



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110582687 A

(43)申请公布日 2019.12.17

(21)申请号 201880026745.1

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2018.02.20

代理人 赵腾飞

(30)优先权数据

15/584,576 2017.05.02 US

(51)Int.Cl.

G01C 17/38(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G01C 17/28(2006.01)

2019.10.23

B64C 39/02(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

G01R 33/00(2006.01)

PCT/US2018/018701 2018.02.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02018/203962 EN 2018.11.08

(71)申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 A·库什勒耶夫

D·W·梅林格三世 T·范斯科克

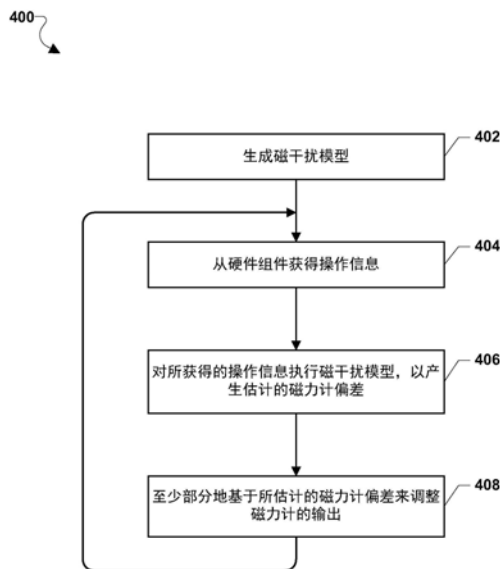
权利要求书3页 说明书13页 附图7页

(54)发明名称

磁力计中的干扰缓解

(57)摘要

各个实施例包括用于缓解由于操作诸如无人机或计算设备之类的设备上的各种硬件组件引起的磁力计偏差的设备和方法。各个实施例可以通过以下方式来提高磁力计输出的准确性：基于每个硬件组件的利用或者操作状态，估计由硬件组件引起的偏差或磁干扰；调整磁力计输出以补偿估计的偏差。



1. 一种用于缓解硬件组件产生的磁力计偏差的方法,包括:
由处理器从与所述磁力计邻近的硬件组件获得操作信息;
由处理器使用所获得的操作信息执行磁干扰模型,以产生估计的磁力计偏差;以及
至少部分地基于所述估计的磁力计偏差,调整所述磁力计的输出。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,从与所述磁力计邻近的硬件组件获得操作信息包括:从在与所述磁力计相同的计算设备上包括的硬件组件获得操作信息。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述计算设备包括无人机。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述操作信息是以下中的至少一个:所述硬件组件中的每一个的利用测量值、电气输入、操作频率、操作模式和温度。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述磁干扰模型包括:所述操作信息的函数或者将磁干扰与所述硬件组件的操作信息进行相关的数据表。
6. 根据权利要求1所述的方法,还包括通过以下操作来生成所述磁干扰模型:
跨所述硬件组件的操作级别来测量由于操作或激励所述硬件组件而导致的所述磁力计的所述输出的变化或偏差;以及
将所测量的所述磁力计的所述输出的变化或偏差与获得的操作信息进行相关,以产生所述磁干扰模型。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述磁干扰模型是在包括所述硬件组件和所述磁力计的计算设备的初始操作之前生成的。
8. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述磁干扰模型是在包括所述硬件组件和所述磁力计的计算设备的初始操作期间生成的。
9. 根据权利要求6所述的方法,其中:
生成所述磁干扰模型还包括:跨外部有效负载硬件组件和与所述磁力计邻近的所述硬件组件的操作级别,测量由于操作或激励所述外部有效负载硬件组件而导致的所述磁力计的所述输出的变化或偏差,以及由于所述外部有效负载硬件组件和与所述磁力计邻近的所述硬件组件而导致的所述磁力计的所述输出的组合变化或偏差;以及
将所测量的所述磁力计的所述输出的变化或偏差与所述获得的操作信息进行相关以产生所述磁干扰模型,包括:将所测量的所述磁力计的所述输出的变化或偏差与所述外部有效负载硬件组件和与所述磁力计邻近的所述硬件组件的操作级别进行相关,以产生所述磁干扰模型。
10. 根据权利要求9所述的方法,其中,由所述处理器从硬件组件获得操作信息还包括:由所述处理器从所述外部有效负载硬件组件获得操作信息。
11. 一种磁力计系统,包括:
磁力计;以及
耦合到所述磁力计的处理器,并且所述处理器被配置有处理器可执行指令以用于:
从与所述磁力计邻近的硬件组件获得操作信息;
使用所获得的操作信息执行磁干扰模型,以产生估计的磁力计偏差;以及
至少部分地基于所述估计的磁力计偏差,调整所述磁力计的输出。
12. 根据权利要求11所述的磁力计系统,其中,所述操作信息是以下中的至少一个:所述硬件组件中的每一个的利用测量值、电气输入、操作频率、操作模式和温度。

13. 根据权利要求11所述的磁力计系统,其中,所述磁干扰模型包括:所述操作信息的函数或者将磁干扰与操作信息进行相关的数据表。

14. 根据权利要求11所述的磁力计系统,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以通过以下操作来生成所述磁干扰模型:

跨所述硬件组件的操作级别来测量由于操作或激励所述硬件组件而导致的所述磁力计的所述输出的变化或偏差;以及

将所测量的所述磁力计的所述输出的变化或偏差与获得的操作信息进行相关,以产生所述磁干扰模型。

15. 根据权利要求14所述的磁力计系统,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以在包括所述硬件组件和所述磁力计系统的计算设备的初始操作之前,生成所述磁干扰模型。

16. 根据权利要求14所述的磁力计系统,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以在包括所述硬件组件和所述磁力计系统的计算设备的初始操作期间,生成所述磁干扰模型。

17. 根据权利要求14所述的磁力计系统,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以用于:

进一步通过以下操作来生成所述磁干扰模型:跨一范围的操作级别,测量由于操作或激励外部有效负载的硬件组件和与所述磁力计邻近的所述硬件组件而导致的所述磁力计的所述输出的变化或偏差;以及

通过以下操作,将所测量的所述磁力计的所述输出的变化或偏差与所述获得的操作信息进行相关以产生所述磁干扰模型:将所测量的所述磁力计的所述输出的变化或偏差与外部有效负载的所述硬件组件和与所述磁力计邻近的所述硬件组件的所述范围的操作级别进行相关,以产生所述磁干扰模型。

18. 根据权利要求17所述的磁力计系统,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以从外部有效负载硬件组件获得操作信息。

19. 根据权利要求11所述的磁力计系统,其中,所述磁力计是无人机的组件,所述处理器是所述无人机上的处理器。

20. 一种无人机,包括:

磁力计;以及

耦合到所述磁力计的处理器,并且所述处理器被配置有处理器可执行指令以用于:

从所述无人机的与所述磁力计邻近的硬件组件获得操作信息;

使用所获得的操作信息执行磁干扰模型,以产生估计的磁力计偏差;以及

至少部分地基于所述估计的磁力计偏差,调整所述磁力计的输出。

21. 根据权利要求20所述的无人机,其中,所述操作信息是以下中的至少一个:所述硬件组件中的每一个的利用测量值、电气输入、操作频率、操作模式和温度。

22. 根据权利要求20所述的无人机,其中,所述磁干扰模型包括:所述操作信息的函数或者将磁干扰与操作信息进行相关的数据表。

23. 根据权利要求20所述的无人机,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以通过以下操作来生成所述磁干扰模型:

跨所述硬件组件的一范围的操作级别来测量由于操作或激励所述无人机的与所述磁力计邻近的所述硬件组件而导致的所述磁力计的所述输出的变化或偏差;以及

将所测量的所述磁力计的所述输出的变化或偏差与获得的操作信息进行相关,以产生所述磁干扰模型。

24. 根据权利要求22所述的无人机,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以在所述无人机的初始操作之前,生成所述磁干扰模型。

25. 根据权利要求22所述的无人机,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以在所述无人机的初始操作期间,生成所述磁干扰模型。

26. 根据权利要求20所述的无人机,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以用于:

进一步通过以下操作来生成所述磁干扰模型:跨一范围的操作级别,测量由于操作或激励所述无人机的外部有效负载的硬件组件和所述无人机的与所述磁力计邻近的所述硬件组件而导致的所述磁力计的所述输出的变化或偏差;以及

通过以下操作,将所测量的所述磁力计的所述输出的变化或偏差与所述获得的操作信息进行相关以产生所述磁干扰模型:将所测量的所述磁力计的所述输出的变化或偏差与所述无人机的外部有效负载的所述硬件组件和所述无人机的与所述磁力计邻近的所述硬件组件的所述范围的操作级别进行相关,以产生所述磁干扰模型。

27. 根据权利要求20所述的无人机,其中,所述处理器还被配置有处理器可执行指令以从所述无人机的外部有效负载的硬件组件获得操作信息。

28. 一种具有磁力计的无人机,包括:

用于从与所述磁力计邻近的硬件组件获得操作信息的单元,其中,所述操作信息是以下中的至少一个:所述硬件组件中的每一个的利用测量值、电气输入、操作频率、操作模式和温度;

用于使用所获得的操作信息执行磁干扰模型以产生估计的磁力计偏差的单元;以及用于至少部分地基于所述估计的磁力计偏差调整所述磁力计的输出的单元。

磁力计中的干扰缓解

背景技术

[0001] 使用磁力计(基本上是电子罗盘)检测地球磁场以用于导航目的的设备,包括各种形状和配置的无人驾驶空中运载工具(UAV)、自动运载工具(AV)、无人机和机器人。磁力计通常用于建立设备(例如,UAV、AV、无人机、机器人等等)的方向航向,以实现两个地理点之间的导航。准确的航向对于设备的成功导航来说很重要。由于磁力计并不完善并且地球磁场在不同的位置不同,因此需要进行校准以确保航向准确性。

[0002] 设备(例如,UAV、AV、无人机、机器人等等)的各种电动硬件组件产生磁场,其可能取决于分离距离和所产生的磁场的强度而影响磁力计输出。通常,由每个单独的硬件组件引起的对磁力计的干扰可能很小。但是,如果综合考虑,则磁力计承受的总体干扰可能足以在磁力计的输出中引入偏差。

