



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104115081 B

(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201280069320.1

(22)申请日 2012.12.12

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104115081 A

(43)申请公布日 2014.10.22

(30)优先权数据

13/368,831 2012.02.08 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.08.08

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/069235 2012.12.12

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/119317 EN 2013.08.15

(73)专利权人 波音公司

地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 C·B·斯皮讷利 B·D·塔拉瑞

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 赵蓉民

(51)Int.Cl.

G05D 1/02(2006.01)

(56)对比文件

WO 9956188 A1,1999.11.04,

US 2011295569 A1,2011.12.01,

CN 102013175 A,2011.04.13,

US 5051750 A,1991.09.24,

审查员 仲莉

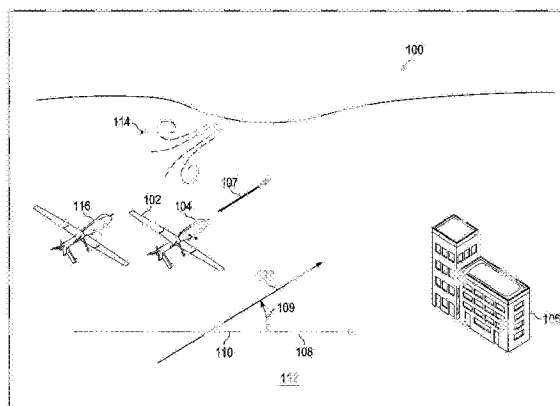
权利要求书2页 说明书12页 附图6页

(54)发明名称

利用恒定倾斜角转弯的风计算系统

(57)摘要

本申请公开一种用于操作飞行器的方法和装置。该飞行器以该飞行器与该飞行器的预定地面航迹交叉所成的恒定倾斜角飞行。利用以该恒定倾斜角飞行的该飞行器的位置来识别关于风的信息。



1. 一种用于操作无人航空器的方法,所述方法包含:

使所述无人航空器在第一转弯中以所述无人航空器与所述无人航空器的预定地面航迹交叉所成的第一恒定倾斜角飞行;

使所述无人航空器在第二转弯中从所述无人航空器的所述预定地面航迹的相反方向以所述无人航空器与所述预定地面航迹交叉所成的第二恒定倾斜角飞行;

利用以所述第一恒定倾斜角和所述第二恒定倾斜角飞行的所述无人航空器的位置来识别关于风的信息;以及

基于通过利用所识别的关于风的信息识别风向修正角而识别的风,调整所述无人航空器的航行以便在所述预定地面航迹上飞行,并且调整所述无人航空器的航向以便所述无人航空器在所述预定地面航迹上飞行。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中通过所述无人航空器的计算机系统自动地实施以下步骤:使所述无人航空器以所述无人航空器与所述无人航空器的所述预定地面航迹交叉所成的所述第一恒定倾斜角飞行;利用以所述第一恒定倾斜角飞行的所述无人航空器的位置来识别关于风的信息;以及基于所识别的风,调整所述无人航空器的航行以便在所述预定地面航迹上飞行。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中使所述无人航空器以所述无人航空器与所述无人航空器的所述预定地面航迹交叉所成的所述第一恒定倾斜角飞行包含:

使所述无人航空器以所述第一恒定倾斜角沿着机动地面航迹飞过所述无人航空器的所述预定地面航迹。

4. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包含:

当所述无人航空器以所述第一恒定倾斜角飞行时,记录所述无人航空器的位置。

5. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包含:

当所述无人航空器与所述预定地面航迹交叉时,识别所述无人航空器的实际空速,且其中利用以所述第一恒定倾斜角飞行的所述无人航空器的位置来识别关于风的信息包含:

利用所述无人航空器的所述位置、所述第一恒定倾斜角和所述实际空速来识别关于风的信息。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中识别所述关于风的信息包含:

识别风矢量。

7. 一种飞行器管理系统,其包含:

计算机系统,其被配置为接收关于飞行器沿着机动地面航迹以所述机动地面航迹与所述飞行器的预定地面航迹交叉所成的恒定倾斜角飞行的信息,并且根据所述飞行器沿着所述机动地面航迹的位置来识别关于风的信息,并且进一步执行根据权利要求1-6中任一项所述的用于操作无人航空器的方法。

8. 根据权利要求7所述的飞行器管理系统,其中所述计算机系统进一步被配置为基于所识别的风调整所述飞行器的航行以便在所述预定地面航迹上飞行。

9. 根据权利要求8所述的飞行器管理系统,其中所述飞行器是无人航空器,且其中在被配置成基于所识别的风调整所述飞行器的航行以便在所述预定地面航迹上飞行,所述计算机系统被配置为利用所识别的风信息识别风向修正角;以及调整所述无人航空器的航向以便所述无人航空器在所述预定地面航迹上飞行。

10. 根据权利要求7所述的飞行器管理系统, 其中所述计算机系统被配置为自动地接收关于飞行器沿着所述预定地面航迹以所述机动地面航迹与所述飞行器的所述预定地面航迹交叉所成的恒定倾斜角飞行的信息, 并且根据所述飞行器沿着所述机动地面航迹的位置来识别关于风的信息。

11. 根据权利要求7所述的飞行器管理系统, 其中使所述飞行器在第一转弯中以所述飞行器与所述飞行器的预定地面航迹交叉所成的第一恒定倾斜角飞行; 以及

使所述飞行器在第二转弯中从所述飞行器的所述预定地面航迹的相反方向以所述飞行器与所述预定地面航迹交叉所成的第二恒定倾斜角飞行。

12. 根据权利要求7所述的飞行器管理系统, 其中所述关于风的信息包含风矢量。

利用恒定倾斜角转弯的风计算系统

背景技术

[0001] 本发明总体涉及飞行器/航空器,特别地涉及操作无人航空器(UAV)。更特别地,本发明涉及通过使用恒定倾斜角而根据自动确定的风向修正角来自动计算航向,从而减少当沿着航行路线不考虑侧风时的重复航线修正。

[0002] 风/气流(wind)是可能影响飞行器航行的环境因素。例如,顺风是在飞行器行进方向上流动的风。顺风可以增加飞行器的相对地面速度并且可以减少到达目的地所需要的总时间。反之,逆风在飞行器行进方向的反向上流动并且可以具有相反的效果。

[0003] 其他类型的风也可能影响飞行器航行的地面航迹。地面航迹是在飞行器正下方的地球表面上的飞行器路径。更具体地,地面航迹可以是相对于北方在地球表面之上行进的预定航线或航向。例如,侧风是可能导致飞行器偏离航线的一部分风。航向是飞行器的纵轴相对于磁北的指向。

[0004] 可以响应于侧风对飞行器的航向进行调整,以使航线保持沿着预定地面航迹。这些调整通常包含获知风的方向和速度。

[0005] 通常,可以根据通过利用气象气球获得的信息计算关于风的信息。从气象气球获得的信息可以被用于某个地面位置,如空中交通管制服务。气象气球包含被配置为记录该气象气球在不同位置处的位置的设备。气象气球也可以被配置为记录其他信息,例如当气象气球行进穿过大气时的风速和风向。

[0006] 但是,这些气象气球不能提供如期望那么多的关于风的信息。例如,气象气球通常只能给出风的纵剖面。额外的气象气球可以被用于提供关于更大区域内的风的信息。气象气球的该用途可能比预期更昂贵且更费时间。此外,气象气球也可能不适合用于某些区域,如被用作商业飞行器的航行走廊的那些区域。在无人航空器的航行操作的情况下,航线路由可能发生在关于风的信息不可用的空域之上或之内。

[0007] 进一步地,为了从第二来源接收关于风的信息,飞行器需要被配置为从空中交通管制服务处接收信息的硬件。在无人航空器的情况下,在有效载荷限制和有效载荷空间限制方面可能是禁止性的,以便安装必要的系统来接收关于风的信息,从而确定风的航线修正角。

[0008] 因此,可能期望具有一种考虑如上讨论的问题和其他可能问题的方法和装置。

发明内容

[0009] 在一个说明性实施例中,提出一种操作飞行器的方法。该飞行器以该飞行器与该飞行器的预定地面航迹交叉所成的恒定倾斜角飞行。利用以该恒定倾斜角飞行的该飞行器的位置来识别关于风的信息。

