所感测的辐照度的分量。类似地,成像装置120可以捕获和存储数据,该数据随后可以提供到处理器230,并且通过其来处理。

[0041] 此外,处理器230和/或处理器230所执行的指令(例如,用于确定辐照度分量,反射率值等)可以位于云端,即,远程分布的计算机网络,其无线接收了成像装置120和辐照度传感装置110所收集的数据或者一旦成像装置120和辐照度传感装置110在成像期后连接到计算机之后,则通过有线网络接收了所述数据。

[0042] 处理器230接收了辐照度传感装置110感测的辐照度信息和由成像装置120所采集的图像信息。处理器230可以访问辐照度确定模块234,其包括计算机可读的指令,该指令用于基于如本文所述的多个光传感器112同时所感测的辐照度信息来确定太阳辐照度的直射和散射分量(和可以进一步确定入射角 α ,方位角 ϕ 和天顶角 θ)。

[0043] 处理器230可以将所确定的太阳辐照度的直射和散射分量,以及在获得该辐照度信息的同时通过成像装置120所采集的目标的图像信息提供到反射率确定模块232。反射率确定模块232可以包括计算机可读的指令,该指令用于基于目标的图像信息(其可以指例如目标所反射的光的量)和在采集该图像信息的同时所确定的辐照度分量,来确定目标的反射率。因此,可以标准化或者补偿所确定的成像目标的反射率以解释在目标成像时可以存在的不同的辐照度水平。例如,基于多云天气所采集的目标图像所确定的目标的反射率将与基于在无云天气所采集的目标的图像来确定的同一目标的反射率是相同或者基本相同的。

[0044] 补偿因子因此可以通过处理器230(基于所确定的辐照度分量)来确定,并且可以通过反射率确定模块232用于通过成像装置120所采集的每个图像,来精确地确定成像目标的反射率,而不管在采集图像时的光照条件如何。

[0045] 图5是一个流程图300,其显示了本发明的一种方法。在302,该方法包括通过包括具有相对于光源不同方向的多个光传感器112的辐照度传感装置110同时感测来自于光源的辐照度。光传感器112可以例如如图3的辐照度传感装置110所示布置。光传感器112可以包括在飞行器100上,并且因此可以在飞行器100飞行时进行感测该辐照度。

[0046] 在304,该方法包括通过成像装置120采集目标物体的图像。该图像可以在辐照度传感装置110感测辐照度的同时采集,并且该图像和辐照度信息因此可以关联。

[0047] 在306,该方法包括确定所感测的辐照度的直射和散射分量。在308,该方法包括基于所确定的所感测的辐照度的直射和散射分量,和所采集的目标物体的图像,来确定目标物体的反射率。这种方法因此提供了目标例如植被的固有的补偿或者标准化的反射率测量,其独立于来自于可变光源(例如太阳)的辐照度的变化,并且不需要IMU或者校准成像装置。该方法可以对于通过成像装置120采集的每个图像执行。

[0048] 如公知的,不同的材料反射和吸收在不同波长的不同的入射辐照度。因此,目标可以基于它们在遥感的图像中的光谱反射率特征来区分。反射率是材料的一种性能,并且通

常定义为目标所反射的入射辐照度的分数。材料的反射性能取决于特定材料和它的物理和化学状态(例如,潮湿),以及其他性能,例如表面纹理和可在相关领域已知的其他性能。

[0049] 本文所提供的不同的实施方式因此可以用于多种应用,其中可期望的是确定一种或多种成像目标的反射率。例如,通过测量或者确定植物在不同波长的反射率,可以识别农作物中的应力区。此外,确定的表面特征(例如植被,土壤,水等)的反射率变化可以用于确定农作物疾病的发展,水体中藻类的生长,地面或者土壤的化学性能变化等。

