



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117608279 A

(43) 申请公布日 2024. 02. 27

(21) 申请号 202311034749.3

G05D 1/648 (2024.01)

(22) 申请日 2023.08.16

G05D 105/22 (2024.01)

(30) 优先权数据

2212025.7 2022.08.17 GB

(71) 申请人 空中客车营运有限公司

地址 英国布里斯托尔

(72) 发明人 阿什利·比德米德 马克·约翰逊

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

专利代理师 邵盼

(51) Int. Cl.

G05D 1/43 (2024.01)

G05D 1/633 (2024.01)

G05D 1/644 (2024.01)

G05D 1/247 (2024.01)

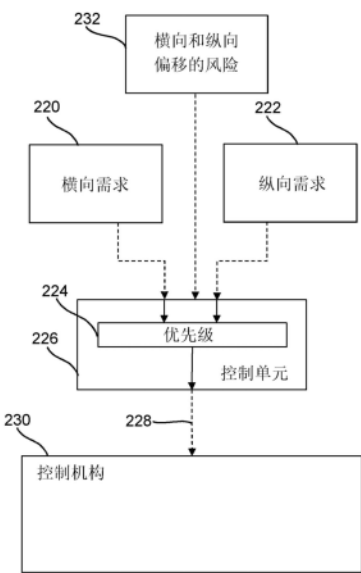
权利要求书3页 说明书16页 附图7页

(54) 发明名称

用于控制飞行器地面操纵的方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及用于控制飞行器地面操纵的方法和设备。飞行器 (101) 包括用于自动控制地面操纵的地面操纵控制单元 (226)。飞行器 (101) 具有用于控制飞行器 (101) 运动的控制机构 (230)，比如方向舵、前轮转向装置、扰流器、轮制动器 (110a和110b) 等。控制单元 (226) 配置成接收关于飞行器横向运动 (例如航向控制) 的横向输入需求 (220) 和关于飞行器纵向运动 (例如减速) 的纵向输入需求 (222)。控制单元 (226) 将输入需求 (220、222) 作为输出需求 (228) 传递至飞行器 (101) 的相关控制机构 (230)，输出需求在需要时具有修改，修改基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险 (232) 优先考虑横向输入需求 (220) 和纵向输入需求 (222) 中的一者。



1. 一种用于飞行器的飞行器地面操纵控制单元；

所述飞行器具有用于控制所述飞行器的运动的多个控制机构；

所述飞行器具有至少两个轮；并且

所述控制机构包括至少两个轮制动器；

其中：

所述控制单元配置成接收横向输入需求和纵向输入需求，所述横向输入需求是关于所述飞行器的横向运动的需求，所述纵向输入需求是关于所述飞行器的纵向运动的需求；

所述控制单元配置成将所述横向输入需求和所述纵向输入需求作为输出需求传递至所述飞行器的相关的所述控制机构；并且

所述控制单元配置成传递具有修改的输出需求，所述修改通过基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险对所述输入需求的一部分进行优先考虑而得到。

2. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元，其中，所述控制单元配置成通过基于以下各项对所述横向输入需求和所述纵向输入需求进行优先考虑来将所述输出需求传递至所述轮制动器：

所述飞行器上其他控制机构的可用性，以及

所述横向跑道偏移的风险和所述纵向跑道偏移的风险。

3. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元，其中，所述控制单元配置成接收与所述飞行器的所述控制机构的当前状态相关的输入数据。

4. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元，其中，所述控制单元配置成识别所述横向输入需求何时与所述纵向输入需求相冲突。

5. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元，其中，所述控制单元配置成基于以下各项来确定横向偏移的风险和纵向偏移的风险：

所述飞行器的速度的一个或更多个测量值；

所述飞行器与跑道的边缘之间的在横向方向上的距离；以及

所述飞行器与所述跑道的边缘之间的在纵向方向上的距离。

6. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元，其中，所述控制单元配置成基于以下各项来确定横向偏移的风险和纵向偏移的风险：

通过所述控制机构满足所述横向输入需求所需的响应；

通过所述控制机构满足所述纵向输入需求所需的响应；以及

同时满足所述横向需求和所述纵向需求所需的响应是否在所述飞行器的所述控制机构的能力范围内。

7. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元，其中，所述控制单元配置成识别所述横向输入需求和所述纵向输入需求何时不能由所述飞行器的所述控制机构完全满足。

8. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元，其中，所述控制单元配置成通过相对于一个输入需求对另一个输入需求的权限施加限制来提供优先级。

9. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元，其中，所述控制单元配置成平衡纵向偏移的风险和横向偏移的风险，以计算将使总体风险最小化的所述输出需求。

10. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元，其中，所述控制单元配置成向右舷轮制动器和左舷轮制动器输出作为所述横向输入需求和所述纵向输入需求的总和的需求。

求。

11. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元,其中,所述控制单元配置成:
接收所述横向输入需求;

将输出需求发送至一个或更多个第一转向控制机构,所述第一转向控制机构是方向舵转向机构和/或前轮转向机构;

确定所述第一转向控制机构中的至少一个第一转向控制机构没有满足所述输出需求;
并且

作为确定所述第一转向控制机构中的至少一个第一转向控制机构没有满足所述输出需求的结果,将输出需求发送至左舷轮制动器和右舷轮制动器中的一者或更多者。

12. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元,其中,所述控制单元接收来自第一控制系统和第二控制系统的输入需求;其中

所述控制单元配置成接收来自所述第一控制系统的横向输入需求;并且

所述控制单元配置成接收来自所述第二控制系统的纵向输入需求。

13. 根据权利要求12所述的飞行器地面操纵控制单元,其中

所述控制单元配置成相对于所述第二控制系统将权限限制施加于所述第一控制系统,
并且

所述控制单元基于所述横向跑道偏移的风险和所述纵向跑道偏移的风险来计算权限。

14. 根据权利要求12所述的飞行器地面操纵控制单元,其中,所述第一控制系统是航向控制系统并且所述第二控制系统是减速控制系统。

15. 根据权利要求1所述的飞行器地面操纵控制单元,其中,所述控制单元是自动着陆系统的一部分,其中,所述自动着陆系统包括航向控制系统和减速控制系统。

16. 一种飞行器,所述飞行器具有根据任一前述权利要求所述的地面操纵控制单元。

17. 一种用于自动控制飞行器的地面操纵的方法,其中,所述方法包括:

所述飞行器沿着跑道表面移动;

控制单元接收横向输入需求;

所述控制单元接收纵向输入需求;

所述控制单元根据所述横向输入需求和所述纵向输入需求来计算输出需求,当在这些需求之间存在冲突时对接收的需求进行优先考虑,优先级取决于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险;以及

所述控制单元将输出需求传递至所述飞行器的一个或更多个控制机构。

18. 根据权利要求17所述的用于自动控制飞行器的地面操纵的方法,其中,对需求进行优先考虑包括所述控制单元基于所述横向跑道偏移的风险和所述纵向跑道偏移的风险相对于一个需求对另一个需求的权限施加限制。

19. 根据权利要求17所述的用于自动控制飞行器的地面操纵的方法,其中,所述控制单元通过计算横向需求和纵向需求的组合不能由所述飞行器的所述控制机构满足来确定所述横向输入需求与所述纵向输入需求之间存在冲突。

20. 根据权利要求17所述的用于自动控制飞行器的地面操纵的方法,其中,所述方法包括:

所述控制单元将输出需求发送至一个或更多个第一转向控制机构,所述第一转向控制

机构是方向舵转向机构和前轮转向机构；

所述控制单元接收来自所述飞行器上的传感器的指示所述第一转向控制机构没有满足所述输出需求的数据；

所述控制单元根据所述横向输入需求和所述纵向输入需求计算输出需求，当在这些需求之间存在冲突时对接收的需求进行优先考虑，优先级取决于所述横向跑道偏移的风险和所述纵向跑道偏移的风险；

所述控制单元将输出需求传递至所述飞行器的轮制动器。

21. 一种自动着陆飞行器的方法，所述方法包括

利用第一控制系统来控制所述飞行器相对于跑道的横向运动，

利用第二控制系统来控制所述飞行器相对于跑道的纵向运动，以及

借助于基于平衡与所述飞行器横向偏离所述跑道相关联的风险和与所述飞行器纵向偏离所述跑道相关联的风险对所述飞行器的运动的控制进行分配来解决所述第一控制系统与所述第二控制系统之间的冲突。

22. 一种包括指令的计算机程序产品，所述指令在所述程序由计算机执行时使所述计算机执行根据权利要求1至15和权利要求17至20中的任一项所述的控制单元的功能和/或执行根据权利要求17至21中的任一项所述的方法的步骤中的一个或更多个步骤。

用于控制飞行器地面操纵的方法和设备

技术领域

[0001] 本公开涉及飞行器地面操纵。

[0002] 本发明涉及飞行器在执行地面操纵例如作为飞行器着陆阶段的一部分的同时的自动化或部分自动化。更具体地,但不排他地,本发明涉及用于飞行器的飞行器地面操纵控制单元。本发明还涉及用于自动控制飞行器的地面操纵的方法。

背景技术

[0003] 希望减少安全驾驶飞行器所需的飞行员数量或者替代性地提高飞行器安全性。飞行器驾驶舱中具有单个飞行员会带来飞行员丧失能力的问题。为了提高与单个飞行员飞行器操作相关的安全性,希望提供一种自动驾驶仪和自动着陆系统,该系统具有在飞行员丧失能力的情况下驾驶和着陆飞行器的能力。

[0004] 自动着陆已经存在于当今的飞行器中的某些飞行器上,其系统确保自动制动接合和方向舵控制。航向控制系统和减速控制系统已经存在,但是它们考虑了机组人员输入,并且不是为更高速度操作而设计。为了适于飞行器自主着陆,当飞行器沿着地面以任何速度移动时,航向控制系统必须能够横向控制飞行器。

[0005] 航向控制功能通过响应飞行器的“转向”改变前轮转向角来保持飞行器的直线航向。在滑行期间,这被添加到其他飞行器横向控制需求中。

[0006] 当控制飞行器横向方向时,在没有该航向控制功能的情况下,飞行机组人员将在高速下使用方向舵控制飞行器(使用前轮转向的小命令),在低速下将使用前轮转向(使用方向舵的小效率)。如果横向控制系统中的一个或更多个横向控制系统失效,则飞行机组人员可以使用手动差动制动来横向控制飞行器,例如使用飞行器的轮上的制动器,其中在飞行器左舷上的制动水平不同于在右舷处施加的水平。然而,如果需要全制动来使飞行器减速(即施加最大制动),则差动制动将是不可能的。因此,自动化系统通常使用前轮转向(在低速下)和方向舵控制(在高速下)进行横向控制。飞行员也通常仅在非常特殊的情况下才手动使用差动制动来控制横向运动。

[0007] 在现有技术中存在飞行器操作自动化方面的各种示例,这些操作通常由飞行机组人员手动执行。

[0008] US10081346公开了一种用于飞行器的制动控制系统,该系统包括健康监测系统和任务管理器,该任务管理器用于在健康监测系统判断制动轮或传感器信号中的一个或更多个制动轮或传感器信号失效的情况下自动自重新配置制动控制系统。