[0010] 在另一个说明性实施例中,提出一种操作无人航空器的方法。该无人航空器以恒定倾斜角飞过预定地面航迹。当无人航空器以恒定倾斜角飞行时,该无人航空器的位置被识别。通过利用该无人航空器的位置以及该恒定倾斜角,风的速度和方向被识别。该无人航空器被操作以利用该风的速度和方向在预定地面航迹上飞行。

[0011] 在另一个说明性实施例中,飞行器管理系统包含计算机系统。该计算机系统被配置为接收关于飞行器以恒定倾斜角沿着机动地面航迹飞行的信息。该机动地面航迹与该飞行器的预定地面航迹交叉。该计算机系统进一步被配置为根据飞行器沿着机动地面航迹的位置识别关于风的信息。

[0012] 这些特征和功能可以在本发明的各种实施例中独立地实现或者在另一个实施例中进一步组合,其中更多的细节可以参考以下说明书和附图而获知。

附图说明

[0013] 说明性实施例的被认为是新颖特征的特性在所附的权利要求中阐述。通过参考本发明的说明性实施例的以下详细说明书并结合附图,将充分理解说明性实施例及优先使用方式、进一步目标及其优势。在附图中:

[0014] 图1是根据说明性实施例的飞行器环境的图示;

[0015] 图2是根据说明性实施例由飞行器实施的用以识别风信息的策略的图示;

[0016] 图3是根据说明性实施例的飞行器环境的方框图的图示;

[0017] 图4是根据说明性实施例的数据处理系统的图示;

[0018] 图5是根据说明性实施例用于操作飞行器的过程的流程图的图示;

[0019] 图6是根据说明性实施例利用风信息操作飞行器的过程的流程图的图示;以及

[0020] 图7是根据说明性实施例操作无人航空器的过程的流程图的图示。

具体实施方式

[0021] 这些说明性实施例认识并考虑到一个或多个不同方面。例如,不同的说明性实施例认识并考虑到没有被配置为在考虑风的情况下识别航线修正角的设备的飞行器;飞行器例如无人航空器仍然可以识别关于允许以期望方式操作该飞行器的风的信息。

[0022] 该说明性实施例认识并考虑到飞行器可以以恒定倾斜角绕圈飞行。飞行器飞行的每一圈的中心点的偏离或偏移可以用来识别关于风的信息。这些说明性实施例认识并考虑到,随着相对于预定地面航迹的偏离数值(例如相对于飞行圈的那些偏离量)增加,无人航空器的航程可能减小,从而使得更难以执行任务目标。

[0023] 但是,不同的说明性实施例认识并考虑到,该类型过程可能使用不能被应用于该飞行器的任务的时间和资源。例如,绕圈飞行以识别飞行器附近的风可能占用否则被用于使飞行器沿着航行路径飞行的时间和燃油。结果,飞行器可能不具有与期望一样长的航程。

[0024] 现在参考附图,特别是参考图1,其根据说明性实施例描述了飞行器环境的图示。飞行器环境100是可以在其中操作飞行器102的环境的示例。在该说明性示例中,飞行器102可以采用无人航空器(UAV)104的形式。

[0025] 正如所述,在这些说明性示例中,可以从远程位置106控制飞行器102。远程位置可以采用各种形式。例如,正如所述,远程位置106可以是建筑物、汽车、空中交通控制塔、轮船、地面站或一些其他合适的位置。

[0026] 正如所述,飞行器102在空中以选定的航向飞行,以便航行的实际路径遵循预定地面航迹110。换句话说,期望航线108遵循预定地面航迹110是在导致风向修正角109的相对于风114的航向107上飞行的结果。风向修正角109是当遵循预定地面航迹110时的期望航线

108与当风114存在时在预定地面航迹110上飞行所需要的航向107之间的夹角。

[0027] 在说明性示例中,预定地面航迹110是为飞行器102规划的在地面112上的路径。例如但非限制地,预定地面航迹110可以在航行计划中设置、由飞行器102的操作者设置,或者来自某一其他合适的来源。

[0028] 出于很多不同的原因,可能期望将航行保持在预定地面航迹110上方。当提及物品使用时,“很多”物品的意思是一个或多个物品。例如,很多不同的原因是指一个或多个不同的原因。

[0029] 将航行保持在预定地面航迹110上方的一个原因是飞行器102可以沿着预定地面航迹110执行地面112的监视。偏离预定地面航迹110可能导致不能沿着预定地面航迹110获得关于地面112的信息。更具体地,如果飞行器102偏离预定地面航迹110足够远,飞行器102可能不能够拍摄到可能在地面112上的目标物体的图像或视频。在某些情况下,使飞行器在预定地面航迹110上飞行可以是管理交通以避免飞行器彼此之间飞得比期望更接近的计划的一部分。

[0030] 在一个说明性示例中,保持飞行器102沿着预定地面航迹110航行可以被执行以确保该运载工具始终在友军附近且远离已知的敌军位置。以这种方式,在飞行中的紧急事故需要飞行器102立即恢复的情况下,飞行器102可以安全地恢复。

[0031] 在这些说明性示例中,风/气流(wind)114是可能导致飞行器102偏离预定地面航迹110的环境条件的示例。在具有关于风114的信息的情况下,飞行器102可以被操作以保持沿着预定地面航迹110航行。在这些说明性示例中,风114可能是侧风(crosswind)。

[0032] 在这些说明性示例中,可能以一种识别飞行器102附近存在的风114的方式来操作飞行器102。当风114潜在影响飞行器102在预定地面航迹110上方的航行时,风114处在飞行器102附近。

[0033] 关于风114的信息的识别可以被用于操作飞行器102或者被其他飞行器(例如飞行器116)使用。在该说明性示例中,飞行器102可以直接向飞行器116传送该信息。

[0034] 在其他说明性示例中,飞行器102可以向远程位置106传送该信息。进而,远程位置106可以向飞行器116或某种其他需要关于风114的信息的飞行器传送该信息。

[0035] 在另一些说明性示例中,如果飞行器116是无人航空器,则飞行器116也可以被远程位置106或其他远程位置处的操作者控制。该操作者可以利用关于风114的信息来操作飞行器116。

[0036] 在这些说明性示例中,可以以一种不会导致飞行器102像使用识别风114的其他技术那样多地偏离预定地面航迹110的方式来操作飞行器102。在这些说明性示例中,飞行器102的实际空速是飞行器102相对于飞行器102在其中飞行的空气团的速度。

[0037] 现在转向图2,其根据说明性实施例描述了由飞行器执行以识别关于风的信息的策略的图示。在该说明性示例中,飞行器102处于位置200处且沿着预定地面航迹110飞行。在某一点处,可能期望确定风114是否以一种影响飞行器102在预定地面航迹110上飞行的方式存在。

[0038] 位置200是飞行器102相对于预定地面航迹110的位置。位置200可以使用二维坐标系来进行测量。在该说明性示例中,X轴202和Y轴201定义了一个相对于地表面112的平面。在一些说明性示例中,该坐标系可以采用纬度和经度的形式。

[0039] 飞行器102可以偏离预定地面航迹110以执行相对于预定地面航迹110的机动(maneuver)。该机动可以持续较短的时间段,以便尽可能或如所期望小地影响飞行器102的任务。该机动被执行以识别关于风114的信息。

[0040] 在这些说明性示例中,当飞行器102沿着机动地面航迹203执行机动时,关于飞行器102的信息被识别。例如但非限制地,初始航向、实际空速、位置以及倾斜角是可以被识别的针对飞行器102的一些信息类型。

[0041] 在该说明性示例中,由飞行器102执行的机动可以是一个或更多个倾斜机动,其中飞行器102以恒定倾斜角转向。该机动可以包含在机动地面航迹203上交叉预定地面航迹110。在这些说明性示例中,在机动地面航迹203上飞行的飞行器102以恒定航向与预定地面航迹110交叉。换句话说,当飞行器102在位置206处沿着机动地面航迹203飞过预定地面航迹110时,飞行器102没有改变方向。在该说明性示例中,实际空速航向是未知的,但是可以通过使用在飞行器102执行机动时所识别的关于飞行器102的信息来求解。

[0042] 例如,飞行器102可以飞向预定地面航迹110的一侧,如图所示处于位置205的飞行器102。从位置205起,飞行器102可以沿着机动地面航迹203飞过预定地面航迹110到位置206。在该说明性示例中,这部分机动是以机翼水平飞行的。换句话说,使用约为零度的倾斜角。

