



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104769496 B

(45)授权公告日 2019.03.15

(21)申请号 201380044058.X

R.达安德里

(22)申请日 2013.08.16

(74)专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理有限公司 11291

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104769496 A

代理人 黄志华

(43)申请公布日 2015.07.08

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

G03B 15/00(2006.01)

61/684292 2012.08.17 US

H04N 5/225(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.02.17

(56)对比文件

WO 2012063220 A2,2012.05.18,

CN 101707334 A,2010.05.12,

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2013/067173 2013.08.16

CN 101789569 A,2010.07.28,

CN 101033973 A,2007.09.12,

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/027097 EN 2014.02.20

WO 2009005875 A2,2009.01.08,

US 2010295303 A1,2010.11.25,

US 3149803 A,1964.09.22,

(73)专利权人 展望机器人股份公司  
地址 瑞士苏黎世

审查员 许文忠

(72)发明人 M.韦贝 S.鲁帕欣 M.赫恩

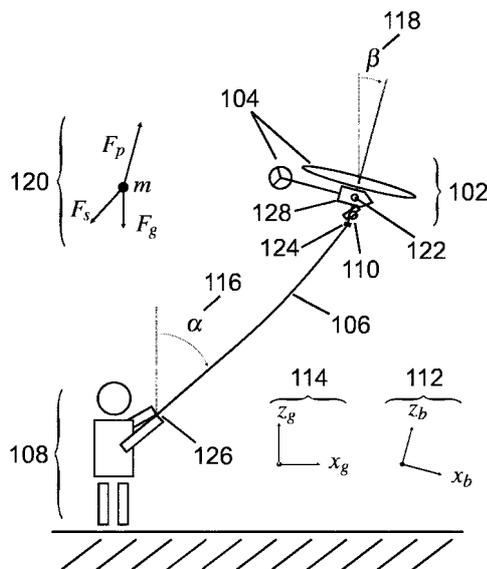
权利要求书2页 说明书13页 附图5页

(54)发明名称

具有用于定位和交互的绳组件的飞行摄像机

(57)摘要

一种设备包括:飞翔主体(102),包括至少一个致动器(218);控制单元(308),用于控制所述致动器(218);和机械设备(106),用于可操作地把所述飞翔主体(102)连接到距所述飞翔主体(102)遥远的参考点(126)。其还提供了对应的用途和用于操作这种设备的方法。



1. 一种用于控制飞行的设备,包括:
  - 飞翔主体,包括至少一个致动器;
  - 控制单元,用于控制所述致动器;
  - 机械设备,包括绳,所述绳用于机械地并且可操作地把所述飞翔主体连接到距所述飞翔主体遥远的参考点,
  - 传感器,用于提供表示如下各项中至少一个的数据:飞翔主体的加速度、姿态或旋转速率,
  - 感测单元,可操作为向评估单元提供表示施加到所述机械设备的机械力的数据,所述传感器可操作地连接到所述感测单元,
  - 评估单元,被配置为使用飞翔主体的加速度确定所述绳中的张力,并且使用所计算的绳中的张力和所述飞翔主体的加速度来确定所述飞翔主体相对于所述参考点的仰角和飞翔主体的姿态,其中,所述绳使得所述飞翔主体相对于所述参考点执行精确定位和稳定,
  - 其中,所述评估单元被配置为以数学方式组合瞬时运动预测和近似测量以产生相对于所述参考点的所述飞翔主体的姿态和飞翔主体位置估计中的至少一个,并且,
  - 其中,所述评估单元可操作为向所述控制单元提供表示如下各项中至少一个的数据:所述飞翔主体相对于所述参考点的(a)姿态;或(b)位置,并且,
  - 其中,所述控制单元被配置为基于所述数据控制所述至少一个致动器。
2. 根据权利要求1所述的用于控制飞行的设备,其中所述评估单元被配置为评估表示机械力的所述数据以便提供表示如下各项中至少一个的数据:所述飞翔主体相对于所述参考点的(a)姿态;或(b)位置。
3. 根据权利要求2所述的用于控制飞行的设备,其中所述传感器包括力传感器,用于确定所述机械力,可操作地连接到所述感测单元。
4. 根据权利要求1所述的用于控制飞行的设备,包括:
  - 可操作地连接到所述评估单元的存储器单元,所述存储器单元中存储有与所述机械设备的属性有关的第一数据,和
  - 与所述飞翔主体的属性有关的第二数据,其中
  - 所述评估单元被配置用于使用所述第一数据或所述第二数据中的至少一个来执行评估,以便提供表示如下各项中至少一个的所述数据:所述飞翔主体相对于所述参考点的(a)姿态;或(b)位置。
5. 根据权利要求1所述的用于控制飞行的设备,还包括:
  - 主动安全装置和/或被动安全装置。
6. 用于操作根据权利要求1所述的用于控制飞行的设备的方法,所述方法包括如下步骤:
  - 控制所述至少一个致动器以使得所述飞翔主体飞行远离所述参考点,
  - 通过传感器获取表示如下各项中至少一个的数据:飞翔主体的加速度、姿态或旋转速率,感测施加到所述机械设备的机械力;向所述评估单元提供表示施加到所述机械设备的机械力的数据,以及
  - 使用所述评估单元通过使用所述飞翔主体的加速度确定所述绳中的张力,并且通过使用所计算的绳中的张力和所述飞翔主体的加速度来确定所述飞翔主体相对于所述参考点

的仰角和所述飞翔主体的姿态，

其中，所述方法还包括附加步骤：

使用所述评估单元来提供表示如下各项中至少一个的数据：所述飞翔主体相对于所述参考点的 (a) 姿态；或 (b) 位置；以及

向所述控制单元提供所述数据，并且其中所述控制单元基于数据评估的结果执行对所述至少一个致动器的控制。

7. 根据权利要求6所述的方法，还包括如下步骤：在所述飞翔主体和用户之间使用机械设备，其中机械力被施加到所述机械设备以便跨信道进行通信。

8. 根据权利要求6所述的方法，其中所述飞翔主体还包括摄像机，并且所述方法还包括捕获空中图像的步骤。

9. 根据权利要求6所述的方法，其中所述评估单元执行如下步骤：使用表示施加到所述机械设备的机械力的所述数据来提供表示如下各项中至少一个的数据：所述飞翔主体相对于所述参考点的 (a) 姿态；或 (b) 位置。

10. 根据权利要求6所述的方法，还包括如下步骤：

记录与所述机械设备的属性有关的第一数据，和

记录与所述飞翔主体的属性有关的第二数据，和

使用所述第一数据或所述第二数据中的至少一个来在所述评估单元处执行评估，以便提供表示如下各项中至少一个的所述数据：所述飞翔主体相对于所述参考点的 (a) 姿态；或 (b) 位置。

11. 根据权利要求6所述的方法，还包括如下步骤：

评估所感测的机械力以便提供评估结果；和

向所述控制单元提供所述评估结果，并且其中控制所述至少一个致动器的所述步骤基于所述评估结果来执行。

12. 根据权利要求6所述的方法，其中所述方法包括如下步骤：

通过把一个或多个力施加到所述机械设备来与所述参考点通信，其中所述至少一个致动器由控制单元控制以使得所述飞翔主体把所述一个或多个力施加到所述机械设备。

13. 根据权利要求6所述的方法，还包括如下步骤：

在所述控制单元接收与如下各项中的至少一个有关的数据：被施加到所述机械设备的力的方向、量值或时序，其中

控制单元执行如下步骤：控制所述飞翔主体以使得所述飞翔主体执行预定机动，其中所述预定机动与它接收的数据相关联。

## 具有用于定位和交互的绳组件的飞行摄像机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及空中成像,尤其涉及装备有旋转翼和绳组件的飞行摄像机,并且涉及其定位、稳定和与其交互。

### 背景技术

[0002] 目前,大多数数字摄像机的操作受到在操作员手臂长度所达到的范围之内的视点的限制。

[0003] 为了解决这个问题,已经提出了各种解决方案,包括飞行的和非飞行的两者。然而,当前飞行解决方案通常难以控制、要求飞行员培训和经验以从期望视点成功获得图像。它们还非常易于受到风的影响并且易于丢失和与高物体(诸如树、电力线或房屋)碰撞。现有的非飞行解决方案(诸如可扩展杆)特别依赖于支撑元件(像杆、柱或基台),其导致复杂的、昂贵的、笨重的或其它不实际的解决方案。它们通常不昂贵并且易于使用,但是运输麻烦并且极其限制可能的视点。

