



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107463183 A

(43)申请公布日 2017. 12. 12

(21)申请号 201710417261.7

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.06.06

G05D 1/10(2006.01)

G05D 1/08(2006.01)

(30)优先权数据

15/174,935 2016.06.06 US

(71)申请人 特拉克赛卡斯公司

地址 美国得克萨斯州

(72)发明人 韦斯利·罗纳德·艾哈特

斯科特·罗林·迈克尔·施米茨

托马斯·迈克尔·卡瓦姆拉

理查德·道格拉斯·霍恩霍特

肯特·普迪特

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

代理人 陆建萍 郑霞

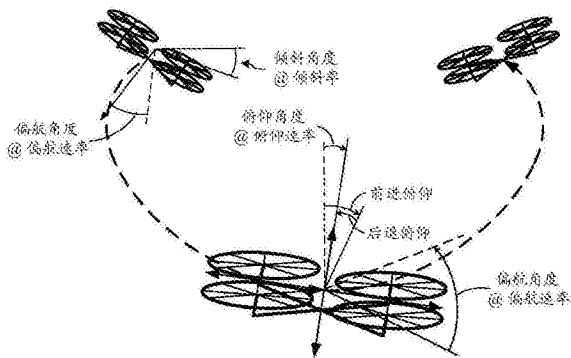
权利要求书3页 说明书15页 附图20页

(54)发明名称

用于远程控制航空器的类似地面交通工具的控制

(57)摘要

公开了用于远程控制航空器的类似地面交通工具的控制。一种用于远程控制航空器的手持无线电发射控制器,以及用于提供了类似地面交通工具的的控制的控制远程控制航空器的方法。



1. 一种用于提供类似地面交通工具的控制的远程控制航空器的方法,所述方法包括:
接收来自发射机控制器的高度指令;
接收来自发射机控制器的至少一个转向角控制输入;
电子状态估计过程,所述电子状态估计过程包括估计所述航空器的姿势、加速度和速度;
电子转向控制过程,所述电子转向控制过程包括:
映射地面交通工具的模型,包括将所述至少一个转向角控制输入映射到所述地面交通工具的模型的转向,所述地面交通工具的模型包括轴距;以及
利用所述地面交通工具的模型的所述映射、航空器速度估计和所述至少一个转向角控制输入来至少命令航空器偏航率、航空器倾斜角和航空器俯仰角;以及
电子飞行控制过程,所述电子飞行控制过程包括控制所述航空器至由所述电子转向控制过程命令的所述航空器偏航率、所述航空器倾斜角、所述航空器俯仰角和所述航空器俯仰速率并维持由所述高度指令设定的高度。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述航空器跟随该航空器在其上飞行的地形的轮廓,并保持在地面上方恒定的高度。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述航空器响应于在其路径中的障碍物而增加高度。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述航空器跟随该航空器在其上飞行的地形的轮廓,并且使轨迹跟随所述地形的轮廓上升和下降。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述航空器在跟随所述轨迹的同时执行技巧,所述技巧包括翻转、侧倾、旋转及其组合。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述方法还包括:
估计异常状况;以及
调整所述地面交通工具的模型的状态以考虑到所述异常状况;
其中所述航空器模拟所述地面交通工具在所述异常状况下的行为。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述异常状况可以包括以下项中的一个或多个:过度转向/转向不足的行为;对应于道路状况的道路牵引;和惯性延迟效应。
8. 根据权利要求1所述的方法,还包括以下步骤:
接收来自所述发射机控制器的制动指令;
所述电子飞行控制过程控制所述航空器将速度降低为零;
其中所述电子飞行控制过程保持为零的速度,直到接收到前进速度指令。
9. 根据权利要求1所述的方法,还包括以下步骤:
接收从非零速度到零速度的速度指令;
在没有制动指令的情况下,所述电子飞行控制过程保持前进运动,同时逐渐地并连续地降低速度。
10. 根据权利要求1所述的方法,还包括以下步骤:
所述电子转向控制过程响应于所述至少一个转向角控制输入来控制俯仰角和俯仰速率。
11. 根据权利要求1所述的方法,还包括

在向前速度为零时进入悬停模式,其中所述至少一个转向角控制输入控制所述航空器倾斜角;并且

在接收到非零前进速度指令时退出所述悬停模式。

12. 一种用于远程控制航空器的手持无线电发射控制器,所述控制器包括:

触发器;和

可旋转旋钮;

其中所述无线电发射控制器被配置为发射用于控制航空器的一个或多个无线电信号,所述一个或多个无线电信号包括:

至少对应于所述触发器的致动的一个或多个触发信号;以及

至少对应于所述可旋转旋钮的位置的一个或多个可旋转旋钮信号;

其中当被发射时所述一个或多个触发信号至少控制航空器的前进运动和制动运动;以及

其中当被发射时所述一个或多个可旋转旋钮信号至少控制至所述航空器的转弯指令;

其中所述一个或多个可旋转旋钮信号命令所述航空器的空中机动,基本上模拟地面交通工具的地面响应。

13. 根据权利要求12所述的手持无线电发射控制器,其中,所述航空器跟随该航空器在其上飞行的地形的轮廓,并且响应于所述无线电发射控制器的操作而保持在地面上方恒定的高度。

14. 根据权利要求12所述的手持无线电发射控制器,其中,所述航空器响应于所述无线电发射控制器的操作、响应于其路径中的障碍物而增加高度。

15. 根据权利要求12所述的手持无线电发射控制器,其中,所述航空器跟随该航空器在其上飞行的地形的轮廓,并且响应于所述无线电发射控制器的操作使轨迹跟随所述地形的轮廓而上升和下降。

16. 根据权利要求15所述的手持无线电发射控制器,其中,所述航空器在跟随所述轨迹的同时执行技巧,所述技巧包括响应于所述无线电发射控制器的操作而翻转、侧倾、旋转及其组合。

17. 根据权利要求12所述的手持无线电发射控制器,其中,所述航空器模拟所述地面交通工具在异常状况下的行为。

18. 根据权利要求17所述的手持无线电发射控制器,其中,所述异常状况可包括以下中的一个或多个:过度转向/转向不足的行为;对应于道路状况的道路牵引;和惯性延迟效应。

19. 根据权利要求12所述的手持无线电发射控制器,其中,响应于从所述发射机控制器接收到制动指令,

所述航空器将速度降低到零;并且

所述航空器保持零速度,直到接收到前进速度指令。

20. 根据权利要求12所述的手持无线电发射控制器,其中,响应于接收到从非零速度到零速度的速度指令,并且

在没有制动指令的情况下,所述航空器保持向前运动,同时逐渐且连续地降低速度。

21. 根据权利要求12所述的手持式无线电发射控制器,其中,响应于所述至少一个转向角控制输入,所述航空器的俯仰角和俯仰速率被控制。

22. 根据权利要求12所述的手持式无线电发射控制器,其中,响应于制动指令,所述航空器在前进速度为零时进入悬停模式,其中,所述至少一个转向角控制输入控制所述航空器倾斜角。

23. 根据权利要求21所述的手持式无线电发射控制器,其中,所述航空器在接收到非零前进速度指令时退出所述悬停模式。

24. 根据权利要求12所述的手持无线电发射控制器,其中,所述一个或多个可旋转旋钮信号命令所述航空器针对所述可旋转旋钮的多个可旋转位移中的每一个进行预定空中机动,从而模拟地面交通工具的转向。

25. 根据权利要求24所述的手持式无线电发射控制器,其中,所述航空器针对所述可旋转旋钮的多个可旋转位移中的每一个的所述预定空中机动对应于地面交通工具的转向轮廓,所述转向轮廓包括多个空中机动中对应于所述可旋转旋钮的多个不同旋转位移值中的一个的每一个空中机动。

26. 根据权利要求25所述的手持式无线电发射控制器,还包括电子地存储在所述发射控制器中并能够供所述发射控制器选择使用的多个所述转向轮廓。

用于远程控制航空器的类似地面交通工具的控制

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请涉及2014年10月28日提交的题为GROUND VEHICLE-LIKE CONTROL FOR REMOTE CONTROL AIRCRAFT的美国非临时专利申请第14/526,385号,其涉及并且要求于2013年10月28日提交的题为GROUND VEHICLE-LIKE CONTROL FOR REMOTE CONTROL AIRCRAFT的美国临时专利申请序列号为61/896,552的申请日的权益,这两个申请的全部内容出于所有目的通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本申请涉及远程控制航空器并且更具体地涉及远程控制航空器的航控。

[0004] 背景

[0005] 远程控制(RC)地面交通工具通常被用发射控制器来控制,发射控制器具有两个组件:转向旋钮(也被称作方向盘)和油门/制动器控制。熟悉这个控制界面的人类驾驶员能够熟练地驾驶地面交通工具而不管相对于该驾驶员的交通工具的方向。因此,驾驶员可以能够驾驶交通工具不论它是面向驾驶员还是远离驾驶员。驾驶员还可以对RC地面交通工具轻易执行高速转弯。

[0006] 然而,同一驾驶员当航控RC航空交通工具时可能遇到困难。航控常规的RC航空交通工具比航控RC地面交通工具要求显著地更多的技巧。常规双摇杆航空器控制器要求飞行员独立地控制航空器的油门和偏航和俯仰以及侧倾。当施加控制时飞行员必须知道航空器的方向,这比知道地面交通工具的方向要求显著地更多意识。对RC航空器进行“协调转弯”要求飞行员同时地输入偏航、俯仰和侧倾指令以便命令航空器在空中转弯而转弯时没有“侧滑”(滑行至外侧)或“打滑”(向内侧跌落)。同时飞行员还必须对油门命令进行调整以控制或维持航空器高度。