[0043] 正如所述,当遵循机动地面航迹203时,飞行器102在位置206处飞过预定地面航迹110。当飞行器102到达位置206的附近时,飞行器102使用恒定倾斜角。机动地面航迹203是当飞行器102执行机动转弯时以恒定倾斜角飞行所产生的地面航迹。

[0044] 在这些说明性示例中,倾斜角是飞行器102围绕飞行器102的纵轴208倾斜的角度。纵轴208是穿过飞行器102中心延伸的轴线。

[0045] 正如所述,角度210是飞行器102的机动地面航迹203相对于预定地面航迹110的角度。例如,由沿着机动地面航迹203飞行的飞行器102执行的机动转弯可以以大约45度的角度210与预定地面航迹110交叉。当然,所述交叉可能呈现其他的角度,这取决于特定的实施方式。在说明性示例中,可能不知道角度210的精确值。在该说明性示例中,飞行器102飞行的倾斜角可以是大约5度。

[0046] 以类似的方式,当飞行器102与预定地面航迹110在位置214处交叉时,角度212也可以是恒定角度。角度212可以与角度210相同或不同,这取决于特定的实施方式。

[0047] 飞行器102可能以第二恒定倾斜角在位置214处飞过预定地面航迹110。该第二恒定倾斜角可以与飞行器102在位置206处飞过预定地面航迹110的恒定倾斜角相同。在该示例中,以该固定倾斜角转弯的方向是在相反的方向。

[0048] 在这些说明性示例中,飞行器在位置206处与预定地面航迹110交叉的角度是未知的,但是与该机动中飞行器102的初始航向相关。该初始航向是可以用来识别关于风114的信息的一些数据。该初始航向可以利用如下所述的最小二乘法来识别。

[0049] 在这些说明性示例中,飞行器102识别位置216。位置216位于地面上,其由飞行器102在机动地面航迹203上飞行时识别。位置216可以与沿着机动地面航迹203的位置相同或不同,这取决于飞行器102测量位置216的精确度。

[0050] 可以用许多不同的方法来确定位置216。例如,可以利用在飞行器102上载置的位置识别系统来识别位置216。该机载定位系统可以是例如全球定位系统接收器。在这些说明

性示例中,由飞行器102记录位置216。位置216可能不会精确地追踪机动地面航迹203,这取决于位置识别系统的精确度。位置216偏离机动地面航迹203的量取决于在飞行器102上使用的机载定位系统的精确度。

[0051] 如果不存在风114,则位置216可能与沿着无风地面轨迹217的位置相同。风114的存在可能导致与无风地面轨迹217上的相应位置不同的一个或更多个位置216。换句话说,多个位置216中的一个位置可能与沿着无风地面轨迹217的一个相应位置不同,该无风地面轨迹217是在没有风114的情况下为飞行器102预测的。

[0052] 在这些说明性示例中,位置216、恒定倾斜角以及飞行器102的实际空速可以被用来识别关于风114的信息。所识别的关于风114的信息可以包含风速和风向的数值。该过程可以包含最小二乘法分析,其将风速和风向的数值识别为这些参数的最优值。

[0053] 在识别了关于风114的信息后,飞行器102的操作可以被调整,以便飞行器102在存在风114的情况下沿着预定地面航迹110飞行。特别地,飞行器102的航向107可以被调整,以便飞行器102保持预定地面航迹110。可以做出该调整而不需要重复倾斜转弯机动来保持预定地面航迹110。

[0054] 进一步地,与飞行器102绕圈飞行的其他方法相比,根据沿着机动地面航迹203的机动计算出的风数据可以被用来操作飞行器102仍然大体上沿着预定地面航迹110飞行。进一步地,在识别了关于风114的信息后,当其他飞行器在影响其他飞行器航行的风114的附近时,其他飞行器的航行也可以被调整,以便那些飞行器沿着预定地面航迹飞行。

[0055] 当飞行器102采用无人航空器104的形式时,该类机动可能尤其有用。该机动、风信息的识别、图1中风向修正角109的识别、航向107的调整或者其某种组合可以由无人航空器104自动执行。换句话说,无人航空器104的远程操作者不需要执行这些任务来保持无人航空器104在预定地面航迹110上方的航行。

[0056] 现在转向图3,其根据说明性实施例描述飞行器环境的方框图的图示。在该说明性示例中,图1中的飞行器环境100是飞行器环境300的一种实施方式的示例。

[0057] 正如所述,若干飞行器302在飞行器环境300内运行。在该说明性示例中,若干飞行器302中的飞行器304可以在预定地面航迹306上飞行。在这些说明性示例中,风308可能影响飞行器304相对于预定地面航迹306的运行。

[0058] 在这些说明性示例中,风识别器310被用来识别关于风308的信息312。在这些说明性示例中,信息312可以采用风矢量314的形式。风矢量314可以包含风308的速度316和风308的方向318。

[0059] 在这些说明性示例中,风识别器310可以用硬件、软件或两者的组合来实施。在这些说明性示例中,风识别器310可以在计算机系统320内实施。在这些说明性示例中,风识别器310位于飞行器304中。

[0060] 正如所述,飞行器304在飞行中生成信息322,该信息322被风识别器310用来识别关于风308的信息312。特别地,信息322可以在机动324过程中生成。机动324可以是偏离预定地面航迹306的机动,并且相对于预定地面航迹306来实施。

[0061] 正如所述,信息322由飞行器304中的传感器系统326生成。传感器系统326可以包含定位系统。该定位系统可以是例如惯性测量单元、全球定位系统接收器、空速指示器、高度计、姿态传感器、机外空气温度探测器以及被配置为生成关于飞行器304的位置的信息的

其他合适类型系统。

[0062] 在这些说明性示例中,信息322可以包含在执行机动324期间的飞行器304的速度328、飞行器304的倾斜角329以及飞行器304的测量位置330。该倾斜角可以从由姿态传感器生成的信息中识别出。

[0063] 此外,计算机系统320可以利用信息322来识别实际空速331。可以用于识别实际空速331的信息322的一些示例包含例如来自空速校准数据、可压缩性修正以及空气密度的指示空速。空速校准数据是从指示空速到校准空速的修正。可压缩性修正是从校准空速到等价空速的修正。该修正在低次音速速度下是可忽略的。空气密度是根据压力高度和机外空气温度计算得到的。

[0064] 在这些说明性示例中,机动324采用若干转弯332的形式。例如,若干转弯332中的第一转弯333是以第一恒定倾斜角334执行的。换句话说,在这些说明性示例中,飞行器304在第一转弯333期间的倾斜角是基本相同的。

[0065] 在机动324中的若干转弯332也可以包含第二转弯336。第二转弯336是利用第二恒定倾斜角338来执行的。依据特定的实施方式,第一恒定倾斜角334和第二恒定倾斜角338可以是大小相等但方向相反的。

[0066] 第一转弯333在机动地面航迹344上并且与预定地面航迹306交叉。机动地面航迹344由位置352组成。在这些说明性示例中,第二转弯336也在机动地面航迹344上并且也导致飞行器304第二次与预定地面航迹306交叉。在这些说明性示例中,无风地面轨迹354包含飞行器304的位置356,其中如果飞行器304没有被风308影响,则飞行器304在执行机动324期间应飞越这些位置356。

[0067] 在这些说明性示例中,由飞行器304生成的信息322包括以预定间隔生成信息322。在这些说明性示例中,依据特定的实施方式,在机动324中的若干转弯332可以只包含第一转弯333但没有第二转弯336。从第一转弯333生成的信息322可以提供足够量的信息322来识别关于风308的信息312。在另一个说明性示例中,除了第一转弯333和第二转弯336外,还可能存在额外的转弯。

[0068] 在这些说明性示例中,第一转弯333和第二转弯336相对于预定地面航迹306在彼此相反的方向。第一恒定倾斜角334和第二恒定倾斜角338可以是例如大约10度、5度或一些其他合适的数值。

[0069] 在识别关于风308的信息312期间,如果风308没有影响飞行器304的运行,飞行器304在沿着机动地面航迹344飞行时所测量的位置330应该与无风地面航迹354中的位置356匹配。如果任何测量位置330与机动地面航迹344之间存在偏离,则当飞行器304在飞行器环境300中飞行时,风308具有足够的力量来影响飞行器304的运行。

[0070] 在这些说明性示例中,理论位置是沿着机动地面航迹344飞行的飞行器304的多个位置352中的若干位置。在识别关于风308的信息312时,飞行器304的理论位置可以由风识别器310利用以下方程计算得到:

[0071]

$$\frac{dx}{dt} = v \cdot \cos(A_z) + v_{wind.x} \quad (1)$$

[0072]

$$\frac{dy}{dt} = v \cdot \sin(A_z) + v_{wind,y} \quad (2)$$

[0073] 其中 A_z 是飞行器304在任何时间 t 处的实际空速航向。在说明性示例中,飞行器304的速度可以用许多不同的方式来表征。例如,飞行器304的速度可以用指示空速、实际空速和地面速度来描述。这些速度中的每一个的航向是针对特定类型速度的飞行器的罗盘方向。例如,指示空速和实际空速具有相同的方向,但是量值不同。地面速度是飞机沿着地表的速度,并且由于风的影响,地面速度与指示空速和实际空速相比可以具有不同的方向和不同的量值。

[0074] 在沿着倾斜机动的任一点处, $A_z = A_{z,init} + A_{z,t}$ 。在这些说明性示例中,时间 t 是相对于倾斜机动开始的时刻来测量的。例如,该机动可以在飞行器304第一次与预定地面航迹306交叉的时刻开始。 X 和 Y 坐标系的方向是任意的。实际航向角速率 Q 可以利用以下方程来计算:

[0075]

$$Q = \frac{g \cdot \tan(\varphi)}{v_T} \quad (3)$$

[0076] 其中 $Q := \frac{dA_z}{dt}$ 且 Q 是实际航向角速率(度/秒), $g = 32.2 \text{ ft/s}^2$, φ = 倾斜角(度),且 v_T = 实际速度(ft/s)。

[0077] 整合方程1和2得出下列方程:

[0078]

$$fx(A_{z0}, v_{wind,x}, j) := x_j - \frac{v_T}{Q} \cdot \sin(A_{z0} + Q \cdot time_j) - v_{wind,x} \cdot time_j - (x_1 - \frac{v_T}{Q} \cdot \sin(A_{z0})) \quad (4)$$

[0079]

$$fy(A_{z0}, v_{wind,y}, j) := y_j - y_1 + \frac{v_T}{Q} \cdot \cos(A_{z0} + Q \cdot time_j) - v_{wind,y} \cdot time_j - \frac{v_T}{Q} \cdot \cos(A_{z0}) \quad (5)$$

[0080] 在这些说明性示例中, $time_j$ 是从以恒定倾斜角转弯开始起测量的时间。针对所有的测量位置330,将方程(4)和(5)平方求和并求取关于 A_z 的导数得出:

[0081]

$$\frac{dfx}{dA_z}(A_{z0}, v_{wind,x}) := \sum_{j=1}^{J_{max}} [fx(A_{z0}, v_{wind,x}, j) \cdot (-\cos(A_{z0} + Q \cdot time_j) + \cos(A_{z0}))] \quad (6)$$

[0082]

$$\frac{dfy}{dA_z}(A_{z0}, v_{wind,y}) := \sum_{j=1}^{J_{max}} [fy(A_{z0}, v_{wind,y}, j) \cdot (-\sin(A_{z0} + Q \cdot time_j) + \sin(A_{z0}))] \quad (7)$$

[0083] 针对所有的测量位置330,将方程(4)和(5)平方求和并求取关于 $v_{wind,x}$ 和 $v_{wind,y}$ 的导数得出:

[0084]

$$\frac{dfx}{dv_{wind,x}}(A_{z0}, v_{wind,x}) := \sum_{j=1}^{J_{max}} [fx(A_{z0}, v_{wind,x}, j) \cdot (-time_j)] \quad (8)$$

[0085]

$$\frac{dfy}{dv_{wind,y}}(A_{z0}, v_{wind,y}) := \sum_{j=1}^{j_{max}} [fy(A_{z0}, v_{wind,y}, j) \cdot (-time_j)] \quad (9)$$

[0086] 将方程6和7相加并且利用方程8和9得出以下方程:

[0087]

$$\frac{dfx}{dA_z}(A_{z0}, v_{wind,x}) + \frac{dfx}{dA_z}(A_{z0}, v_{wind,y}) = 0 \quad (10)$$

[0088]

$$\frac{dfx}{dv_{wind,x}}(A_{z0}, v_{wind,x}) = 0 \quad (11)$$

[0089]

$$\frac{dfy}{dv_{wind,y}}(A_{z0}, v_{wind,y}) = 0 \quad (12)$$

[0090] 方程10、11和12被用来求解 A_{z0} 、 $v_{wind,x}$ 和 $v_{wind,y}$ 。在机动324期间测量的测量位置330被用于这些方程中的x和y,并且对所有测量位置330执行最小二乘法分析。该最小二乘法分析通过使测量位置和理论位置之间的差异最小化来确定三个未知的初始实际空速航向、 $v_{wind,x}$ 和 $v_{wind,y}$ 的最优值。在这些说明性示例中,初始实际空速航向与飞行器304在执行机动324期间与预定地面航迹306交叉时的航向相同。风速和风向可以根据 $v_{wind,x}$ 和 $v_{wind,y}$ 来确定。该测量位置是被飞行器304识别的多个测量位置330中的一个位置。

[0091] 以这种方式,风识别器310可以利用在机动324期间记录的实际空速331、倾斜角329以及测量位置330。在该说明性示例中,不需要其他的信息。

[0092] 以这种方式,风识别器310识别有关风308的信息312,例如速度316和方向318。既然关于风308的信息312已经被识别,则这种关于风308的信息可以被用来操作飞行器304以便遵循预定地面航迹306。

[0093] 进一步地,当飞行器304沿着预定地面航迹306行进时,可以执行若干不同次数的机动324。此外,飞行器304可以向若干飞行器302中的其他飞行器传送信息312。例如,飞行器304可以直接向若干飞行器302中的其他飞行器传送该信息。在其他说明性示例中,可以将信息312传送到远程位置347。进而,远程位置347可以向若干飞行器302中的其他飞行器发送信息312。

[0094] 现在转向图4,其根据说明性实施例描述一种数据处理系统的图示。数据处理系统400可以被用来实现图3中的计算机系统320中的一个或多个计算机。在该说明性示例中,数据处理系统400包含通信框架402,该通信框架402在处理器单元404、存储器406、永久存储装置408、通信单元410、输入/输出(I/O)单元412以及显示器414之间提供通信。在该示例中,通信框架402可以采用总线系统的形式。

[0095] 处理器单元404用于执行可以被加载到存储器406中的软件指令。依据特定的实施方式,处理器单元404可以是多个处理器、一个多处理器核心或一些其他类型的处理器。进一步地,在某些说明性示例中,图3中的风识别器310可以使用硬件如处理器单元404来实现。

[0096] 存储器406和永久存储装置408是存储设备416的示例。存储设备是能够存储信息

的任何一块硬件,该信息是例如但不限于数据、功能形式的程序代码和/或其他合适的临时性和/或永久性的信息。在这些说明性示例中,存储设备416也可以被称为计算机可读存储设备。在这些示例中,存储器406可以是例如随机存取存储器或者任何其他合适的易失性或非易失性存储设备。依据特定的实施方式,永久存储装置408可以采用各种形式。

[0097] 例如,永久存储装置408可以包含一个或更多个组件或器件。例如,永久存储装置408可以是硬盘驱动器、闪存存储器、可重写光盘、可重写磁带或以上类型的某种组合。永久存储装置408所用的介质也可以是可移除的。例如,可移除的硬盘驱动器可以用于永久存储装置408。

[0098] 在这些说明性示例中,通信单元410提供与其他数据处理系统或设备进行的通信。在这些说明性示例中,通信单元410是网络接口卡。

[0099] 输入/输出单元412允许通过可以连接到数据处理系统400的其他设备进行数据的输入/输出。例如,输入/输出单元412可以为用户通过键盘、鼠标和/或一些其他合适的输入设备进行输入提供连接。进一步地,输入/输出单元412可以向打印机发送输出。显示器414提供了向用户显示信息的机制。

[0100] 操作系统、应用程序和/或程序的指令可以位于存储设备416中,这些存储设备416通过通信框架402与处理器单元404进行通信。不同实施例的过程可以由处理器单元404利用计算机执行的指令来实现,这些指令可以位于存储器如存储器406内。