### 发明内容

[0004] 根据本发明,针对空中成像的先前方法的限制已被基本减小或消除。具体来说,本发明目标是提供改进的系统和方法用于飞翔主体(volitant body)的位置和姿态稳定,飞翔主体包括使用绳组件的飞行摄像机。此外,本发明目标是提供改进的用户交互以用于包括飞行摄像机的飞翔主体。

[0005] 在本发明的情境中,这样的用户交互通常实现用户意图翻译以执行飞翔主体的动作或改变飞翔主体的操作。这通常通过用户的特定物理动作(例如拉绳)并且通过飞翔主体的特定物理动作(例如向后拉相同的绳)实现。在本发明的情境中,用户交互包括但不限于:由用户或由飞翔主体或由这两者施加的力、用户对开关或按钮的激活、来自用户或来自飞翔主体的视觉或听觉信号、或者上面的预编码序列和样式。

[0006] 根据本发明的第一方面,其提供一种设备,包括:飞翔主体,包括至少一个致动器;控制单元,用于控制所述致动器;和机械设备,用于可操作地把所述飞翔主体连接到距所述飞翔主体遥远的参考点。

[0007] 飞翔主体优选地包括用于飞行的装置。

[0008] 优选地,至少一个致动器被配置为驱动所述用于飞行的装置。

[0009] 优选地,所述飞翔主体还包括摄像机。

[0010] 可操作连接可以具有机械性质。

[0011] 优选地,所述机械设备把所述飞翔主体以机械方式连接到参考点。

[0012] 所述机械设备可以可操作地连接到所述控制单元。

[0013] 所述设备可以包括评估单元,其可操作为向所述控制单元提供表示如下各项中至少一个的数据:所述飞翔主体相对于所述参考点的(a)姿态;或(b)位置,并且其中所述控制单元被配置为基于所述数据控制所述至少一个致动器。

[0014] 在本申请中,姿态意指刚性主体相对于惯性坐标系的旋转的完全定义,即所述主体在所有三维中的定向。示例性惯性坐标系是通常使用的局部重力-地参考东北天坐标系。

[0015] 优选地,评估单元被包括在机械设备中并且优选地被定位在飞翔主体上。由评估单元提供的所述数据优选地基于施加到所述机械设备的机械力。

[0016] 优选地,评估单元被定位在飞翔主体上。

[0017] 所述设备还可以包括:感测单元,可操作为向所述评估单元提供表示施加到所述机械设备的机械力的数据。优选地,所述机械设备包括所述感测单元。

[0018] 优选地,所述感测单元被定位在所述飞翔主体上。

[0019] 所述感测单元可以以机械方式连接到所述飞翔主体。

[0020] 所述设备可以包括:力传感器,用于确定所述机械力,可操作地连接到感测单元。优选地,所述机械设备包括所述力传感器。

[0021] 优选地,所述力传感器被定位在所述飞翔主体上。

[0022] 所述设备可以包括用于提供表示如下各项中至少一个的数据的传感器:飞翔主体的加速度、姿态或旋转速率,所述传感器可操作地连接到感测单元。所述设备可以包括用于提供表示所述飞翔主体相对于所述参考点的所述位置的数据的传感器,所述传感器可操作地连接到感测单元。

[0023] 所述设备可以包括可操作地连接到所述评估单元的存储器单元,存储器单元中存储有与所述机械设备的属性有关的第一数据和与所述飞翔主体的属性有关的第二数据,其中所述评估单元被配置用于使用所述第一或第二数据中的至少一个来执行评估,以便提供表示如下各项中至少一个的所述数据:所述飞翔主体相对于所述参考点的(a)姿态或(b)位置。

[0024] 所述设备还可以包括主动安全装置和/或被动安全装置。

[0025] 所述设备还可以包括主动用户交互装置和/或被动用户交互装置。

[0026] 优选地,所述机械设备限定用户交互装置。

[0027] 根据本发明的另一方面,其提供了任何上面提到的机械设备基于施加到机械设备的机械力作为通信信道的用途。

[0028] 根据本发明的另一方面,其提供了任何上面提到的机械设备用于空中成像的用途。

[0029] 根据本发明的另一方面,其提供了用于操作任何上面提到的机械设备的方法,所述方法包括如下步骤:控制所述至少一个致动器以使得所述飞翔主体飞行远离所述参考点。

[0030] 优选地,控制所述至少一个致动器的步骤使用机械设备来完成。

[0031] 所述方法可以包括如下附加步骤:

[0032] 使用评估单元来提供表示如下各项中至少一个的数据:所述飞翔主体相对于所述参考点的(a)姿态;或(b)位置;以及

[0033] 向所述控制单元提供所述数据,并且其中所述控制单元基于所述数据评估的所述结果执行对所述至少一个致动器的控制。

[0034] 所述方法可以包括如下步骤:

[0035] 感测施加到所述机械设备的机械力;向所述评估单元提供表示施加到所述机械设

备的机械力的数据,并且其中所述评估单元执行如下步骤:使用表示施加到所述机械设备的机械力的所述数据来提供表示如下各项中至少一个的数据:所述飞翔主体相对于所述参考点的(a)姿态;或(b)位置。

[0036] 所述方法还可以包括如下步骤:

[0037] 记录与所述机械设备的属性有关的第一数据,和

[0038] 记录与所述飞翔主体的属性有关的第二数据,和

[0039] 使用所述第一或第二数据中的至少一个来在评估单元处执行评估,以便提供表示如下各项中至少一个的所述数据:所述飞翔主体相对于所述参考点的(a)姿态;或(b)位置。

[0040] 所述方法还可以包括如下步骤:

[0041] 感测施加到所述机械设备的机械力,和

[0042] 评估所感测的机械力以便提供评估结果;

[0043] 向所述控制单元提供评估结果,并且其中控制所述至少一个致动器的所述步骤基于所述评估结果来执行。

[0044] 优选地,机械力在参考点被施加到机械设备。

[0045] 优选地,评估结果可以包括表示如下各项中至少一个的数据:力的量值、力的量值的改变、力的方向和/或力序列。

[0046] 评估或控制步骤中的至少一个可以包括如下步骤:用户与机械设备交互。

[0047] 优选地,用户与机械设备交互的步骤包括:用户向机械设备施加一个或多个力或者用户减小被施加到机械设备的力。

[0048] 感测机械力的步骤可以包括感测如下各项中的至少一个:机械力的方向、量值或时序。

[0049] 所述方法可以包括如下步骤:

[0050] 通过把一个或多个力施加到所述机械设备来与所述参考点通信,其中所述至少一个致动器由控制单元控制以使得所述飞翔主体把所述一个或多个力施加到机械设备。

[0051] 控制所述至少一个致动器的步骤可以包括如下各项中的至少一个:执行紧急机动、执行主动机动、检测连续用户输入、或检测并行用户输入。

[0052] 根据本发明的另一方面,其提供了在评估单元中实施的、计算飞翔主体相对于参考点的姿态或相对位置中至少一个的方法。所述方法可以包括:第一步骤,从安装在所述飞翔主体上的惯性传感器接收第一数据。可选地,所述方法可以包括第二步骤,从包括以前数据或计算的存储器单元取回第二数据。所述方法可以包括如下步骤:使用所述第一和/或第二数据以便:(a)预测飞行器的瞬时运动,和(b)计算飞翔主体相对于参考点的近似位置和/或飞翔主体的姿态。可选地,可以使用关于设备的动态特性的现有知识来改进这个预测和计算。附加传感器(诸如绳长度传感器、压力传感器、距离传感器或其它传感器)可以被用于以计算严格方式进一步增强测量。所述方法可以包括如下步骤:以数学方式组合瞬时运动预测和近似测量以产生相对于参考点的飞翔主体姿态和/或飞翔主体位置估计中的至少一个。

[0053] 上面的评估单元为本发明的特定实施例提供技术优势,包括允许消除对任何外部基础设施(诸如可见或无线电磁信标或GPS系统)的依赖性。

[0054] 另外,与所述机械设备组合的所述评估单元实现了另外的性能增强特征,诸如对

致动器或飞行参数的连续校准或者对外部力(诸如风)的估计。

[0055] 根据本发明的另一方面,其提供了用于飞翔主体的稳定或受控飞行的方法,其中所述飞翔主体包括可操作地连接到所述飞翔主体的控制单元和被配置为驱动飞行装置的至少一个致动器。所述方法可以包括:在控制单元处接收来自所述评估单元的数据,其中所述数据指定如下各项中的至少一个:飞翔主体的姿态、飞翔主体的瞬时运动、或飞翔主体相对于参考点的位置。所述方法可以包括操作所述控制单元以访问存储器单元,从而取回所存储的信息。优选地,所取回的信息可以包括致动器校准、飞行参数、预定义控制行为或轨迹。所述方法可以包括如下步骤:操作所述控制单元以便计算针对至少一个致动器的适当命令并且把命令发送给(一个或多个)所述致动器。此外,所述控制单元可以把所述致动器命令返回给所述评估单元。