发明内容

[0003] 各个实施例包括缓解硬件组件产生的磁力计的偏差的方法、以及包括实现这些方法的处理器的系统和无人机。各个实施例可以包括:从与磁力计邻近的硬件组件,获得操作信息;使用所获得的操作信息执行磁干扰模型,以产生估计的磁力计偏差;以及至少部分地基于所估计的磁力计偏差,调整磁力计的输出。在一些实施例中,从与磁力计邻近的硬件组件获得操作信息,可以包括:从与磁力计相同的计算设备上包括的硬件组件获得操作信息。在一些实施例中,该计算设备可以是无人机。在各个实施例中,所述操作信息可以包括下面中的至少一个:所述硬件组件中的每一个的利用测量值、电气输入、操作频率、操作模式和温度。

[0004] 在一些实施例中,所述磁干扰模型可以包括:所述操作信息的函数或者将磁干扰与所述硬件组件的操作信息进行相关的数据表。在一些实施例中,生成磁干扰模型可以包括:跨所述硬件组件的操作级别来测量由于操作或激励所述硬件组件而导致的磁力计的输出变化或偏差;使所测量的磁力计的输出变化或偏差与获得的操作信息进行相关,以产生磁干扰模型。在一些实施例中,可以在包括所述硬件组件和所述磁力计的计算设备的初始操作之前,生成所述磁干扰模型。在一些实施例中,可以在包括所述硬件组件和所述磁力计的计算设备的初始操作期间,生成所述磁干扰模型。

[0005] 在一些实施例中,生成所述磁干扰模型还可以包括:跨外部有效负载硬件组件和与所述磁力计邻近的所述硬件组件的操作级别,测量由于操作或激励所述外部有效负载硬件组件而导致的所述磁力计的输出变化或偏差,以及由于所述外部有效负载硬件组件和与所述磁力计邻近的所述硬件组件而导致的所述磁力计的输出组合变化或偏差。在一些实施例中,使所测量的所述磁力计的输出变化或偏差与所获得的操作信息进行相关以产生所述磁干扰模型,可以包括:使所测量的所述磁力计的输出变化或偏差与所述外部有效负载硬件组件和与所述磁力计邻近的所述硬件组件的操作级别进行相关以产生所述磁干扰模型。在这些实施例中,从硬件组件获得操作信息还可以包括:从所述外部有效负载硬件组件获得操作信息。

[0006] 各个实施例包括具有至少一个磁力计和处理器的磁力计系统,其中处理器配置有处理器可执行指令以执行上面所概述的方法的操作。各个实施例包括具有至少一个磁力计和处理器的无人机,其中处理器配置有处理器可执行指令以执行上面所概述的方法的操作。各个实施例包括具有磁力计和用于执行上面概述的方法的功能的单元的无人机。

附图说明

[0007] 并入本文并且构成本说明书一部分的附图,描绘了示例性实施例,并且连同上面给出的概括描述以及下面给出的详细描述一起来解释各个实施例的特征。

[0008] 图1是根据各个实施例的在通信系统内操作的无人机的系统框图。

[0009] 图2A-2C是示出根据各个实施例的无人机的组件的组件框图。

[0010] 图3是示出根据各个实施例的无人机的印刷电路板(PCB)的组件的组件框图。

[0011] 图4是示出根据各个实施例的用于缓解对磁力计的干扰的方法的过程流程图。

[0012] 图5是示出根据各个实施例的生成磁干扰模型以用于缓解对磁力计的干扰的方法的过程流程图。

[0013] 图6是根据各个实施例,示出生成磁干扰模型以用于缓解对磁力计的干扰的方法的过程流程图。

具体实施方式

[0014] 现在参照附图来详细地描述各个实施例。在任何可能的地方,贯穿附图使用相同的附图标记来指代相同或者类似的部件。对于特定示例和实施例的引用只是用于说明目的,而不是旨在限制权利要求的保护范围。

[0015] 各个实施例包括在无人机或者具有磁力计的其它计算设备的处理器上实现的、用于缓解各种硬件组件对磁力计造成的干扰的方法。这些硬件组件可以呈现产生磁场的电流,这些磁场可能干扰(即,偏置)与这些硬件组件邻近的磁力计的输出。各个实施例可以通过以下方式来改善磁力计输出的准确性:估计各个附近的硬件组件引起的干扰或偏差;以及调整磁力计输出以补偿估计的磁干扰。各个实施例还可以通过以下方式来进一步改善由无人机或者包括磁力计的计算设备所计算的导航航向的准确度:基于被激活的无人机或计算设备的硬件组件,提供磁力计偏差校正。

[0016] 如本文所使用的,术语“无人机”和“UAV”指代各种类型的无人驾驶运载工具中的一种。无人机可以包括机载计算设备,该机载计算设备被配置为使用或不使用远程操作指令(诸如来自人类操作员或远程计算设备),(即,手动地、半自动地或者自动地)操纵和/或导航无人机。替代地,机载计算设备可以被配置为利用存储在机载计算设备的存储器中的一些远程操作指令或者对指令的更新来操纵和/或导航无人机。在一些实现中,无人机可以是使用多个推进单元来推进飞行的空中运载工具,其中每个推进单元包括一个或多个转子,这些转子为无人机提供推进力和/或提升力。无人机推进单元可以由一种或多种类型的电源(例如,电池、燃料电池、电动发电机、太阳能电池或者其它电力来源)供电,这些电源也可以为机载计算设备、导航组件和/或其它机载组件供电。

[0017] 如本文所使用的,术语“计算设备”指代具有机载磁力计的任何计算设备。计算设备可以是智能电话、平板计算机、可穿戴计算设备等等。计算设备还可以包括无人机和UAV。

[0018] 如本文所使用的,术语“硬件组件”指代在操作时,可以产生磁场的物理电气或电子元件、电路或设备。硬件组件的示例包括处理器、存储器、传感器、无线电装置、数据库、电力轨、整流器、电动机等等。

[0019] 如本文所使用的,术语“操作信息”指代可以由处理器和/或计算设备的各种传感器获得的硬件组件的特性。操作信息可以包括诸如用于一个或多个处理单元的处理器利用级别、处理器的操作频率、时钟速度、电气电流和温度之类的操作特性。操作信息可以包括由处理器或传感器获得的硬件组件的那些操作特性,并且其可以与磁力计上的磁干扰相关。

[0020] 各个实施例包括用于缓解来自于硬件组件的对磁力计的磁干扰的方法、执行这些方法的处理器、以及存储有用于执行这些方法的处理器可执行指令的非暂时性处理器可读介质。各个实施例可以使用各种各样的技术来生成磁干扰模型。磁干扰模型可以将硬件组件操作信息(即,操作特性)映射到施加在磁力计上的偏差,从而对磁力计的输出的变化或者各个硬件组件随着其各自的操作级别或状态变化而施加在磁力计上的偏差进行建模,操作级别或状态可以在操作信息中反映。在无人机或计算设备操作期间,无人机或计算设备的处理器可以从无人机的各个硬件组件获得操作信息,比如硬件组件的利用级别、电流需求、时钟速度、操作频率或温度。无人机或计算设备的处理器可以使用所获得的操作信息作为方程输入,执行磁干扰模型的一个或多个方程以输出估计的磁力计偏差。

[0021] 各个实施例还可以包括:至少部分地基于所估计的磁力计偏差,调整磁力计(例如,无人机或计算设备的磁力计)的输出。调整后的磁力计输出可以是磁力计读数,其补偿由附近的活动硬件组件(例如,在操作期间活动的无人机或计算设备的组件)在磁力计上引起的偏差(即,磁干扰)。在一些实施例中,估计的磁力计偏差可以由无人机的处理器使用,以调整磁力计的输出。在一些实施例中,估计的磁力计偏差可以由磁力计或者磁力计中的处理器使用,以将磁力计提供的输出调整到无人机的各种处理器。在一些实施例中,无人机的传感器可以使用估计的磁力计偏差来调整提供操作信息的各种传感器的输出,以减少与传感器相关联的硬件组件引起的偏差。

[0022] 各个实施例可以包括:顺序地观测在附近的各个处理器和硬件组件(例如,电子组件以及在无人机或者计算设备上或者内部具有电子组件的外部有效负载)的各种操作级别或负载(例如,功率利用、温度等等)时磁力计的输出,以测量或确定在每个功率利用级别或负载下归因于每个组件的磁力计输出的偏差量。使用每个硬件组件在每个操作级别或负载所生成的测量偏差,处理器可以生成磁干扰模型,处理器可以使用该磁干扰模型来估计总的磁力计输出偏差,其中已知与磁力计邻近的各种硬件组件的相关操作信息。处理器可以使用磁干扰模型来确定偏差的一个或多个校正因子或分量以施加到磁力计输出,以便消除来自磁力计输出的偏差。因此,处理器可以测量或者确定各种硬件组件的操作信息(例如,施加的电流、处理负载、频率等等),并且使用磁干扰模型结果,参考三个轴中的一个或多个来调整磁力计输出。可以在制造、飞行前或者飞行期间,进行各个硬件组件在各个操作级别所引起的磁力计偏差的测量。

[0023] 诸如三轴磁力计之类的磁力计可以与用于导航运载工具的全球导航卫星系统(GNSS)接收器、加速计和陀螺仪进行组合使用。无人机使用磁力计作为自动导航和姿态控制子系统的一部分。任何与附近硬件组件产生的磁场的相互作用,都可能干扰磁力计读数

和产生的导航性能。由于电流流过以高频操作的硬件组件而产生的波动磁场,可以在长时间范围内进行自然地滤除。因此,硬件组件在低频或直流电(DC)下操作产生的磁场,构成最大的磁干扰风险。产生磁场的硬件组件可以是直流电流导线、主电源、电动机、电路板、有效负载耦合电路和其它硬件组件。

[0024] 为了使磁干扰最小化,通常将磁力计安装在运载工具或计算设备上,尽可能远离产生静态或低频磁场的组件。但是,对于无人机来说这可能是困难的,因为大多数无人机的紧凑尺寸阻止了磁力计位于非常远离所有硬件组件的位置。此外,硬件组件产生的磁力计偏差的问题随着无人机变得更小而增加,这是因为将硬件组件放置得更靠近在一起(例如,在片上系统(SOC)配置中)。因此,无人机构成了一种具有挑战性的磁力计应用类型。为此,各个实施例的以下描述使用无人机、无人机组件和无人机操作作为说明性示例。但是,除非专门说明,否则权利要求并不旨在限于无人机和无人机应用。