[0009] US8108086公开了一种飞行器导引和驾驶系统,其在飞行员不能导引或驾驶飞行器的情况下自动导引和驾驶飞行器。控制单元将飞行器导引和驾驶到替代机场进行着陆。

[0010] US2022/0058970公开了一种用于在没有飞行员干预的情况下着陆飞行器的自动着陆系统和过程。

[0011] EP3855269公开了飞行器系统和方法,所述方法包括基于来自导航系统的位置数据来确定是否已经满足一个或更多个条件,从而启用自动驾驶系统的待命或进场模式。

[0012] US2021/0287560公开了提供辅助着陆和紧急着陆功能的飞行导引方法、系统和飞行器系统。

[0013] W02012/145608公开了一种用于自主着陆飞行器的系统,该系统可以包括控制器,该控制器配置成将飞行器着陆在着陆目的地。

[0014] US8521365公开了一种装置,该装置包括用于通过不对称使用飞行器的发动机和/或制动器在地面上沿着横轴自动控制飞行器的元件。

[0015] 因此,在飞行器上存在帮助飞行机组人员在地面上控制飞行器的许多不同的系统,这些系统中的一些系统在不同程度上促进了自动化,但是可能不能处理特定的情况,特别是当飞行器的着陆例如不是在理想的条件下时。存在可以使用这种系统各种方式,但是仍然存在机会以改进这种系统在着陆期间集成飞行器的控制的多种功能/要求的方式,从而改进飞行器操纵的自动化和/或减少飞行机组人员干预/与用于控制飞行器操纵的飞行器系统交互的需要。

[0016] 本发明试图缓解上文提到的问题中的一个或更多个问题。替代性地或另外地,本发明试图提供一种用于控制飞行器的地面操纵的改进的方法或系统。

发明内容

[0017] 根据第一方面,本发明提供了一种用于飞行器的飞行器地面操纵控制单元。该飞行器具有至少两个轮(例如在飞行器的两侧各有一个)和用于控制飞行器运动的、包括至少两个轮制动器的多个控制机构。控制单元配置成接收横向输入需求和纵向输入需求,横向输入需求是关于飞行器的横向运动的需求,纵向输入需求是关于飞行器的纵向运动的需求。控制单元配置成将输出需求传递至飞行器的相关控制机构,输出需求基于输入需求,并且例如至少在某些情况下包括取决于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险的修改。因此,在使用中,考虑到关于这种风险的信息(例如数据和/或风险计算),控制单元可以对横向输入需求和纵向输入需求中的一者进行优先考虑。控制单元可以配置成使得在某些情况下输入需求在没有任何修改的情况下作为输出需求传递,而在其他情况下,控制单元基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险来对输入需求的一部分进行优先考虑。

[0018] 在实施方式中,横向输入需求可以由提供航向控制功能的单独系统提供,并且纵向输入需求可以由提供减速控制功能的单独系统提供。在这样的实施方式中,例如在方向舵控制和/或前轮转向失效的情况下,航向控制功能能够指示差动轮制动的水平可能是有利的。然后可能存在航向控制功能和减速功能要求不同(例如冲突)的情况。这些包括当飞行器在需要差动制动的同时受到由制动器传递的扭矩量的限制(即,命令最大压力)时。

[0019] 在这样的实施方式中,当着陆期间飞行器在跑道上的运动受控制单元控制时,控制单元在计算输出需求时对横向输入需求和纵向输入需求中的一者进行优先考虑。这以一种允许横向输入需求和纵向输入需求相结合以使飞行器偏离跑道的风险最小化的方式进行。为了使控制单元将横向输入需求和纵向输入需求组合成对控制机构的一组输出需求,控制单元必须能够处理输入需求之间的任何冲突。如果横向输入需求与纵向输入需求之间存在冲突,控制单元将对这些需求进行优先考虑以消除冲突,并且以考虑与飞行器的横向偏移和/或纵向偏移相关联的风险的方式进行。这样的实施方式可以有利地促进更安全的单个飞行员操作,并且提供用于处理飞行员丧失能力和/或改进自动飞行器着陆系统的策

略。

[0020] 可选地,控制单元可以配置成通过基于飞行器上其他控制机构的可用性对横向输入需求和纵向输入需求的至少一部分进行优先考虑来计算对轮制动器的输出需求。这种优先级可以基于关于横向跑道偏移和/或纵向跑道偏移的风险的信息。例如,如果在着陆前或着陆期间方向舵失去控制,则与给予纵向输入需求相比,给予差动制动(为了满足横向输入需求)更大的优先权,以允许在着陆阶段的较高速度部分期间对飞行器进行横向控制。

[0021] 将会理解的是,对输入需求进行优先考虑可以包括完全阻止输入需求中的一个输入需求而支持另一个输入需求。在某些情况下,对横向输入需求和纵向输入需求进行优先考虑的功能可以包括修改输入需求中的一者或两者,以便消除输入需求中的冲突,例如从而提供部分偏向横向输入需求和纵向输入需求中的一者而不是另一者的折衷。横向输入需求和纵向输入需求中的一者或两者的减少可以是给予横向输入需求和/或纵向输入需求的总权限的百分比减少。横向输入需求和纵向输入需求中的一者或两者的减少可以是给予受输出需求影响的每个控制机构的控制的百分比减少。减少的量由控制单元计算,并且可以以不同的方式考虑横向跑道偏移/纵向跑道偏移的风险。该计算可以例如取决于跑道偏移的计算概率和/或在这种跑道偏移的情况下飞行器的最可能速度的计算估计。该计算可以包括对各种未来事件的结果进行加权的一些相关性,例如平衡速度为X的横向偏移的负面结果的预测水平与速度为Y的纵向偏移的负面结果的预测水平。因此,这样的实施方式认识到横向偏移的结果可能不同于以给定速度的纵向偏移的结果。例如,可以存在第一临界速度和不同的第二临界速度,低于该第一临界速度纵向偏移的负面结果被认为是可接受的,低于该不同的第二临界速度横向偏移的负面结果被认为是可接受的。

[0022] 横向输入需求和纵向输入需求可以基于代表相对优先级的等级的比率来优先考虑。优先级比率可以等于(或取决于)横向跑道偏移风险与纵向跑道偏移风险的比率。优先级比率可以等于(或取决于)预测的横向偏移速度与预测的纵向偏移速度的比率。优先级比率可以是横向偏移速度参数与纵向偏移速度参数的比率。横向偏移速度参数可以基于预测的横向偏移速度和临界横向偏移速度。例如,如果预测的横向偏移速度小于临界横向偏移速度,则横向偏移速度参数可以为零;否则,横向偏移速度参数可以等于预测的横向偏移速度减去临界横向偏移速度。临界横向偏移速度可以是大于20节的值,并且可以可选地是大于45节的值,例如大约60节 $\pm$ 10节。类似地,如果预测的纵向偏移速度小于临界纵向偏移速度,则纵向偏移速度参数可以为零;否则,纵向偏移速度参数可以等于预测的纵向偏移速度减去临界纵向偏移速度。临界纵向偏移速度可以为零或者可以为非零。临界纵向偏移速度可以是大于5节的值,并且可以可选地是大于15节的值,例如大约30节 $\pm$ 10节。临界纵向偏移速度参数和临界横向偏移速度参数中的一者或两者可以用因子加权。

[0023] 因此,本发明的各实施方式使得能够将横向输入需求和纵向输入需求修改为加权总和,该加权总和产生包括基于跑道偏移风险计算的优先级的输出需求。

[0024] 控制单元可以配置成接收与飞行器的控制机构的当前状态相关的输入数据。在实施方式中,控制单元然后可以使用这样的数据来调整所执行的修改和/或优先级,例如基于一个或更多个控制机构受到损害或者以其他方式没有完全起作用或者不可用的数据。给予横向控制和纵向控制的优先级的等级可以根据被控制的控制机构的类型而变化。例如,与扰流器/减速板相比,关于轮致动器可以使用不同的优先级比率。

[0025] 控制单元可以配置成识别横向输入需求何时与纵向输入需求相冲突。控制单元可以配置成通过将需求与飞行器的控制机构的可用性进行比较来识别横向输入需求何时与纵向输入需求相冲突。控制单元可以配置成在横向输入需求用于差动制动而纵向输入需求用于两个轮制动器中的制动时识别输入需求之间的冲突。因此,在实施方式中,控制单元有利地不仅能够识别这种冲突而且能够消除它们,例如通过在将输入需求作为输出需求传递之前修改输入需求中的一者或两者,该修改考虑了跑道偏移的风险。

[0026] 控制单元可以配置成基于飞行器的速度(其可以被表示为具有速度和方向的速度矢量,或者被表示为飞行器的横向速度,其例如是在横向方向上分解的速度分量)和飞行器与跑道的边缘之间的在横向方向上的距离来确定横向偏移的风险。控制单元可以配置成基于飞行器的速度(其可以被表示为具有速度和方向的速度矢量,或者被表示为飞行器的纵向速度,其例如是在纵向方向上分解的速度分量)和飞行器与跑道的边缘之间的在纵向方向上的距离来确定纵向偏移的风险。控制单元可以从飞行器上的其他系统接收与横向偏移的风险和纵向偏移的风险相关的数据。

[0027] 控制单元可以配置成基于由控制机构满足横向输入需求、纵向输入需求和/或其组合所需的响应来确定横向偏移的风险和纵向偏移的风险。例如,在使用中,控制单元可以基于同时满足横向需求和纵向需求所需的响应是否在飞行器的控制机构的能力范围内来确定横向偏移的风险和纵向偏移的风险。

[0028] 控制单元可以配置成识别横向输入需求和纵向输入需求何时不能被飞行器的控制机构完全满足。

[0029] 控制单元可以配置成通过相对于一个输入需求对另一个输入需求的权限施加限制来提供优先级。

[0030] 控制单元可以配置成平衡纵向偏移的风险和横向偏移的风险,以计算输出需求,该输出需求将降低总体风险并且优选地使总体风险最小化。

[0031] 控制单元可以配置成向右舷轮制动器(或多个制动器)和左舷轮制动器(或多个制动器)输出需求,该需求是横向输入需求和纵向输入需求的总和,例如如由控制单元执行的优先级所修改的横向输入需求和纵向输入需求的总和。

[0032] 如上所述,控制单元配置成接收横向输入需求并向飞行器的一个或更多个控制机构发送输出需求,对于横向控制而言,一个或更多个控制机构可以包括转向控制机构,比如方向舵转向机构和前轮转向机构。控制单元可以配置成确定方向舵转向机构和前轮转向机构中的至少一者没有满足输出需求,并且因此向左舷轮制动器和右舷轮制动器中的一者或更多者发送输出需求以辅助横向控制。本发明这方面的实施方式的优点可以是控制单元能够支持单个飞行员操作。控制单元可以允许自动着陆系统在飞行器的高速操纵期间控制飞行器。