[0056] 优选地,飞翔主体是根据上面提到的设备中任何一个的设备的飞翔主体。

[0057] 把在所述控制单元中实施的方法与由所述评估、感测和/或存储器单元实施的方法并且与由所述机械设备施加的约束组合的步骤提供了技术优势。这些优势包括有利的系统稳定性、抵抗各种影响(诸如阵风)的更好可靠性、或抵抗参考点快速移动的更好可靠性。所述组合允许飞翔主体即使在有挑战的条件下也保持受控飞行,诸如当被附接到快速移动的参考点(诸如滑雪者、船或汽车)时。

[0058] 根据本发明的另一方面,其提供了一种用于与飞翔主体进行交互的方法,其中所述飞翔主体包括:

[0059] 控制单元,以可操作方式连接到所述飞翔主体;

[0060] 和机械设备,用于以可操作方式把所述飞翔主体连接到距离所述飞翔主体遥远的参考点,所述方法包括如下步骤:

[0061] 在所述控制单元接收与如下各项中的至少一个有关的数据:被施加到所述机械设备的力的方向、量值、或时序,

[0062] 其中所述控制单元执行如下步骤:控制所述飞翔主体以使得飞翔主体执行预定义机动,其中所述预定义机动与其接收的数据相关联。优选地,飞翔主体是根据上面提到的设备中任何一个的设备的飞翔主体。

[0063] 根据本发明的再另一方面,其提供了一种用于与飞翔主体进行交互的方法,其中所述飞翔主体包括

[0064] 控制单元,以可操作方式连接到所述飞翔主体;

[0065] 评估单元,以可操作方式连接到所述飞翔主体;以及

[0066] 机械设备,用于以可操作方式把所述飞翔主体连接到距离所述飞翔主体遥远的参考点,所述方法包括如下步骤:

[0067] 在所述评估单元接收与如下各项中的至少一个有关的数据:被施加到所述机械设备的力的方向、量值或,其中

[0068] 评估单元评估所述数据,与来自所述存储器单元的数据组合,从而以计算方式检测力的方向、量值或中至少一个的特定序列或样式。

[0069] 所述评估单元可以同时命令控制单元变更其操作以便例如在用户交互期间向用户提供触觉反馈。

[0070] 评估单元的评估结果可以被发送给控制单元以便可选地执行如下各项中的至少

一个：飞翔主体的内部状态的改变、特定动作的执行或当前操作模式的变更。优选地，飞翔主体是根据上面提到的设备中任何一个的设备的飞翔主体。

[0071] 组合所述评估单元、控制单元和机械设备的步骤由此允许在不需无线电通信或复杂配置和编程的情况下的飞翔主体的受控、用户交互飞行。所述飞翔主体可以利用简单任务被直观地起动和操作，诸如通过施加到绳的自然用户手势实施的空中摄影。此外，所述组合使得飞翔主体的新通信信道能够把信息传递回用户，诸如例如通过在特定条件（诸如特定电池水平或给定任务（诸如全景摄影调查）完成）下在绳上施行特定样式或序列的力。

[0072] 本发明的特定实施例的技术优势甚至可以允许所有年龄的无经验用户从广范围的视点安全地捕获图像，而不需要专门支撑元件。例如，本发明可以允许最小化或消除当前空中成像中固有的起因于碰撞、机械或电气失效、电子故障、操作员错误或有害的环境条件（诸如风或湍流）的风险。

[0073] 本发明的特定实施例的其它技术优势可以允许在广泛的各种操作条件和环境中的更容易的操作。这甚至可以允许无经验用户、年轻用户或自动/半自动/用户控制的基台执行当前由有经验人类飞行员利用有人操纵和无人操纵的飞行器执行的任务。对于人类飞行员的需要严重限制在许多应用中飞行器的成本有效性、可能的操作条件和飞行耐久性。例如，甚至有经验的人类飞行员也不能确保在许多真实世界操作条件（包括风和湍流）中安全和高效控制。

[0074] 本发明的特定实施例的再其它技术优势可以允许它根据各种情境中各种应用的特定需要而被调整。示例性应用包括：社区的业余爱好者平台，诸如DIY遥控无人驾驶飞机（Drone）；主动研究飞行平台或使用它们作为他们的课程的部分的群组的研究平台；具有各种要求的军事用途，各种要求诸如是生存能力、能源自主性、可检测性、或在极端条件（天气、照明条件、污染）下的操作；玩具，诸如小飞行器；包括根据音乐和灯光设置的编舞的舞台表演或要求与剧场演员进行交互的剧场表演；类似于风筝用途的休闲用途；工业或公共服务应用（例如对工业场所的监督和监视、摄影测绘、调查）；专业空中摄影或电影摄影；或者民用基础设施的检查和监视，其可能要求危险或重复的任务。具体来说，特定技术优势允许本发明被装备有各式各样的传感器。例如，红外传感器允许实施例检测果园中干燥土地的小块地或用于作物监视。

[0075] 对于本领域技术人员来说，根据那些附图、描述和权利要求，本发明的其它技术优势将是容易地显而易见的。此外，虽然特定优势已经在上面列举了，但是各种实施例可以包括所列举优势中的所有、一些或完全没有。

## 附图说明

[0076] 仅通过示例的方式参考附图描述了本发明，附图图示本发明的示例性实施例：

[0077] 图1示出用户使用绳控制飞行摄像机的第一实施例；

[0078] 图2示出示例性控制方法的框图；

[0079] 图3示出飞行模块及其各部分的框图；

[0080] 图4示出用于解释使用飞行摄像机的过程的流程图；

[0081] 图5示出用于解释通过使用绳与飞行摄像机进行用户交互的框图；

[0082] 图6示出飞行摄像机的另一实施例，其在相反旋转螺旋桨配置和立体摄像机设置

周围具有安全护罩。

### 具体实施方式

[0083] 为了促进对本发明的理解,它在后面被特别参考一系列特定示例性实施例来描述。然而,将被意识到的是,构成本发明基础的原理不限于这些特定实施例。相反地,这些原理可以与许多系统组合以便使用机械设备定位飞翔主体、稳定飞翔主体、与飞翔主体交互和控制飞翔主体。

[0084] 此外,本发明的各种特征在其针对飞行摄像机和针对空中成像的样本应用的实施方式的情境中不时被描述。这些特征同样可适用于其它类型的飞翔主体、其它传感器和其它应用。因此,后面描述的实施方式的特定方面决不应当被视为把本发明的适用性限制到这些飞翔主体、这些传感器或任何特定应用。

[0085] 概述和典型使用模式

[0086] 图1示出本文描述的本发明的典型使用场景的示例。用户108持有机械设备的用户端(在这里是简单绳组件,由单条绳106构成)。绳106连接到飞翔主体(在这里是飞行摄像机102),飞翔主体使用典型的直升机配置来升高并且稳定自身:推进/稳定系统104,包括用于升高和横向稳定的主要、装备旋转斜盘的旋转翼和用于偏转稳定的小的辅助尾部螺旋桨。

[0087] 绳106使得飞行摄像机102相对于参考点126(在这里接近用户108)执行精确定位和稳定。此外,绳106使得用户108能够与飞行摄像机102通信(并且反之亦然)。这样的用户交互可以例如包括把绳拉到期望的方向上。这个交互可以通过例如使用安装在飞行摄像机102上并且附接到绳106的方向力传感器124以及被附接到飞行摄像机102的主体的飞行模块128(包括例如感测单元、评估单元、存储器单元或控制单元)来完成。

[0088] 为了方便解释与飞行摄像机102的交互模式,图1中的应用被当做空中成像来理解:也即是,用户试图完成如下最终目标:从期望视点(通常从升高的位置)收集图像,如由装备有摄像机110的飞行摄像机102所实现的那样。

[0089] 定位和稳定

[0090] 本发明基本上减少或消除分别相对于全局坐标系114和参考点126恢复飞行摄像机102的姿态和位置的问题。为了清楚,下面的解释讨论二维(2D)情况。然而,本发明推广到并且可用于三个空间维度(3D)。