[0101] 这些指令被称为程序代码、计算机可用程序代码或计算机可读程序代码,其可以由处理器单元404中的处理器读取并执行。不同实施例中的程序代码可以在不同的物理或计算机可读存储介质如存储器406或永久存储装置408上实现。

[0102] 程序代码418以函数的形式位于计算机可读介质420中,该程序代码是选择性可移除的并且可以被加载或传送到数据处理系统400以便由处理器单元404执行。在这些说明性示例中,程序代码418和计算机可读介质420形成计算机程序产品422。在一个示例中,计算机可读介质420可以是计算机可读存储介质424或计算机可读信号介质426。

[0103] 在这些说明性示例中,计算机可读存储介质424是用来存储程序代码418的物理或实体存储设备,而不是传播或传送程序代码418的媒介。可替换地,可以利用计算机可读信号介质426向数据处理系统400传送程序代码418。计算机可读信号介质426可以是例如包含程序代码418的传播数据信号。例如,计算机可读信号介质426可以是电磁信号、光信号和/或任何其他合适类型的信号。这些信号可以经由通信链路如无线通信链路、光纤电缆、同轴电缆、电线和/或任何其他合适类型的通信链路进行传送。

[0104] 针对数据处理系统400所示的不同组件并不意味着对不同实施例可以实现的方式提供结构上的限制。不同的说明性实施例可以在数据处理系统中实现,该数据处理系统包含附加于和/或替换针对数据处理系统400所示的组件的若干组件。图4中所示的其他组件可能不同于所示的说明性示例。不同的实施例可以利用能够运行程序代码418的任何硬件设备或系统来实施。

[0105] 图3中的飞行器环境300和图4中的数据处理系统400的图示不意味着隐含对说明性实施例可以实现的方式进行物理上或结构上的限制。可以使用附加于或替换图示组件的其他组件。一些组件可能是不必要的。这些方框也被展示以说明一些功能组件。当在说明性实施例中实现时,这些方框中的一个或更多个可以被组合、划分或者组合并划分成不同的

方框。

[0106] 例如,风识别器310可以位于远程位置347处而不是飞行器304内。例如,风识别器310可以在远程位置347处的计算机系统或其他硬件中实现,所述硬件可以是平台,例如建筑物、另一架飞行器、轮船或某些其他合适的远程位置。进一步地,飞行器304可以采用许多不同的形式。例如,飞行器304可以是飞机、直升机、无人航空器或某些其他合适类型的飞行器。

[0107] 作为另一示例,风识别器310的硬件可以利用其他类型的硬件而不是计算机系统320来实施。例如,该硬件可以采用以下形式:电路系统、集成电路、专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑器件或者被配置为执行若干操作的某些其他合适类型的硬件。

[0108] 关于可编程逻辑器件,该器件被配置为执行若干操作。该器件可以在稍后被重新配置或者可以被永久性地配置为执行若干操作。可编程逻辑器件的示例包含例如可编程逻辑阵列、可编程阵列逻辑、现场可编程逻辑阵列、现场可编程门阵列和其他合适的硬件设备。此外,该过程可以在与无机组件集成的有机组件内实施,和/或可以完全由除了人以外的有机组件组成。

[0109] 图1和图2中所示的不同组件可以与图3中的组件结合、与图3中的组件一起使用或者两者的组合。此外,图1和图2中所示的一些组件可以是如何将图3和图4中以方框形式显示的组件实现为物理组件的说明性示例。

[0110] 现在参考图5,其根据说明性实施例描述一种操作飞行器的过程的流程图的图示。图5中所示的过程可以在图1中的飞行器环境100或图3中的飞行器环境300中实施。

[0111] 在该说明性示例中,该过程可以使飞行器转向以便飞向该飞行器的预定地面航迹的一侧(操作500)。之后,该飞行器转弯以便沿着机动地面航迹在机动地面航迹与该飞行器的预定地面航迹交叉的恒定航向上飞行(操作502)。该机动的恒定倾斜角在该点处开始。在这些说明性示例中,飞向预定地面航迹的一侧并且然后以实际空速航向 A_{z0} 按恒定航向飞回预定地面航迹是所述机动的一部分。

[0112] 然后,当飞行器转弯沿着机动地面航迹以恒定倾斜角飞行时,该过程收集关于该飞行器的信息(操作504)。该信息可以包含例如飞行器的位置、飞行器的速度和其他合适的信息。然后该过程根据飞行器相对于机动地面航迹的位置来识别风的风矢量(操作506)。操作506也可以包含使用关于飞行器的其他信息。

[0113] 考虑到上述方程,可以使用其他信息,例如,倾斜角、所记录的飞行器的位置、所计算的飞行器的实际空速以及其他合适的信息。诸如当飞行器与预定地面航迹交叉时该飞行器的初始实际空速航向以及风信息等信息可以利用上述方程来识别。

[0114] 然后该过程利用风信息操作所述飞行器(操作508),之后该过程结束。在操作508中,可以对飞行器进行调整,以便该飞行器沿着预定地面航迹飞行。这些调整可以包括例如操纵面配置的变化、推力以及其他合适的调整。以此方式,可以操作该飞行器以更接近地沿着预定地面航迹飞行。

[0115] 现在参考图6,其根据说明性实施例描述一种利用风信息操作飞行器的过程的流程图的图示。图6中所示的过程是可以为图5中的操作508执行的操作的一个示例。

[0116] 该过程开始于利用风信息识别风向修正角(操作600)。然后,该过程调整飞行器的航向,以便该飞行器在预定地面航迹上飞行(操作602),之后该过程结束。

[0117] 在这些说明性示例中,图6中的过程可以由飞行器自动地执行。图5和图6中的操作可以以多种不同的方式执行。例如,这些操作可以由飞行器的计算机系统自动地执行。该计算机系统可以位于该飞行器内或位于定向远程位置处。在说明性示例中,自动地执行一项操作意味着可以在不需要用户输入的情况下执行该操作以初始化该操作的实施。

[0118] 现在转向图7,其根据说明性实施例描述一种操作无人航空器的过程的流程图的图示。该过程可以在无人航空器如图1中的无人航空器104中执行。不同操作可以在不需要用户输入的情况下自动地执行。

[0119] 该过程开始于使无人航空器机动飞行以便以固定航向与预定地面航迹交叉(操作700)。在说明性示例中,以大约零度的倾斜角交叉预定地面航迹。换句话说,在这些说明性示例中,在无人航空器的机翼处于水平状态的情况下与预定地面航迹交叉。

[0120] 之后,无人航空器进入转弯并且在转弯中保持恒定倾斜角(操作702)。该转弯导致无人航空器与预定地面航迹交叉。

[0121] 在执行机动期间,无人航空器的位置被测量和记录(操作704)。然后,无人航空器利用实际空速、倾斜角和在机动期间记录的位置来识别关于风的信息(操作706)。该风信息包含风速和风向。换句话说,该风信息可以是无人航空器遇到的风的矢量。

[0122] 无人航空器基于风信息识别风向修正角(操作708)。然后利用该修正角识别航向(操作710)。在说明性示例中,该航向是无人航空器的实际空速的方向。该航向可被称为风修正航线航向。然后无人航空器利用该航向飞行,以便该无人航空器大体上保持在预定地面航迹上航行(操作712),之后该过程结束。

[0123] 所描述的不同实施例中的流程图和方框图示出了说明性实施例中的装置和方法的某些可能实施方式的体系架构、功能和操作。就此而言,流程图和方框图中的每个方框可以代表模块、分段、功能和/或一部分操作或步骤。例如,一个或更多个方框可以被实现为程序代码、硬件或者程序代码和硬件的组合。当以硬件实现时,该硬件可以例如采用集成电路的形式,该集成电路被制造或配置成执行流程图或方框图中的一个或更多个操作。

[0124] 例如,操作508可以被将关于风的信息传送到另一飞行器来使用的操作代替。该第二飞行器可以在被用来识别关于风的信息的飞行器附近。该过程也可以周期性地或沿着预定地面航迹的不同部分重复。

[0125] 因此,不同的说明性实施例提供一种用于操作飞行器的方法和装置。不同的说明性实施例提供一种识别关于可能影响飞行器沿着预定地面航迹飞行的风的信息的能力。

[0126] 一个或更多个说明性实施例允许飞行器不使用其他机构(例如气象气球)识别风信息。进一步地,所识别的关于风的信息可能比使用其他机构(例如气象气球)更精确。在说明性示例中,风对执行机动的飞行器的影响被用于识别关于实际影响飞行器航行的风的信息。