[0050] 不同的其他应用是本发明可以预期的。例如,因为辐照度传感装置110的方向是相对于太阳位置来确定的,所以本文提供的实施方式可以用于导航应用。即,辐照度传感装置110的方向可以映射到在上述的全球或者水平坐标系统,这因此可以通过包括辐照度传感装置110的任何运载工具用于导航目的。此外,将理解的是,飞行器100的飞行参数(包括俯仰角(pitch)、航向角(heading)和横摇角(roll))可以基于辐照度传感装置110的光传感器112感测的辐照度,和所确定的辐照度分量来确定。如此前所述,该辐照度分量的评估是瞬时的,并且光传感器姿势是在专用太阳坐标系统中提供的。此外,辐照度传感装置110的方向可以映射到全球或者水平坐标系,如本文所述。因此,提供在专用太阳坐标系统中的所确定的光传感器姿势(包括俯仰角,航向和横摇信息)可以映射到全球或者水平坐标系统,来指示飞行器100相对于地球的姿势。此外,所确定的飞行过程中光传感器俯仰角,航向和横摇的变化可以用于导航目的。

[0051] 在本说明书中,阐述了某些具体细节来提供对于本发明不同实施方式的透彻理解。但是,本领域技术人员将理解的是,本发明可以在没有这些具体细节情况下来实施。在其他情况中,没有详细描述公知的结构,以避免不必要地混淆本发明的实施方式的描述。

[0052] 除非上下文另有要求,否则在整个说明书及权利要求中,措词“包括”及其变体例如“含有”和“包括着”被解释为是开放的、包括性含义,即,“包括但不限于”。

[0053] 在整个说明书中提及“一种实施方式”或者“一个实施方式”表示与该实施方式相关的描述的特定的特征,结构或者特性包括在至少一种实施方式中。因此,在整个说明书中的不同地方出现措词“在一种实施方式中”或者“在一个实施方式中”不必全部指的是相同的实施方式。此外,特定的特征,结构或者特性可以以任何合适的方式组合于一种或多种实施方式中。

[0054] 作为本说明书和附加的权利要求中所用的,单数形式“一个”、“一种”和“该”包括复数指代物,除非上下文另有明确指示。还应当注意的是,术语“或者”通常以它的包括“和/或”的含义来使用,除非上下文另有明确指示。

[0055] 上述的不同的实施方式可以组合来提供另外的实施方式。由于上面的详细描述,所以这些和其他改变可以在所述实施方式中进行。通常,在权利要求中,所用术语不应解释为将该权利要求限制到说明书和权利要求所公开的具体的实施方式,而是应当解释为包括全部可能的实施方式以及这样的权利要求赋予其权利的等价物的全部范围。因此,该权利要求不限于所公开的内容。