[0091] 作用在飞行摄像机102的质心122上的主要力是重力 $F_g$ 、由旋转翼生成的推进力 $F_p$ 和受用户108拉动的绳力 $F_s$ 。角 $\alpha$  116标示用户108和飞行摄像机102之间的角。角 $\beta$  118标示重力 $F_g$ 的方向和飞行摄像机102的“向上”方向 $Z_b$ 的角。

[0092] 在非附接到地的典型飞翔主体(诸如飞行器)上,惯性传感器不能针对一阶提供角 $\alpha$  116和 $\beta$  118的绝对测量值。诸如气动阻力之类的二阶效应可以在一些条件下实现这样的测量但是不提供盘旋飞行的角信息。本发明允许克服这一限制。

[0093] 这可以像下面那样实现。飞行摄像机102被装备有传感器(例如磁力计、加速度计、陀螺仪)并且使用绳106连接到固定坐标系114,该传感器提供表示飞行摄像机102的加速度、姿态或旋转速率中至少之一的数据。假设拉紧的绳106、准确传感器测量和飞行摄像机102的已知几何形状,人们制定出飞行器件的设置数学模型。具体来说,人们利用如下知

识：作用在飞行摄像机102的质心120上的基础力120、由拉紧的绳106施加的机械约束以及 $\alpha$  116、 $\beta$  118、 $F_p$ 和 $F_g$ 之间产生的代数关系(如图1中所示)。产生的与主体参考坐标系  $(x_b, z_b)$  调准的加速度计测量值 $a_x$ 和 $a_z$ 分别是：

$$[0094] \quad a_x = -F_s \sin(\alpha - \beta)$$

$$[0095] \quad a_z = F_p - F_s \cos(\alpha - \beta)$$

[0096] 因为绳是拉紧的,所以在绳方向上的力一定是相等的：

$$[0097] \quad F_s = F_p \cos(\alpha - \beta) - g \cos \alpha + l \dot{\alpha}^2$$

[0098] 其中 $l$ 是绳长度。

[0099] 上面的数学模型描述作用在主体上的所测量的特定力是 $\alpha$  116、 $\beta$  118、 $F_p$ 和 $F_g$ 的函数,该数学模型然后以闭合形式或在数值上被反演(invert),例如通过以规则间隔对模型进行采样。通过惯性传感器产生的对 $F_g$ 矢量的间接观测提供重力矢量的绝对测量值,并且因此,提供角 $\beta$  118的绝对测量值。换句话说,上面的方法允许评估单元基于由绳及其惯性传感器施加的物理约束来确定重力方向,其继而允许控制单元稳定飞行摄像机102的姿态并且保持飞行和可控。

[0100] 在一个方案中,我们假设上述的向心项 $l \dot{\alpha}^2$ 是可忽略的。给定标称 $F_p$ 和加速度计测量值  $a_x$ 和 $a_z$ ,我们可以恢复张力 $F_s$ 和两个角：

$$[0101] \quad F_s = \sqrt{a_x^2 + (a_z - F_p)^2}$$

$$[0102] \quad \alpha = \arccos\left(\frac{F_p(F_p - a_z)/F_s - F_s}{g}\right)$$

$$[0103] \quad \beta = \alpha - \arcsin(-a_x/F_s)$$

[0104] 要注意在这个计算中存在符号模糊性;评估单元可以通过参考先前 $\alpha$ 和 $\beta$ 的估计值并且还通过使用其它传感器(例如角速率或绳角传感器)来解决这个模糊性,以在给定时间提供先验估计值。

[0105] 当与诸如来自气压高度计的绳长度或飞行器姿态的附加信息组合时,这个技术使得评估单元能够通过利用长度和角之间的简单三角关系(参见针对2D情况的图1)来恢复参考点126和飞行摄像机102之间的相对位置。这可以被控制单元用于例如控制飞行摄像机102、瞄准摄像机110或其组合。

[0106] 如果把绳106附接到飞行摄像机102的力或方向传感器124被安装,则本发明的改进允许更精确定位。具体来说,这样的传感器能够提供将由评估单元使用的数据,以便提供 $\alpha$  116和 $\beta$  118的更可靠估计以及改进与飞行平台的用户交互两者。更具体地,如果飞行摄像机102的高度或绳106的长度已知(例如存储在存储器单元中),或者未知但是保持固定,则这些角估计可以被用于使用评估单元来产生姿态和/或位置估计。特别地,位置和/或姿态可以是部分(例如,在圆形上的位置或沿特定方向的线的位置;在平面中的方向或沿单个轴倾斜)或全3D位置和/或姿态。它们可以允许控制单元主动稳定飞行摄像机102相对于参考点126的姿态和/或位置。这通过利用3D中的长度和角的三角关系来实现(参见针对2D情

况的图1)。

[0107] 此外,这里公开的姿势估计技术与诸如来自基于卫星的全球定位系统、基于信标的位置和姿态测量系统或其它的其它测量组合。例如,来自安装在飞行摄像机102上的附加偏转姿态传感器(诸如磁力计)的数据可以被用于允许评估单元产生全3D位置和姿态估计。这通过利用长度和角(包括飞行器姿态相对于用户或另一参考坐标系(诸如3D的GPS坐标)的角)的三角关系来实现。这可能在要求飞行摄像机独立于用户的移动而面对给定方向的应用中是尤其有用的。

[0108] 上面描述的方法不限于特定飞行配置,诸如图1中示出的直升机配置。导致角 $\beta$  116和 $\beta$  118恢复的分析可以被示出为在适当的操作条件下具有良好的可靠性,意味着所描述的发明在风条件下或当参考点126正在移动时(诸如被移动的人持有或附接到移动车辆或附接到移动基台)仍然可用。另外,虽然参考惯性传感器解释了感测,但是上面描述的方法在使用提供表示姿态或位置的数据的其它传感器时也同样适用。此外,该方法不限于使用单条绳并且许多其它机械设备是可能的。

[0109] 图2示出可以用于稳定飞行摄像机102的示例性控制方法的框图。在控制方法的操作期间,数值方法(通常实施在评估单元中的“状态估计器”204)被用于根据传感器的测量值形成对飞行摄像机102的状态的估计,该传感器用于提供表示如下各项中至少一个的数据:飞行摄像机102的加速度、姿态或旋转速率,并且可选地,该传感器是作用在飞行摄像机的绳附接点124上的力传感器。此外,可以使用存储器单元。依赖于特定要求和使用情况,现有技术中已知的可以用于形成估计值的各种方法包括一个或多个龙伯格(Luenberger)观测器、卡尔曼滤波器、扩展卡尔曼滤波器、无迹卡尔曼滤波器和粒子滤波器以及它们的组合。适当的板上传感器结合(通常实施在评估单元中)还可以提供抵抗无效模型假设(诸如暂时放松的绳)的操作故障可靠性,从而提供有效的短时间帧估计值并且允许如果必要将被激活的紧急过程。

[0110] 基于状态估计204,反馈控制方法206、208(通常实施在控制单元中)向至少一个致动器210提供控制输入,依赖于本发明的实施例,致动器210可以由旋转翼、旋转斜板、控制表面或用于施加力和/或扭矩到飞行摄像机102的其它装置构成。反馈控制被设计成控制位置206和姿态208,如由主体坐标系112描述的那样,并且可以由并联或级联的反馈控制环构成。依赖于特定要求和使用情况,可以用于计算飞行致动器控制信号的方法包括线性或非线性状态反馈、模型预测控制和模糊控制。

[0111] 作为示例性实施例,考虑在垂直2D平面中操作的飞行器,接收标称总体推力 $F_p$ ,和期望的角速率 $\dot{\beta}^*$ 。用于保持期望绳角 $\check{\alpha}$ 的一个可能的控制法则是级联控制器,其中期望的绳角加速度 $\ddot{\alpha}^*$ 被首先计算,以便然后被变换成期望的飞行器角 $\beta^*$ ,其中继而产生 $\dot{\beta}^*$ :

$$[0112] \quad \ddot{\alpha}^* = \frac{1}{\tau_s^2(\check{\alpha} - \alpha)} - \frac{2\zeta_s}{\tau_s} \dot{\alpha}$$