[0007] 如果RC航空交通工具飞行员可以采取该飞行员熟悉的RC地面交通工具的控制的更大的优点,则将是可取的。

[0008] 如前所述,常规RC航空器被用“双摇杆”发射控制器进行控制。典型的模式2发射机将被配置如图14中所示。向前和向后移动左摇杆控制油门;向左和向右移动其控制偏航。向前和向后移动右摇杆控制俯仰;向左和向右移动其控制侧倾。在固定翼航空器的示例中,向前和向后移动左摇杆将增加或减少来自动力源(电机或内燃机)的推力。向左和向右移动左摇杆将移动方向舵控制表面以偏航飞机至左边或右边。向前和向后移动右摇杆将移动升降舵控制表面(多个)以使飞机上下俯仰。向左和向右移动右摇杆将移动副翼控制表面以侧倾飞机至左边或右边。

[0009] 常规双摇杆发射机可以被用在一个或多个控制器之间的“混合”来配置。例如,发射机可以被配置使得当副翼被命令移动时方向舵移动。在这个示例中,当仅向左和向右移动右摇杆时,方向舵移动的百分比可以被命令。这可以导致所谓的协调转弯,在其中飞机将同时倾斜和偏航两者。举例来说,固定翼航空器的协调转弯可以是有用的以抵消反向偏航的效果。在多旋翼航空器(例如四轴航空器)的示例中,一起协调倾斜角和偏航可以在执行

看起来自然的转弯而不“侧滑”或“打滑”时是极其有用的。

[0010] 可以被配置有“混合”的一个常规双摇杆发射机是Futaba 8J。线性和非线性(5点)混合两者都可以被配置。产品说明书的65-69页包含可用混合的详细说明。Futaba 8J产品说明书的全部据此通过引用并入本文。Futaba 8J上提供的四种线性可编程混合默认设置为:在Futaba 8J上可用的四个线性可编程混合被默认设置为:1) 副翼至方向舵用于协调转弯,2) 升降机至襟翼用于更小的回路,3) 襟翼至升降机以用襟翼来补偿俯仰和4) 油门至方向舵以用于地面处理补偿。

[0011] 预先配置的混合可以在使用简单发射机的某种飞行就绪(RTF)航空器上是可用的,简单发射机不可被最终用户编程。一个示例是Horizon Hobby的Hobbyzone Firebird Stratos。使用虚拟教练技术,如图15所示,这架飞机至少使用三种不同的混合:1) 方向舵到升降机混合,2) 油门到升降机混合,3) 方向舵到电机混合。见Firebird Stratos指令手册的第6页以了解更多细节。Firebird Stratos指令手册的全部据此通过引用并入本文。

[0012] 非常规“单摇杆”发射机在1970年代和1980年代中的某些时间段是流行的。这些发射机通过使用在摇杆的尖端处的旋钮来将对方向舵的控制改放至右摇杆,如在图16中所见到的。将旋钮旋转到右边(顺时针方向)将导致与将图14的常规方向舵摇杆推向右边相同的控制。将旋钮旋转到左边(逆时针方向)将导致与将图14的常规方向舵摇杆推向左边相同的控制。油门由滑动器(通常由飞行员的左手拇指来致动)控制。Futaba FP-T8SSA-P发射机是“单摇杆”发射机的一个示例。混合在该Futaba单摇杆无线电上是可用的,其细节可以至少在Futaba FP-T8SSA-P指令手册的第5、29、30、32、33和34页上找到。来自第33页的名称为AILERON->RUDDER MIXING的引用,“该功能有时被称为“CAR”(与副翼和方向舵耦合),并且在滑翔机和特定的比例模型上是有用的,其中副翼和方向舵必须被一起使用以用于协调转弯”。Futaba FP-T8SSA-P指令手册的全部据此通过引用并入本文。

[0013] 以下美国专利中的每个据此通过引用整个地并入本文:授予McConville的8,473,117;授予山本的6,227,482;和授予Stuckman等人的8,200,375。上述专利中的每个中所公开的主题可以用于或适于控制如本文论述的单旋翼、多旋翼和/或固定翼航空器。

[0014] 售后航空器控制系统是可用的,其利用更先进的电子器件和控制系统以改进航空器的控制并且有时使特定功能自动化。一个示例是Eagle Tree Systems的Guardian。Guardian被特别地制造用于固定翼航空器并且使用加速计和陀螺仪两者。在其2D模式下其提供机翼调平稳定,当需要时将模型返回到水平飞行。在3D模式下其工作以消除湍流和失速特性。Guardian还包括采用“踩球(step on the ball)”方法以致动方向舵以便协调转弯的自动转弯协调。当航空器进入倾斜转弯时,Guardian将致动方向舵和“踩球”以执行自动转弯协调。在Guardian上有许多其他可用特征,如在产品资料和Guardian指令手册中所示的。Guardian2D/3D稳定器手册和关于Eagle Tree Systems的Guardian稳定扩展器的指令手册据此通过引用并入本文。

[0015] APM(流行的开源自动驾驶仪套件)2013年12月发布了它们的APM:Copter的版本3.1。在该版本中,它们包括被称为“漂移模式”的新的飞行模式,其允许飞行员利用内置自动协调转弯驾驶多翼直升机好似它是飞机一样。飞行员具有对偏航和俯仰的直接控制,但是侧倾由自动驾驶仪控制。右摇杆控制俯仰和偏航并且左摇杆用于经由油门的手动高度控制。当航空器正向移动并且飞行员推动右摇杆到左边或右边以进行转弯时,航空器还将在

同时倾斜以在该方向上进行协调转弯。漂移模式依赖于GPS来进行。偏航和侧倾根据速度混合进行。通过访问APM网站<http://copter.ardupilot.com/>可以得到更多信息。在<http://copter.ardupilot.com/>的ArduCopter|Multirotor UAV网页中可获得的APM:Copter文档包括但不限于“8通道PPM编码器(v2)的手册,固件:v2.3.16”和3D机器人的“PPM编码器”指令手册,据此通过引用并入本文。

[0016] 概述

[0017] 可以结合用于控制提供类似地面交通工具的控制的远程控制航空器的方法使用用于远程控制航空器的手持无线电发射控制器。

附图说明

[0018] 现在参考结合附图进行的以下详细描述,在附图中:

[0019] 图1A-1C示出传统RC地面控制器;

[0020] 图2示出传统RC地面控制器的转向旋钮的操作;

[0021] 图3示出转向角和转弯半径之间的关系;

[0022] 图4示出在转弯期间作用在地面交通工具上的力;

[0023] 图5示出示例性的高度控制过程;

[0024] 图6示出当维持执行协调倾斜的转弯的航空交通工具的高度时可以考虑到的力;

[0025] 图7示出示例性的转向控制过程;

[0026] 图8-10、11-12和13示出可选的RC地面控制器;

[0027] 图14是现有技术,其说明用于RC航空器的常规的“双摇杆”发射控制器;

[0028] 图15是现有技术,其说明可以在使用简单发射机的某个飞行就绪(RTF)航空器上可用的预先配置的混合的示例;以及

[0029] 图16是现有技术,其说明在过去的几十年流行的“单摇杆”发射机。

[0030] 图17是示出转弯的航空器的图示;

[0031] 图18是示出航空器避开障碍物的图示;

[0032] 图19是示出航空器避开障碍物的方法的流程图。

[0033] 图20是说明航空器跳跃的图示;

[0034] 图21是示出地面交通工具模型执行表现出牵引力丧失的机动的图示;

[0035] 图22是示出地面交通工具模型执行表现出牵引力丧失的机动的图示。

[0036] 图23是示出地面交通工具模型执行表现出过度转向或转向不足的机动的图示;

[0037] 图24是示出地面交通工具模型在不同轴距条件下执行机动的图示;

[0038] 图25是表示航空器转向参数随时间变化的曲线图。

[0039] 图26是向前飞行中的航空器示意图;

[0040] 图27是示出执行俯仰制动的航空器的图示。

[0041] 图28是示出处于位置保持模式的航空器的图示;

[0042] 图29是示出向前飞行中的航空器的图示;

[0043] 图30是示出表现出向前动量的航空器的图示;

[0044] 图31是示出航空器滑行停下的图示。

[0045] 图32是两个RC发射控制器的图示;

[0046] 图33是示出处于水平倾斜姿势的航空器的图示。

[0047] 图34是示出处于向右倾斜的倾斜姿势的航空器的图示;和

[0048] 图35是示出处于向左倾斜的倾斜姿势的航空器的图示。

[0049] 详细描述

[0050] 在下面讨论中,阐述了许多具体细节以提供彻底的解释。然而,这样的具体细节不是必要的。在其他示例中,众所周知的元素已经被以原理图或框图的形式说明。此外,对于大多数情况,已经省略相关领域中的普通技术人员的理解范围内的具体细节。

[0051] 参考图1A-1C,描绘的是典型的地面R/C交通工具发射控制器100。发射控制器100具有人机界面(HMI),其包括如油门触发器102、转向旋钮104和其他控制或指示器(根据需要)的这样的特征。在实施例中,“触发器”可以是具有例如本文示出的触发器形状的形状的杠杆,杠杆被安装用于在至少两个方向上的旋转移动。杠杆(触发器102)可以具有空挡位置(在其行程范围的大致中央),并且当移动时可以提供连续范围的输入至控制系统内。在实施例中,当杠杆被在第一方向上移动朝向用户时,交通工具行进的前进方向可以被命令输入来指示,并且当杠杆被在第二方向上远离用户移动时,对地面交通工具进行制动或地面交通工具行进的反方向可以由命令输入来指示。在空挡位置和行进的两个极值之间的中间位置中的杠杆可以提供连续范围的输入,其在一个实施例中可以被解释为在所选择的方向上的期望的交通工具速度或将要施加的制动量。