[0025] 在各个实施例中,可以至少部分地基于从用于各种硬件组件(例如,无人机或者其它计算设备的硬件组件)的操作信息所生成的磁干扰模型,来实时地估计磁力计上的磁干扰的影响。可以通过测量或者获得关于硬件组件的操作信息(例如,与磁力计邻近的每个硬件组件的电气电流)来估计磁偏差。可以使用估计的磁力计偏差来确定用于减轻或者近似地消除组件的磁干扰对于磁力计输出的影响的补偿因子(值或者矢量分量)。这些硬件组件可以包括运载工具(例如,无人机)或计算设备的中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、数字信号处理器(DSP)、视频编码器、存储器总线或者其它电路板组件。其它磁场源可以包括电气载流导线、功率调节器、转子等等。

[0026] 除了由这些组件内的电气组件辐射的磁场之外,磁干扰源还可以包括一些硬件组件内的永磁体辐射的磁场。例如,机械照相机稳定化万向节可以具有在激励时辐射磁场的电动机(例如,步进电动机)、以及始终是磁干扰的源的永磁体。机械万向节内由永磁体辐射的磁场的方向可以随着该万向节组件的旋转而变化。因此,包括永磁体的万向节对于磁力计输出施加的磁偏差的量和方向,可能取决于该万向节的方向。此外,由于这种万向节围绕各个旋转轴线移动以便在无人机处于飞行时稳定照相机,因此该万向节施加在磁力计输出上的磁偏差的量和方向可以几乎连续地变化。永磁体在机械万向节驱动马达中的位置和/或方向,可以从万向节马达相对于无人机主体的角度来导出。因此,这种机械万向节的接合部的瞬时配置或方向,可以使用作为由处理器使用的操作信息,以估计万向节中的永磁体在磁力计中引起的磁干扰或偏差,同时处理器可以使用所施加的电流作为操作信息,以通过流过驱动马达的绕组的电力来估计在磁力计中引起的偏差。一些无人机可以具有集成的机械万向节,而一些无人机可以具有在有效负载中的机械万向节。在任一示例中,机械万向节可以由无人机上的处理器或者单独的MCU进行控制,其可以被配置为传输具有瞬时马达方向以及施加到万向节驱动马达的电流的形式的操作信息,以便处理器(例如,无人机的处理器或者磁力计的处理器)用于确定万向节在磁力计的输出中引起的偏差。

[0027] 磁干扰的源不需要放置在容纳磁力计的无人机或计算设备上。无人机的外部有效负载内的硬件组件可能由于永磁体和/或激励的电气组件而导致对磁力计的磁干扰,特别是当有效负载位于磁力计附近时。当有效负载组件激励或去激励时,来自有效负载的对磁力计的磁力干扰或偏差可能在磁力计操作期间改变。另外,如果有效负载被移除(例如,在任务期间由无人机丢弃或者递送),则由于有效负载而导致的对磁力计的磁干扰将消失。为

此,处理器用于估计在磁力计中引起的偏差的操作信息,可以包括关于特定的有效负载是否附加到无人机以及有效负载中的某些硬件组件是否被激活的信息。

[0028] 各个实施例包括:无需直接测量无人机或计算设备的硬件组件中的电气电流或者与无人机或计算设备邻近的电气组件中的电气电流,即可实时地确定磁力计偏差的方法。一些操作信息(例如,SoC子组件的时钟速率和利用百分比)可以与该子组件的能量使用(电流)相关,并因此可以用作磁干扰模型的输入参数。由于电流可以流过在不同操作状态下的不同组件的不同路径,SoC内的组件的位置可能变化,所以可以结合聚合的电气电流测量或者另一参数来获得磁偏差的每组件测量值。类似地,无人机或计算设备内的电动机的位置可以变化(但只要电线是固定的),就可以测量电气电流并用于产生磁干扰模型。这种磁干扰模型可以解释建设性和破坏性的场干扰。

[0029] 在对可归因于各个硬件组件的磁干扰的测量期间,无人机或者计算设备处理器或者测试计算设备可以单独地并且以不同的电流、利用百分比或者操作级别,将每个组件(其包括SoC上的各个组件)加载到SoC上。对于每个硬件组件和操作级别,可以测量出现在磁力计输出上的偏差,并将其存储在数据结构中。在按照不同的操作或利用级别针对所有硬件组件执行这些测量之后,可以根据测量值来产生数据表或者数学磁干扰模型。磁干扰模型可以是查询表或者适合于测量数据的函数,随后可以在无人机或计算设备操作期间使用,以基于测量的或者以其它方式获得的操作信息来计算在操作条件下的估计的磁力计偏差。

[0030] 各个实施例可以包括无人机或计算设备,被配置为在操作期间的任何时间,自动地校准或者重新校准磁力计。各个实施例可以包括:测量无人机或计算设备中的硬件组件对于磁力计读数的影响,以确定可以用于估计磁力计上的磁干扰的硬件组件和操作级别模型或查找表。各个实施例还可以包括:使用该模型/表针对这种磁干扰来补偿磁力计输出。各个实施例可以通过测量每个硬件组件引起的磁力计偏差效应,并将数据存储在磁干扰模型数据表中,使得能够对于由于流过硬件组件的电气电流产生的磁场而施加在无人机或计算设备上的磁力计上的偏差进行建模。各个实施例可以包括:基于硬件组件产生的磁场对于磁力计读数的影响,来计算无人机或计算设备磁力计的一个或多个导航补偿因子(例如,值或者矢量分量)。各个实施例可以包括修改无人机或计算设备的导航以补偿随时间变化的磁偏差的源,这是通过测量或者获得关于设备硬件组件的电流、操作频率、温度、时钟速度和/或利用的操作信息,并使用该操作信息,根据由校准测量值所确定的模型或查找表来确定一个或多个补偿因子。

[0031] 无人机或其它计算设备可以操作在各种各样的通信系统中,其一个例子是图1中所示出的通信系统100。通信系统100可以包括无人机102、基站104、接入点106、通信网络108和网络元件110。

[0032] 基站104和接入点106可以分别通过有线和/或无线通信回程116和118,来提供用于访问通信网络108的无线通信。基站104可以包括:配置为在广域(例如,宏小区)以及小型小区(其可以包括微小区、毫微微小区、超微小区和其它类似的网络接入点)上提供无线通信的基站。接入点106可以包括:配置为在相对较小的区域上提供无线通信的接入点。基站和接入点的其它示例也是可能的。

[0033] 无人机102可以通过无线通信链路112与基站104进行通信,以及通过无线通信链路114与接入点106进行通信。无线通信链路112和114可以包括多个载波信号、频率或者频

带,其每一个可以包括多个逻辑信道。无线通信链路112和114可以使用一种或多种无线接入技术(RAT)。可以在无线通信链路中使用的RAT的示例包括:3GPP长期演进(LTE)、3G、4G、5G、全球移动通信系统(GSM)、码分多址(CDMA)、宽带码分多址(WCDMA)、全球微波互通接入(WiMAX)、时分多址(TDMA)和其它移动电话通信技术蜂窝RAT。可以在通信系统100中的各个无线通信链路里的一个或多个中使用的RAT的另外的示例包括:诸如Wi-Fi、LTE-U、LTE直连型、LAA、MuLTEfire之类的介质范围协议、以及诸如ZigBee、蓝牙和蓝牙低功耗(LE)之类的相对短距离RAT。

[0034] 网络元件110可以包括网络服务器或者另一种类似的网络元件。网络元件110可以通过通信链路122,与通信网络108进行通信。无人机102和网络元件110可以经由通信网络108进行通信。网络元件110可以向无人机102提供各种信息,例如,导航信息、天气信息、关于当地空中、地面和/或海上交通的信息、移动控制指令以及与无人机102的操作有关的其它信息、指令或命令。

[0035] 在各个实施例中,无人机102可以移动通过环境120。随着无人机102移动通过环境120,无人机102的处理器可以捕获环境120的方面的图像或视频。

[0036] 无人机可以包括有翼或旋翼品种。图2A-2C示出了旋转推进设计方案的示例性无人机200,其利用相应的马达驱动的一个或多个转子202来提供提升(或者起飞)以及其它空中运动(例如,前进、上升、下降、横向运动、倾斜、旋转等等)。将无人机200示出成可以用于各种实施例的无人机的示例,但其并不旨在暗示或者要求各种实施例限于旋翼式无人机。各个实施例也可以结合有翼无人机一起使用。此外,各个实施例可以等同地结合陆基自动运载工具、水运自动运载工具和基于空间的自动运载工具一起使用。

[0037] 参见图1-2C,无人机200可以类似于无人机102。无人机200可以包括多个转子202、框架204和着陆橇206或滑板。框架204可以为与转子202相关联的电动机提供结构支撑。着陆橇206可以支持用于无人机200的组件以及在一些情况下的有效负载的组合作的最大负载重量。为了便于描述和说明起见,省略了无人机200的一些详细方面,诸如布线、框架结构互连或者本领域普通技术人员已知的其它特征。例如,虽然将无人机200示出并描述成具有框架204并且具有多个支撑构件或框架结构,但可以使用模制框架来构造无人机200,其中在该情况下,通过模制结构来获得支撑。虽然所示出的无人机200具有四个转子202,但这仅仅是示例性的,各个实施例可以包括多于或少于四个转子202。

[0038] 此外,无人机200还可以包括控制单元210,控制单元210可以容纳用于为无人机200的操作供电和对无人机200的操作进行控制的各种电路和器件。控制单元210可以包括处理器220、功率模块230、传感器240、磁力计242、有效负载紧固单元244、输出模块250、输入模块260和无线电模块270。在一些实施例中(例如,在图2A中所示出的那些),磁力计242可以是单独的机载组件。

[0039] 处理器220可以配置有处理器可执行指令以控制无人机200的行进和其它操作,包括各种实施例的操作。处理器220可以包括或者耦合到导航单元222、存储器224、陀螺仪/加速计单元226、航空电子模块228和磁力计242。处理器220和/或导航单元222可以被配置为通过无线连接(例如,蜂窝数据网络)与服务器(例如,网络元件110)进行通信,以接收在导航时有用的数据、提供实时位置报告和评估数据。