[0033] 控制单元可以接收来自第一控制系统和(例如,单独的和/或至少部分独立的)第二控制系统的输入需求。控制单元可以配置成接收来自第一控制系统的横向输入需求,该第一控制系统可以例如是呈航向控制系统的形式。控制单元可以配置成接收来自第二控制系统的纵向输入需求,该第二控制系统可以例如是呈减速控制系统的形式。如上所述,控制单元可以配置成将输出需求发送至飞行器的控制机构。控制单元可以配置成对第一控制系统和第二控制系统中的一者或两者施加权限限制,从而限制相关联的输出需求。在这种情

况下,控制单元基于横向跑道偏移的风险(包括与横向跑道偏移相关联的风险)和纵向跑道偏移的风险(包括与纵向跑道偏移相关联的风险)来计算权限限制。

[0034] 控制单元可以是自动着陆系统的一部分。自动着陆系统可以包括航向控制系统和减速控制系统。

[0035] 根据第二方面,本发明提供了一种具有地面操纵控制单元的飞行器,该控制单元是本文中所描述的或要求保护的、根据本发明的控制单元。因此,控制单元可以通过有线和/或无线通信连接,以接收与来自飞行器上其他系统的横向输入需求和纵向输入需求相关的输入并发送输出以实现飞行器对一个或多个控制机构的控制。

[0036] 飞行器可以是客运飞行器。客机优选地包括客舱,客舱包括用于容纳多个乘客的多行且多列的座椅单元。飞行器可以具有至少20个乘客、更优选地至少50个乘客、并且更优选地多于50个乘客的容量。飞行器可以是商用飞行器、例如商用客机、例如单过道或双过道飞行器。飞行器不需要配置成用于运载乘客,但是例如可以是配置成用于运载货物和/或用于非商业用途的同等大小的飞行器。飞行器可以具有至少20吨、可选地至少40吨并且可能为50吨或更多的最大起飞重量(MTOW)。飞行器可以具有至少20吨、可选地至少30吨并且可能为约40吨或更多的操作空重。

[0037] 飞行器上的轮制动器可以包括一个或多个制动组件,其经由摩擦引起制动。飞行器上的轮制动器可以包括一个或多个制动器,其至少部分地通过磁力引起减速。

[0038] 根据第三方面,本发明提供了一种用于自动控制飞行器的地面操纵的方法。这种方法可以包括使用如本文中所描述的或要求保护的根据本发明的控制单元。该方法可以包括以下步骤:飞行器沿着跑道表面移动;控制单元接收横向输入需求;控制单元接收纵向输入需求;并且控制单元根据横向输入需求和纵向输入需求来计算输出需求,这种输出需求用于实现对飞行器的一个或多个控制机构的控制。当这些需求之间存在冲突时,可以存在对所接收的需求进行优先考虑的步骤。可以根据与横向跑道偏移的风险相关的参数或变量以及与纵向跑道偏移的风险相关的参数或变量来计算或以其他方式得到这种优先级。

[0039] 优先级可以涉及控制单元基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险相对于一个需求对另一个需求的权限施加限制。控制单元可以配置成通过计算飞行器的控制机构不能满足横向需求和纵向需求的组合来确定横向输入需求与纵向输入需求之间存在冲突。

[0040] 该方法可以包括控制单元向一个或多个第一转向控制机构发送输出需求,第一转向控制机构是方向舵转向机构和前轮转向机构。该方法可以包括控制单元接收来自飞行器上的传感器的数据,该数据指示第一转向控制机构中的至少一者没有满足输出需求。该方法可以包括控制单元根据横向输入需求和纵向输入需求来计算输出需求,当这些需求之间存在冲突时对接收到的需求进行优先考虑,优先级取决于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险。该方法然后可以包括控制单元将适当修改的输出需求传递至飞行器的转向控制机构,转向控制机构特别包括飞行器的轮制动器。

[0041] 本发明还提供一种自动着陆飞行器的方法,该方法包括利用第一控制系统控制飞行器相对于跑道的横向运动以及利用第二控制系统控制飞行器相对于跑道的纵向运动。第一控制系统和第二控制系统可以由以软件的方式实现并安装在飞行器上的同一计算机系统上的单独控制模块形成。该方面的方法借助于基于平衡与飞行器横向偏离跑道相关联的

风险和与飞行器纵向偏离跑道相关联的风险来分配对飞行器运动的控制而解决第一控制系统与第二控制系统之间的冲突。

[0042] 在一些实施方式中,在制动停止结束时,如果飞行员丧失能力,可以施加并保持完全正常的制动应用,以防止飞行器的任何运动直到其恢复为止。

[0043] 如上所述,本发明可以至少部分地以软件的方式实现。因此,可以提供一种计算机实现的方法,其中该方法包括计算机执行由本文中描述或要求保护的发明的控制单元实现的那些步骤。例如,这种计算机实现的方法可以包括以下步骤:计算机接收横向输入需求和纵向输入需求,并且发送输出需求,该输出需求包括通过基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险对输入需求的一部分进行优先考虑而得到的修改。这种方法可以包括评估(例如,通过计算)横向跑道偏移风险参数和纵向跑道偏移风险参数的步骤。还可以提供一种包括指令的计算机程序产品,所述指令在计算机执行该程序时使计算机执行这种计算机实现的方法的步骤。

[0044] 当然将会理解的是,关于本发明的一方面描述的特征可以被并入本发明的其他方面。例如,本发明的方法可以包含参照本发明的装置描述的特征中的任何特征,并且本发明的装置可以包含参照本发明的方法描述的特征中的任何特征。

附图说明

[0045] 现在将参照所附的示意图仅通过示例的方式对本发明的实施方式进行描述,在附图中:

[0046] 图1示出了根据本发明的实施方式的飞行器的俯视图;

[0047] 图2是图1的飞行器的前视图;

[0048] 图3示出了包括用在图1和图2的飞行器上的地面操纵控制单元的飞行器系统的示意图;

[0049] 图4示出了根据本发明的另一实施方式的包括地面操纵控制单元的飞行器系统的示意图;

[0050] 图5示出了修改后的图4的飞行器系统的示意图;

[0051] 图6示出了修改后的图5的飞行器系统的示意图;

[0052] 图7示出了流程图,该流程图示出了根据本发明的另一个实施方式的用于自动控制飞行器的地面操纵的方法的示例;以及

[0053] 图8示出了流程图,该流程图示出了根据本发明又一实施方式的用于自动控制飞行器的地面操纵的方法的示例。

具体实施方式

[0054] 图1示出了根据本发明的实施方式的示例飞行器101的俯视图。飞行器101包括关于图3描述的地面操纵控制系统。虚线102表示相对于飞行器的横向方向。关于所示实施方式的对“横向运动”的任何提及指的是飞行器在线102的方向上的运动分量。虚线104表示飞行器的纵向轴线。关于所示实施方式的对“纵向运动”的任何提及指的是飞行器沿着轴线104的运动分量。飞行器101是商用客机。飞行器101具有包括发动机106a和106b、方向舵108和扰流器111a和111b的多个控制机构。图2示出了根据该实施方式的飞行器101的前视图。

飞行器101包括前轮112,该前轮是前轮转向机构的一部分。飞行器101包括右舷轮制动器110b(在图2的左手侧)和左舷轮制动器110a(在图2的右手侧)。发动机106a和106b、扰流器111a和111b以及轮制动器110a和110b可以用于在地面操纵期间控制飞行器沿着跑道的纵向运动。方向舵108、前轮转向装置112和轮制动器110a和110b可以用于在地面操纵期间控制飞行器沿着跑道的横向运动。轮制动器110a和110b可以用于提供差动制动以横向控制飞行器。在高速下,横向控制可以最佳由方向舵提供,而在低速下,优选地由前轮提供。差动制动可以用作备用或辅助控制机构以进行横向控制。对于减速控制,扰流器在高速下最有效,并且使用发动机动力的反推装置可以用作备用、可选或辅助控制机构以进行横向控制。在低速下,轮制动器是用于使飞行器减速的主要机构。

[0055] 如上所述,图1和图2中所示的实施方式的飞行器包括由图3示意性地图示的飞行器地面操纵控制系统。飞行器地面操纵控制系统配置成辅助飞行器在跑道上的自动(或部分自动)着陆以及随后的滑行操纵。这可以有助于飞行器的自动着陆,这又可以允许在一个或多个飞行员丧失能力的情况下无人驾驶飞行器操作、减少飞行机组人员的操作(例如,更少的飞行员)和/或用作增强的安全特征。在飞行器自动着陆的情况下,最重要的是尽可能避免飞行器偏离跑道表面(横向偏移)或超出跑道表面(纵向偏移)的情况。在偏移不可避免或变得不可避免的情况下,期望使这种事件的负面影响最小化。如下面将进一步详细解释的,飞行器地面操纵控制系统在使用中操作成管理和减少跑道偏移的风险,包括管理和减少可能由横向偏移和/或纵向偏移引起的任何负面结果的影响。

[0056] 控制单元226与飞行器的多个控制机构230相互作用,以用于在着陆/滑行时控制飞行器的运动。在该实施方式中,控制单元226是计算机实现的,通过计算机软件在飞行器的计算机系统中实现。在使用中,控制单元226接收横向输入需求220(来自系统、飞行员、自动飞行员等)并且接收纵向输入需求222,横向输入需求220是与飞行器的横向运动相关的需求(即,用于实现飞行器的横向运动的期望运动或变化),纵向输入需求222是与飞行器的纵向运动相关的需求。控制单元226还接收与飞行器的纵向偏移风险和飞行器的横向偏移风险232相关的输入数据。这种风险可以作为飞行器当在跑道表面的边界时的偏移的概率、预测速度和/或运动方向、超过某一速度的横向偏移(和/或纵向偏移)的概率或其他风险度量来提供。

[0057] 控制单元226连接成用于与飞行器的控制机构230进行双向通信,既发送用以对控制机构230的运动/位置/致动进行控制的命令,又接收关于控制机构230的实际运动/位置/致动状态的信息。在使用中,控制单元226向控制机构发送输出需求228,输出需求228根据横向输入需求220、纵向输入需求222、与横向偏移和纵向偏移相关联的风险232以及控制机构230的当前状态来确定。在某些情况下,控制单元226基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险232,使横向输入需求220和纵向输入需求222中的一者优先于另一者。例如,如果认为存在横向跑道偏移的风险较高,但是纵向跑道偏移的风险较低,那么控制单元将使横向输入需求优先于纵向输入需求222。在另一示例中,可能的是,存在其中有以比如说至少40节超过跑道的端部的纵向偏移(但是没有横向偏移)的第一效果和其中有以比如说至少50节偏离跑道的侧部的横向偏移(但是没有纵向偏移)的第二效果,并且风险是如此大以至于很可能仅可以避免这两种效果中的一种效果。控制单元226对风险进行评估并且认为第一效果的负面影响比第二效果的负面影响更差,并且因此将纵向输入需求222优先于