[0052] 在实施例中,发射控制器100还可以具有“拇指开关”103,“四通道”开关105以及两个辅助调整旋钮106和107。当交通工具没有被驾驶时,油门触发器102可以处于空挡位置,如图1A中所示。驾驶员可以将油门触发器102从空挡位置拉向驾驶员以命令推进油门,如在图1B中所示的。驾驶员可以从空挡位置推动油门触发器102远离驾驶员以命令反推油门或制动,如在图1C中所示。驾驶员从空挡位置推或拉油门触发器102的距离可以确定所施加的油门或制动的量。

[0053] 参考图2,描绘的是转向旋钮104的操作。驾驶员可以从中性位置200旋转转向旋钮104以命令交通工具使用转向角202。参考图3,描绘的是转向角202对以速度300移动的交通工具有300的作用。如在汽车物理中已知的,转向角202影响交通工具转弯半径204。交通工具轴距206也影响交通工具转弯半径204。较大转向角导致较小交通工具转弯半径。

[0054] 参考图4,描绘的是在转弯期间在表面400上的地面交通工具300的后视图。在转弯期间,交通工具300和表面400之间的摩擦力402防止交通工具300打滑。如果交通工具300由于对于其速度来说被以太小的转弯半径进行转弯,则向心力404超过摩擦力402并且引起交通工具300转弯时侧滑。

[0055] 航空器可以被用相似于地面交通工具的控制模型的控制模型进行航空。这种地面交通工具控制模型可以应用于所有种类的空基交通工具:四旋翼、同轴、固定翼、其他直升机等。飞行员的发射控制器可以具有油门触发器和转向旋钮,其功能类似于传统的地面交通工具发射控制器。

[0056] 利用油门触发器和转向旋钮,飞行员可以如飞行员将控制地面交通工具一样在二维空间内控制航空器。利用油门触发器,飞行员可以对正向和反向移动进行控制。正向移动通过使旋翼航空器的俯仰向前和/或通过固定翼航空器的增加油门。反向移动通过使旋翼航空器的俯仰向后和/或在固定翼航空器中的减少油门。利用转向旋钮,飞行员可以对转向

进行控制。在发射控制器的一个实施例中,油门触发器可以通过飞行员的食指或中指进行控制。在这个相同的实施例中,可以通过另一只手使用两个或多于两个手指来紧握转向旋钮。

[0057] 对于在三维空间中的控制,除了油门触发器和转向旋钮之外,飞行员的发射控制器可以以高度控制为特色。不同选项对于高度控制是可能的。驾驶高度旋钮可以允许飞行员指定关于航空器要维持的期望的“驾驶高度”。高度万向节、滑动器或拇指轮可以允许飞行员指定爬升或俯冲的速度。参考图1A,飞行员航空器发射控制器的一个实施例可以具有位于103的所述驾驶高度旋钮、万向节、滑动器或拇指轮,如图8-13中所示,并且可被飞行员的拇指操作。如在图8中所示,拇指轮103A可以被定向为通过飞行员的拇指上下转动。可选地,如在图11中所示,拇指轮103B可以被定向为通过飞行员的拇指前后转动。如在图9中所示,滑动器103B可以被定向为通过飞行员的拇指上下滑动。可选地,如在图12中所示,滑动器103D可以被定向为通过飞行员的拇指前后滑动。如在图10中所示,万向节103E可以被定向为通过飞行员的拇指上下前后移动。

[0058] 关于高度控制的其他位置也可以被使用。例如,旋钮106或107可以被用作高度控制输入。飞行员的手的其他手指(例如食指、中指、无名指或小(婴儿)指)可以用于控制万向节、滑动器或拇指轮。对于更自然的高度控制,发射控制器可以具有高度倾斜传感器。倾斜传感器可以允许飞行员通过倾斜发射控制器以指示或命令爬升或俯冲。倾斜传感器可以确定倾斜的量和相应的爬升或俯冲的速度。不管高度控制的类型,发射控制器可以将驾驶高度或期望的爬升或俯冲速度发射至航空器。

[0059] 可替代的发射控制器200被在图13中示出。发射控制器200具有油门触发器202和转向旋钮204,其可以以与发射控制器100中的油门触发器102和转向旋钮104相同的方式进行操作。在实施例中,发射控制器200还可以具有万向节203E、“四通道”开关205、第一辅助调整旋钮106和第二辅助调整旋钮207,其可以以与在发射控制器100内的万向节103E、“四通道”开关105以及辅助调整旋钮106和107相同的方式进行操作。油门触发器202的操作可以与发射控制器100内的油门触发器102的操作相同。当交通工具没有被驾驶时,油门触发器202可以处于空挡位置,如在图13中所示。驾驶员可以将油门触发器202从空挡位置拉向驾驶员以命令推进油门。驾驶员可以从空挡位置推动油门触发器202远离驾驶员以命令倒转油门或制动。

[0060] 为了航空器使用类似地面交通工具的控制模型,两个过程可以被执行:高度控制过程和转向控制过程。这些过程可以被添加至通过在航空器上的飞行电脑微处理器执行的飞行控制过程。这个飞行控制过程可以通过飞行控制软件来执行。飞行控制过程可以接收通过飞行员的发射控制器发射的油门、转向和高度指令。飞行控制过程还可以接收由飞行员的发射控制器通过其它用户接口输入(例如在图1A中示出的那些用户接口输入)发射的其它指令。

[0061] 参考图5,描绘的是示例性的高度控制过程500。高度控制过程500的目的是相对于用户指定的驾驶高度控制航空器的高度。可以在发射控制器上利用如上所述的万向节、滑动器或拇指轮来调整驾驶高度。一旦驾驶高度已被设置,则高度控制过程500可以维持驾驶高度或相对于驾驶高度俯冲和爬升。如上所述,俯冲或爬升的速度可以通过发射控制器的倾斜来指定。高度控制过程500可以将航空器的高度限制在被在发射控制器上指定的下限

高度和上限高度之间。在发射控制器的一个实施例中,可以通过如在图1A中所示的用户界面输入105、106或107来指定或命令下限高度或上限高度。

[0062] 高度控制过程500可以是反馈控制过程。在502,高度控制过程可以基于航空器的俯仰角和侧倾角以及发动机RPM估计当前航空器高度。在504,高度控制过程500可以将这个估计的航空器高度与来自航空器高度表的读数混合。可以使用本领域技术人员熟知的各种“传感器融合”技术来执行所述混合。航空器高度表的示例可能包括精密、高分辨率MEMS大气压力传感器、超声波、激光、雷达或GPS。在506处,可以使用所得到的估计高度来将所施加的油门调节到所有电动机。高度控制过程500可以当航空器改变其俯仰角以向前加速时维持航空器的高度。

[0063] 高度控制过程500还可以当航空器改变其俯仰角和侧倾角以执行协调倾斜转弯时维持航空器的高度。参考图6,描绘的是执行以角度602的倾斜转弯的四轴航空器600。高度控制过程在转弯期间在维持四轴航空器600的高度时可以考虑到的力包括推力604、升力606、阻力608和重力610。例如,当航空器通过将其侧倾角从零(水平)改变到角度602而倾斜时,垂直升力分量606可能减少并且航空器可能下降。为了维持航空器的高度,高度控制过程500可以命令发动机增加其RPM。

[0064] 参考图7,描绘的是示例性的转向控制过程700。转向控制过程700的目的是将通过发射控制器转向旋钮命令的转向角转换成航空器机动飞行。转向控制过程700可以是控制回路,其使用交通工具的速度的估计和所命令的转向角以计算航空器俯仰、偏航和侧倾角速率以及角度。

[0065] 使用来自转向旋钮的飞行员的输入,转向控制过程700可以调整航空交通工具的侧倾和偏航以匹配地面交通工具的动态特性。例如,用户可以通过旋转转向旋钮来指示转向角。转向控制过程700可以估计航空器的当前前进速度并使用转向角和前进速度以设置航空器的侧倾角和偏航速率。多旋翼航空器(四轴航空器,例如)的当前前进速度的估计可以被使用交通工具的俯仰来获得。在一个方法中,转向控制过程700的速度估计可以是线性的并与航空器的俯仰角成正比。在另一个方法中,当估计速度时转向控制过程700可以考虑时间。例如,将交通工具从启动速度V1加速到更大速度V2的时间将是非零。理解这个非零时间和在转向控制过程700中将其考虑在内将提供交通工具的速度的更准确和更实际的估计。可选地,可以通过使用感测技术(诸如例如GPS)的直接测量来获得前进速度估计。

[0066] 在702,转向控制过程700可以使用航空器的高度(俯仰、侧倾和偏航)以及航空器的动态模型来确定航空器的侧向加速度。例如,如果航空器是保持在固定高度的四轴航空器,则向上的推力抵消航空器的重力。转向控制过程700可以使用这个推力以及航空器的俯仰角和侧倾角以估计航空器的侧向加速度。对于正在俯冲或爬升的四轴航空器,转向控制过程700可以鉴于爬升或俯冲速率来调整其推力矢量的估计。

[0067] 在704,转向控制过程700可以应用用户的转向和油门输入以及航空器模型以计算用户期望的前进速度和转弯半径。在706,转向控制过程700可以使用目标转弯半径以及航空器的速度和姿势以调整航空器的偏航速率和倾斜角。