[0040] 航空电子模块228可以耦合到处理器220和/或导航单元222,并且可以被配置为提

供与行进控制有关的信息(例如,高度、姿态、空速、航向、以及导航单元222可以用于导航目的(例如,GNSS位置更新之间的航位推算)的类似信息)。陀螺仪/加速计单元226可以包括加速计、陀螺仪、惯性传感器、或其他类似的传感器。航空电子模块228可以包括来自陀螺仪/加速计单元226的数据或者从陀螺仪/加速计单元226接收数据,陀螺仪/加速计单元226提供关于无人机200的方向和加速度的数据,其结合来自磁力计242的输出可以用于导航和定位计算、以及提供在用于处理图像的各种实施例中使用的数据。在一些实施例中(例如,在图2B中所示出的那些),磁力计可以是另一个组件(例如,陀螺仪/加速计单元226)的子组件。

[0041] 处理器220还可以从诸如图像传感器或光学传感器(例如,能够感测可见光、红外线、紫外线和/或其它波长的光)之类的传感器240接收另外的信息。传感器240还可以包括射频(RF)传感器、气压计、声纳辐射器/检测器、雷达辐射器/检测器、麦克风或者另一个声学传感器、或者可以提供处理器220能用于移动操作以及导航和定位计算的信息的另一种传感器。传感器240可以包括接触或压力传感器,可以提供用于指示无人机200何时已经与表面接触的信号。有效负载紧固单元244可以包括致动器马达,其响应于来自控制单元210的命令,驱动响应于控制单元210的抓取和释放有效负载的抓取和释放机构和相关的控制。有效负载紧固单元244可以包括螺线管,其在激励时产生磁场以将有效负载耦合到无人机200。在这些实施例中,通过有效负载紧固单元244的电流的流动可以产生干扰无人机的磁力计和/或有效负载的输出的磁场。因此,有效负载紧固单元244可以是能够在产生磁干扰模型期间测试的磁干扰的源,以确保磁干扰模型包括由有效负载紧固单元244引起的干扰。这可以使得无人机的处理器或者有效负载能够补偿当紧固有效负载时由无人机200上的有效负载紧固单元244所引起的磁干扰。

[0042] 在一些实施例中(例如,在图2C中所示出的那些实施中),磁力计可以位于距离其它硬件组件很远/末端的无人机200的臂、翼或者其它部分内。使磁力计244尽可能地远离磁干扰的源放置,可以通过限制足够接近的干扰磁力计输出的硬件组件的数量,来实现改进的磁干扰缓解的准确性。功率模块230可以包括能够向包括处理器220、传感器240、有效负载紧固单元244、输出模块250、输入模块260和无线电模块270的各种组件供电的一个或多个电池。另外,功率模块230可以包括能量存储组件(例如,可再充电电池)。处理器220可以配置有处理器可执行指令,以例如通过使用充电控制电路执行充电控制算法,来控制功率模块230的充电(即,所收集的能量的存储)。替代地或另外地,功率模块230可以被配置为管理其自己的充电。处理器220可以耦合到输出模块250,输出模块250可以输出用于管理电动机的控制信号,其中电动机用于驱动转子202和其它组件。

[0043] 当无人机200朝向目的地前进时,可以通过控制转子202的各个电动机来控制无人机200。处理器220可以从导航单元222接收数据,使用该数据来确定无人机200的当前位置和方向、以及朝向目的地或中间站点的适当路线。在各个实施例中,导航单元222可以包括使得无人机200能够使用GNSS信号进行导航的GNSS接收器系统(例如,一个或多个全球定位系统(GPS)接收器)。另外地或替代地,导航单元222可以装备有无线电导航接收器,以接收来自无线电节点(例如,导航信标(如,甚高频(VHF)全向范围(VOR)信标)、Wi-Fi接入点、蜂窝网站、无线电台、远程计算设备、其它无人机等等)的导航信标或其它信号。

[0044] 无线电模块270可以被配置为接收导航信号(例如,来自航空电子导航设施等等的

信号),并将这些信号提供给处理器220和/或导航单元222以辅助无人机导航。在各个实施例中,导航单元222可以使用从地面上的可识别RF辐射器(例如,AM/FM无线电台、Wi-Fi接入点和蜂窝网络基站)接收的信号。

[0045] 无线电模块270可以包括调制解调器274和发射/接收天线272。无线电模块270可以被配置为与各种各样的无线通信设备(例如,无线通信设备(WCD)290)进行无线通信,其一些例子包括无线电话基站或者小区塔(例如,基站104)、网络接入点(例如,接入点106)、信标、智能电话、平板设备、或者无人机200可以与之通信的另一个计算设备(例如,网络元件110)。处理器220可以经由无线电模块270的调制解调器274和天线272与经由发射/接收天线292的无线通信设备290建立双向无线通信链路294。在一些实施例中,无线电模块270可以被配置为使用不同的无线接入技术,支持与不同的无线通信设备的多个连接。

[0046] 在各个实施例中,无线通信设备290可以通过中接入点来连接到服务器。举例而言,无线通信设备290可以是无人机操作员的服务器、第三方服务(例如,包裹递送,计费等等)或者站点通信接入点。无人机200可以通过一个或多个中间通信链路(例如,耦合到广域网(如,互联网)的无线网络或其它通信设备),与服务器进行通信。在一些实施例中,无人机200可以包括和使用其它形式的无线电通信,例如与其它无人机的网络连接或者与其它信息源的连接(例如,用于收集和/或分发天气或其它数据收集信息的气球或其它站)。

[0047] 在各个实施例中,控制单元210可以装备有能够用于各种各样的应用的输入模块260。例如,输入模块260可以从机载照相机或传感器接收图像或数据,或者可以从其它组件(例如,有效负载)接收电信号。

[0048] 虽然将控制单元210的各个组件示出成单独的组件,但可以将这些组件中的一些或全部(例如,处理器220、输出模块250、无线电模块270和其它单元)一起集成在单一设备或模块(例如,片上系统模块)中。

[0049] 在图3中,示出了无人机(例如,无人机200)的示例性印刷电路板(PCB)。参见图1-3,无人机(例如,无人机200)可以具有主飞行板300,比如印刷电路板(PCB)或者包括图2的一些组件和它们相关联的电气连接的其它逻辑板结构。这些组件可以包括处理器220、导航单元222、航空电子单元228、陀螺仪/加速计单元226以及功率模块230的组件。主飞行板300可以具有带SoC管芯306的SoC封装304。SoC管芯306可以包括各种处理组件,例如一个或多个CPU(例如,处理器220)、一个或多个DSP、一个或多个调制解调器、GPS接收器和视频编码器。SoC管芯306的各种组件可以电连接到至少磁力计312、气压计314和惯性测量单元(IMU)316和功率管理芯片(PMC)310。PMC 310可以电连接到功率控制器308。

[0050] 由于磁力计使用地球的磁场来估计无人机的航向,因此磁源或电流产生的磁场(例如,无人机的电子和电气硬件组件引起的磁场)可能导致无人机所确定的航向估计中的计算误差。在无人机和计算设备中,作为磁力计242、312上的偏差的源的硬件组件,可以位于SoC封装304、SoC管芯306的子组件和PMC 310等等的内部和外部。磁干扰(例如,低频时变磁干扰)还可能由不位于SoC封装304附近但在磁力计242、312邻近内的源产生。这些源可以包括无人机(例如,无人机200)的各种电动机、以及任何具有靠近磁力计242、312的磁和/或电组件的外部有效负载。例如,电子有效负载可以包括天线、照相机、电动机和另外的传感器。在飞行的无人机附近,如果飞得足够近,也可能辐射可能干扰无人机200的磁力计输出的磁场。

[0051] 在一些实施例中,通过作为初始校准的一部分或者在飞行期间,随着在变化的操作(例如,利用)级别激励或供电各个硬件组件,观测磁力计242、312的输出中的变化或偏差,无人机200可以生成磁干扰模型。在测量过程中,有效负载中的电子硬件组件也可以在变化的操作级别被激励或供电,以便可以确定有效负载硬件组件的磁干扰。为了使处理器220能够从外部有效负载的硬件组件获得操作信息(例如,利用、频率、电气电流等等),或者为了获得用于外部有效负载的硬件组件的操作信息,处理器220可以被配置为识别外部有效负载或者有效负载的硬件组件的类型和/或模型。例如,处理器220可以识别外部有效负载的逻辑板以便获得准确的操作信息。无人机200可以接收作为软件更新的一部分的外部有效负载硬件组件类型和模型信息,或者可以从与外部有效负载的连接接收该信息。

[0052] 在一些实施例中,磁力计242可以与设备上的其它装置分离的板外组件。例如,磁力计242可以与导航单元222、陀螺仪/加速计单元226和/或航空电子模块228进行通信,但可以物理地位于无人机的机翼、尾翼或者叶片中,如图2C中所示。在一些实施例中,磁力计242可以是可拆卸地耦合到无人机的诸如智能手机或可穿戴设备之类的单独设备的组件。为了便于描述起见,参照机载模型来描述了磁力计242、312,但是这种描述并不旨在将权利要求的范围限制于无人机的机载磁力计。在一些实施例中,磁力计242可以与被配置为执行各种实施例的操作的处理器(没有示出,但与处理器220类似)集成在一起以形成磁力计系统。

[0053] 图4示出了根据各个实施例的用于补偿施加在无人机(例如,200)或者计算设备上的磁力计(例如,242、312)的磁场偏差的方法400。参见图1-4,方法400可以由无人机或计算设备的处理器(例如,处理器220和/或其他)或者磁力计中的处理器来实现。处理器可以校准产生磁场(这些磁场可能使磁力计发生偏差)的电气电流的所有源的影响,从而使处理器能够计算补偿或者校正以从磁力计输出中去除偏差。具体而言,处理器可以补偿低频率时变磁干扰。