横向输入需求220。这可以被认为是控制单元传递纵向输入需求而不进行任何修改但是降低横向输入需求以赋予其较低优先级或者将其影响降低至零或者接近零的示例。

[0058] 图4示出了根据本发明的另一实施方式的飞行器地面操纵控制单元326的示意图。现在将对该实施方式与图3中所示出的实施方式之间的主要差异进行描述。

[0059] 控制单元326配置成接收横向输入需求320和纵向输入需求322并且接收与飞行器的纵向偏移的风险和飞行器的横向偏移的风险332相关的输入数据。控制单元326还配置成向多个不同的控制机构330发送输出需求328并且从这些控制机构330接收反馈输入350。

[0060] 因此,在使用中,控制单元326向前轮转向系统334(标记为NWS)发送输出需求328并且从前轮转向系统334接收信号350,信号350指示前轮转向系统的当前状态(例如旋转位置)以及其对响应横向需求的可用性(例如故障、部分受损或可操作)。控制单元326还配置成向方向舵转向系统336(标记为RS)发送信号328并且从方向舵转向系统336接收信号350,信号350指示方向舵的当前状态以及其对响应横向需求的可用性(例如故障、部分受损或可操作)。控制单元326配置成向右舷轮制动器338(标记为SWB)和左舷轮制动器340(标记为PWB)发送信号328并且从右舷轮制动系统338和左舷轮制动系统340接收信号350,信号350指示制动器的当前状态以及其对响应横向需求(例如差动制动)或纵向制动需求的可用性。控制单元326还配置成向飞行器的发动机342(标记为ENGs)发送信号328并且从发动机342接收指示发动机的当前状态的信号350。控制单元326还配置成向飞行器的一个或更多个扰流系统344(标记为SPs)发送信号328并且从飞行器的扰流系统344接收信号350,该信号350指示扰流器的当前状态及其对响应纵向需求的可用性。

[0061] 在使用中,控制单元326确定用以输出至控制机构330的呈一组输出需求328的形式的信号。控制单元326基于所接收的横向输入需求320、所接收的纵向输入需求322、由控制单元326计算的并且与可能的横向偏移和可能的纵向偏移相关联的风险332的度量以及控制机构330的可用性(或故障状态)来实现这一点。在所有控制机构330完全可用(没有故障)且在所接收的横向输入需求320与所接收的纵向输入需求322之间不存在冲突并且跑道偏移的风险或者与跑道偏移相关联的风险可以忽略的许多情况下,控制单元326将横向输入需求320和纵向输入需求322不加修改地传递至控制机构330。在其他情况下,控制单元326将横向输入需求320和纵向输入需求322传递至飞行器的控制机构330,但是具有适当的修改。控制单元326配置成当飞行器的控制机构330不能同时完全满足需求时,优先考虑横向输入需求320和纵向输入需求322中的一者或另一者(并且达到适当的水平)。在该实施方式中,控制单元326可以被认为包括优先级过滤器324,使得在使用中横向输入需求320和纵向输入需求322穿过优先级过滤器324传递,该优先级过滤器324基于飞行器的控制机构330的可用性以及与飞行器的横向跑道偏移和纵向跑道偏移相关联的风险332的计算度量对需求进行加权。将理解的是,输入需求的接收、输出需求的发送和如由控制单元计算的需求的修改是动态过程,使得在飞行器的地面操纵期间,如果提供修改,那么该修改通常将随时间而变化。

[0062] 现在将对图4的控制单元326在存在故障并且在横向输入需求320与纵向输入需求322之间还存在冲突的特定情况下可能如何操作的示例进行描述。该情况是其中前轮转向机构已经经历故障并且因此不能够用于响应横向需求的情况。控制单元配置成在输出需求328的计算中考虑到控制机构330的可用性。由于前轮转向机构334不能够向飞行器提供横

向控制,因此右舷轮制动器和左舷轮制动器可以用于提供差动制动以横向地控制飞行器。在该示例中,横向输入需求在右舷轮制动器中比在左舷轮制动器中需要更大的制动。纵向输入需求在右舷轮制动器和左舷轮制动器中都为全制动功率。控制单元识别出横向输入需求和纵向输入需求是冲突的,并且因此不能由飞行器的控制机构330同时满足。控制单元326通过使横向输入需求320和纵向输入需求322穿过优先级过滤器324传递来确定输出需求328,优先级过滤器324基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险332对需求进行优先级排序。控制单元326配置成将输出需求328传递至飞行器的控制机构330。可能的是,至少对于在触地之后的一些着陆阶段——特别是其中方向舵控制不再对航向方向/横向运动具有如此强的影响——而言,控制单元向横向输入需求授予更大的权限,并且限制纵向输入需求的权限,直到如横向偏移的风险已经降低至可接受的水平时为止。

[0063] 图5示出了根据本发明的另一实施方式的包括地面操纵控制单元426的飞行器系统400的示意图。该系统适用于在诸如图1和图2中所示出的飞行器之类的飞行器上使用。飞行器系统400包括配置成向控制单元426发送横向输入需求420的第一控制系统460。飞行器系统400包括配置成向控制单元426发送纵向输入需求422的第二控制系统462。第一控制系统460是航向控制系统。第二控制系统462是减速控制系统。控制单元426接收与飞行器101的横向偏移的风险和飞行器101的纵向偏移的风险432相关的输入数据。控制单元426配置成向控制机构430输出需求428。类似于图4中所示出的布置结构,控制机构430包括前轮转向机构434、右舷轮制动器438、左舷轮制动器440、发动机442和扰流器444。控制单元426配置成从控制机构430接收指示控制机构的当前状态的信号450。控制单元配置成基于横向输入需求420、纵向输入需求422、横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险432以及控制机构430的状态来计算对控制机构430的输出需求428。在某些情况下,控制单元通过将横向需求420和纵向需求422不加修改地传递至控制机构来有效地发出输出需求428。在某些其他情况下,控制单元配置成与第二控制系统462的权限相比对第一控制系统460的权限施加限制,并且因此输出需求428不同于所接收的输入需求。所述限制由控制单元426根据横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险432来确定。在此将理解的是,横向跑道偏移的风险可以是考虑到偏移的可能概率、偏移将以其发生的可能速度以及这种偏移的可能结果而计算出的风险的度量。

[0064] 图6示出了根据与关于图5描述的实施方式类似的实施方式的包括地面操纵控制单元426的飞行器系统的示意图。然而,在该实施方式中,控制单元426可以被认为包括优先级过滤器424。因此,控制单元426配置成使横向输入需求420和纵向输入需求422穿过优先级过滤器424传递,并且优先级过滤器424基于飞行器的控制机构430的可用性以及与飞行器的横向偏移和纵向偏移相关联的风险432对需求进行加权。控制单元426配置成连续地监测来自控制机构430的输入信号450并且重新计算输出需求428。就轮制动而言,输出需求相对于输入需求的加权可能如下:

$$[0065] \quad \text{OUT}_{\text{Star}} = \alpha \text{LAT_DEM}_{\text{Star}} + \beta \text{LON_DEM}_{\text{Star}}$$

$$[0066] \quad \text{OUT}_{\text{Port}} = \gamma \text{LAT_DEM}_{\text{Port}} + \delta \text{LON_DEM}_{\text{Port}}$$

[0067] 其中:

[0068] OUT_{Star} 是在右舷上的轮制动的输出需求,该输出需求小于或等于右舷上的可能的全部制动量,

[0069] OUT_{Port} 是在左舷上的制动的输出需求,该输出需求小于或等于左舷上的可能的全部制动量,

[0070] LAT_DEM_{Star} 是用于横向控制的在右舷上的制动的输入需求,通常表示为制动水平的正或负的期望变化并且具有与 LAT_DEM_{Port} 相反的符号,

[0071] LAT_DEM_{Port} 是用于横向控制的在左舷上的制动的输入需求,通常表示为制动水平的正或负的期望变化并且具有与 LAT_DEM_{Star} 相反的符号,

[0072] LON_DEM_{Star} 是用于纵向控制的在右舷上的制动的输入需求,通常表示为期望的绝对制动水平,

[0073] LON_DEM_{Port} 是用于纵向控制的在左舷上的制动的输入需求,通常表示为期望的绝对制动水平,并且

[0074] α 、 β 、 γ 和 δ 是加权因子,使得比率 $(\alpha + \gamma) : (\beta + \delta)$ 是横向需求相对于纵向需求的加权的度量。

[0075] 根据各情况,加权因子的比率通过参照关于“横向偏移的预测速度”与“纵向偏移的预测速度”的比率来确定。因此,相对于横向偏移的相应风险(或速度),纵向偏移的风险(或速度)越高,赋予纵向需求的权限的比例就越大(与横向需求相比纵向需求获得更大的优先级)。

[0076] 可能的是, $\alpha = \gamma$ 并且 $\beta = \delta$ 。在一些情况下可能的是, $\alpha < 100\%$ 、 $\beta < 100\%$ 、 $\gamma < 100\%$ 并且 $\delta < 100\%$,使得少于全部权限的权限被赋予横向控制需求和纵向控制需求两者。在其他情况下(不必要对权限进行限制),可能的是, $\alpha = \beta = \gamma = \delta = 100\%$ 。

[0077] 由图6的实施方式能够处理各种情况,现在将通过示例的方式对各种情况的一些情况进行描述。

[0078] 情况1

[0079] 减速控制系统462确定纵向跑道偏移的风险较低,因为由飞行器的控制机构430当前提供的减速率足以使飞行器停止而不偏移。航向控制系统460确定横向偏移的风险较低,因为方向舵转向机构436和前轮转向机构434能够满足用以避免横向跑道偏移所需要的横向需求。控制单元426从航向控制系统460接收横向输入需求420。控制单元426从减速控制系统462接收纵向输入需求422。控制单元426将横向输入需求420和纵向输入需求422直接传递至控制机构430。航向控制系统460和减速控制系统462都保持对控制机构430的全部权限,因为控制单元426不施加权限限制。因此,在这种情况下, $\alpha = \gamma = \beta = \delta = 100\%$ 。

[0080] 情况2

[0081] 减速控制系统462向控制单元426发出纵向需求422。航向控制系统460向控制单元426发出横向需求420。控制单元426将以第一因子缩放的横向需求传递至方向舵转向机构436。控制单元426将以第二因子缩放的横向需求传递至前轮转向机构434。控制单元426基于飞行器的地面速度确定第一因子和第二因子。控制单元426向轮制动器438和轮制动器440发出纵向需求。然后存在导致方向舵转向机构436的损失故障。航向控制系统460向控制单元426发出横向需求420。已经接收到方向舵不再是可用机构的指示的控制单元426计算横向需求的适当水平以传递至前轮转向机构434,该横向需求通过第三因子(其可以等于或可以不等于第二因子)来缩放。控制单元426还计算用于差动制动的输出需求,以便帮助满足不能由前轮转向机构434满足的横向需求420。因此,由控制单元426计算并且发送至右

舷轮制动器438和左舷轮制动器440的用于制动的输出需求既满足如此需要的(差动制动)横向需求420,又满足纵向需求422。可能仍然存在的情况是, $\alpha = \gamma = \beta = \delta = 100\%$,因为尽管方向舵失去了控制,但是横向控制需求和纵向控制需求都可以由制动器满足。