[0113] 其中  $\tau_s$  和  $\zeta_s$  是调谐因子,对应于闭环绳角系统的期望时间常数和期望斜率。然后,期望的飞行器角和角速率可以被计算如下:

$$[0114] \quad \beta^* = \alpha - a \sin((g \sin \alpha - l \ddot{\alpha}^*)/F_p)$$

$$[0115] \quad \dot{\beta} = 1/\tau_v (\beta^* - \beta)$$

[0116] 其中 $\tau_v$ 也是调谐参数。

[0117] 状态估计204(具体为恢复的 $F_s$ 值)也可以被用作通信信道或者用于检测用户与飞行摄像机交互。用户命令检测212检测状态信息(例如飞行器在飞行、飞行器在照相)与预定义或以计算方式获知的交互样式(例如对绳的三个快速拖曳、两个强拖曳然后侧向长拉动)的匹配。基于所检测的样式,反馈控制方法(通常实施在控制单元中)206、208被提供有表示用户108提供的命令的数据。该命令还被转发到摄像机控制系统214,因此允许用户108独立控制飞行摄像机102和摄像机110的行为。实施在用户命令检测系统212中的用户交互系统在下面的章节中被进一步详述。

[0118] 图3示出飞行模块128及其各部分的框图,包括控制单元302、评估单元304、感测单元306和存储器单元308。飞行模块接收传感器信息作为输入并且把数据提供给致动器。

[0119] 依赖于特定要求和使用情况,可以使用多个评估单元、感测单元、存储器单元和控制单元。类似地,多个步骤(例如与表示位置和/或姿态的数据有关的步骤以及与表示用户交互的数据有关的步骤两者)可以在单个单元中被执行。

[0120] 感测单元被用于处理传感器信息。例如,它们可以处理从传感器(诸如加速度计、陀螺仪、磁力计、气压计、温度计、湿度计、缓冲器、化学传感器、电磁传感器或麦克风(全都未示出))接收的信息。例如,感测单元可以处理信息以提取关于由飞翔主体(诸如飞行摄像机)与参考点的机械连接引起的力的数据。这样的力可以例如由受到绳约束的飞行器、用户对绳的拖曳或干扰(诸如由风或电机故障引起的那些)引起。感测单元还可以被用于检测表示施加到机械设备(诸如绳)的机械力的数据的样式,以便使用机械设备实现通信信道。此外,感测单元还可以处理来自飞行摄像机102上的一个或多个摄像机110、608的信息。

[0121] 评估单元用于评估数据。例如,它们可以评估表示相对或绝对位置两者的数据,尤其GPS传感器、视觉里程计/SLAM、回归反射定位系统、激光测距仪、WiFi定位系统、气压高度计和磁变仪(variometer)、或超声传感器(全部未示出)的数据。例如,它们可以使用表示由感测单元提供的机械力的数据来推断表示飞翔主体(诸如飞行摄像机)相对于参考点的位置和姿态的数据。

[0122] 存储器单元被用于存储数据。例如,它们可以被用于存储关于过去传感器读数、操作状态或用户命令以及飞行摄像机102和绳106的属性的数据。

[0123] 控制单元被用于控制致动器。例如,通过生成针对飞行致动器(例如空气推进系统104)以及其它致动器(例如摄像机110变焦/摇动/倾斜电机)的控制输出,它们可以允许主动(和被动)自稳定。这些控制输出可以独立于由评估单元提供的表示位置和姿态的数据而被生成。

[0124] 用户交互

[0125] 经由可选的力传感器124的直接测量或对由绳106施加的力 $F_s$ 的估计可以使得评估单元304能够经由施加到绳106的物理力检测与飞行摄像机102的用户交互。可选地,为了允许从飞行摄像机102到用户的通信,控制单元302可以被配置为通过控制飞行摄像机102的至少一个致动器来允许用户交互。

[0126] 图4示出针对空中成像的样本应用的与飞行摄像机102的示例性用户交互过程的

流程图。在打开功率开关之后,飞行摄像机102执行自检查402。该检查被设计为在飞行摄像机飞行之前确保飞行摄像机102的所有单元和致动器的正确、安全操作。例如,它可以包括如下检查:所有部件已正确初始化,飞行摄像机响应于绳命令、或电池水平足够用于飞行。此外,自检查402可以包括校准步骤,诸如把器件定位在水平表面上以校准内部惯性传感器或调整所附接摄像机110的白平衡。自检查402还可以包括其它检查,诸如用绳106悬挂该器件以确定它是否具有合适的重量以及相对于其质心122和绳附接点124的重量平衡,或者确定摄像机110或电池包(未示出)的位置是否需要被调整。

[0127] 在成功自检查402之后,飞行摄像机准备好用户释放。依赖于尺寸、重量、被动和主动安全特征或其感觉能力,用户释放404可以以各种方式被执行。例如,用户可以首先在其头上方持有飞行摄像机102,然后通过晃动它两次(通常由评估单元304检测到)来命令它旋转其螺旋桨104,并且然后释放具有集成安全开关604的手柄602。在其它情况中,飞行摄像机102可以从放置在地上或持有在用户手中的基台(未示出)被启动或操作,或者它可以通过简单地把它投掷到高于两米的空中并允许它自动稳定而被启动。

[0128] 然后飞行摄像机102进入盘旋模式406,其中控制单元302通过依赖于从评估单元304接收的数据来向致动器发送适当的命令而稳定其位置。稳定可以相对于参考点、绳、空中、地、或它们的组合。

[0129] 在图4中示出的示例性流程图中,飞行摄像机然后准备基于用户命令执行机动。这样的机动可以通过使用感测单元306检测代表性数据并在评估单元304中处理所述数据(可选地连同来自存储器单元308的数据一起)来触发。

[0130] 机动是期望的飞行器位置、姿态和动作的序列并且通常被存储在存储器单元308中。机动通常通过依赖于从评估单元304接收的数据来发送适当的命令给致动器而执行。简单示例包括“拍照”、“朝拖曳移动”或“降落”。然而,机动还可以包括更复杂的例程,诸如“拍全景照片”,这涉及把飞行器控制到一序列位置并且拍一序列图像。不同于图4中所示的示例,机动还可以包括在没有用户输入情况下执行的全部操作。例如,用户可以在用户界面上选择设置,该设置使得飞行摄像机执行涉及以下各项的机动:自发起飞、飞行到相对于参考点126的设定点、拍一系列照片并且最后返回到起飞位置以自发降落。

[0131] 一旦用户发出降落命令410,该命令通常由评估单元304检测到,控制单元302就命令致动器以使得飞行摄像机102执行降落机动412并且退出程序。

[0132] 图5示出用于与飞行摄像机102用户交互的简单状态机(通常实施在评估单元304中)的示例性实施例。当飞行摄像机102在盘旋时,在地上的用户108可以横向移动参考点126,使得飞行摄像机102执行横向移位机动502。用户还可以释放或收回绳以改变飞行摄像机的姿态504。另外,用户可以使用诸如对绳的短拖曳508(通常由评估单元304基于来自至少一个感测单元306的数据检测到)之类的信号来触发特定动作,诸如拍照片或视频。最后,用户可以使用诸如侧向拖曳之类的信号来告知飞行摄像机102重新定向506。例如拖曳信号可以由评估单元304基于由感测单元306提供的数据并且可选地基于由存储器单元308提供的数据检测到,并且使得控制单元302发送命令到致动器,从而发生重定向。类似地,飞行器可以使用信号来与用户通信,例如代替上面示例中的重定向,控制单元302可以发送命令到致动器以使得通信信号(诸如拖曳信号)被发送到用户。

[0133] 通常由评估单元304检测到的用户交互输入可以包括施加到绳106(例如在其末端

或在参考点126)的力的方向、量值和时序的任何组合。它可以经由在绳附接点124处的力传感器或经由其它传感器(例如加速度计、速率陀螺仪)来测量。它可以通过用户命令检测方法212来识别。这个设置允许丰富和直观的用户界面,从而显著地扩展现有界面,诸如从鼠标点击(其不计及方向和量值)或鼠标手势(其不计及量值)得知的那些。

[0134] 另外,飞行摄像机102可以基于机械力(例如触觉反馈,诸如可触知反馈中使用的机械激励)提供通信信道,以用于参考点处的基台之间的通信或经由绳的用户交互。这可以针对双向通信用于例如向参考点传递关于命令是否已被识别出和命令是否已被正确输入。为了实现这样的通信信道,飞行摄像机的板上控制器可以使用推进系统来例如命令一系列小的急拉(jerk),以经由拉紧的绳反向向用户指示特定触觉消息。作为另一示例,飞行摄像机能够以清晰可感知时间-力样式来执行连续的一系列向上急拉来指示警告或错误条件,诸如低电池或板上存储器已满。例如,绳可以被用作通信信道以用于基于施加到绳的机械力来把用户命令从用户发送到飞行摄像机或把用户反馈从飞行摄像机发送到用户。