[0054] 在方框402中,处理器可以生成磁干扰模型。磁干扰模型可以是一组数学方程或数据结构,其存储与测量的或者其它方式获得的与磁力计邻近的硬件组件的操作信息、时钟设置等等相关的测量的磁力计偏差测量值。例如,磁干扰模型可以是存储测量或者获得的操作信息以及关于磁力计上的相关磁干扰或偏差的查找表。可以对该查找表中的数据进行归一化或者以其它方式进行过滤。在另外的示例中,磁干扰模型可以是适合于包含在数据结构中的数据的一个或多个函数,由此来表征所测量的或者以其它方式获得的操作信息或者将其映射到产生的磁偏差。磁干扰模型可以在无人机操作之前在工厂中生成、在无人机的初始校准期间生成或者在操作期间生成。可以使用从各个硬件组件获得的测量结果以及硬件组件的综合测量结果来生成该模型。参考图5和图6来更详细地讨论生成磁干扰模型的示例方法。

[0055] 在方框404中,处理器可以从与磁力计邻近的硬件组件获得操作信息。在无人机的操作期间,处理器可以与机载传感器或者各个硬件组件的反馈进行通信,以确定每个硬件组件的当前操作信息以及硬件组件的总和的操作信息。操作信息可以包括利用率、频率、时钟速度、电气电流、温度等等。处理器可以每隔一定时间、偶发地、在检测到导航航向不准确等等时,请求该信息。在一些实施例中,获得操作信息可以包括:获得与无人机200通信的外部有效负载(例如,天线、照相机或其它传感器)的操作信息。

[0056] 在方框406中,处理器220可以对所获得的操作信息执行磁干扰模型以产生估计的磁力计偏差。可以将获得的操作信息作为输入,传递给磁干扰模型。在一些实施例中,磁干扰模型可以是存储在测量期间获得的示例性操作信息的一组数学函数或者数据结构。该输入可以用作一个或多个数学函数的参数的数值,其具有估计的磁偏差的输出。在其它实施例中,可以使用该输入在查找表中搜索相应的估计的磁偏差,其可以作为磁干扰模型的输出来获取和返回。对操作信息执行磁干扰模型的结果可以是估计的磁力计偏差。因为各种硬件组件的电流所引起的磁场可以是三维矢量场,所以磁干扰模型可以是接受操作信息作为输入并产生包括有每个导航轴的补偿因子的磁力计偏差的数学模型。因此,在一些实施例中,估计的磁力计偏差可以是矢量三元组。

[0057] 在方框408中,处理器220可以至少部分地基于所估计的磁力计偏差,来调整无人机200的磁力计312的输出。处理器可以根据估计的磁力计偏差对磁力计的输出增加、减少、加倍、或者除去。可以使用各种数学运算,将估计的磁力计偏差的每个坐标分量应用于磁力计输出的相应坐标,以补偿低频时变干扰对磁力计的影响。

[0058] 在一些实施例中,可以使用所估计的磁干扰来调整无人机的各个传感器的输出。例如,所估计的磁干扰可以是处理器提供给一个或多个传感器的偏移。传感器可以在内部应用偏移,从而提供补偿数据,而不需要处理器直接调整输出来补偿偏差。在这些实施例中,处理器可以执行干扰模型构建和估计磁干扰的操作,但是可以将传感器输出调整的任务转移到传感器。

[0059] 随着处理器在方框404中从硬件组件获得新的或更新的操作信息,可以周期性地或连续地执行方法400,重复方框406和方408的操作,以便随着硬件组件的操作状态和利用级别随时间变化,更新针对磁力计输出的调整。

[0060] 图5示出了根据各个实施例的生成磁干扰模型以用于缓解对无人机(例如,200)或者其它计算设备的磁力计(例如,242、312)的磁干扰的方法500。参照图1-5,方法500可以由无人机(例如,200)或者磁力计中的处理器(例如,处理器220和/或其他)来实现。处理器可以测量无人机的硬件组件的不同特性,并可以使用所获得的测量值来生成磁干扰模型。

[0061] 各个实施例可以包括:在方框502中,跨硬件组件操作级别来测量各种操作特性,比如每个硬件组件的电气电流、以及硬件组件的组合电气电流。所测量的信息可以是与磁场的产生有关或相关的操作信息。在一些实施例中,可以在硬件组件的工厂测试期间获得这些测量值。因为跨不同的SoC封装(例如,SoC封装304)测量结果可能是大致相同的,所以基于工厂的测量可以使得能够将测量结果或磁干扰模型预加载到无人机的存储器中。在测量期间,处理器可以使用与实际无人机操作中使用的设置类似的设置,在不同的操作级别单独地加载每个硬件组件。处理器可以测量硬件组件操作特性如何影响电气电流,并可以将该信息添加到查找表中。在一些实施例中,处理器可以在用于准备操作的无人机的初始校准期间或者在正常操作期间,执行该过程。

[0062] 在测量期间,每个硬件组件可以单独地也可以组合地进行激励和/或加载。施加到硬件组件的负载或功率可以逐渐地增加(例如,利用级别的增加),并且可以观察到对磁力计输出的任何改变。对于诸如利用范围(例如,5%-10%)之类的每个硬件组件操作级别而言,可以将所产生的磁力计输出中的变化或偏差记录为数据结构中的条目,并与该硬件组件和利用级别相关联。对于每个硬件组件的所有利用级别(例如,0%-100),可以重复该

过程,并类似地针对硬件组件的组合。所产生的数据结构可以包括:用于将测量的或者以其经方式获得的硬件组件的操作信息与磁力计输出中的相应变化或偏差进行关联的数据。所收集的测量数据可以用于生成磁干扰模型,其包括将测量的或者以其它方式获得的硬件组件的操作信息到观察到的磁力计输出中的变化或偏差的映射。这种磁干扰模型可以使无人机能够在操作中,只基于硬件组件操作特性(例如,利用级别、频率、温度、时钟速度和电气电流的变化)来间接地估计施加在其各个硬件组件的磁力计输出上的偏差。

[0063] 在测量硬件组件的不同操作级别时的磁力计输出中的变化或偏差期间,可以计算与硬件组件相关联的磁场矢量。例如,可以计算每个硬件组件随操作特性变化产生的三维磁场矢量。如果磁力计放置在与给定的硬件组件的固定距离处,那么可以将对磁力计的最终磁场干扰建模成具有一定角位移的偏差矢量。矢量偏移(例如,补偿因子)可以是总磁场对磁力计输出的三维影响(例如,偏差矢量)。矢量偏移可能会随着硬件组件的操作特性而改变,这是由于每个单独硬件组件产生的磁场发生变化。所计算的磁偏差矢量可以包括在测量的数据到等式的拟合中,以便产生接受利用信息作为输入的磁干扰模型的一个或多个等式,并产生估计的矢量偏移或磁力计偏差,而不必直接获得电气电流信息和重新计算各个组件的磁场干扰。类似地,矢量偏移分量可以与相应的操作信息相关联地存储在查找表中,使得使用操作信息作为输入的表查询将导致相关的偏差矢量分量的返回。因此,偏差矢量可以是估计的磁偏差。

[0064] 在方框504中,处理器可以将所测量的磁力计输出中的变化或偏差与测量的或者以其它方式获得的操作信息进行相关,以产生磁干扰模型。虽然在获得测量值期间可以生成查找表,但该数据结构可能非常大而难以处理,并因此实际上可能无法存储在无人机上。因此,在一些实施例中,可以将一个或多个数学函数拟合到获得的测量数据以产生磁干扰模型。在这些实施例中,如果每个硬件组件单独引起的干扰在求和时与所有硬件组件的测量的总干扰(例如,观测到的总电气电流)大致相同,则磁干扰模型可以是线性模型。

[0065] 图6示出了根据各个实施例的用于生成磁干扰模型以用于缓解对无人机(例如,200)或其他计算设备的磁力计(例如,242、314)的磁干扰的方法600。参照图1-6,方法600可以由无人机或计算设备的处理器(例如,处理器220和/或其他)或者磁力计中的处理器来实现。处理器可以生成磁干扰模型,其包括来自邻近的硬件组件(例如,两个机载硬件组件以及外部有效负载硬件组件)的干扰。

[0066] 在方框502中,处理器可以跨硬件组件操作级别来测量由于操作或激励这些硬件组件中的每一个而导致的磁力计输出的变化或偏差。该操作可以以与参照方法500的方框502所描述的相同的方式来执行。

[0067] 在方框602中,处理器可以在各种操作级别,测量由于操作或激励每隔外部有效负载硬件组件以及外部有效负载硬件组件的组合操作信息而导致的磁力计输出的变化或偏差。在各个实施例中,处理器可以具有关于可连接的外部有效负载的类型和型号的先验知识,并可以接收包含有在工厂时或者在有效负载安装之前进行的外部有效负载测量值的数据结构。在一些实施例中,处理器可以在无人机的初始校准期间或者在正常操作期间执行这些测量。可以实时地获得由于操作或激励外部有效负载而导致的磁力计输出中的变化或偏差的测量值,并将其并入现有的或者已获得的机载硬件组件信息中,以产生磁干扰模型。在一些实施例中,可以利用与由操作或激励机载硬件组件而导致的磁力计输出的变化或偏

差的测量(例如,在工厂中、在初始校准时)相同的方式,来获得由于操作或激励外部有效负载而导致的磁力计输出的变化或偏差的测量。在一些实施例中,由操作或激励外部有效负载硬件组件导致的磁力计输出的变化或偏差的测量,可以利用不同于机载硬件组件的方式来获得。例如,可以在交付无人机之前在工厂中,测量各种利用级别的机载硬件组件所产生的磁场,而可以在初始校准、飞行前等等期间,获得由于操作或激励外部有效负载硬件组件而导致的磁力计输出中的变化或偏差的测量。

[0068] 在方框604中,处理器可以将所测量的磁力计输出中的变化或偏差与测量的或者以其它方式获得的无人机的硬件组件和外部有效负载硬件组件二者的操作信息进行相关,以产生磁干扰模型。该操作可以以与参照方法500的方框504所描述的类似的方式来执行。

[0069] 可以将一些实施例实现为包括至少一个磁力计和处理器(例如,类似于处理器220)的磁力计系统,处理器被配置为执行方法400-600中的任何一个的操作。一些实施例可以是包括至少一个磁力计和处理器(例如,220)的无人机,处理器被配置为执行方法400-600中的任何一个的操作。