[0082] 情况3

[0083] 航向控制系统460确定横向跑道偏移的风险较低。航向控制系统460一起发出用于右舷轮制动器438和左舷轮制动器440的需求,以提供低水平的差动制动来横向地控制飞行器。减速控制系统462确定纵向偏移的风险较高,因为飞行器在控制机构430处于其当前状态的情况下实现的减速率不足以阻止飞行器在纵向方向上越过跑道的边缘。这可能是由于多种原因中的任何一种原因而造成的,多种原因包括例如不利的跑道条件、不利的天气条件、机械故障和/或不稳定的接近。减速控制系统462发出用于在右舷轮制动器438和左舷轮制动器440两者中完全制动的需求422。控制单元426向航向控制系统460和减速控制系统462的需求施加权限限制。权限限制由控制单元426基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险432来确定。考虑到纵向偏移的高风险和横向偏移的低风险,控制单元施加对航向控制系统向右舷轮制动器438和左舷轮制动器440发送需求的权限进行阻挡的权限限制。当控制单元426已经向减速控制系统462赋予全部权限时,轮制动器接收用于在右舷轮制动器438和左舷轮制动器440两者中完全制动的需求。因此,在这种情况下, $\alpha = \gamma = 0\%$ 并且 $\beta = \delta = 100\%$ 。

[0084] 控制单元426连续地接收与横向偏移和纵向偏移的风险432相关的输入数据。控制单元426连续地接收来自控制机构430的指示控制机构的当前状态的信号。控制单元426根据与横向跑道偏移和纵向跑道偏移相关联的风险的不断更新的计算来改变或消除初始的权限限制。随着时间推移,然后可能的情况是,控制单元限制权限使得 $\alpha = \gamma = 10\%$ 并且 $\beta = \delta = 90\%$ 。

[0085] 情况4

[0086] 减速控制系统462确定纵向偏移的风险较低,因为由飞行器达到的减速率足以避免飞行器纵向地超越跑道的边缘。航向控制系统460确定横向偏移的风险较高,因为航向控制系统460除了使用前轮转向机构434和方向舵转向机构436之外,还必须要求高水平的差动制动来横向地控制飞行器。控制单元426接收来自航向控制系统460的横向输入需求420和来自减速控制系统462的纵向输入需求422。控制单元426向来自航向控制系统460和减速控制系统462的需求施加权限限制。权限限制由控制单元426基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险432来确定。考虑到横向跑道偏移的高风险,控制单元限制减速控制系统的权限,以阻挡将与航向控制系统460的需求冲突的右舷轮制动器438和左舷轮制动器440的制动的任何需求。当控制单元426已经向航向控制系统460赋予全部权限时,轮制动器接收用于差动制动的需求。因此,在这种情况下, $\alpha = \gamma = 100\%$ 并且 $\beta = \delta$,其中, $\beta < 100\%$ 并且 $\delta < 100\%$ 。通过示例的方式,如果在左舷和右舷两者上轮制动的等级可以由滑动标度或0.0至10.0来表示,那么可能的是,减速控制系统发出用于两侧的9.5制动的需求(总共19.0的等级),而航向控制系统发出用于左舷上的+2.0制动和右舷上的-2.0制动的需求。通过向航向控制系统赋予全部权限,可能的是,所修改的输出需求为左舷上的6.0级制动和右舷上的10.0级(最大)制动,其中,总共制动接近19.0级,总输出需求实际上为16.0。替代性输出可以为左舷上的5.5级制动和右舷上的9.5级(由左舷上的减速控制系统实际要求的量)制动,

其中,总输出需求为15.0。

[0087] 控制单元426连续地接收与横向偏移和纵向偏移的风险432相关的输入数据。控制单元426连续地接收来自控制机构430的指示控制机构的当前状态的信号。控制单元426将根据横向跑道偏移和纵向跑道偏移的风险来改变或消除初始的权限限制。

[0088] 情况5

[0089] 减速控制系统462确定纵向偏移的风险较低,因为由飞行器实现的减速率足以避免跑道的纵向超限。航向控制系统460确定横向偏移的风险较低,因为方向舵转向机构和前轮转向机构具有在不使用任何差动制动的情况下横向地控制飞行器的能力。控制单元426从航向控制系统460接收横向输入需求420。控制单元426从减速控制系统462接收纵向输入需求422。控制单元426将横向输入需求420和纵向输入需求422直接传递至控制机构430。航向控制系统460和减速控制系统462都保持对控制机构430的全部权限,因为控制单元426不施加权限限制。因此,在该情况的这种阶段处, $\alpha = \gamma = \beta = \delta = 100\%$ 。

[0090] 然后存在导致方向舵转向机构436的损失故障。减速控制系统462确定纵向偏移的风险仍然较低,因为飞行器的减速率足以避免跑道的纵向超限。航向控制系统460确定横向跑道偏移的风险较高。航向控制系统460要求高水平的差动制动,以便保持飞行器沿着跑道的横向位置。控制单元426接收来自航向控制系统460的横向输入需求420和来自减速控制系统462的纵向输入需求422。控制单元426对来自航向控制系统460和减速控制系统462的需求施加权限限制。权限限制由控制单元426基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险432来确定。考虑到横向跑道偏移的高风险,控制单元施加权限限制,其在减速控制系统将与航向控制系统460的权限冲突的情况下,优先考虑航向控制系统460的权限并且有效地阻挡减速控制系统向右舷轮制动器438和左舷轮制动器440发送需求的权限。当控制单元426已经向航向控制系统460赋予全部权限时,轮制动器接收所要求的全部等级的差动制动。因此,在该情况的这种阶段处, $\alpha = \gamma = 100\%$ 并且 $\beta < 100\%$ 且 $\delta < 100\%$ 。

[0091] 随着时间推移,纵向控制的阻挡当然将产生更高的纵向偏移的风险,并且随着速度下降,利用方向舵控制横向运动变得效率更低,但是(通过前轮)转向保持可用。这可能导致控制单元有效地认为存在中等风险的(以比如说25节以上的速度)纵向偏移,因为所实现的减速率不足以避免超限。随着纵向偏移的风险增加,尽管保持了相对较高的(以比如说35节的速度)横向偏移的风险,但是纵向控制的阻挡逐渐解除。在这样的预测的偏移的速度下,赋予纵向控制:横向控制的权限/优先级的比率可以服从于类似的比率,其中,朝向横向控制赋予更高的优先级(例如对于纵向控制:横向控制为25:35)。这将意味着,在存在与纵向制动的冲突的情况下,由控制系统的横向部件命令的差动控制将接收更高的优先级,而在存在与纵向制动的冲突的情况下,赋予纵向控制的权限将被赋予较低的优先级——授予的优先级的比率与25:35的比率一致。这将意味着 $0 < \alpha < 100\%$ 、 $0 < \beta < 100\%$ 、 $0 < \gamma < 100\%$ 并且 $0 < \delta < 100\%$ 。

[0092] 控制单元426将这些权限限制施加至来自航向控制系统460和减速控制系统462的需求,从而向航向控制系统460比向减速控制系统462赋予更高的优先级。控制单元426向飞行器的左舷轮制动器440和右舷轮制动器发送输出需求,其中,输出需求计算为从航向控制系统460接收的横向输入需求420和从减速控制系统462接收的纵向输入需求422的加权总和。

[0093] 作为该示例的替代方案,控制单元可以认为与横向偏移相关联的风险(包括负面结果的风险)在飞行器速度超过60节时显著更大,并且其中,与纵向偏移相关联的风险在飞行器速度超过30节时显著更大。换句话说,在某些速度下,与减少横向偏移的机会相比减少纵向偏移的机会可能更好。纵向权限:横向权限的比率可以基于(预测的纵向偏移速度+30节):(预测的横向偏移速度)的比率。另一选择为基于P:Q的比率的纵向权限:横向权限的比率,其中:

[0094] 如果预测的纵向偏移速度小于30节,那么 $P=0$,并且否则 $P=\text{预测的纵向偏移速度}-30$ 节,并且

[0095] 如果预测的横向偏移速度小于60节,那么 $Q=0$,并且否则 $Q=\text{预测的横向偏移速度}-60$ 节。

[0096] $\beta:\alpha$ 的比率和 $\delta:\gamma$ 的比率将取决于纵向权限:横向权限的比率,但是不需要在数学上必须等于纵向权限:横向权限的比率。

[0097] 情况6

[0098] 在该情况下,减速控制系统462最初确定纵向偏移的风险较低,因为由飞行器实现的减速率足以避免跑道的纵向超限。航向控制系统460确定横向偏移的风险较低,因为方向舵转向机构和前轮转向机构具有在不使用任何差动制动的情况下横向地控制飞行器的能力。控制单元426从航向控制系统460接收横向输入需求420。控制单元426从减速控制系统462接收纵向输入需求422。控制单元426将横向输入需求420和纵向输入需求422直接传递至控制机构430。航向控制系统460和减速控制系统462都保持对控制机构430的全部权限,因为控制单元426不施加权限限制。因此,在该情况的这种阶段处, $\alpha=\gamma=\beta=\delta=100\%$ 。

[0099] 然后存在故障(例如,在左舷上的所有轮胎爆裂),该故障导致左舷轮制动器440停止运作,导致在制动时的高度不对称以及由轮制动器提供的制动力的降低,假定仅有50%的轮在制动。

[0100] 减速控制系统462确定存在中等的纵向偏移的风险,因为由飞行器实现的减速率不足以避免跑道的纵向超限。航向控制系统460要求高水平的横向控制,以便避免跑道的横向偏移。航向控制系统460因此确定存在中等的横向跑道偏移的风险。控制单元426将纵向跑道偏移的风险与横向跑道偏移的风险进行比较,以确定如在航向控制系统460与减速控制系统462之间的控制权限的比率。控制单元426接收来自航向控制系统460的横向输入需求420和来自减速控制系统462的纵向输入需求422。控制单元426以如由纵向跑道偏移的风险和横向跑道偏移的风险确定的比率向来自航向控制系统460和减速控制系统462的需求施加权限限制。控制单元426向飞行器的右舷轮制动器438(左舷轮制动器变得不可操作)发送输出需求,其中,输出需求被计算为从航向控制系统460接收的横向输入需求420和从减速控制系统462接收的纵向输入需求422的加权总和。控制单元426还以类似的方式向飞行器的其他控制机构发送其他需求,根据纵向跑道偏移的风险与横向跑道偏移的风险的比率来平衡对减速但不偏离跑道的需要并且限制航向控制系统460和减速控制系统462的权限。

[0101] 因此,将理解的是,因为左舷轮胎都已经爆裂,所以航向控制系统460可以发出对完全释放右舷制动器的需求,以便保持直线航向并且消除制动中的不对称。在这种情况下,完全释放右舷制动器可能导致以显著速度纵向偏移。因此,如果允许航向控制系统460有全部权限而导致制动器完全释放(并且因此使横向偏移的风险最小化),那么这将在飞行器总

体水平上具有导致纵向偏移的不期望的撞击效应。类似地,假定50%的轮制动功能已经丧失,减速控制系统462可以发出将右舷制动器以其最大水平应用的需求。尽管这可能不可避免地导致横向偏移。