[0068] 对于不同的航空器类型,本领域中的技术人员可以带来已知的控制方法以酌情对待高度和转向控制过程两者。例如,对于固定翼航空器,转向控制过程可以用比例-积分-微分(PID)控制器来控制倾斜角,比例-积分-微分(PID)控制器维持指向航空器的底部的“向

下矢量”。对于其他航空器类型,例如四轴航空器,产生的离心力可以被在704估计并且被用于确定维持指向航空器的底部的“向下矢量”的倾斜角。

[0069] 作为另一个示例,四轴航空器或其他多旋翼直升机可以在飞行控制过程中具有混合步骤。高度控制过程可以确定关于所有发动机的平均功率。转向控制过程可以确定发动机彼此之间的平均功率。混合步骤可以线性混合这两个过程的结果以产生关于每个发动机的平均功率。

[0070] 例如,如果四轴航空器向右倾斜,则转向控制过程可以指定左发动机应该比右发动机具有更高平均功率。混合步骤可以将这个结果与通过高度控制过程确定的平均功率相结合以确定每个发动机应该被操作在的平均功率。

[0071] 虽然所描述的航空器控制模型与地面交通工具的控制模型具有一定的可比性,但是它不一定是相同的。例如,释放路基交通工具上的控制可以引起交通工具滚动至停止并等待下一个用户控制输入。对于空基交通工具,风和其他气流可以不断地防止交通工具维持单一位置。

[0072] 在一个实施例中,转向控制过程可以在没有高度控制过程的情况下被使用。高度可以被常规地控制,例如通过四轴航空器和直升机的油门和集合俯仰(collective pitch),或通过飞机的俯仰和油门。转向控制过程针对如上所述的转弯可以控制偏航速率和侧倾角。

[0073] 在航空器内,当没有从手持发射控制器接收到高度改变指令信号时,航空器内的控制器可以调整油门和/或俯仰以将航空器保持在基本上恒定的高度。在手持发射控制器上的第三开关(例如,滑块)可以被用于与触发器分开地调整高度。此外,航空器控制器可以以某种关系将油门添加至俯仰角指令,而不管高度开关设置。使用混合或某种附加的算法,油门可以被从通过触发器俯仰控制确定的设置增加或减少,使用第三开关可以用于单独地控制高度。

[0074] 在特定实施例中,HMI输入中的至少一个可以被用于使两个或多于两个控制输出变化。一个示例是:利用单个HMI输入(例如,摇杆移动、方向盘转动等等)来命令航空器的转弯,并且相应的倾斜、方向舵(固定翼航空器)和/或偏航速率(旋翼航空器)输出指令被发送。另一个示例是:利用单个HMI输入来命令航空器的俯仰,并且相应的升降机(固定翼航空器)、俯仰(旋翼航空器)和/或油门输出指令被发送。

[0075] 在航空器内,应注意,改变第一HMI输入的旋钮的位置可以改变由无线电发射机所发射的一个或多个无线电信号以用于控制处于转弯中的航空器的倾斜角:(1)可以参考响应于通过航空器接收机/控制器接收的控制信号所确定的倾斜角来(例如,固定线性比例、固定的指数比例或固定到特定的倾斜角等等)设置偏航速率;(2)可以参考响应于通过航空器接收机/控制器接收的转弯控制信号所确定的转弯半径(更小的或更开放的转弯)来设置偏航速率;(3)可以参考响应于通过航空器接收机/控制器接收的控制信号确定的转弯半径和参考航空器的速度(使用加速计确定的或通过俯仰角信号估计的)等等来设置偏航速率;(4)可用的或已知的任何其它现有技术(例如可能调整偏航直到加速计读数示出合力矢量不再具有侧向分量时为止)可以被使用。

[0076] 在航空器内:可以通过针对任何给定/恒定的以下项设置倾斜角或使用任何其它可用/已知的现有技术来控制转弯半径:(i)速度、(ii)俯仰和/或(iii)油门设置。

[0077] 在实施例中,用于提供类似地面交通工具的控制的控制远程控制航空器的方法可以包括:接收来自发射机控制器的转向角控制输入;估计所述航空器的姿势、加速度和速度的状态估计过程;转向控制过程,其包括:包括轴距的汽车模型;和汽车模型的映射(速度和转向角至期望的偏航速率和倾斜角);并且方法还包括控制航空器至通过转向控制过程命令的偏航速率和倾斜角的飞行控制过程。在实施例中,方法还可以包括提供油门输入以控制正向/反向速度或制动。在实施例中,方法还可以包括提供高度控制。

[0078] 将理解的是,各种控制“混合”在“计算机”无线电装置上是可用的以避免或补偿其他“不期望的”飞行特性。示例是倾斜角和俯仰(或油门)的混合。如果航空器当倾斜时由于垂直升力的损失而下降,则发射机可以被编程以将俯仰或某油门加起来以帮助维持高度。其他控制混合(例如但不限于之前讨论的实施控制混合的技术以及被混合的控制的各种组合)可以被在发射控制器100内采用。

[0079] 应注意的是,公开的实施例是说明性的而非在本质上是限制性的并且在上述公开中预期范围广泛的变化、修改、改变和替换,并且在一些实例中,本发明的一些特征可以在没有其它特征的相应使用的情况下被采用。很多这样的变化和修改可以由本领域中的技术人员基于各种实施例的前述描述的回顾而认为是可取的。

[0080] 符合前述公开的各种方法、航空器和控制器包括以下:

[0081] 方法1:一种用于提供类似地面交通工具的控制的遥控航空器的方法,所述方法包括:

[0082] 执行高度控制过程,所述高度控制过程包括:

[0083] 估计航空器的高度;

[0084] 从发射控制器接收高度指令;以及

[0085] 确定高度航空器动作以响应所述高度指示;

[0086] 执行转向控制过程,所述转向控制过程包括:

[0087] 接收由飞行员指定的转向指令,所述转向指令包括转向角;以及

[0088] 确定转向航空器动作以响应转向角;以及

[0089] 根据高度航空器动作和转向航空器动作来操作航空器。

[0090] 方法2:方法1,其中估计航空器的高度包括:

[0091] 至少基于航空器的俯仰角,航空器的侧倾角和航空器马达RPM来估计初始高度;以及

[0092] 将初始高度与航空器的高度表的读数进行混合。

[0093] 方法3:方法1,其中高度指令包括以下指令中的一个:维持高度的指令、以指定的速率爬升的指令和以指定的速率俯冲的指令。

[0094] 方法4:方法1,其中转向航空器动作包括设置侧倾速率和设置偏航速率。

[0095] 方法5:方法1,其中航空器是固定翼航空器。

[0096] 方法6:方法1,其中航空器是直升机。

[0097] 方法7:方法1,其中航空器是包括四个旋翼和四个发动机的多旋翼直升机,其中每个旋翼被一个发动机控制。

[0098] 方法8:方法7,其中高度航空器动作包括施加至所有发动机的平均功率并且转向航空器动作包括相对于其他发动机施加至每个发动机的平均功率。

- [0099] 方法9:方法8,还包括线性混合高度航空器动作和转向航空器动作以产生施加至每个发动机的平均功率。
- [0100] 方法10:方法9,其中操作航空器包括将通过线性混合产生的平均功率施加至每个发动机。
- [0101] 方法11:一种用于提供类似地面交通工具的控制的遥控航空器的方法,所述方法包括:
- [0102] 执行转向控制过程,所述转向控制过程包括:
- [0103] 接收由飞行员指定的转向指令,所述转向指令包括转向角;以及
- [0104] 确定转向航空器动作以响应转向角;以及
- [0105] 根据转向航空器动作操作航空器。
- [0106] 方法12:方法11,其中转向航空器动作包括设置侧倾速率和设置偏航速率。
- [0107] 方法13:方法11,其中航空器是固定翼航空器。
- [0108] 方法14:方法11,其中航空器是直升机。
- [0109] 方法15:方法11,其中航空器是包括四个旋翼和四个发动机的多旋翼直升机,其中每个旋翼被一个发动机控制。
- [0110] 航空器1:一种提供类似地面交通工具的控制的遥控航空器,所述航空器包括飞行控制微处理器,该飞行控制微处理器被配置为:
- [0111] 执行高度控制过程,所述高度控制过程包括:
- [0112] 估计航空器的高度;
- [0113] 从发射控制器接收高度指令;以及
- [0114] 确定高度航空器动作以响应所述高度指示;
- [0115] 执行转向控制过程,所述转向控制过程包括:
- [0116] 接收由飞行员指定的转向指令,所述转向指令包括转向角;以及
- [0117] 确定转向航空器动作以响应转向角;并
- [0118] 根据高度航空器动作和转向航空器动作来操作航空器。
- [0119] 航空器2:航空器1,其中估计航空器器的高度包括:
- [0120] 至少基于航空器的俯仰角、航空器的侧倾角和航空器发动机RPM来估计初始高度;以及
- [0121] 将初始高度与航空器高度表的读数进行混合。
- [0122] 航空器3:航空器1,其中高度指令包括以下项中的一个:维持高度的指令、以指定的速率爬升的指令和以指定的速率俯冲的指令。
- [0123] 航空器4:航空器1,其中转向航空器动作包括设置侧倾速率和设置偏航速率。
- [0124] 航空器5:航空器1,其中航空器是固定翼航空器。
- [0125] 航空器6:航空器1,其中航空器是直升机。
- [0126] 航空器7:航空器1,其中航空器是包括四个旋翼和四个发动机的多旋翼直升机,其中每个旋翼被一个发动机控制。
- [0127] 航空器8:航空器7,其中高度航空器动作包括施加至所有发动机的平均功率并且转向航空器动作包括相对于其他发动机施加至每个发动机的平均功率。
- [0128] 航空器9:航空器8,其中飞行控制微处理器还被配置成线性混合高度航空器动作