[0135] 飞行摄像机还可以经由灯光显示或通过故意执行清楚可理解动作来提供视觉反馈作为对用户命令的视觉响应,从而向用户提供获知必要命令的含义和它们能够被用于的情境。触觉和视觉反馈两者都是直观用户界面的关键组成部分。依赖于飞行摄像机的尺寸和接近度,这样清楚可理解的机动可以通过添加适当的听觉线索来进一步改进,从而进一步改进用户交互的可靠性。触觉、视觉和听觉反馈可以使用飞行摄像机的主致动器(例如其电机)或附加致动器(例如振动器、线性致动器、灯、扬声器)或两者的组合来生成。

[0136] 机动可以是主动或被动的。主动机动通过用户命令检测212来触发并且通过飞行摄像机的控制方法(图2)来操纵。例如飞行摄像机102可以遵循用户命令立即执行单个全受控旋转。被动机动完全是利用物理动态特性的用户交互的结果,物理动态特性由飞行摄像机、绳组件以及其反馈控制系统确定。它们产生于飞行器的稳定行为,并利用标准状态估计的可靠性和控制行为来改变飞行摄像机的状态。例如,用户可以释放附加的绳并且由此允许飞行摄像机飞得更高。

[0137] 机动可以把用户输入视为二进制或连续的。例如,所检测的绳上的力的量值改变可以仅在它超过阈值时触发机动。连续的用户输入也可以用作参数。例如,绳上的力的量值可以被用作侧向移动的期望量或要拍的照片的数量的指示。

[0138] 机动可以被顺序执行或并行执行。例如飞行摄像机可以在完成适合于合成全景图像的一序列照片之前不接收进一步的命令。或者用户可以发出横向移动命令502并且同时收回绳,从而约束飞行摄像机朝用户做螺旋动作。

[0139] 应当注意的是,虽然上面的描述仅通过示例的方式利用示例性实施例列出少量的用户交互情况,但经由绳的可能的用户输入命令、经由绳的飞行摄像机响应和飞行摄像机可能的机动产生大量的可能输入-输出映射和用户交互场景。给定本公开的优点,本领域普通技术人员能够设计涉及用户输入或各种通信信道的适合通信方案(包括基于机械力等)以用于各种各样的应用,在各种各样的实体(包括用于用户、基台等)之间,以及用于除了飞行摄像机之外的各种各样的飞翔主体。

[0140] 另外的示例性实施例

[0141] 图6示出飞行摄像机102的另一示例性实施例。图6的实施例被装备有各种主动和被动安全特征,包括:用于起飞/取回方便的手柄602;安装在手柄上以实现快速、安全起飞

的安全开关604;以及围绕推进系统104的轻但刚性的罩606。

[0142] 依赖于要求和使用情况,可以采用各种其它安全特征。具体来说,飞行摄像机102可以被装备有附加被动安全特征(例如非导电绳组件、预定制动点、碰撞安全螺旋桨、冗余部件)和附加主动安全特征(例如自发障碍躲避、自动稳定、自发起飞/降落、听觉警告、视觉错误指示器、死人开关(deadman switch)、紧急切断开关、备用飞行控制例程(自动/自发“副驾驶”))(全都未示出)以便减小对操作员、对其环境和对飞行摄像机102的风险。

[0143] 图6的实施例被装备有推进系统,包括两个共轴相反旋转的螺旋桨。螺旋桨中的一个或两者都可以被装备有诸如旋转斜盘之类的机构或产生受控扭矩的另一装置(诸如控制力矩陀螺仪)以产生所要求的力或扭矩从而控制飞行摄像机102。

[0144] 此外,依赖于要求和使用情况,可以采用各种其它推进系统。具体来说,飞行摄像机102可以被装备有:副翼;被动稳定转子组件,诸如美国专利7494320中描述的那些;或四轴飞行器、六轴飞行器或其它多转子配置(都未示出),以增加效率和冗余度。

[0145] 图6的实施例示出立体摄像机设置608用于景深使能成像或3D远程呈现应用。通常安装在飞行摄像机102上的摄像机可以是能接收电磁辐射的任何类型的传感器,包括具有主动传感器的那些(例如结构化的灯和投射系统)。

[0146] 在图6的实施例中,飞行模块128被定位在飞行摄像机102上。然而,依赖于要求和使用情况,其部件(包括控制单元、感测单元、评估单元和存储器单元)中的一些或所有也可以被定位在其它地方,包括在参考点126。

[0147] 对于一些实施例,附加功能(诸如无线通信、板上图像处理或电池加热电路(都未示出))可以按需要被添加。另外,可以利用绳106的其它属性,诸如使用它作为光纤通信介质,使用它作为弯曲传感器,使用它升高其它类型的传感器或使用它作为用于测量属性(诸如应变或扭转)的传感器。

[0148] 虽然上面的描述包含许多具体性,但是它们不应当被理解为限制实施例的范围,而是应当理解为仅提供几个实施例中一些的说明。例如,可以使用各种各样的装置来实现升高,包括螺旋桨、机翼、风管(duct)和叶片;所述装置可以按许多配置来组装,包括固定翼、旋转翼和振翼机;绳可以具有各种弹性或包括感测元件。因此,各实施例的范围应当由所附权利要求及其法律等同物确定,而不是由所给出的示例确定。

[0149] 附图标记

[0150] 102-飞行摄像机

[0151] 104-空气推进系统

[0152] 106-绳

[0153] 108-用户

[0154] 110-摄像机

[0155] 112-主体坐标系

[0156] 114-全局坐标系

[0157] 116- $\alpha$ (Alpha)(用户和飞行摄像机之间的角)

[0158] 118- $\beta$ (Beta)(飞行摄像机和重力之间的角)

[0159] 120-作用在飞行摄像机上的力

[0160] 122-飞行摄像机的质心

- [0161] 124-力传感器/绳附接点
- [0162] 126-参考点
- [0163] 128-飞行模块
- [0164] 202-惯性传感器
- [0165] 204-状态估计
- [0166] 206-位置控制
- [0167] 208-姿态控制
- [0168] 210-飞行致动器
- [0169] 212-用户命令检测
- [0170] 214-摄像机控制
- [0171] 216-存储器
- [0172] 218-摄像机致动器
- [0173] 302-控制单元
- [0174] 304-评估单元
- [0175] 306-感测单元
- [0176] 308-存储器单元
- [0177] 402-执行自检查
- [0178] 404-用户释放
- [0179] 406-盘旋
- [0180] 408-用户命令
- [0181] 410-降落
- [0182] 412-降落机动
- [0183] 500-盘旋
- [0184] 502-横向移动
- [0185] 504-上/下移动
- [0186] 506-定向
- [0187] 508-拍照
- [0188] 602-手柄
- [0189] 604-安全开关
- [0190] 606-保护罩
- [0191] 608-立体摄像机。