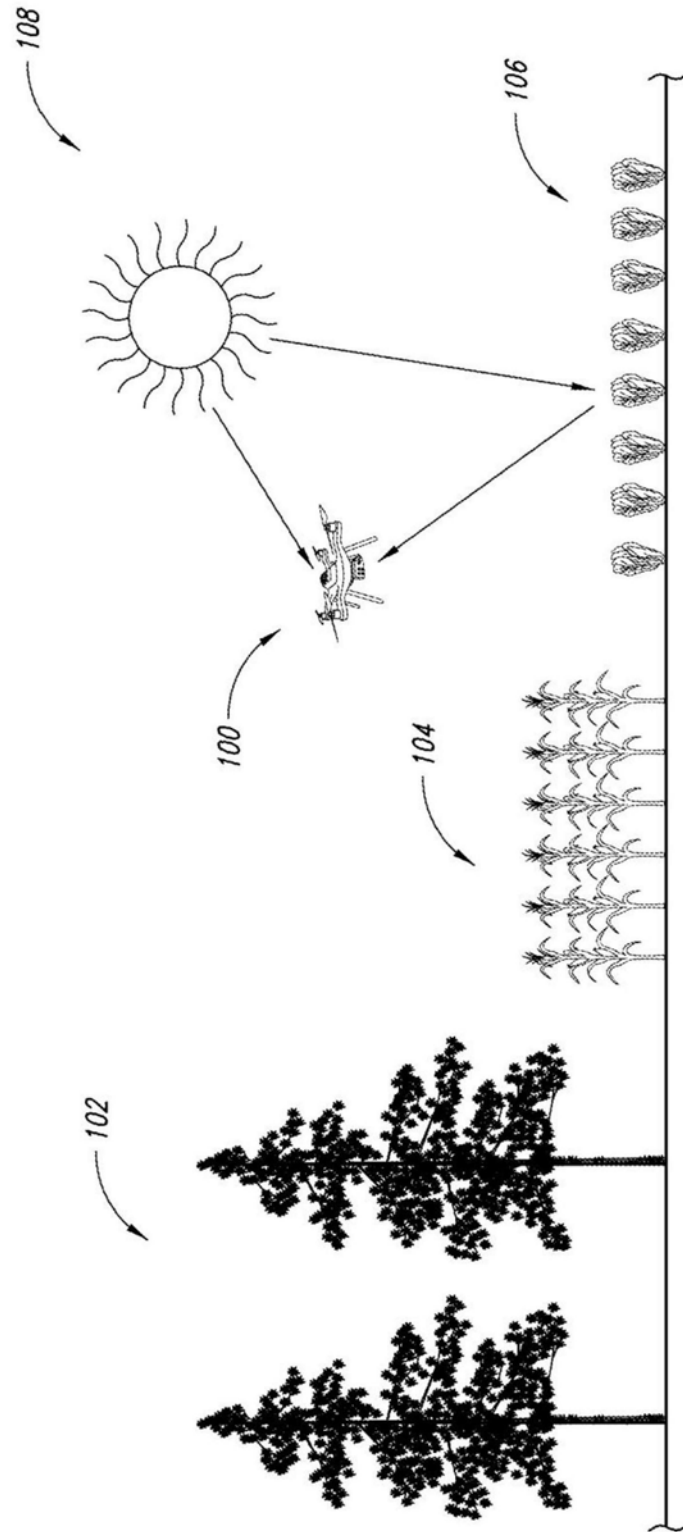


图1