和转向航空器动作以产生将被施加至每个发动机的平均功率。

[0129] 航空器10:航空器9,其中飞行控制微处理器被配置成操作航空器包括飞行控制微处理器被配置成将通过线性混合产生的平均功率施加至每个发动机。

[0130] 航空器11:一种提供类似地面交通工具的控制的遥控航空器,航空器包括飞行控制微处理器,其被配置为:

[0131] 执行转向控制过程,所述转向控制过程包括:

[0132] 接收由飞行员指定的转向指令,所述转向指令包括转向角;以及

[0133] 确定转向航空器动作以响应转向角;并

[0134] 根据转向航空器动作操作航空器。

[0135] 航空器12:航空器11,其中转向航空器动作包括设置侧倾速率和设置偏航速率。

[0136] 航空器13:航空器11,其中航空器是固定翼航空器。

[0137] 航空器14:航空器11,其中航空器是直升机。

[0138] 航空器15:航空器11,其中航空器是包括四个旋翼和四个发动机的多旋翼直升机,其中每个旋翼被一个发动机控制。

[0139] 控制器1:一种为远程控制航空器提供类似地面交通工具的控制的发射控制器,所述发射控制器包括:

[0140] 转向控制;

[0141] 油门/制动控制;和

[0142] 高度控制。

[0143] 控制器2:控制器1,其中转向控制包括转向旋钮。

[0144] 控制器3:控制器1,其中油门/制动控制包括油门触发器。

[0145] 控制器4:控制器1,其中高度控制包括万向节。

[0146] 控制器5:控制器1,其中高度控制包括倾斜传感器。

[0147] 控制器6:一种用于对远程控制航空器提供类似地面交通工具的控制的发射控制器,发射控制器包括:

[0148] 转向控制;

[0149] 油门/制动控制。

[0150] 控制器7:控制器6,其中转向控制包括转向旋钮。

[0151] 控制器8:控制器6,其中油门/制动控制包括油门触发器。

[0152] 仿真模式

[0153] 上述可以描述一种用于控制在可以被描述为“仿真模式”的情况下提供类似地面交通工具的控制的远程控制航空器的方法。在仿真模式下,远程控制航空器可能表现得像地面交通工具一样,从而为用户提供类似地面交通工具的控制。远程控制航空器可以根据需要转换出仿真模式,以执行其他特定操作,并且可以转换回仿真模式以恢复向用户提供类似地面交通工具的控制。在一个实施例中,通过将航空器的联接方式映射到地面交通工具的模型,可以在仿真模式中实现类似地面交通工具的控制。每种类型的航空器的联接方式可能对其自身和其性能特征都是特别的。例如,固定翼航空器可能具有与直升机不同的性能特征,因为固定翼航空器不能悬停或反向飞行。在仿真模式中,飞行控制过程可以通过连续地控制俯仰角、俯仰速率、偏航速率、倾斜角等来执行空中机动,以将用作控制模型的

来自地面交通工具的模型的所需相位点映射到航空器可以达到的相位点。众所周知，相位点是多维空间中的点，其中每个轴对应于指定物理系统的状态所需的坐标之一，所有坐标因此被表示为使得空间中的点对应到系统的状态。在仿真模式中，航空器的所有性能能力可用于在一个或多个空中机动操作中实现对航空器的逼真的类似地面控制，其可以由通过从发射器控制器的控制输入实现操作指令的飞行控制过程自动控制。在一个实施例中，可以通过执行飞行控制过程来提供某些特殊功能或操作。

[0154] 在仿真模式下，模拟地面交通工具行为的模式，飞行员可能只关心使航空器转向，而例如控制倾斜角倾斜速率、偏航速率、偏航角俯仰角度和俯仰速率等其他功能自动执行。在仿真模式下，航空器在向前运动的同时向前倾斜。在仿真模式转弯中，如图17所示，航空器可以以期望的偏航速率和侧倾速率在期望的转弯的方向上偏转，并且自动引入适当量的侧倾或倾斜角、倾斜速率以及俯仰速率以匹配地面交通工具模型中的相位点。

[0155] 地形/地貌

[0156] 航空器的飞行控制过程可以被编程为跟随 (follow) 地面地形，从而执行产生地形跟随效应的空中机动。地形跟随效应在较低海拔地区可能会更加明显，而在较高海拔地区可能会较平稳或较不明显。在例如图18所示的实施例中，航空器600可以在地面1上方保持固定的高度H。当遇到并检测到“障碍物”1700时，航空器可以通过飞行路径1702所示的增加高度来进行反应。这样的障碍物1700的示例可以包括大型岩石、全尺寸的汽车、山丘、土丘、木材等。障碍物1700可以通过诸如超声波、激光TOF (飞行时间)、激光雷达、立体视觉等的一种或多种感测装置来检测。飞行路径1702其特征可以在于航空器600在障碍物1700上方时在地面1上方的高度增加。

[0157] 现在转到图19，航空器600的飞行控制过程可以包括用于实现地形跟随模式的方法1800，其中航空器600可以在地面1上方保持固定的高度H。在步骤1802中，航空器600可以关于障碍物1700扫描地面1。在步骤1804中，确定是否检测到新的障碍物。如果新的障碍物被检测到，则在步骤1806中，航空器600可以增加高度以避免障碍物1700。方法1800可以返回到步骤1802来扫描障碍物。如果在步骤1804中确定没有检测到新的障碍物，则在步骤1808中，确定前一障碍物1700是否现在已经过去而在航空器600后面。如果前一障碍物1700已经通过并且已经过去，则在步骤1810中，航空器可以降低高度以恢复地面1上的固定高度H。如果前一障碍物1700未被通过并且存在，则在步骤1812中，航空器600可以维持所增加的高度。方法1800可以返回到步骤1802来扫描障碍物。

[0158] 虚拟跳

[0159] 类似于地形/地貌，航空器的飞行控制过程可以被编程或配置为执行虚拟跳跃，其翻过或击中 (hit)、跳跃并且执行将航迹赋予航空器的飞行路径的空中机动。“跳跃”可以是与地面具有某个特定距离和角度的斜坡，并且可以被设计成将以一定速度行进的地面交通工具发射到空中一定距离，从而将轨迹传递到地面交通工具的路径。参考图20，跳跃2在另外的水平地面1上示出。航空器600可以在时间 t_0 在地面1上方一定高度H处行驶。在时间 t_1 ，航空器600可能会遇到或“击中”跳跃2。响应于击中跳跃2，航空器600可以增加高度，并且飞行控制过程可以向航空器600的飞行路径赋予轨迹，非常类似于在击中实际跳跃之后的地面交通工具的响应。航空器控制过程可以在航空器600击中跳跃2的时间 t_1 和在航空器600通过跳跃2的高点时的时间 t_2 之间增加航空器600的高度。飞行控制过程可以以降低的速率

和在时间 t_3 继续增加航空器600的高度,在行驶第一距离 D_1 之后,飞行控制过程可以开始在第二距离 D_2 上降低航空器600的高度,模拟地面交通工具击中跳跃的行为和轨迹跳跃。航空器600还可以被配置为在击中跳跃之后执行各种特技或技巧,例如后翻、前翻转、侧倾等。在时间 t_4 ,航空器600可能已经完成了其轨迹,并且可以在地面1上方恢复水平、直立飞行和固定的高度 H 。在一个实施例中,诸如被编程为跟随地面地形并且保持地面上方固定高度的飞行控制系统的地形跟随系统可以包括虚拟跳跃编程,以赋予轨迹来避开某些障碍物,例如高于某一尺寸的障碍物。在一个实施例中,阈值尺寸可以是用户可调节的或交通工具轮廓的一部分。在一个实施例中,虚拟跳跃编程可能会在较低的高度产生更明显的跳跃,并且可能在较高海拔处更平滑或产生较不显著的跳跃。

[0160] 牵引和打滑;道路状况;冰、雪,混凝土,泥土等。

[0161] 现在转到图21,航空器600可以被编程为执行模拟地面交通工具300在某些不同的道路状况(例如冰,雪,混凝土,泥土等)的行为的空中机动。航空器600的飞行控制系统可以被编程为模拟地面交通工具的动态模型,其模拟被驱动在冰、雪、混凝土、泥土等上的地面交通工具的动态行为。使用地面交通工具的动态模型,航空器600的飞行控制系统可以模拟响应速率、转向不足/过度转向行为、牵引阈值等。如图21所示,可以以速度 V 和位置 A 行驶的地面交通工具进行转向角 Φ 以实现转弯半径 r 。在某些道路状况下,可能没有足够的牵引力使交通工具300能够执行高于阈值速度 V 的指令转弯。在这种情况下,航空器600可以通过偏航作出响应,以近似于期望的航向,但是航空器可以在向前的方向继续行进并可以在位置 B 停下来,从而模仿出现过度转向行为的地面交通工具的行为,例如“旋转”。其他这样的行为可以通过模拟被驱动在冰、雪、混凝土、泥土等上的地面交通工具的动态行为而产生。如图22所示,表现不足转向行为的地面交通工具可能会“推”转弯,并使转弯半径比指令大。在某些状况下,地面交通工具可以被命令到一定的转向角度,但是交通工具的速度与地面交通工具的动态行为相结合可能只会导致地面交通工具的轻微转动或偏航。驱动轮304可以继续沿其前进的方向驱动地面交通工具300,这使得比指令大得多的转弯半径。