[0070] 所示出和描述的各种实施例仅提供作为用于说明权利要求的各种特征的示例。但是,关于任何给定实施例示出和描述的特征并不限于相关联的实施例,并且可以与所示出和描述的其它实施例一起使用或组合。此外,权利要求并不旨在受到任何一个示例性实施例的限制。例如,方法400、500和600的操作中的一个或多个可以替代为方法400、500和600的一个或多个操作或者与其相组合,反之亦然。

[0071] 上述的方法描述和流程图仅仅是用作为说明性例子提供,而不是旨在要求或者隐含着必须以所给出的顺序来执行各个实施例的操作。如本领域普通技术人员所应当理解的,可以以任何顺序来执行上述的实施例中的操作顺序。诸如“其后”、“转而”、“接着”等等之类的词语,并不旨在限制这些操作的顺序;这些词语用于引导读者通过该方法的描述。此外,任何对权利要求元素的单数引用(例如,使用冠词“一个(a)”、“一(an)”或者“该(the)”),不应被解释为将该元素限制为单数形式。

[0072] 结合本文所公开的实施例描述的各种示例性的逻辑框、模块、电路和算法操作均可以实现成电子硬件、计算机软件或二者的组合。为了清楚地表示硬件和软件之间的这种可交换性,上面对各种示例性的组件、框、模块、电路和操作均围绕其功能进行了总体描述。至于这种功能是实现成硬件还是实现成软件,取决于特定的应用和对整个系统所施加的设计约束条件。熟练的技术人员可以针对每个特定应用,以变通的方式实现所描述的功能,但是,这种实施例决策不应解释为背离权利要求的保护范围。

[0073] 利用设计用于执行本文所述功能的通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其它可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件或者其任意组合,可以实现或执行结合本文所公开的方面描述的用于实现各种示例性的逻辑、逻辑框、模块和电路的硬件。通用处理器可以是微处理器,或者可替代地,该处理器可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器或者状态机。处理器也可以实现为接收机智能对象的组合,例如,DSP和微处理器的组合、多个微处理器、一个或多个微处理器与DSP内核的结合,或者任何其它此种结构。替代地,一些操作或方法可以由特定于给定的功能的电路来执行。

[0074] 在一个或多个方面,本文所述功能可以用硬件、软件、固件或它们任意组合的方式

来实现。当在软件中实现时,可以将这些功能存储成非暂时性计算机可读存储介质或者非暂时性处理器可读存储介质上的一个或多个指令或代码。本文所公开的方法或算法的操作,可以体现在处理器可执行软件模块或者处理器可执行指令中,其可以驻留于非暂时性计算机可读存储介质或处理器可读存储介质上。非暂时性计算机可读或处理器可读存储介质可以是计算机或处理器能够存取的任何存储介质。举例而言,但非做出限制,这种非暂时性计算机可读介质或者处理器可读存储介质可以包括RAM、ROM、EEPROM、闪存、CD-ROM或其它光盘存储器、磁盘存储器或其它磁存储智能对象、或者能够用于存储具有指令或数据结构形式的期望的程序代码并能够由计算机进行存取的任何其它介质。如本文所使用的,磁盘和光盘包括压缩光盘(CD)、激光光盘、光盘、数字通用光盘(DVD)、软盘和蓝光光盘,其中磁盘通常磁性地复制数据,而光盘则用激光来光学地复制数据。上述的组合也包括在非暂时性计算机可读介质和处理器可读介质的保护范围之内。另外,一种方法或算法的操作可以作为一个代码和/或指令或者代码和/或指令的集合或者其任意组合,驻留于非暂时性处理器可读存储介质和/或计算机可读存储介质上,非暂时性处理器可读存储介质和/或计算机可读存储介质可以并入到计算机程序产品中。

[0075] 为使本领域任何普通技术人员能够实现或者使用权利要求,提供了围绕所公开的实施例的前述描述。对于本领域普通技术人员来说,对这些实施例的各种修改是显而易见的,并且,本文定义的总体原理也可以在不脱离权利要求的保护范围的情况下应用于其它实施例。因此,本公开内容并不旨在限于本文所示出的实施例,而是给予与所附权利要求书和本文公开的原理和新颖特征一致的最广范围。