[0127] 一个或更多个说明性实施例也没有涉及在飞行器和空中交通管制服务之间传送信息。以这种方式,在操作飞行器时可能不需要额外的设备来识别关于风的信息。结果,飞行器可能有更少的重量、成本和复杂性。

[0128] 在说明性实施例的某些可替换实施方式中,方框中显示的一个功能或多个功能可能不按图中显示的顺序发生。例如,在某些情况下,两个连续显示的方框可能会被同时执行,或者所述方框有时会以相反的顺序执行,这取决于所涉及的功能。除了流程图或方框图

中所示的方框外,也可以添加其他方框。

[0129] 因此,一个或多个说明性实施例提供了一种用于识别可能影响飞行器在地面航迹上方的航行的关于风的信息的方法和装置。特别地,一个或多个说明性实施例可以被应用于操作无人航空器。

[0130] 在说明性实施例中,在识别了关于风的信息后,根据通过利用恒定倾斜角自动确定的风向修正角来自动计算航向可以被用于减少当沿着航行路径不考虑侧风时的重复航线修正。

[0131] 出于图示说明和描述的目的,已经展示了不同的说明性实施例的描述,但并不旨在穷举或局限于所公开形式的实施例。对于本领域技术人员来说,许多修改和变化是显而易见的。进一步地,不同的说明性实施例与其他说明性实施例相比可以提供不同的特征。所选择的实施例或多个实施例被挑选并描述是为了充分地解释这些实施例的原理和实际应用,并且使得本领域技术人员能够理解各种实施例的公开内容具有各种修改并且适用于可预期的特定用途。

[0132] 可替换实施例可以声明如下:

[0133] A10.一种操作无人航空器的方法,该方法包含:

[0134] 使所述无人航空器以恒定倾斜角飞过预定地面航迹;

[0135] 当所述无人航空器以所述恒定倾斜角飞行时识别所述无人航空器的位置;

[0136] 利用所述无人航空器的位置和所述恒定倾斜角来识别风的速度和方向;以及

[0137] 利用风的速度和方向来操作所述无人航空器在所述预定地面航迹上飞行。

[0138] A11.根据权利要求A10所述的方法,其进一步包含:

[0139] 利用所述无人航空器的位置确定所述无人航空器的实际空速,且其中所述利用所述无人航空器的位置和所述恒定倾斜角来识别风的速度和方向包含:

[0140] 利用所述无人航空器的位置、所述恒定倾斜角以及所述无人航空器的所述实际空速来识别风的速度和方向。

[0141] A12.根据权利要求A10所述的方法,其中利用风的速度和方向操作所述无人航空器在所述预定地面航迹上飞行包含:

[0142] 利用风的速度和方向识别风向修正角;以及

[0143] 调整所述无人航空器的航向,以便所述无人航空器在所述预定地面航迹上飞行。

[0144] A18.根据权利要求A13所述的飞行器管理系统,其中所述飞行器是无人航空器。

[0145] A19.根据权利要求A13所述的飞行器管理系统,其中所述计算机系统位于所述飞行器和远程位置中的至少一个中。

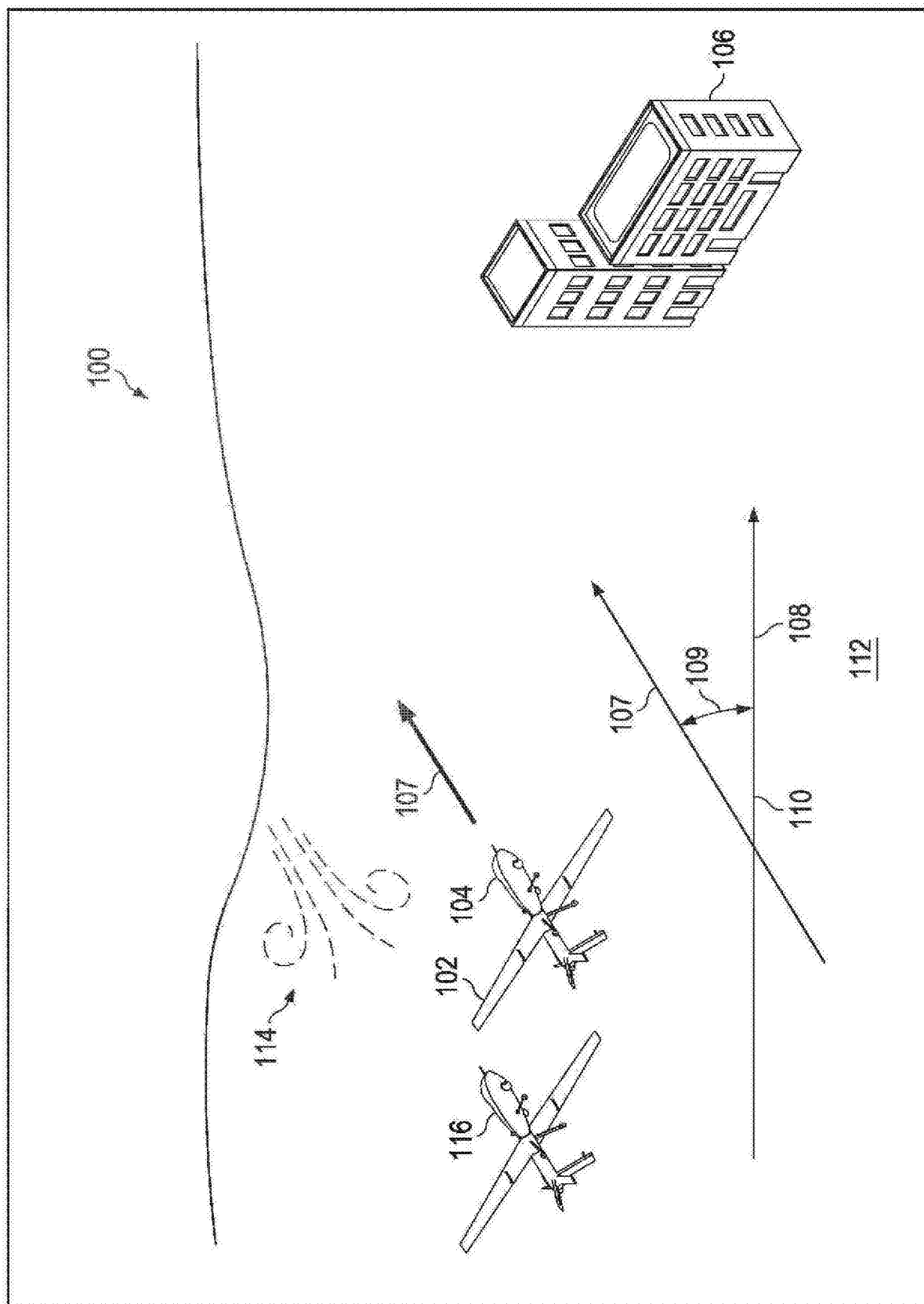


图1

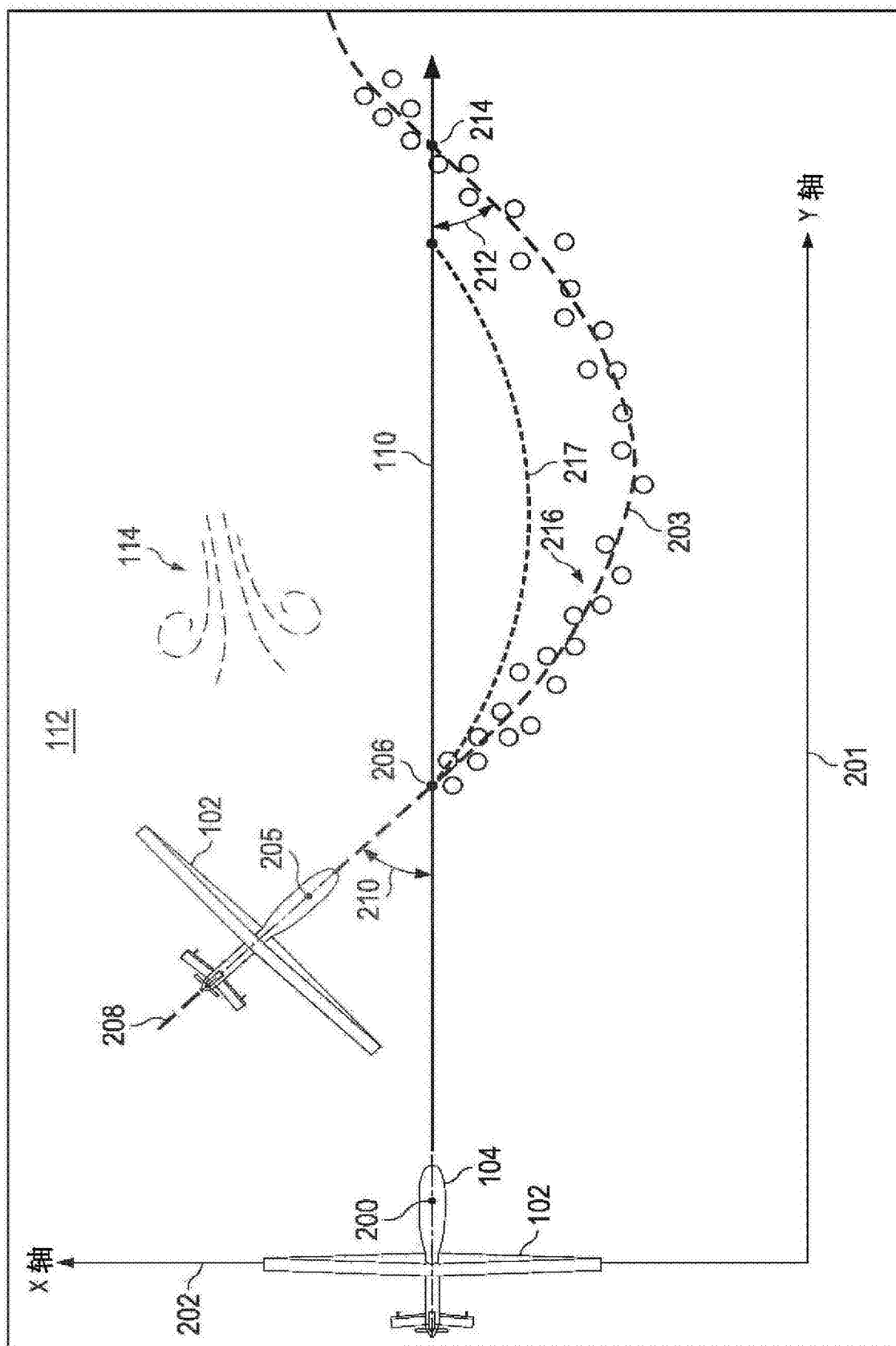