[0162] 过度转向和转向不足

[0163] 现在转到图23,在一些实施例中,航空器可以执行模拟地面交通工具300中的中性转向的空中机动,其中在发射控制器处给定固定的转向输入时,转弯半径 r 可以是恒定的。图23示出了作为转向方向310的中性转向。为了模拟出现过度转向的地面交通工具,可以使用简单的过度转向模型,其中转弯半径随着航空器速度的增加而减小。为了模拟表现转向不足的地面交通工具,可以使用转向半径随航空器速度增加而增加的简单的转向不足的模型。地面交通工具的动态模型是众所周知的,例如由Milliken和Milliken的“Race Car Vehicle Dynamics”和Gillespie的“Fundamentals of Vehicle Dynamics”中描述的。如图23所示,地面交通工具300可以被命令为转向角 Φ 。在过度转向模式中,例如,模拟地面交通工具中的过度转向的航空器的飞行控制系统可以根据航空器和模拟地面交通工具的速度 V 相对于转向方向312增加转向角 Φ 。在转向不足的模式下,例如,模拟地面交通工具中的转向不足的航空器的飞行控制系统可以根据航空器和模拟地面交通工具的速度 V 相对于转向方向314而减小转向角 Φ 。在一个实施例中,飞行控制系统可以根据速度 V 计算 $\Delta\phi$,并且可以将 $\Delta\phi$ 加到转向角 Φ 以模拟地面交通工具中的过度转向。在转向不足模式中,模拟地面交通工具中的转向不足的航空器的飞行控制系统可以根据航空器和模拟地面交通工具的速度 V 来

减小转向角 Φ 。飞行控制系统可以根据速度 V 计算 $\Delta\Phi$ ，并且可以从转向角 Φ 减去 $\Delta\Phi$ 以模拟地面交通工具中的转向不足。也可以使用更复杂的过度转向/转向不足模型来更准确地模拟地面交通工具的动力学。此类模型对于本领域普通技术人员是熟知的。

[0164] 固定轴距

[0165] 在一些实施例中，航空器可以执行仿真具有一定长度的固定轴距的地面交通工具的功能的空中机动。在一些实施例中，轴距可以从“短”、“中等”、“长”等的范围中选择，其中短、中、长等的名称可以由不同距离的轴距来定义。该轴距可以用于基于被仿真的地面交通工具的轴距的相对长度来改变仿真地面交通工具的航空器的性能。例如，且如图24所示，对于给定的转向角 Φ ，转弯半径 r 可以与轴距长度 L 成比例。地面交通工具300A被示为具有长度为 L_1 的第一轴距、被命令的转向角 Φ 和前进速度 V 。所得的转弯半径在图24中示为 r_1 。地面交通工具330B被示为具有长度为 L_2 的第二轴距，其中长度 L_2 大于长度 L_1 。具有长轴距的地面交通工具300B也示出为具有转向角 Φ 和前进速度 V 。在所示的示例中，转向角 Φ 和前进速度 V 对于地面交通工具300A和地面交通工具300B可以是相同的。地面交通工具300B的较长轴距 L_2 在给定的转向角和前进速度下被示为比短轴距地面交通工具300A具有更大的转弯半径。

[0166] 动态响应

[0167] 在某些实施例中，可能期望将航空器的响应速率改变为发射控制器上的转向输入。响应速率的这种变化可以模拟对改变交通工具的整体弹性、考虑悬架中的弹簧力、轮胎等的响应。响应速率的变化可能是动态的。在一个实施例中，航空器可以执行空中机动，其中航空器对控制输入的响应速率，例如发射控制器上的转向输入可以受到可能是可变的“响应时间轮廓”参数的影响。响应时间轮廓可以与转向角指令组合以控制航空器对转向输入作出响应的速率。如图25所示，响应时间轮廓2402被绘制于曲线图2400中，其中沿着水平轴绘制时间“ t ”，并且其中沿垂直轴绘制转向角 θ 和偏航率。响应时间轮廓可以对应于地面交通工具的模型在其弹性悬挂部件中具有相对高刚度。对应于其弹性悬挂部件中具有相对低刚度的地面交通工具的模型的响应时间轮廓可以由响应时间轮廓2404表示。相比之下，响应于沿着响应时间轮廓2402的转向角输入，偏航率可以更快地上升，对应于地面交通工具的模型在其弹性悬架部件中具有相对高刚度，并且所得到的偏航率可以更大，如偏航率水平2406所示。响应于沿着响应时间轮廓2404的转向角输入，偏航率可能上升得更慢，对应于地面交通工具的模型在其弹性悬架部件中具有相对低刚度，并且所得到的偏航率可以更低，如偏航率水平2408所示。航空器响应转向输入的速率可能是可变的。在一个实施例中，航空器可以被配置为相对较快地响应于转向输入，具有更大的响应轮廓，例如响应轮廓2402。例如，具有高侧壁刚度的轮胎的地面交通工具可以对转向输入作出非常快的反应，且这可以在地面交通工具的模型中考虑。在一个实施例中，航空器可以被配置为相对较慢地响应，具有相对较低的响应时间轮廓，例如响应轮廓2404。例如，具有低侧壁刚度的轮胎的地面交通工具可能对转向输入反应非常缓慢，这可以在地面交通工具的模型中考虑。

[0168] 制动到停止

[0169] 在一些实施例中，航空器可以执行模拟地面交通工具制动到停止的功能的空中机动。在一个实施例中，如图26所示，为了使在正向飞行中的航空器600停止，如图26所示，飞行员可以通过向前推动节流触发器102来施加制动器，如图1C所示。如图2所示，航空器600可以向后俯仰以降低前进速度。如果油门触发器保持向前，航空器可以保持向后俯仰，直到

前进速度降低到零并且航空器已经停止,此时航空器可以返回到如图28所示的水平俯仰姿势,即使油门触发还在保持前进。在这种状态下,航空器600可以进入悬停模式,其中航空器可保持在其当前位置,且由于气流而被漂移。在一个实施例中,航空器可以配备GPS,光学流量或其他传感器以测量地面速度,并且可以在此时进入位置保持模式,在这个时候航空器可以使用其传感器来检测航空器的位置并纠正由于气流引起的漂移而使航空器保持在其当前位置。

[0170] 滑行

[0171] 在一些实施例中,航空器可以执行模拟在牵引力被移除之后的地面交通工具滑行的功能的空中机动。如果摩擦为零,地面交通工具可能无限期地在水平地面上滑行。由于传动系统中的摩擦、轮胎和地面之间的摩擦以及交通工具与周围大气之间的摩擦,实际的地面交通工具滑行将会停下来。航空器可以利用简单的动态“滑行模型”来模拟地面交通工具的行为。可以开发几种不同的滑行模型来模拟不同的地面交通工具行为,例如用于电动和混动地面交通工具上的再生制动、排气制动器等。在一个实施例中,当前进速度非零并且前进速度指令从非零到零时以及在无制动指令的情况下,航空器可以使用滑行模型。在接收到制动指令或非零转速指令时,可能会停止使用滑行模型。如图29所示,航空器600可以向前飞行中俯仰前进。如图30所示,航空器600可以继续向前的动量,并且在一些实施例中,随着时间的推移可以减小俯仰角,以模拟由于地面交通工具的模型的摩擦而逐渐降低速度。如图31所示,在一些实施例中,航空器600可以最终滑行停止,其中俯仰角可随时间而进一步减小,以逐渐使航空器600停止。

[0172] 悬停控制

[0173] 如上所述,当前进速度降低到零并且航空器已经停止时,航空器600可以执行进入位置保持模式的空中机动,并且航空器可能已经返回到水平俯仰姿势,更具体地说,是在制动输入仍处于开启状态时,例如在如图1C所示油门触发器102仍被向前推动时。航空器600的飞行控制系统可以将该状态识别为“悬停”或处于悬停模式。在一些实施例中,航空器可以响应于发射控制器上的某些控制而调节航空器的姿势,同时保持航空器的位置或悬停。例如,在如图32所示的实施例中,现有技术的发射控制器14上的左右倾斜或侧倾控制器16可用于控制航空器的左右侧倾斜姿势,其对应于用于固定翼航空器的副翼通道。在一个实施例中,诸如地面交通工具控制器100的方向盘104的可旋转旋钮可以用于控制航空器的左右倾斜姿势。

[0174] 现在转到图33,航空器600以悬停模式示出,保持其位置,其中航空器面向前方。在图33所示的例子中,航空器600可以是水平的,零倾斜姿势和零俯仰姿势。飞行员可以向右操作左右倾斜或侧倾控制器16,或者可以将方向盘104向右转动,并且处于位置保持模式或悬停模式的航空器600可以向右倾斜或侧倾,如图34中所示。航空器600可以在保持其位置时采取右倾斜姿势。飞行员可以向左操作左右倾斜或侧倾控制器16,或者可以将方向盘104向左转动,并且位置保持模式或悬停模式中的航空器600可以向左倾斜或侧倾,如图35中所示。航空器600可以在保持其位置的同时采取左姿势倾斜。在左倾斜或右倾斜姿势下,航空器600可以相对于水平方向倾斜倾斜角 ρ (rho)。倾斜角 ρ 可以对应于飞行员操作相应控制的程度。