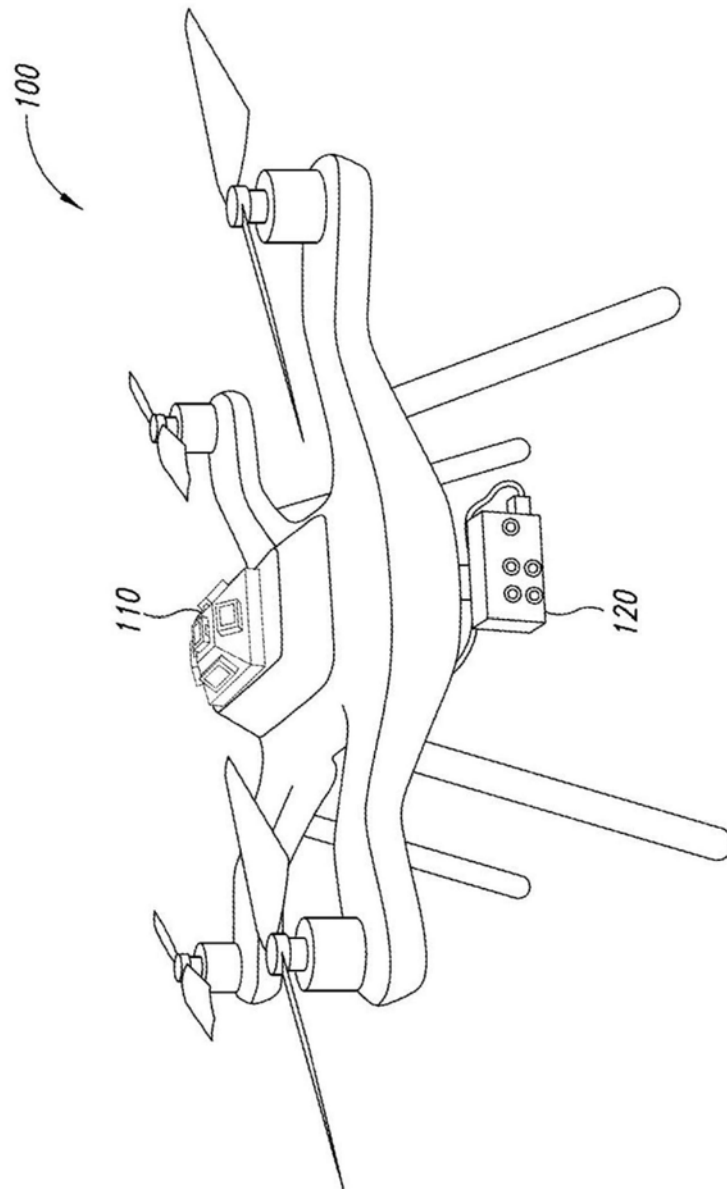


图2

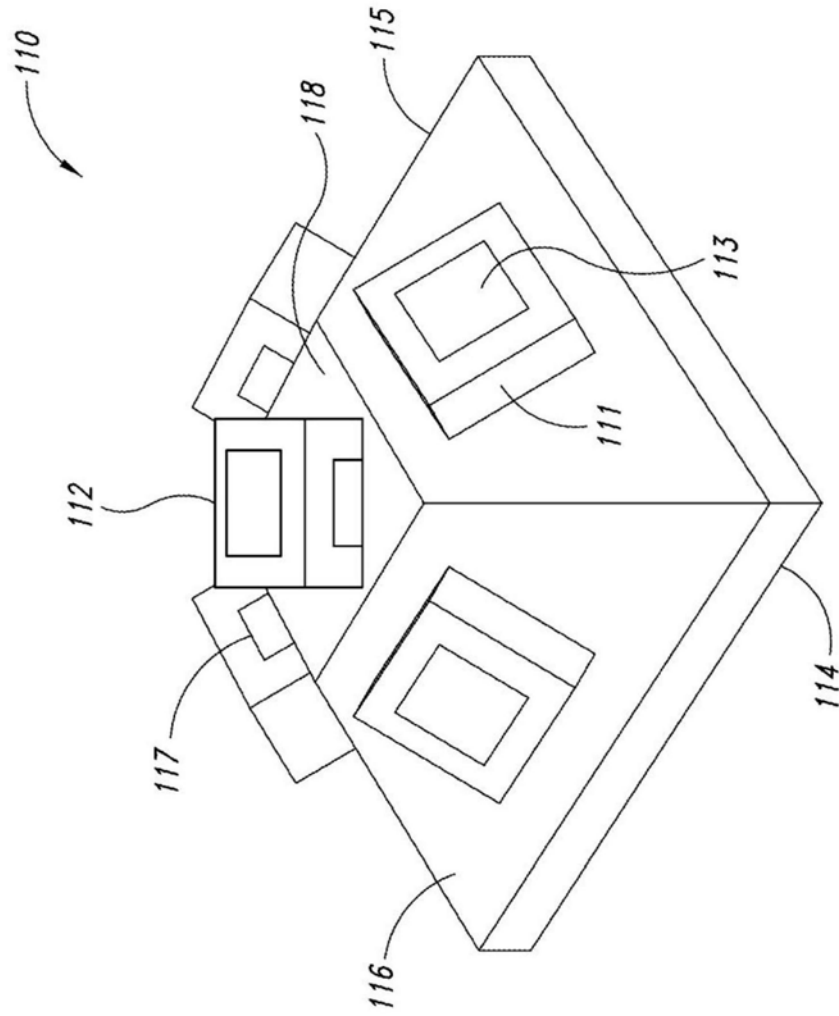