[0102] 在这种情况下,可以估计的是,可能的最大纵向偏移速度将为70节(在将全部权限赋予横向控制的情况下,其中,仅在纵向控制与横向控制不冲突的情况下将权限赋予纵向控制),并且可能的最大横向偏移速度将为80节(在将全部权限赋予纵向控制的情况下,其中,仅在横向控制与纵向控制不冲突的情况下将权限赋予横向控制),假定70:80的风险比率。然后,这意味着由航向控制系统460命令的差动控制的优先级略高于由减速控制系统462命令的纵向控制。因此,一些制动施加至右舷制动器,赋予一些减速,但是可能不足以消除纵向偏移的所有风险,并且与可以完全由飞行器上的其他控制机构(即方向舵和前轮转向)提供的横向控制来平衡相比可能导致更多的不对称,从而引入不可忽略的横向偏移的风险。然而,与减速控制系统462相比,通过对赋予航向控制系统460的权限进行适当平衡,有效地管理了跑道偏移的总体风险。可能的是,飞行器在跑道的拐角上经受了约30节的偏移,而不是以70节进行的纵向偏移或以80节进行的横向偏移。由控制单元426提供的输出需求因此使纵向偏移和横向偏移的总体风险最小化。

[0103] 图7示出了流程图700,该流程图700示出了根据本发明的另一实施方式的用于对飞行器的地面操纵进行自动控制的方法的示例。该方法包括以下步骤。飞行器沿着跑道表面移动(由框701表示)。控制单元接收横向输入需求(由框703表示)并且接收纵向输入需求(由框705表示)。控制单元计算输出需求(由框707表示),控制单元将输出需求传递至飞行器的一个或更多个控制机构(由框709表示)。根据一些实施方式,计算输出需求的步骤707包括当在那些需求之间存在冲突时优先考虑已接收的需求。优先级是基于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险。

[0104] 根据另一实施方式,用于对飞行器的地面操纵进行自动控制的方法另外地包括以下步骤。控制单元向一个或更多个第一转向控制机构发送输出需求(框709),第一转向控制机构是方向舵转向机构和前轮转向机构。控制单元从飞行器上的传感器接收指示第一转向控制机构不满足输出需求的数据(由框711表示)。控制单元根据横向输入需求和纵向输入需求计算输出需求(由框713表示),然后控制单元将输出需求传递至飞行器的轮制动器(由框715表示)。控制单元通过当在那些需求之间存在冲突时优先考虑已接收的需求来计算输出需求。优先级取决于横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险。

[0105] 图8示出了流程图800,该流程图800示出了根据本发明的另一实施方式的用于对飞行器的地面操纵进行自动控制的方法的示例。该方法包括以下步骤:利用第一控制系统对飞行器相对于跑道的横向运动进行控制801;利用第二控制系统对飞行器相对于跑道的纵向运动进行控制803;以及借助于在将与飞行器横向偏离跑道相关联的风险和与飞机纵向偏离跑道相关联的风险平衡的基础上分配对飞行器的运动的控制来解决第一控制系统与第二控制系统之间的冲突805。该方法可以包括控制单元通过确定(例如,通过计算确定)横向需求和纵向需求的组合不能由飞行器的可用于在该特定时间使用的控制机构来满足而确定横向输入需求与纵向输入需求之间存在冲突。

[0106] 虽然已经参照具体的实施方式描述和说明了本发明,但是本领域普通技术人员将理解的是,本发明适合于本文中未具体说明的许多不同的变型。仅通过示例的方式,现在将

对某些可能的变型进行描述。

[0107] 就轮制动而言,输出相对于输入需求的加权可以以不同的方式表示并且替代地是如下关系(尽管这在上面提及的各种情况下可能对施加在轮处的制动的实际水平影响很小或没有影响):

$$[0108] \quad \text{OUT}_{\text{Star}} = \alpha \text{LAT_DEM}_{\text{Star}} + \beta \text{LON_DEM}_{\text{Star}}$$

$$[0109] \quad \text{OUT}_{\text{Port}} = \gamma \text{LAT_DEM}_{\text{Port}} + \delta \text{LON_DEM}_{\text{Port}}$$

[0110] 其中:

[0111] OUT_{Star} 是在右舷上的轮制动的输出需求,该输出需求小于或等于右舷上的可能的全部制动量,

[0112] OUT_{Port} 是在左舷上的制动的输出需求,该输出需求小于或等于左舷上的可能的全部制动量,

[0113] $\text{LAT_DEM}_{\text{Star}}$ 是下述情况下将提供的在右舷上的制动量:如果将全部权限赋予用于横向控制的需求,同时在纵向控制与用于横向控制的需求不冲突的范围内,向纵向控制授予最大可能的权限,

[0114] $\text{LAT_DEM}_{\text{Port}}$ 是下述情况下将提供的在左舷上的制动量:如果将全部权限赋予用于横向控制的需求,同时在纵向控制与用于横向控制的需求不冲突的范围内,向纵向控制授予最大可能的权限,

[0115] $\text{LON_DEM}_{\text{Star}}$ 是下述情况下将提供的在右舷上的制动量:如果将全部权限赋予用于纵向控制的需求,同时在横向控制与用于纵向控制的需求不冲突的范围内,向横向控制授予最大可能的权限,

[0116] $\text{LON_DEM}_{\text{Port}}$ 是下述情况下将提供的在左舷上的制动量:如果将全部权限赋予用于纵向控制的需求,同时在横向控制与用于纵向控制的需求不冲突的范围内,向横向控制授予最大可能的权限,并且

[0117] α 、 β 、 γ 和 δ 是加权因子,使得 $\alpha + \beta = 100\%$ 并且 $\gamma + \delta = 100\%$, 并且比率 $(\alpha + \gamma) : (\beta + \delta)$ 是横向需求相对于纵向需求的加权的度量。在这样的情况下,比率 $(\alpha + \gamma) : (\beta + \delta)$ 可以等于上面提及的 P:Q 的比率。此外,当横向需求与纵向需求之间不具有冲突时,加权因子可以任意设置为 $\alpha = \beta = \gamma = \delta = 50\%$ (但是假定不具有冲突,在输出需求没有任何变化的情况下同样可以为 $\alpha = \gamma = 100\%$ 和 $\beta = \delta = 0\%$)。

[0118] 虽然航向控制系统、减速控制系统和控制单元已经被描述为三个独立的系统,所述三个系统通过向飞行器的控制机构发出经修改的需求来共同确定飞行器的横向控制和纵向控制,以便更好地管理与可能的横向跑道偏移和/或纵向跑道偏移相关联的风险,但是这些功能可能以与上面关于所描述的实施方式所陈述的方式不同的方式在飞行器上的硬件系统和/或软件系统中组合或分离。例如,具有适当输入、输出和软件的一个适当编程的计算机系统可以执行所有这样的系统和控制单元的功能。还可能的是,控制单元计算偏移的风险,而不是航向控制系统、减速控制系统或飞行器的其他系统计算偏移的风险。

[0119] 可能存在比上面所描述的更多的竞争权限的系统。例如,可能存在自动着陆系统、航向控制系统和具有防滑控制的自动制动系统,所有这些系统可能对例如轮制动器具有竞争(并且可能冲突)需求。

[0120] 可能存在将一个需求优先于另一个需求完全阻挡的示例。相反,具有更多的可变

控制可能是有益的,从而不是完全地阻挡控制,而是显著地限制控制。对需求的这种限制/阻挡仍然将基于对横向跑道偏移的风险和纵向跑道偏移的风险的评估。

[0121] 术语“或”应解释为“和/或”,除非上下文另有要求。

[0122] 如果在前面的描述中提及了具有已知的、明显的或可预见的等同物的整体或元件,那么这样的等同物如同单独阐述一样并入本文。应当参照权利要求以用于确定本发明的真实范围,本发明的真实范围应当被解释为包含任何这样的等同物。读者还将理解的是,本发明的描述为优选的、有利的、方便的等的整体或特征是可选的并且不限制独立权利要求的范围。此外,应当理解的是,这样的可选的整体或特征虽然在本发明的一些实施方式中可能是有益的,但是在其他实施方式中可能是不期望的并且因此可能不存在。