[0175] 在某些实施例中,一旦航空器的前进速度估计值超过某个阈值,航空器可以从航

空器保持位置的“悬停模式”转换,同时仍然提供飞行员对航空器的从左到右的倾斜姿势的控制。航空器可以从悬停模式转换为“仿真模式”,模拟地面交通工具行为的模式。在某些实施例中,从悬停模式到仿真模式可能是逐步转换。在其他实施例中,可以从悬停模式到仿真模式的逐步的、线性转换或由等价或其他功能定义的一些其他转换。

[0176] 如此通过参考本发明的某些优选实施方式描述了本发明,应注意,所公开的实施方式本质上是示意性的而不是限制性的,以及前述公开中预期了各种不同的变化、修改、改变和替代,以及在一些实例中,可采用本发明的一些特征,而不需要对其余的特征的对应使用。基于对于优选实施方式的前述描述的回顾,很多这样的变化和修改可以由本领域的技术人员认为是可取的。因此,恰当的是,所附权利要求应被广义地并且以与本发明的范围一致的方式进行解释。

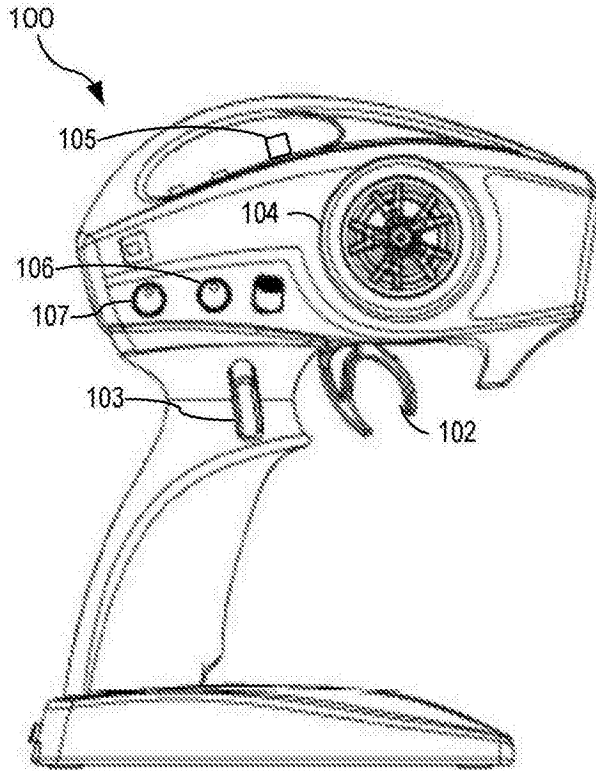


图1A

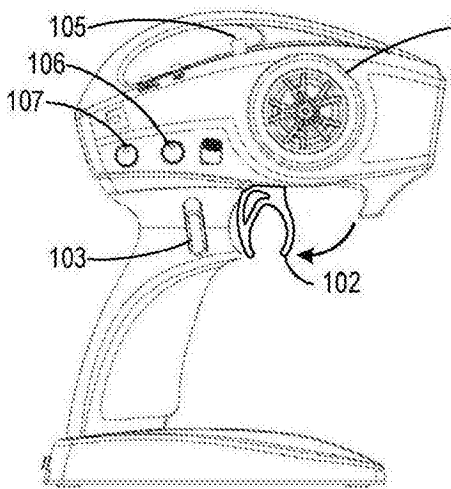


图1B

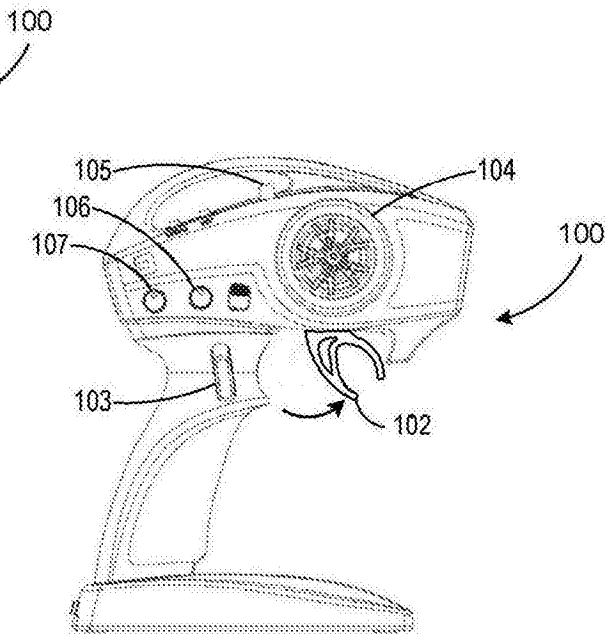


图1C