图3

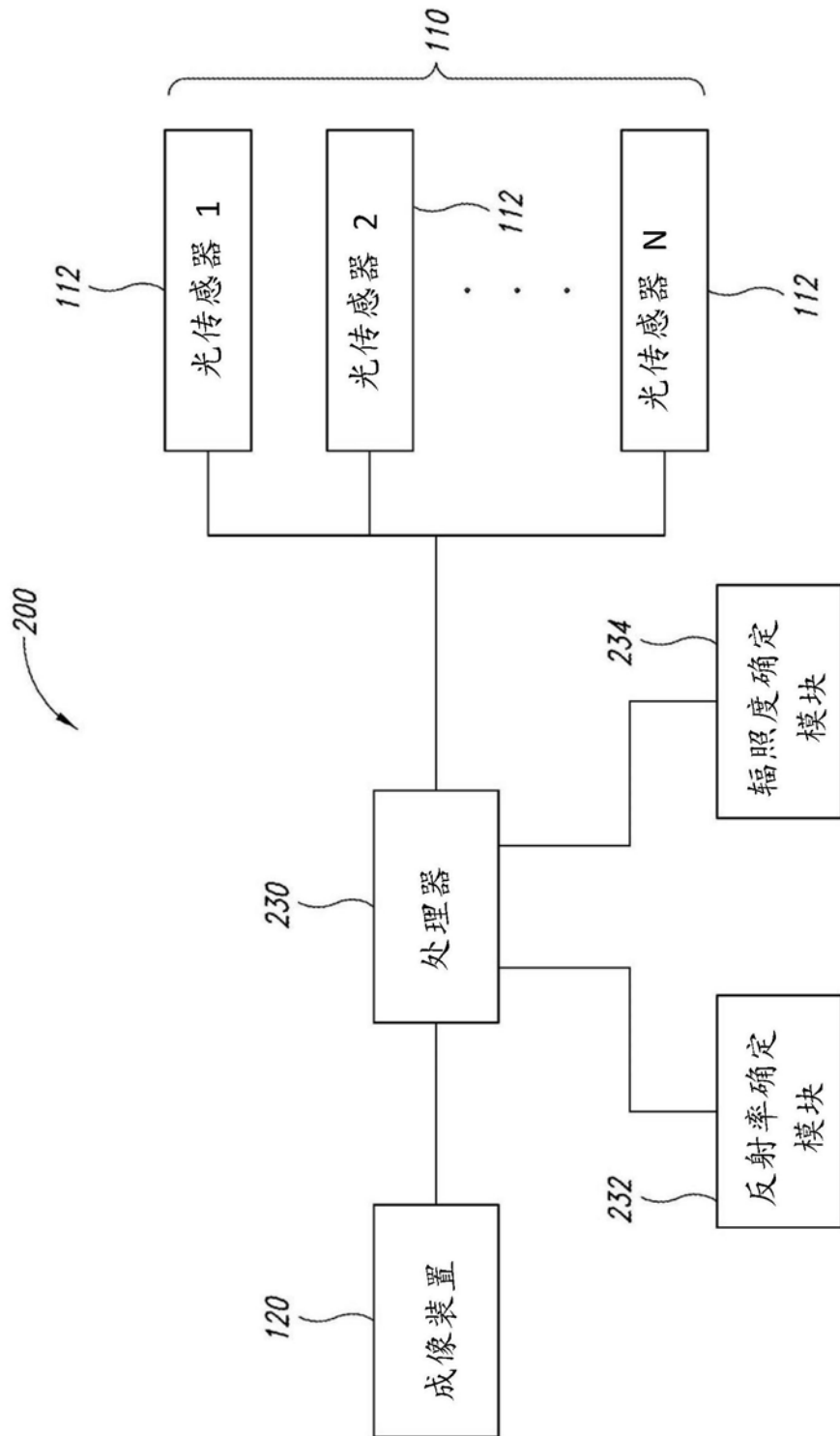