图2

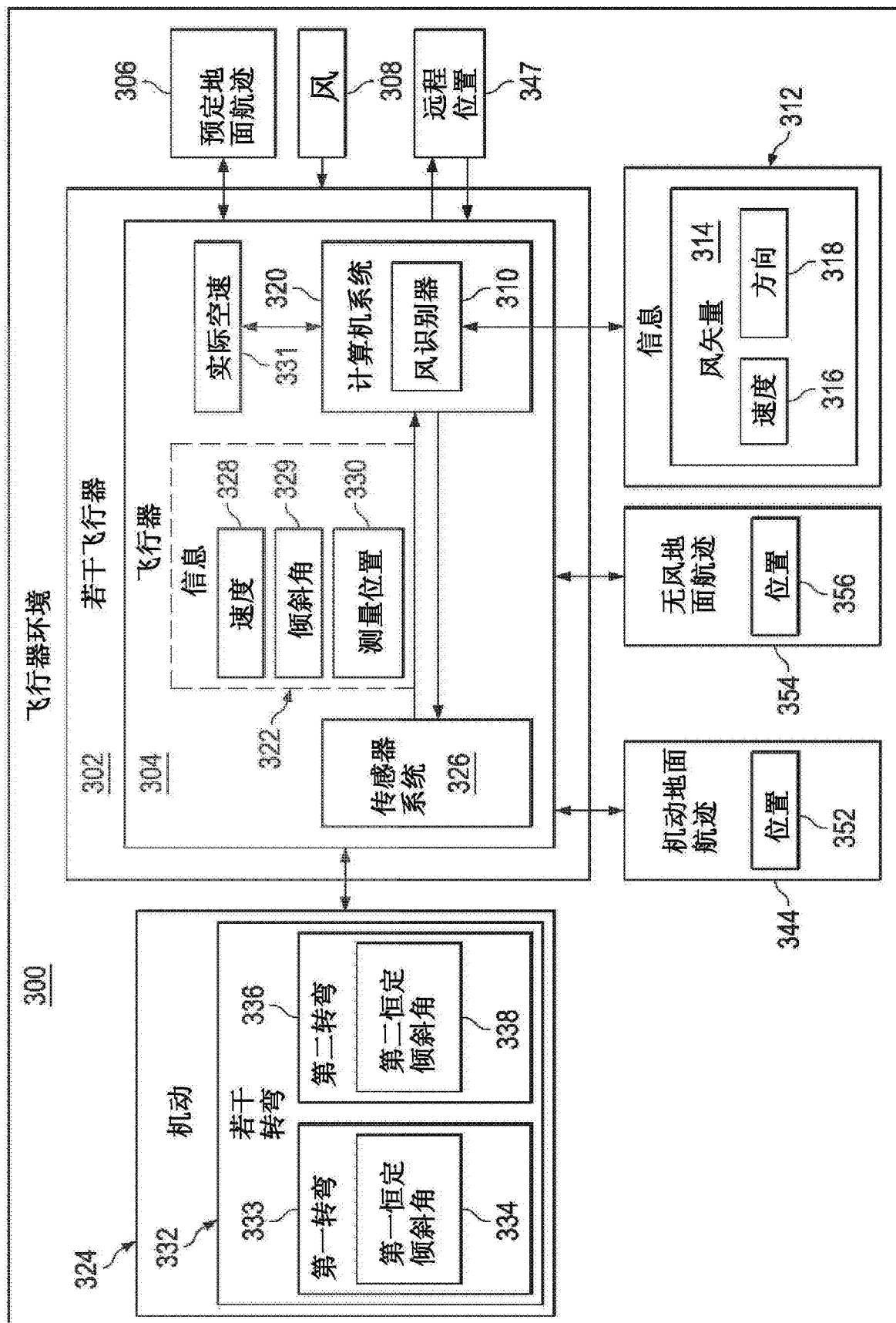


图3

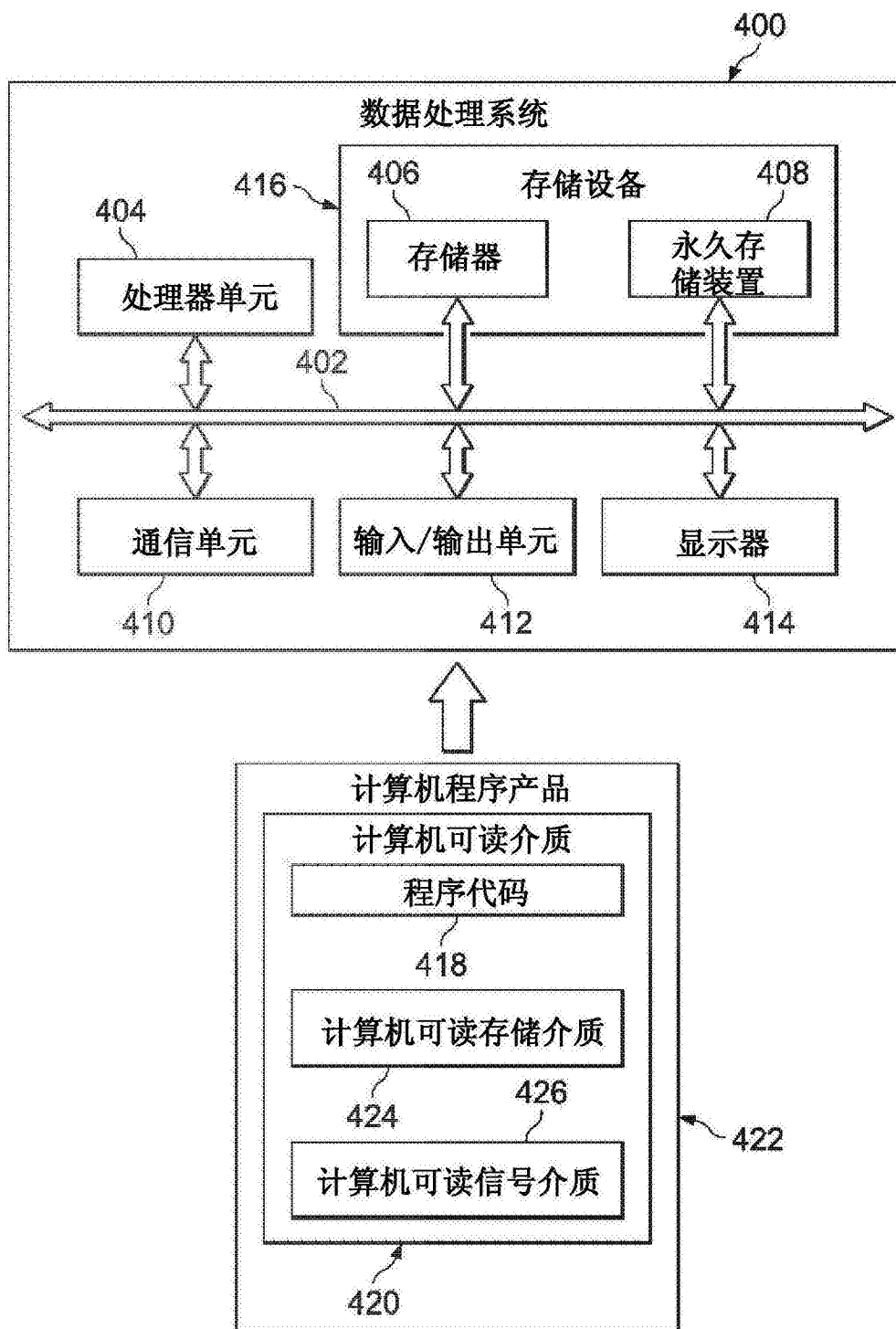


图4

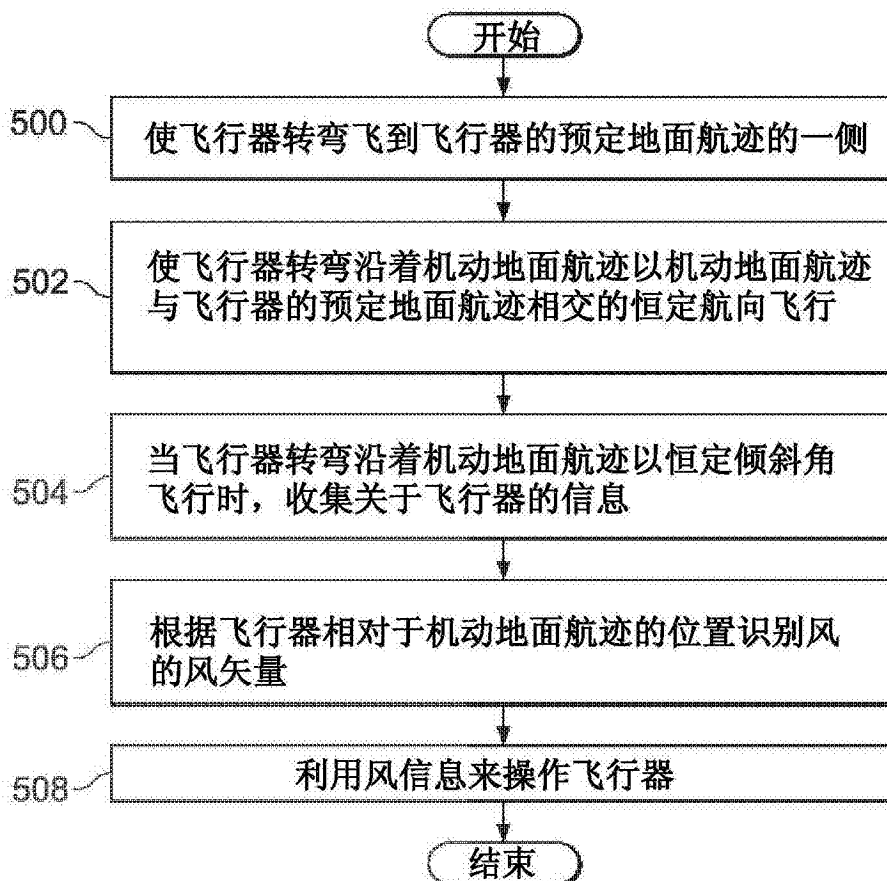


图5

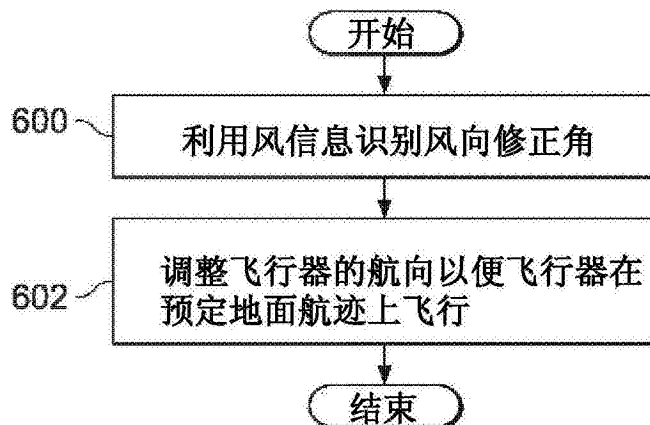


图6

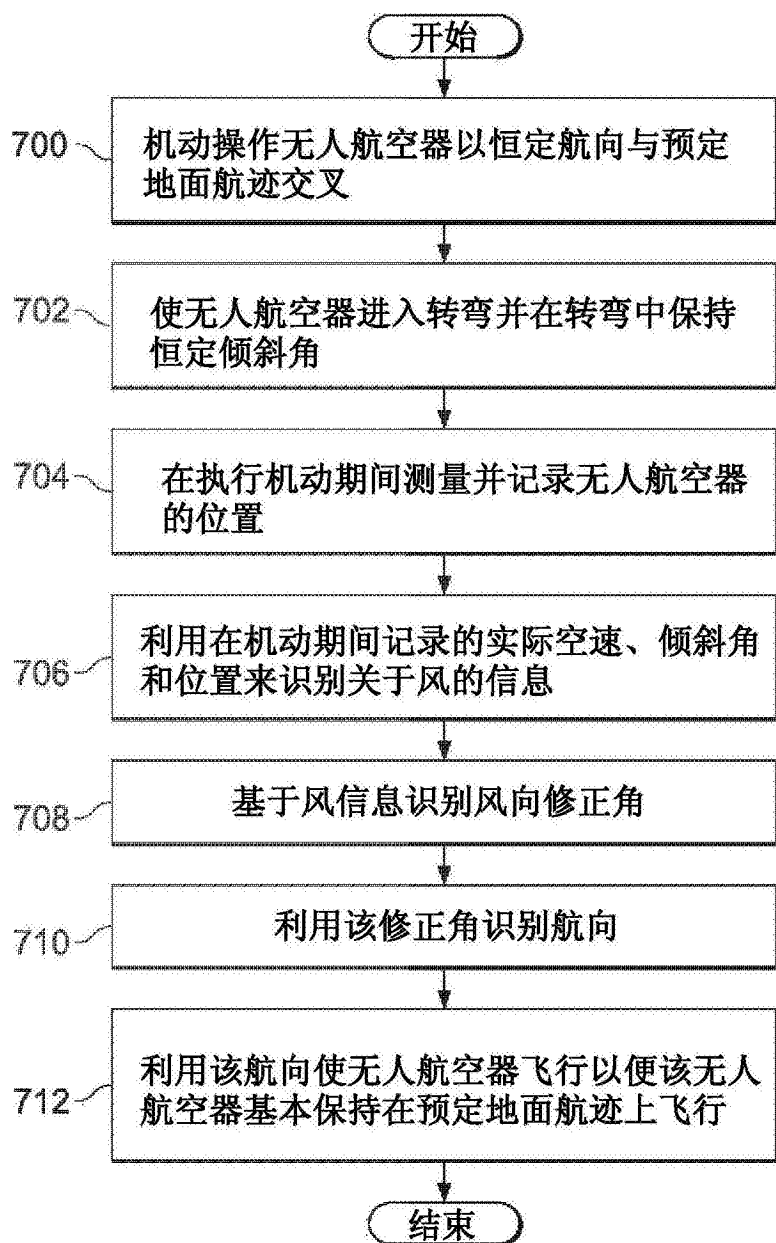


图7