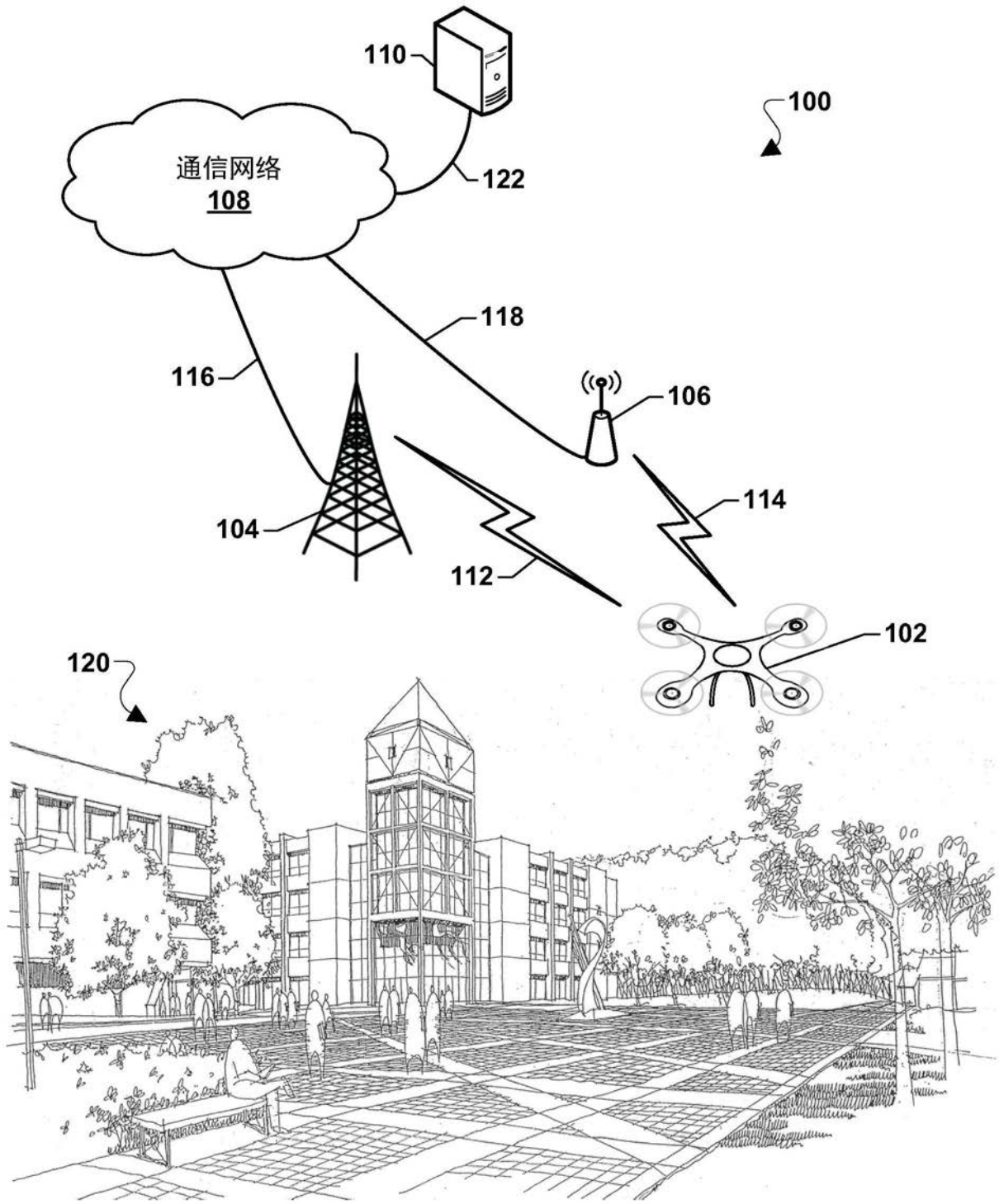


图1

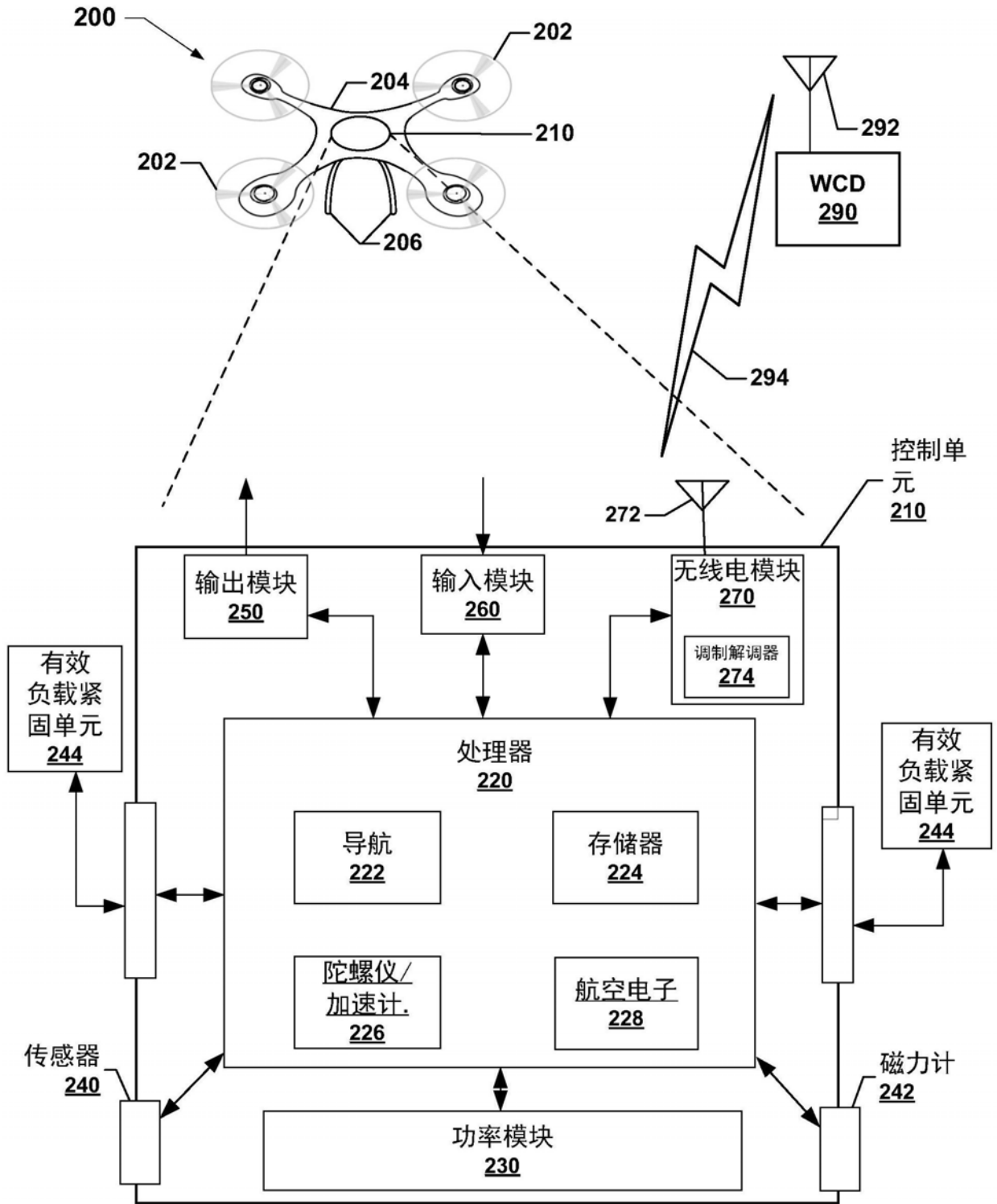


图2A

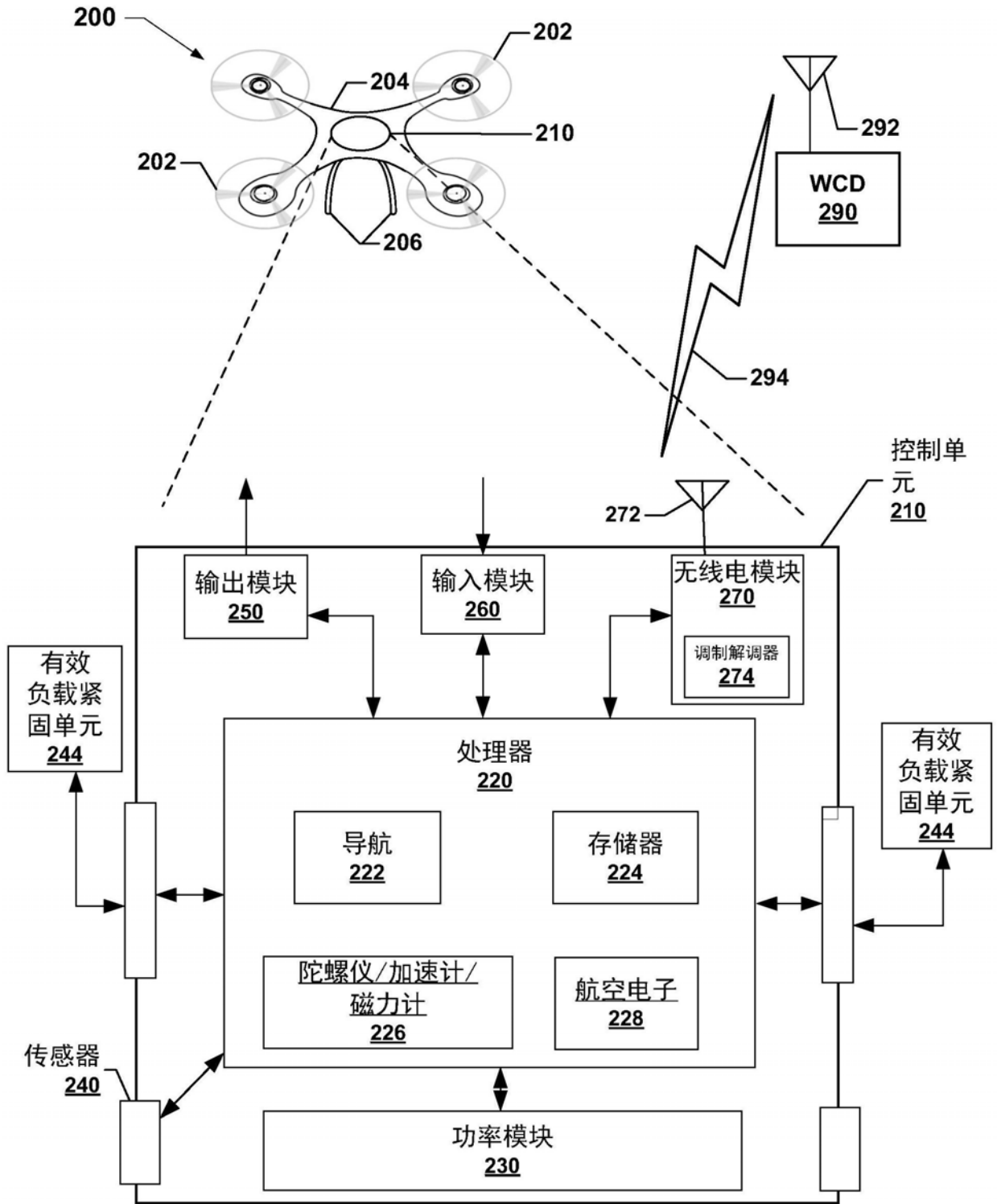


图2B

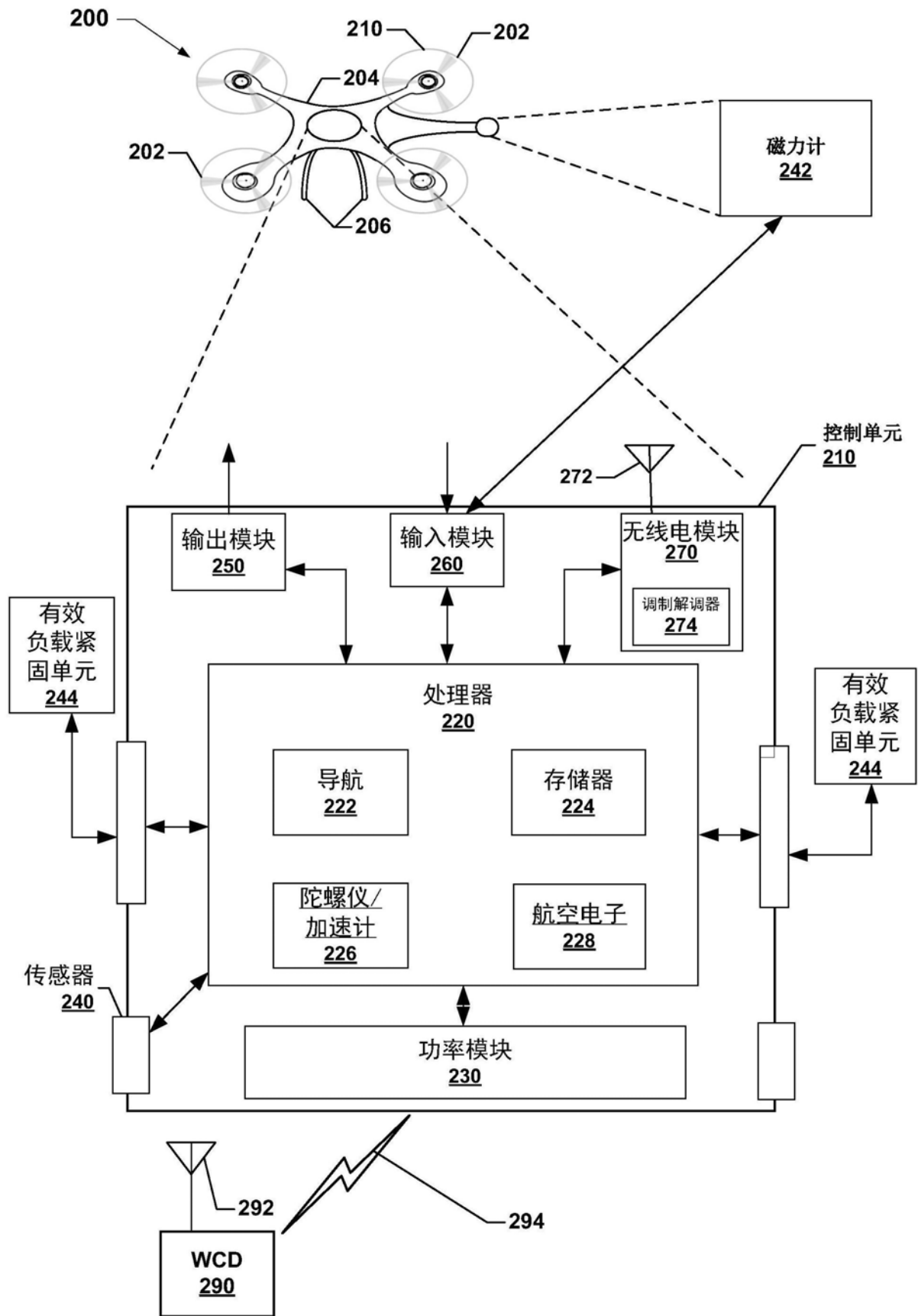


图2C