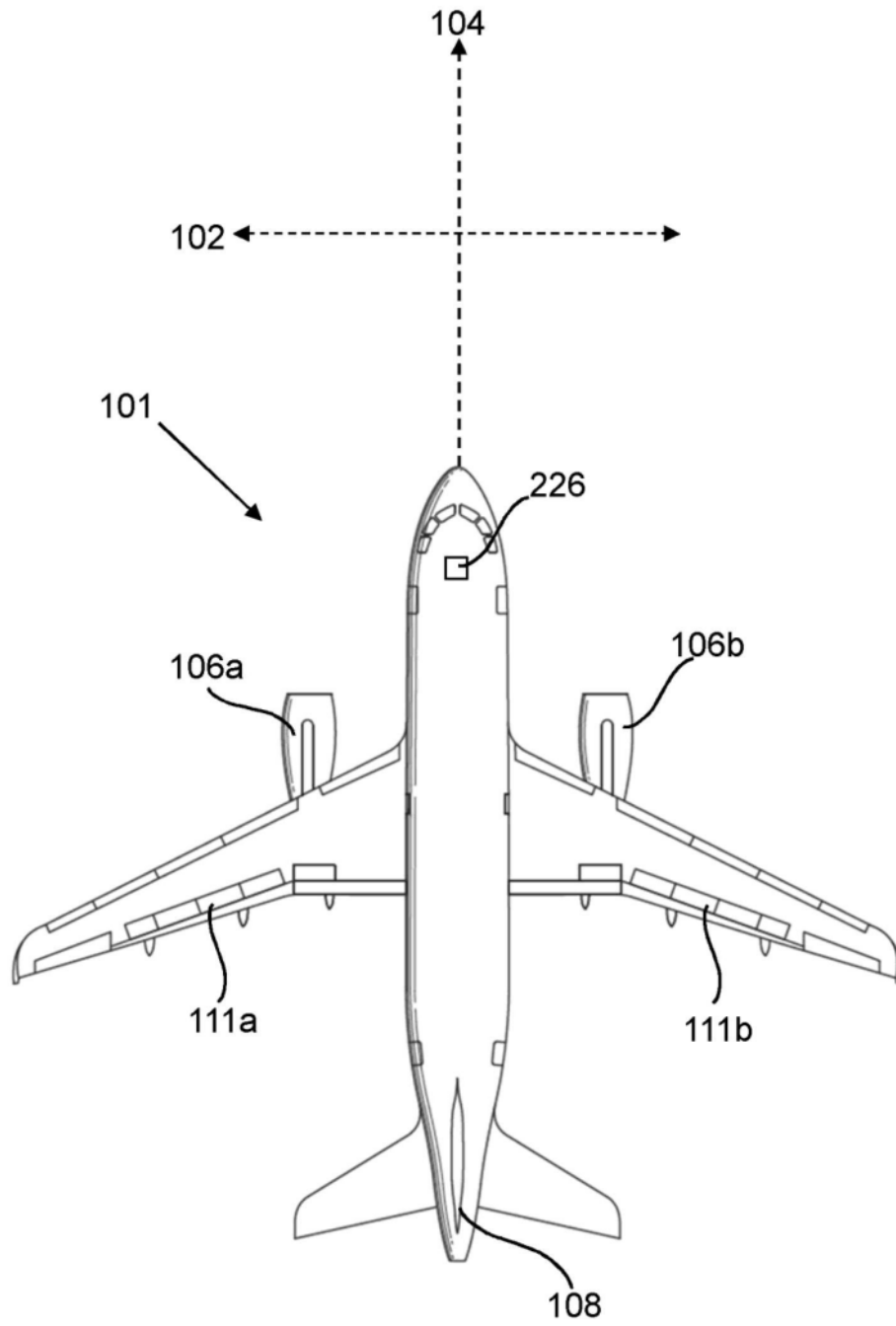


图1

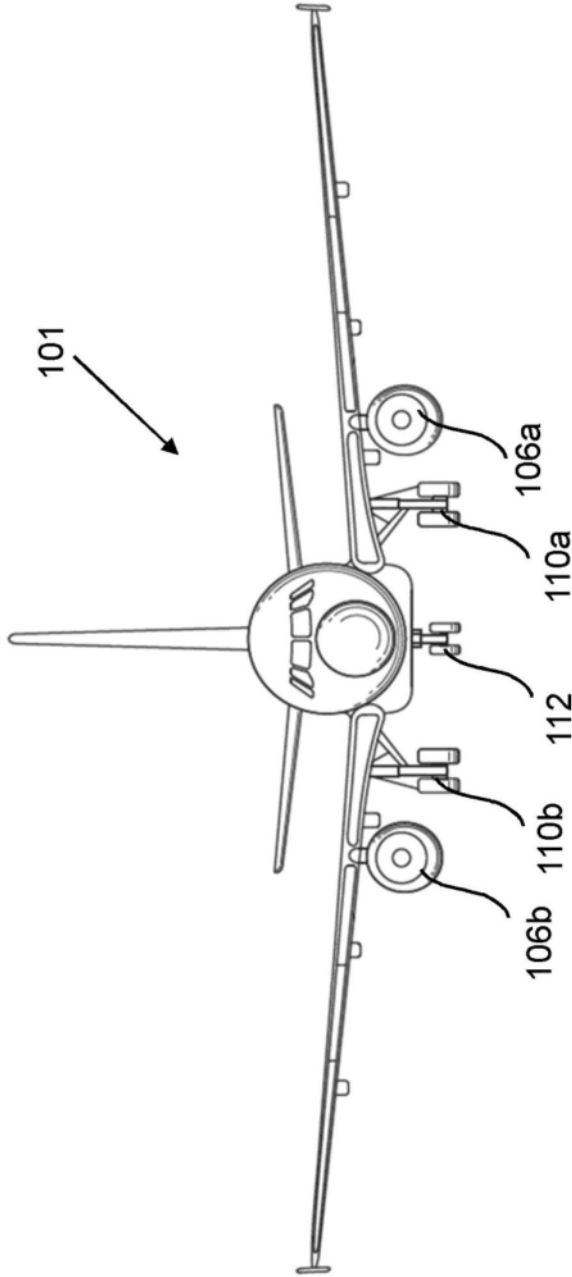


图2

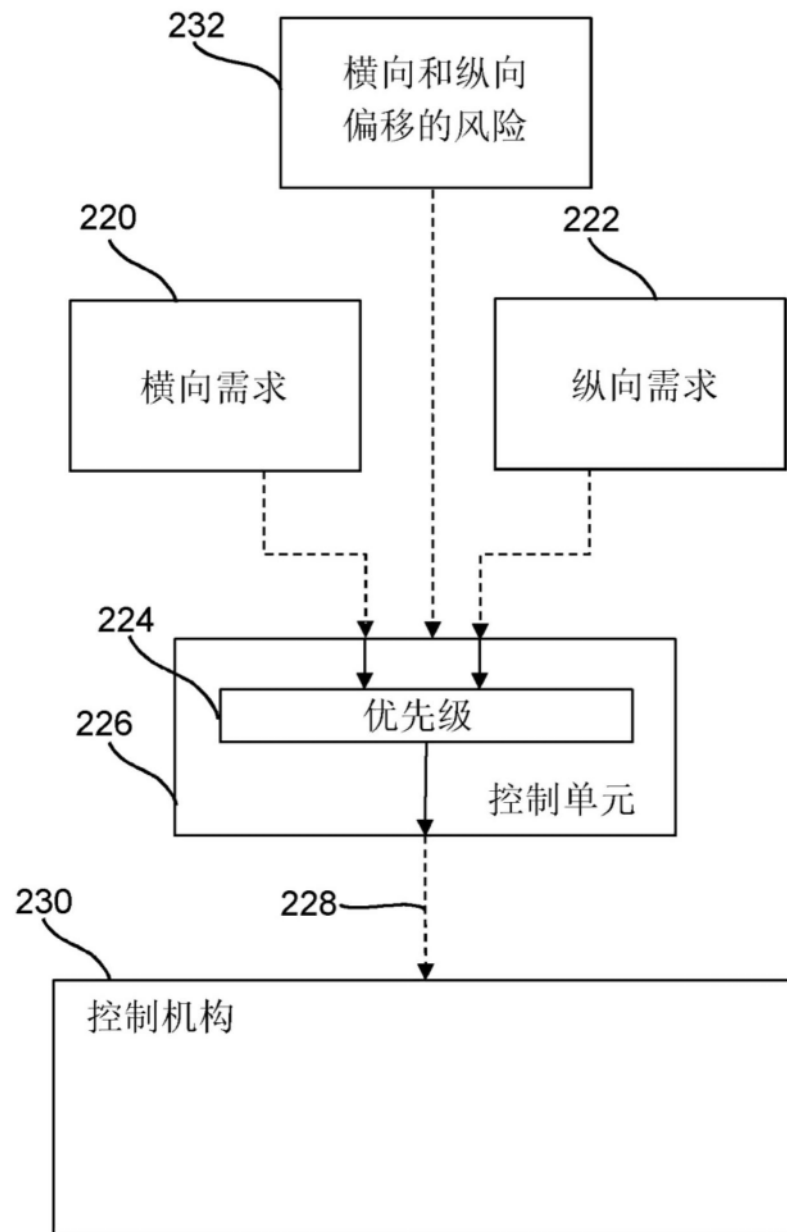


图3

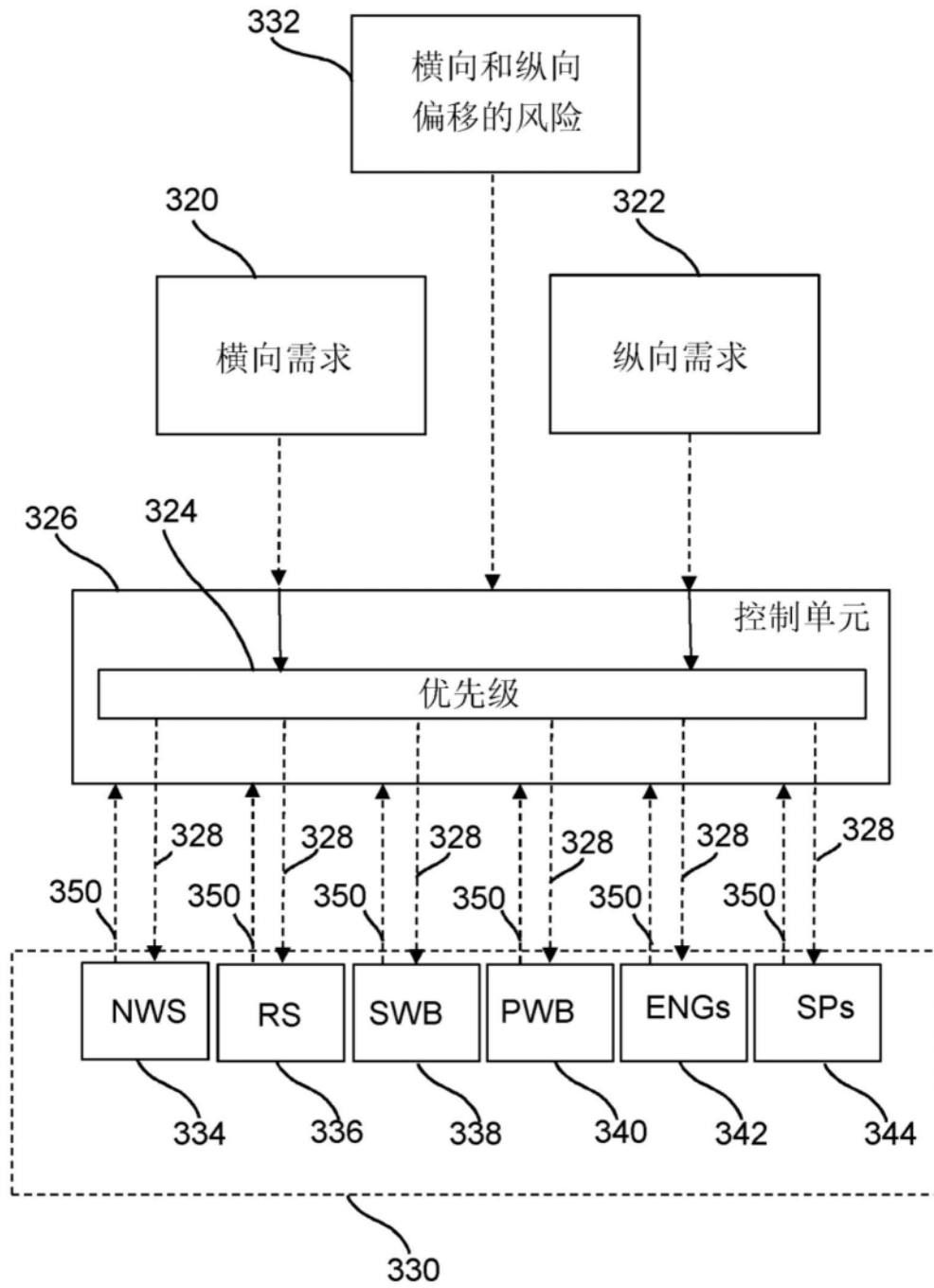


图4