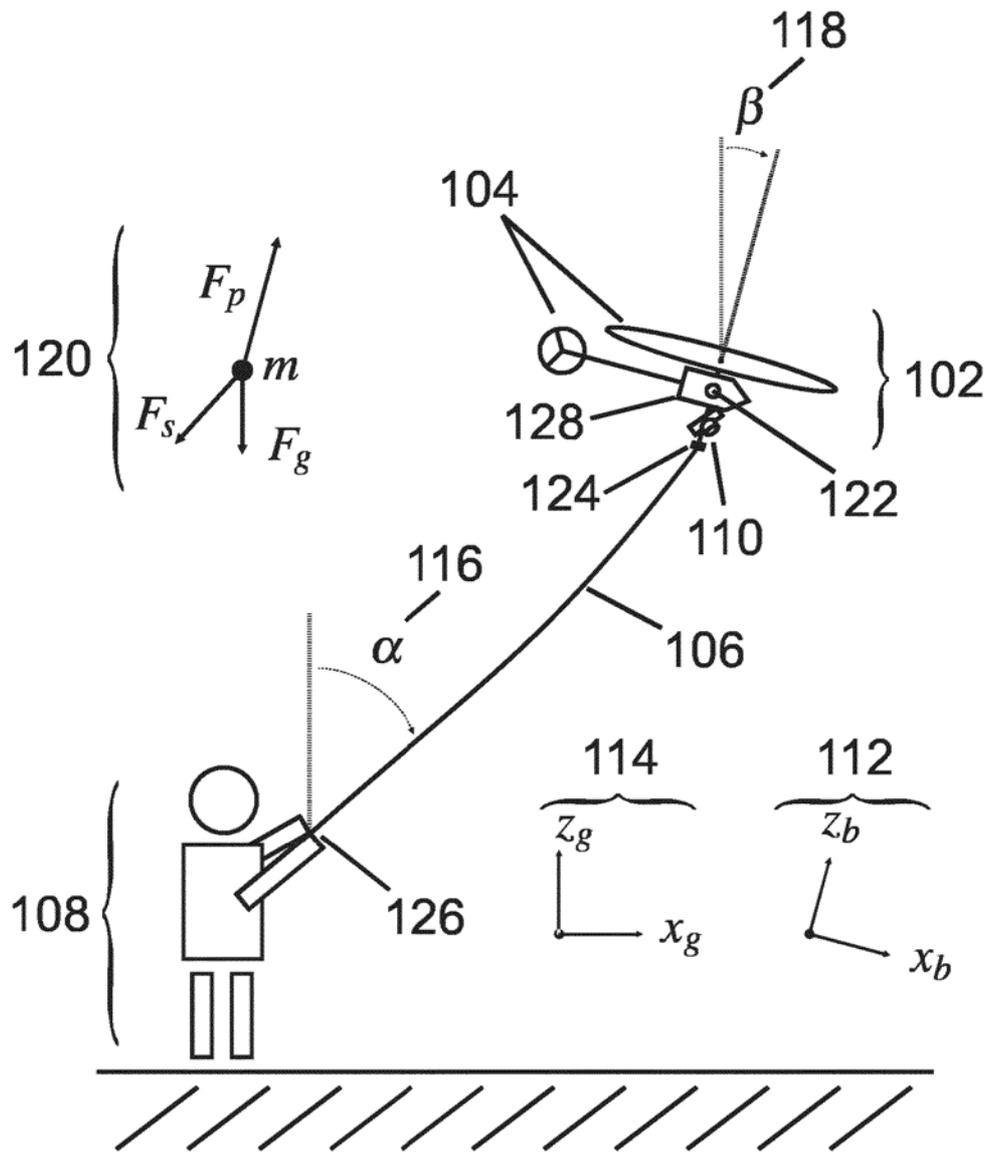


图 1

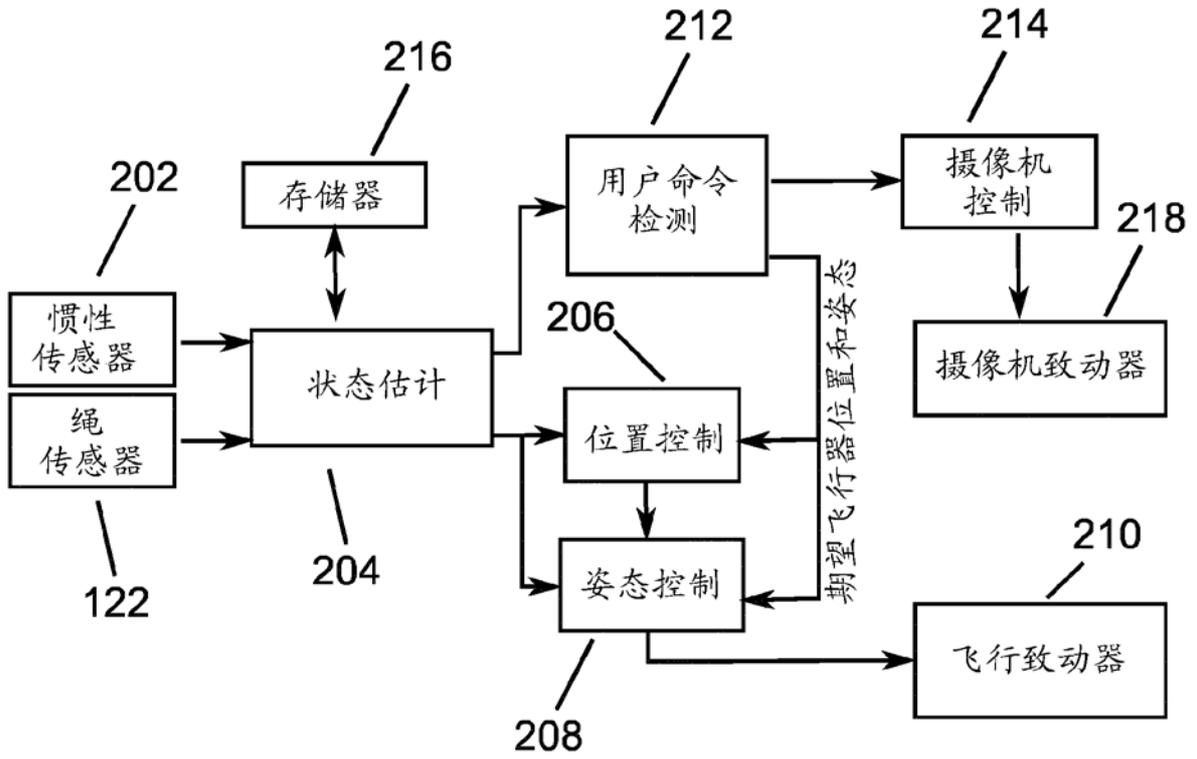


图 2

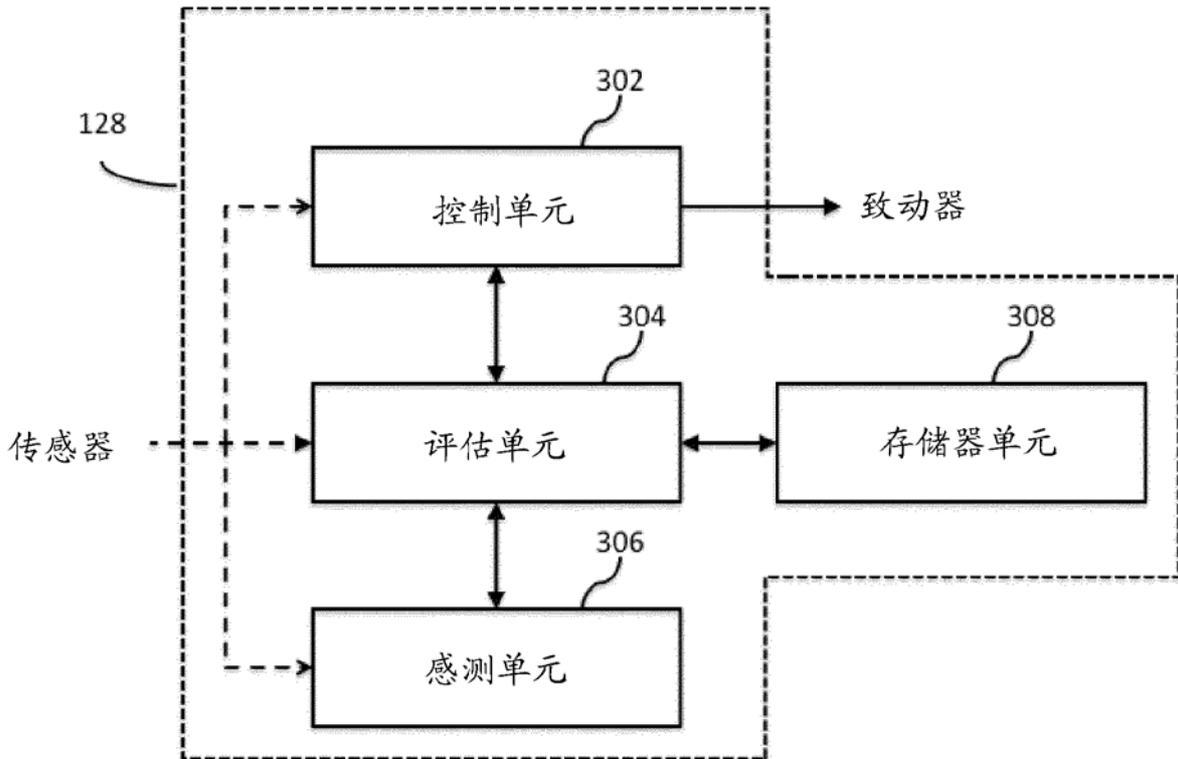


图 3