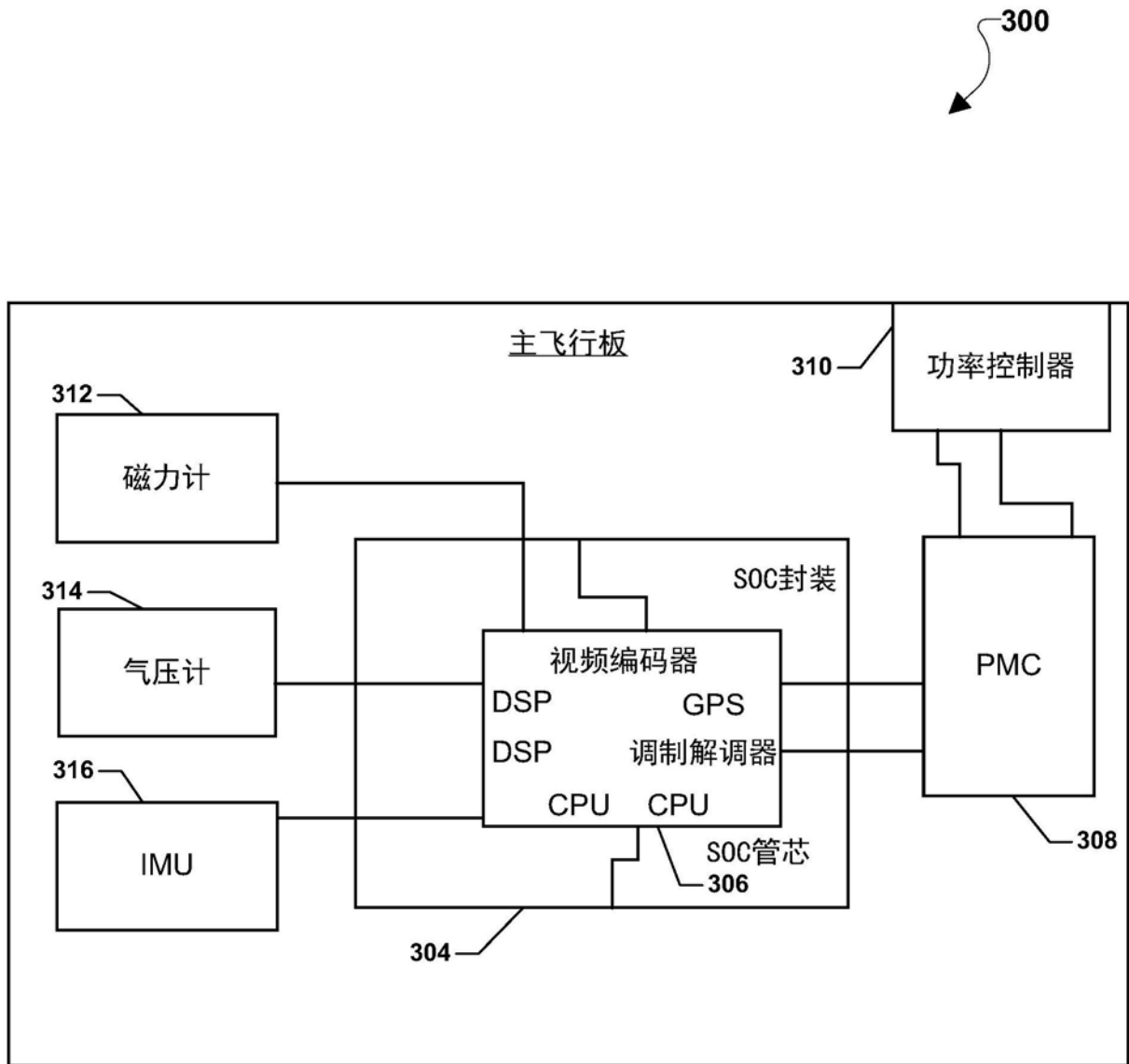


图3

400

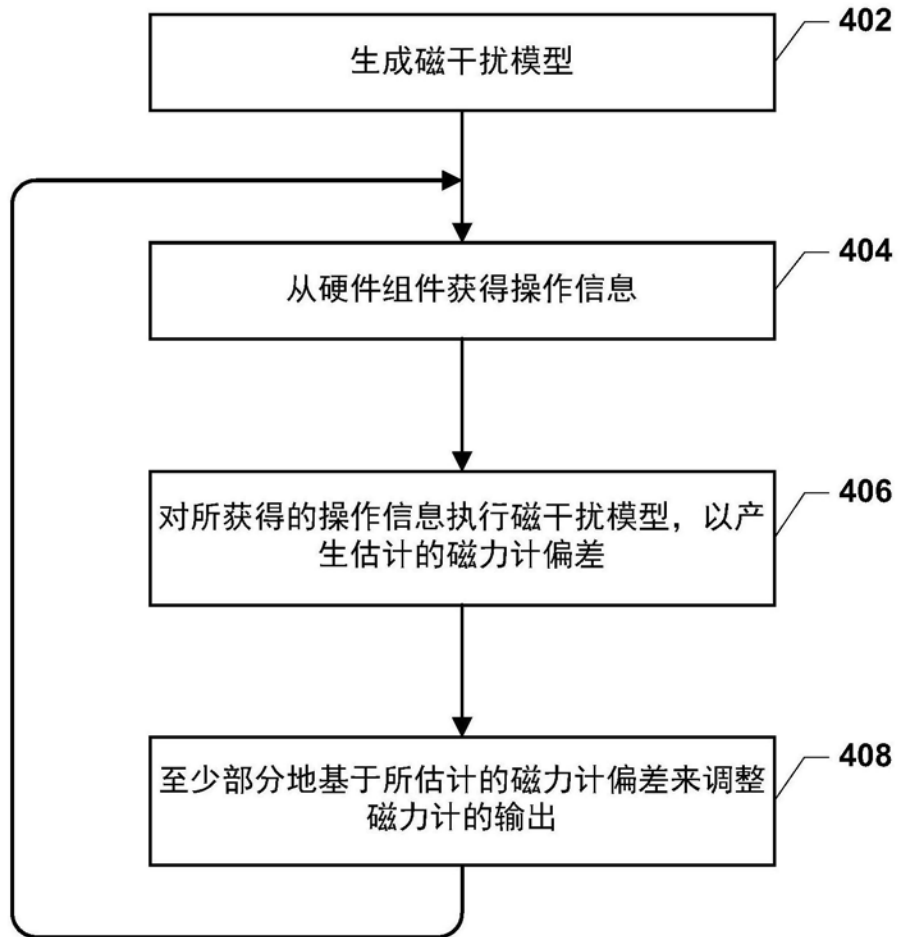


图4

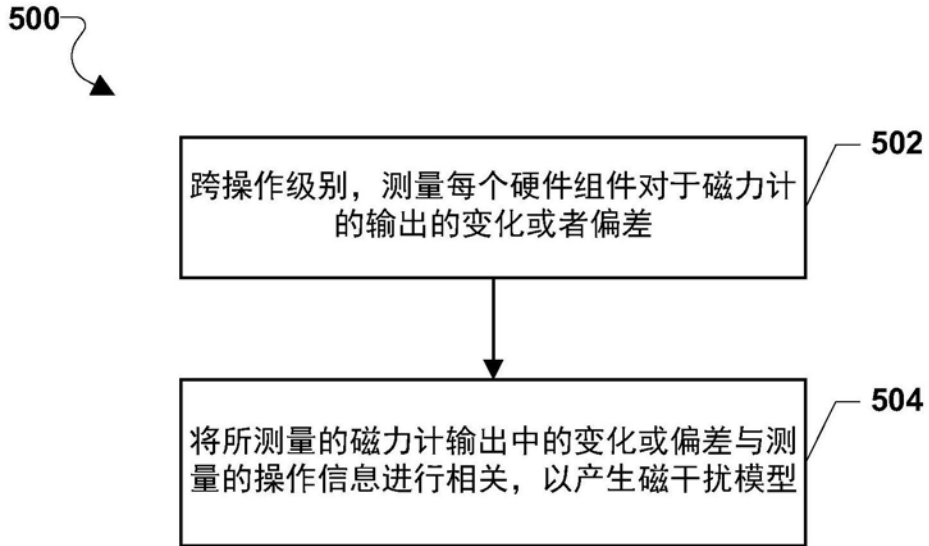


图5

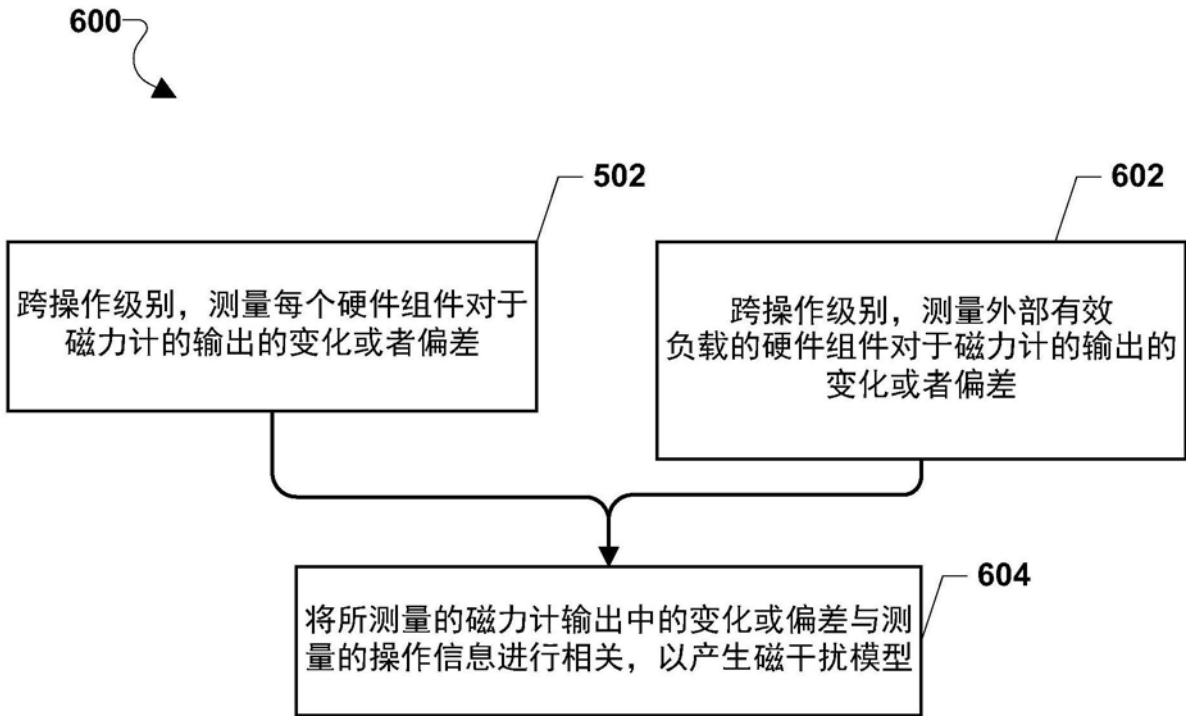


图6