图4

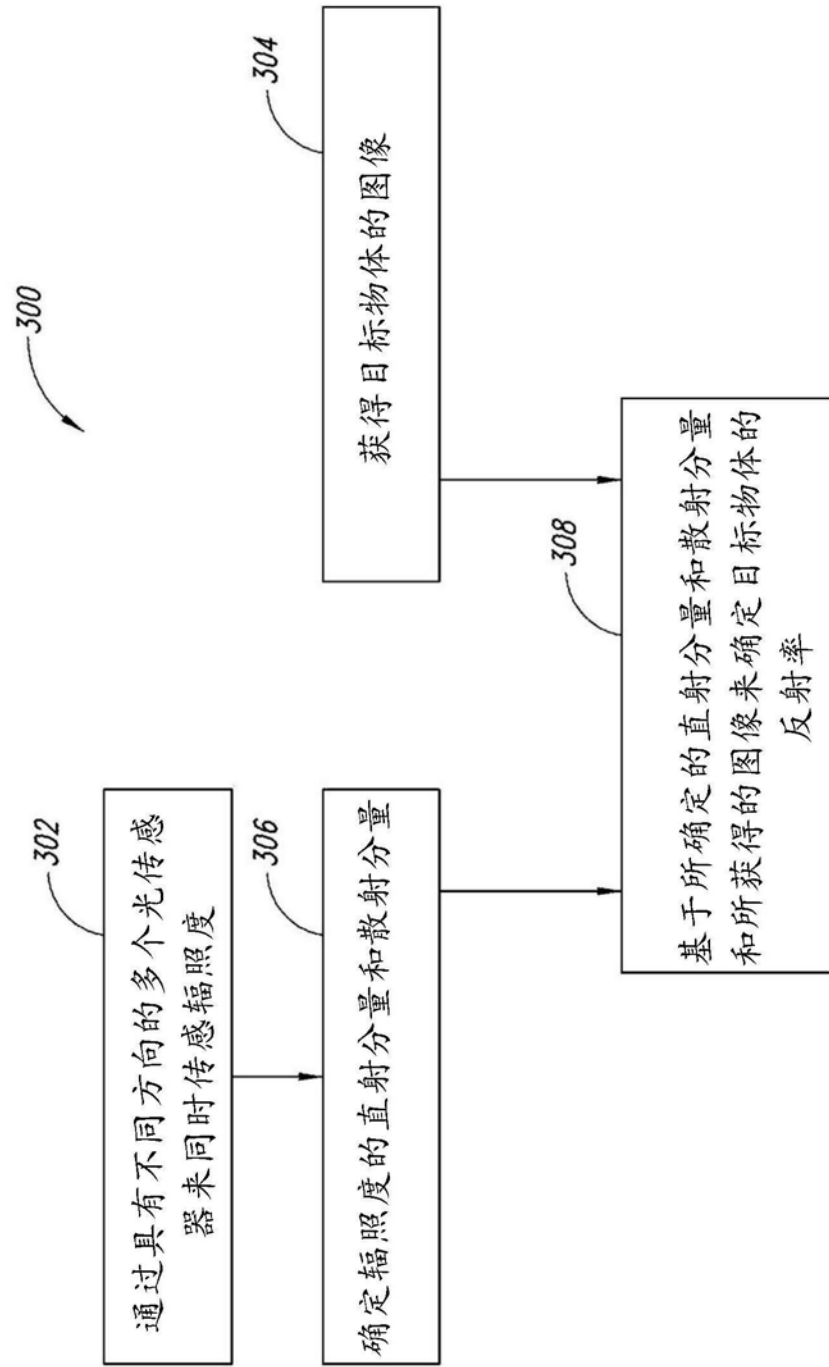


图5