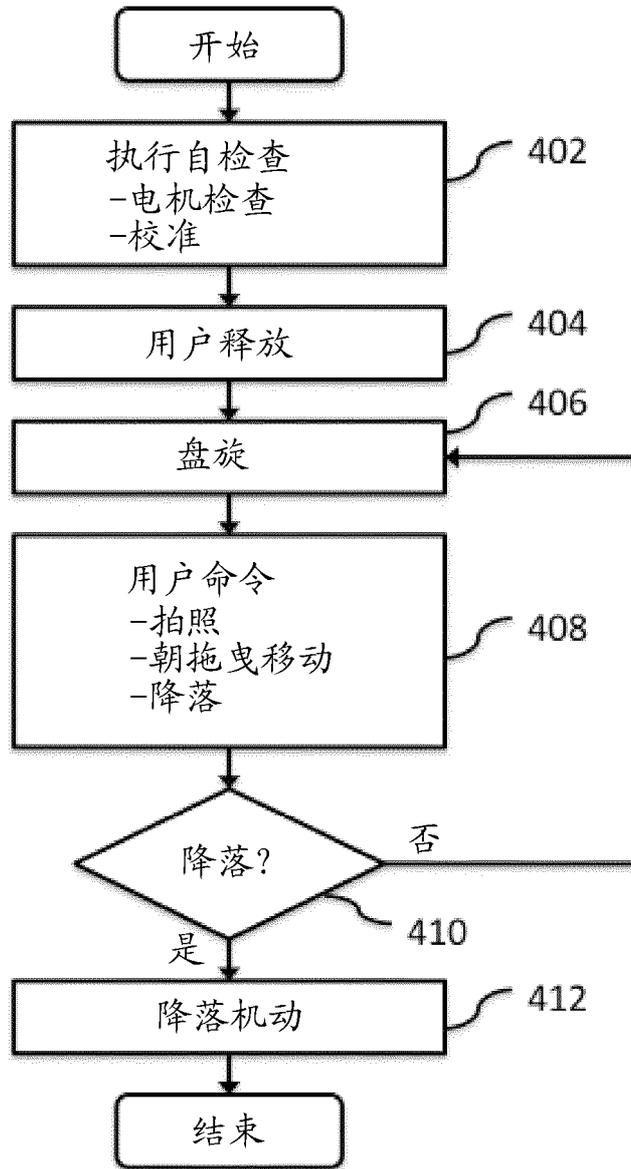


图 4

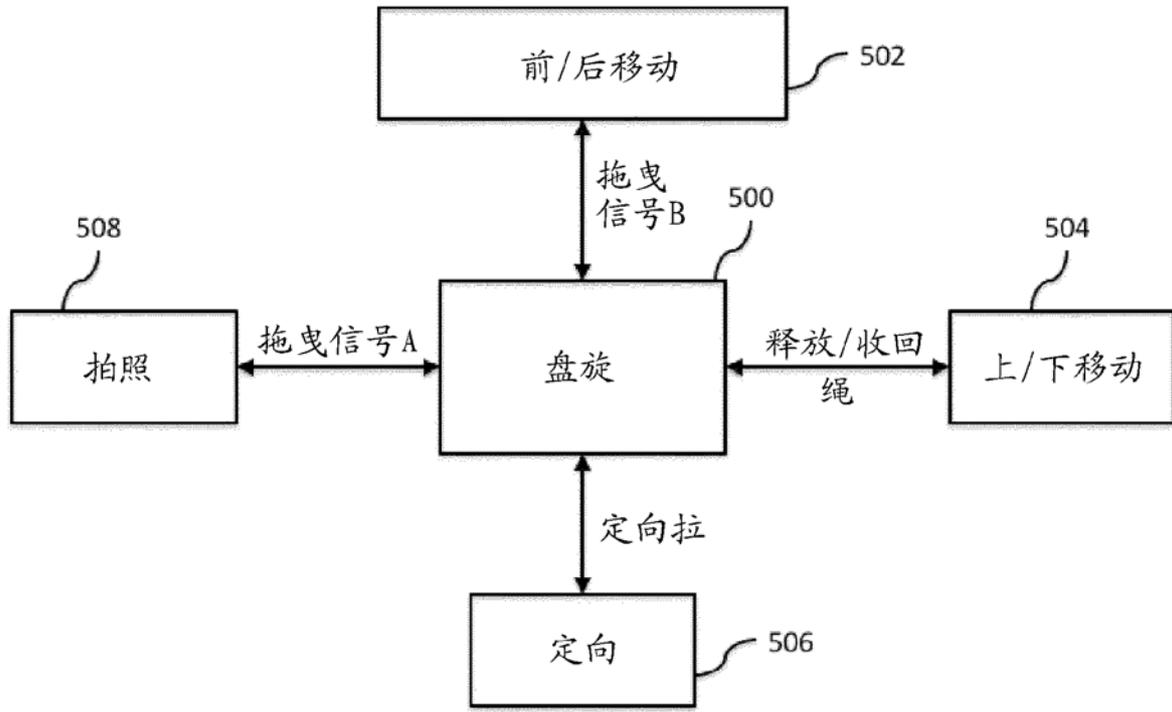


图 5

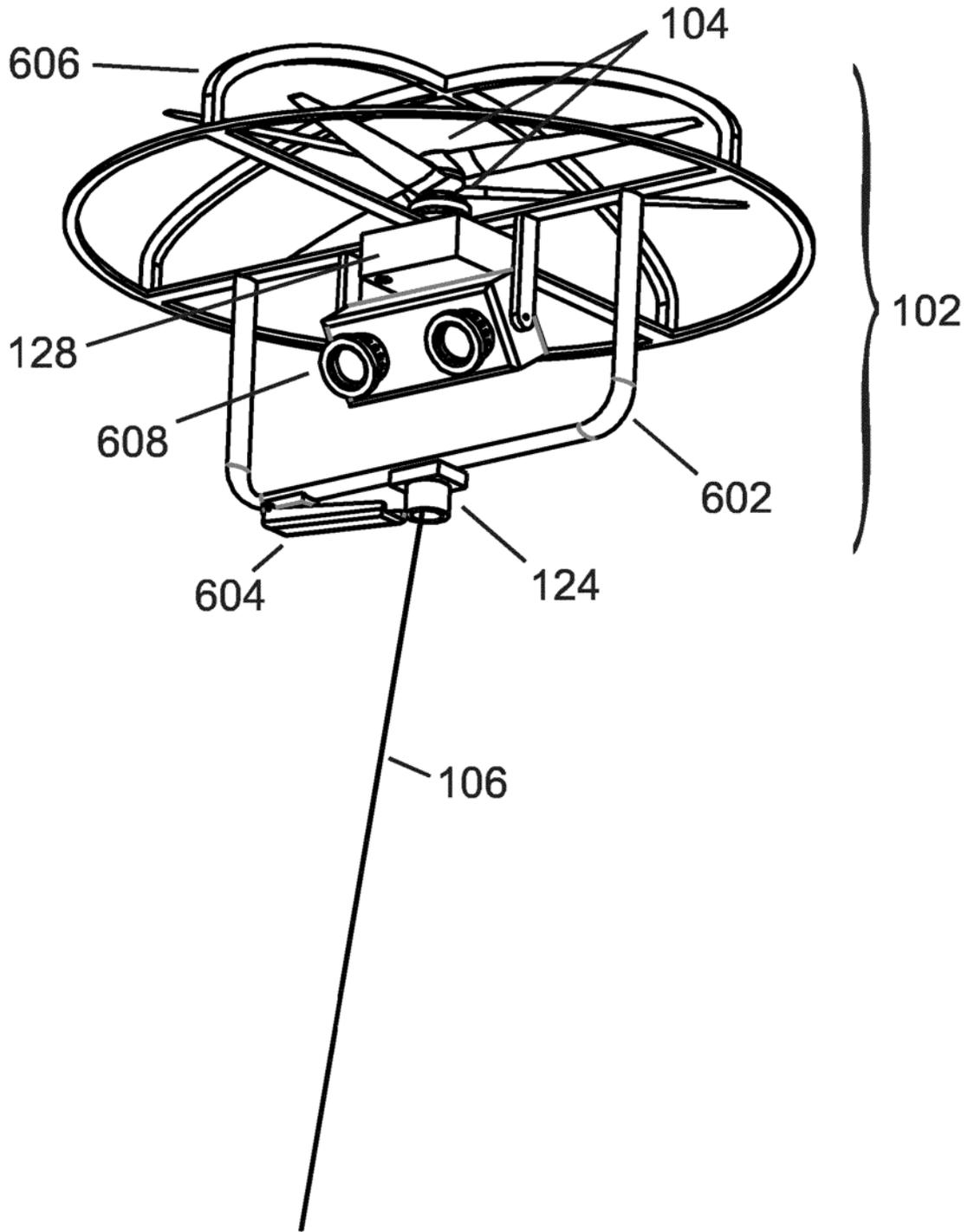


图 6