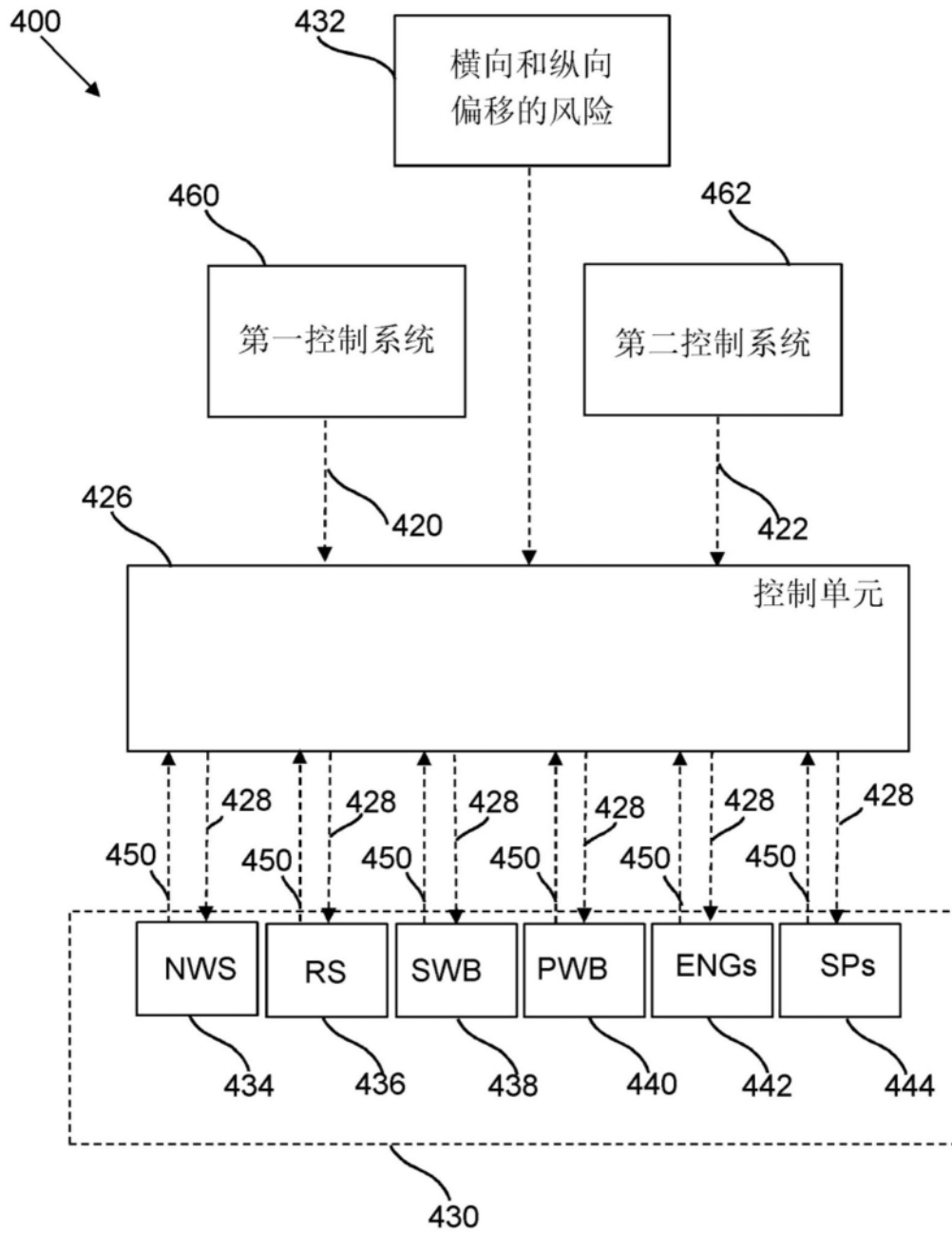


图5

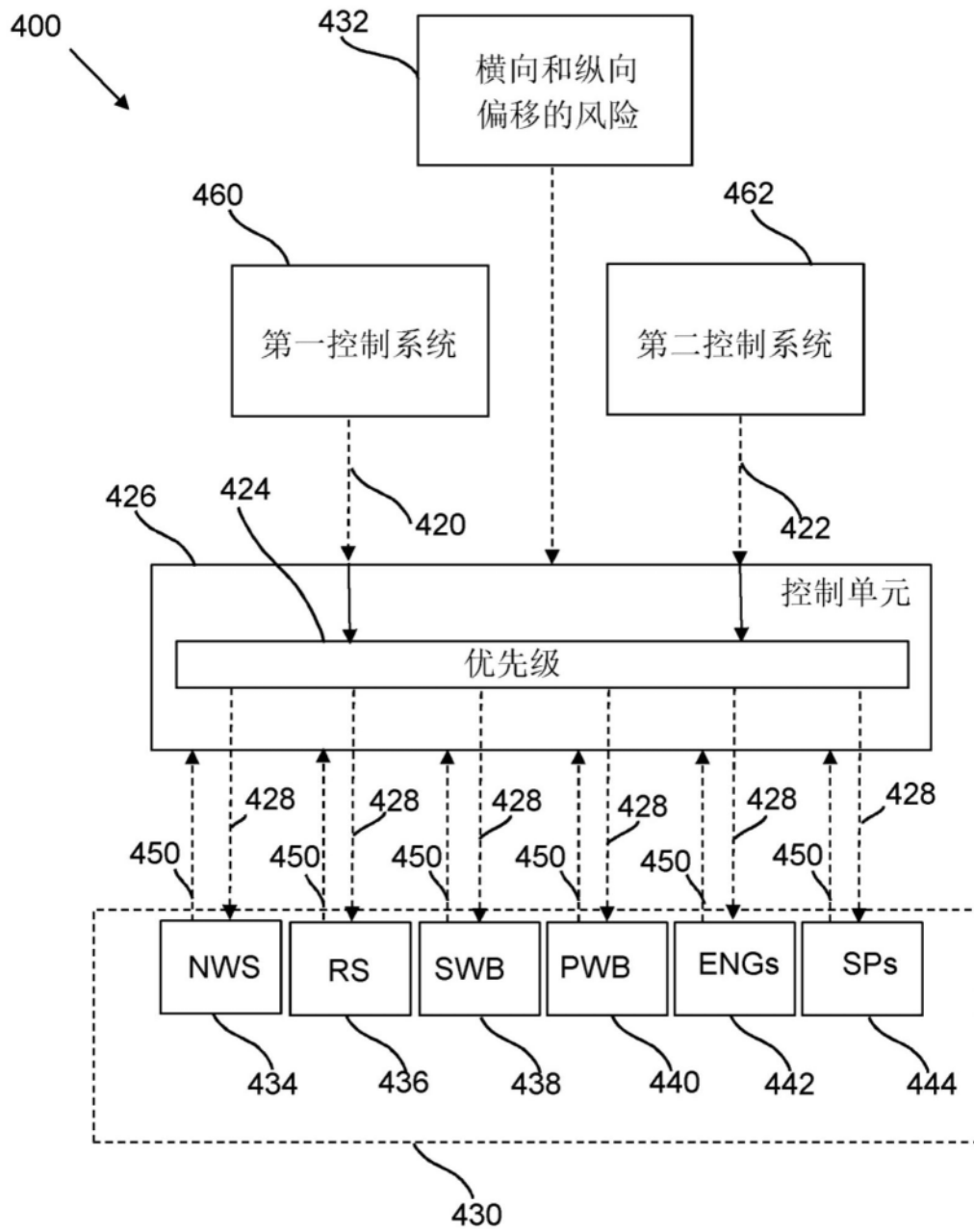


图6

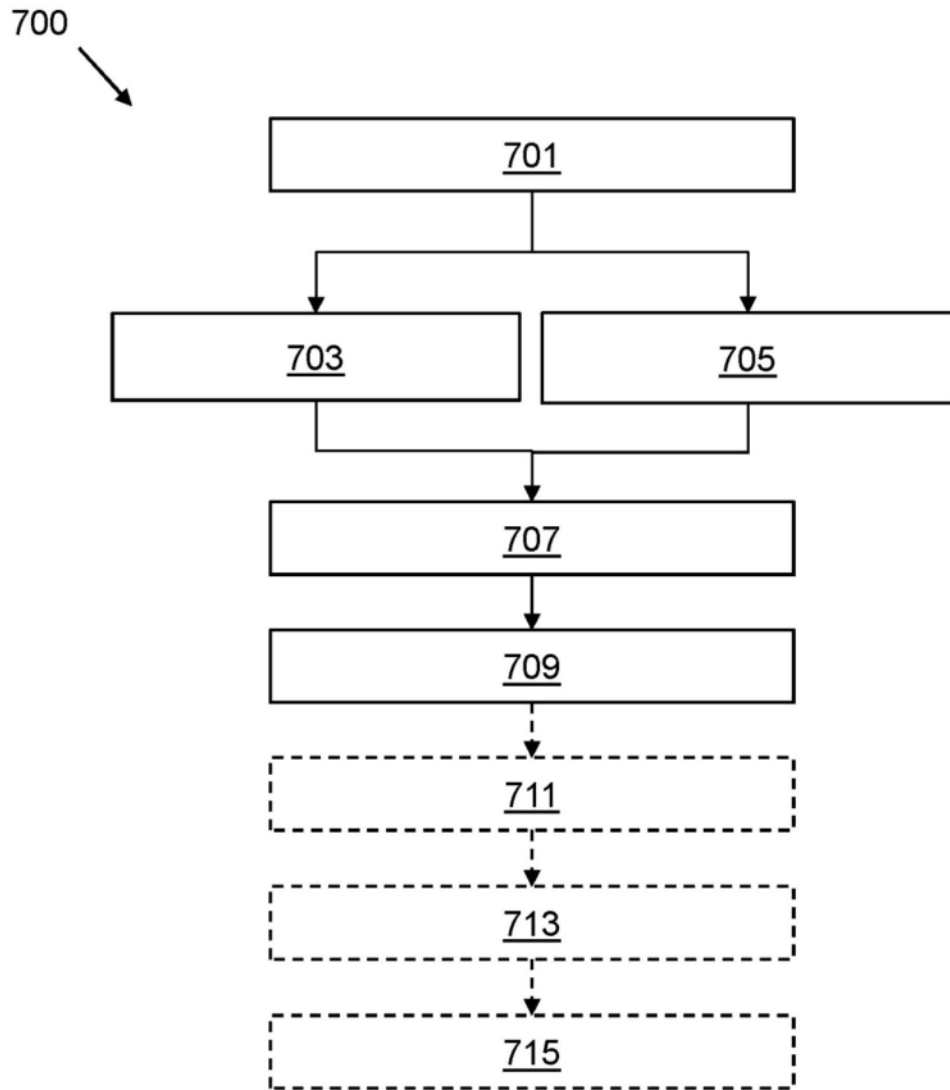


图7

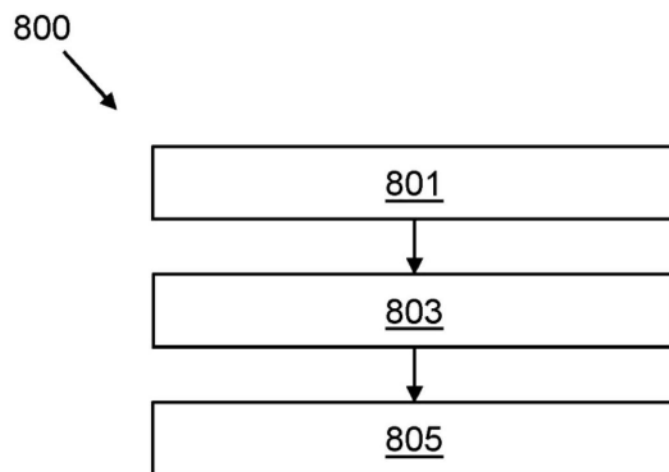


图8