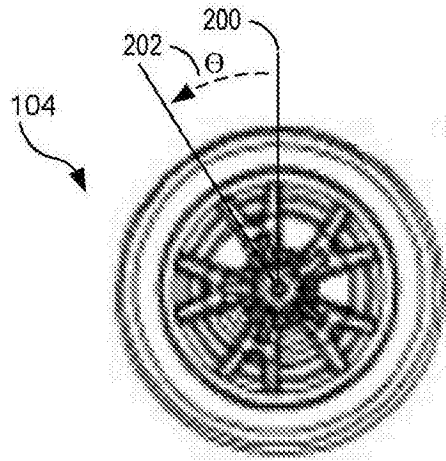


图2

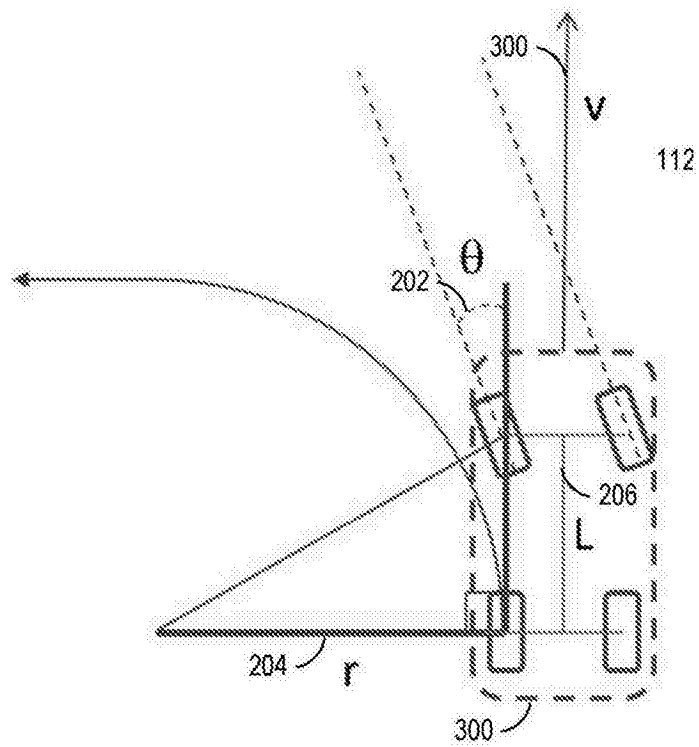


图3

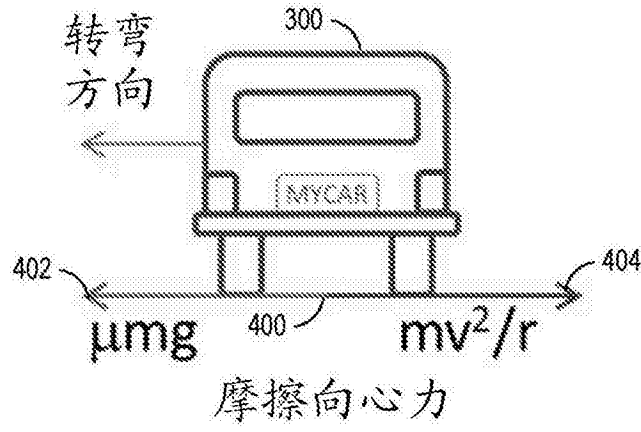


图4

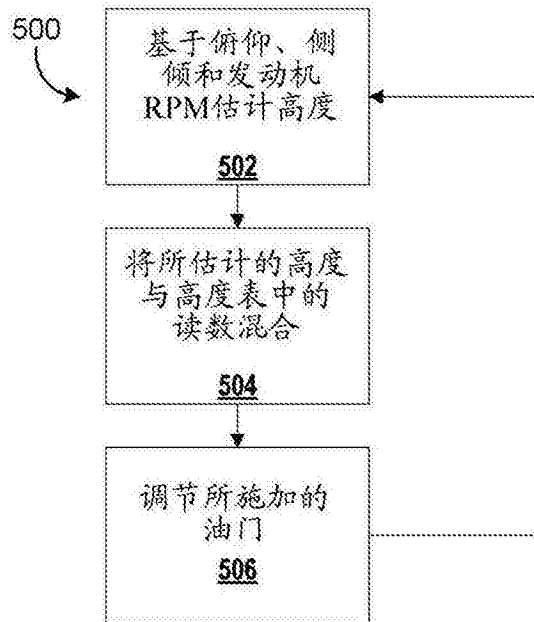


图5

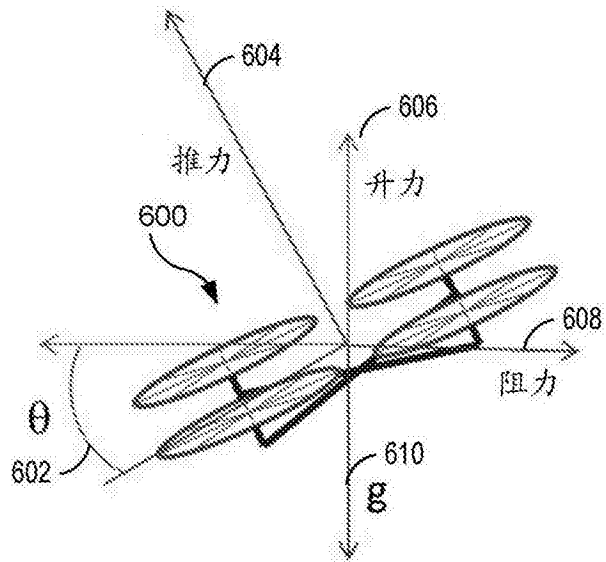


图6

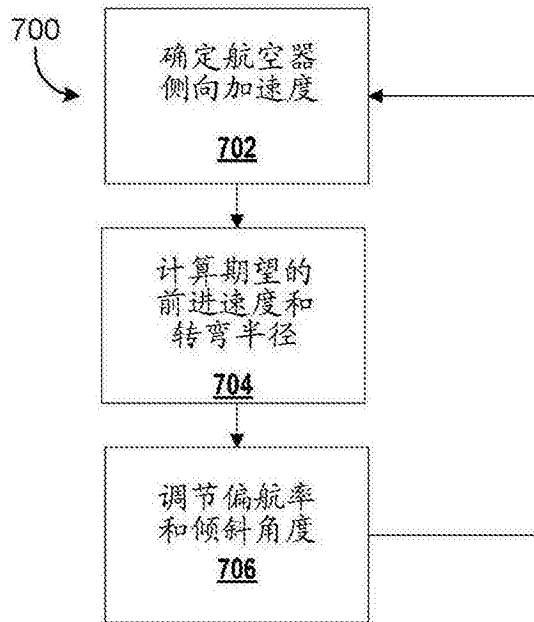


图7

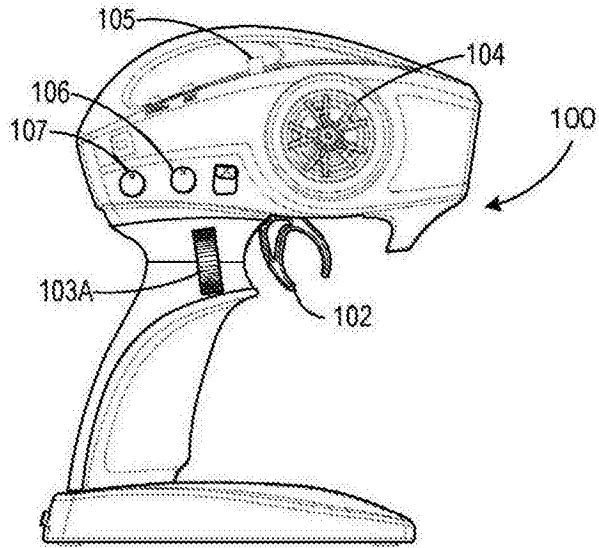


图8

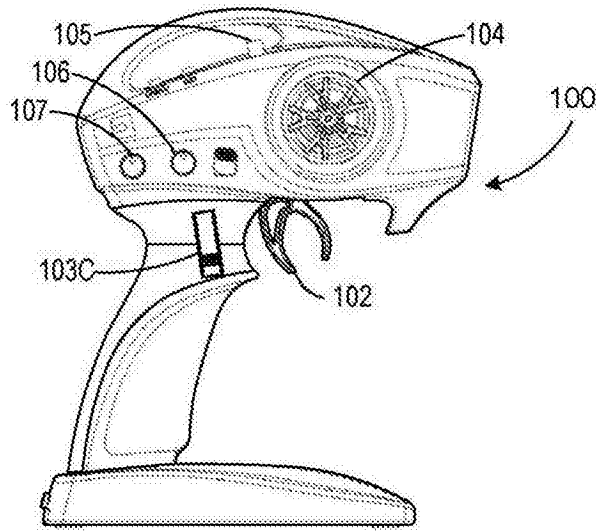


图9

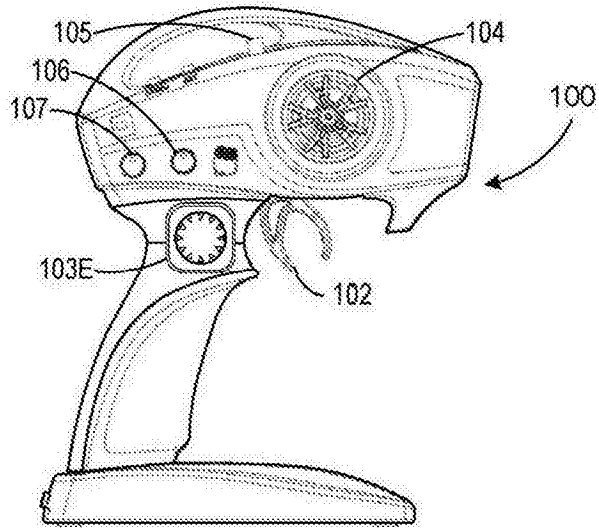


图10

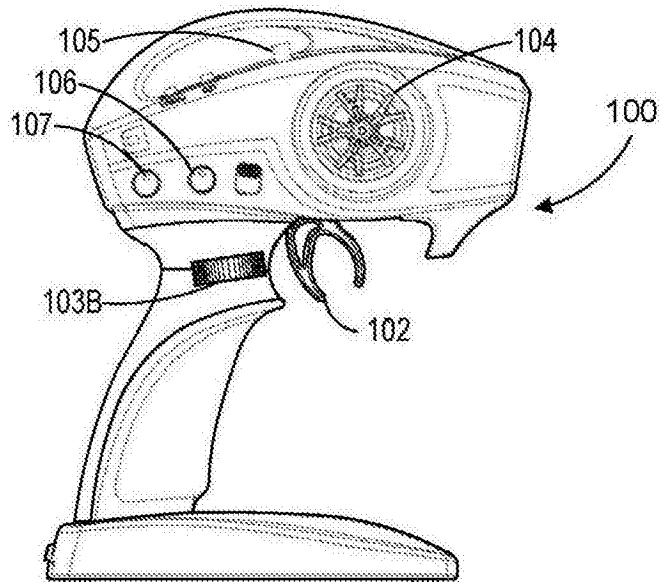


图11

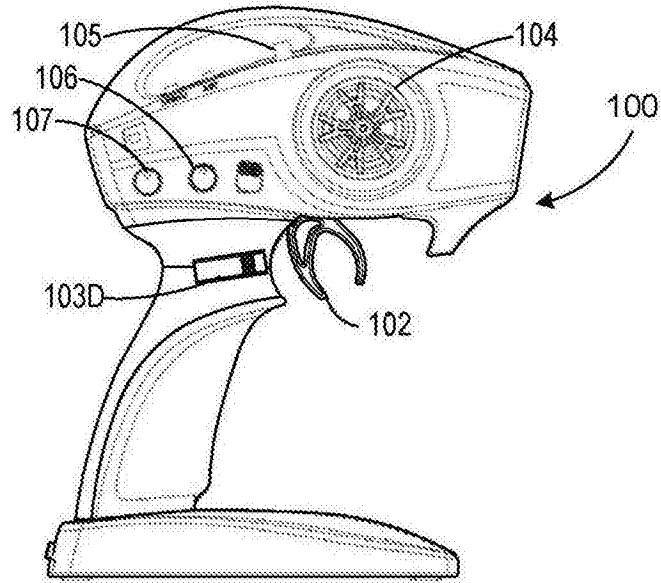


图12

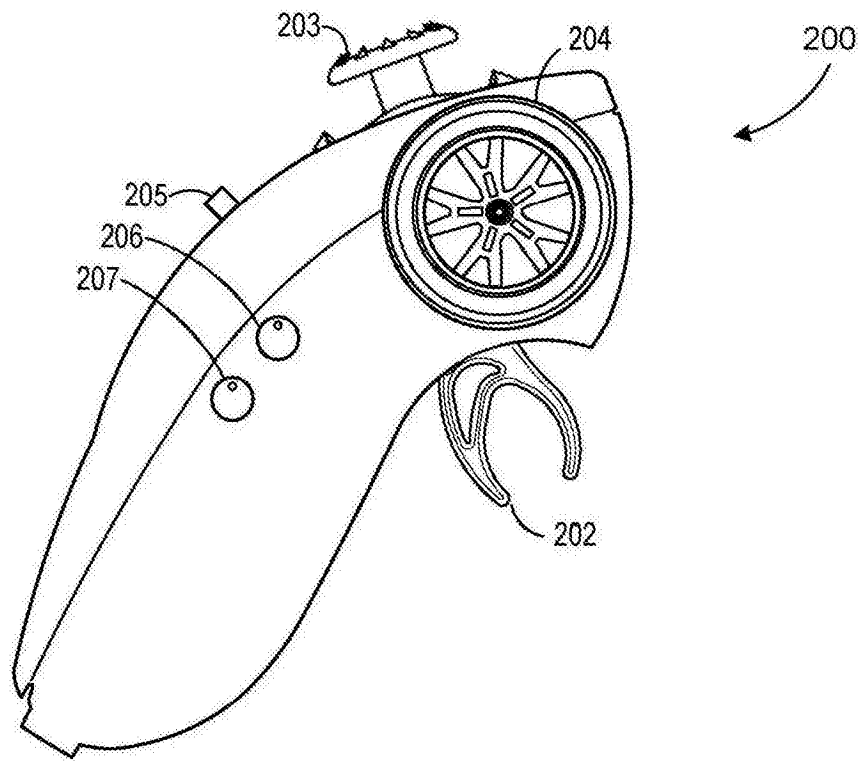


图13

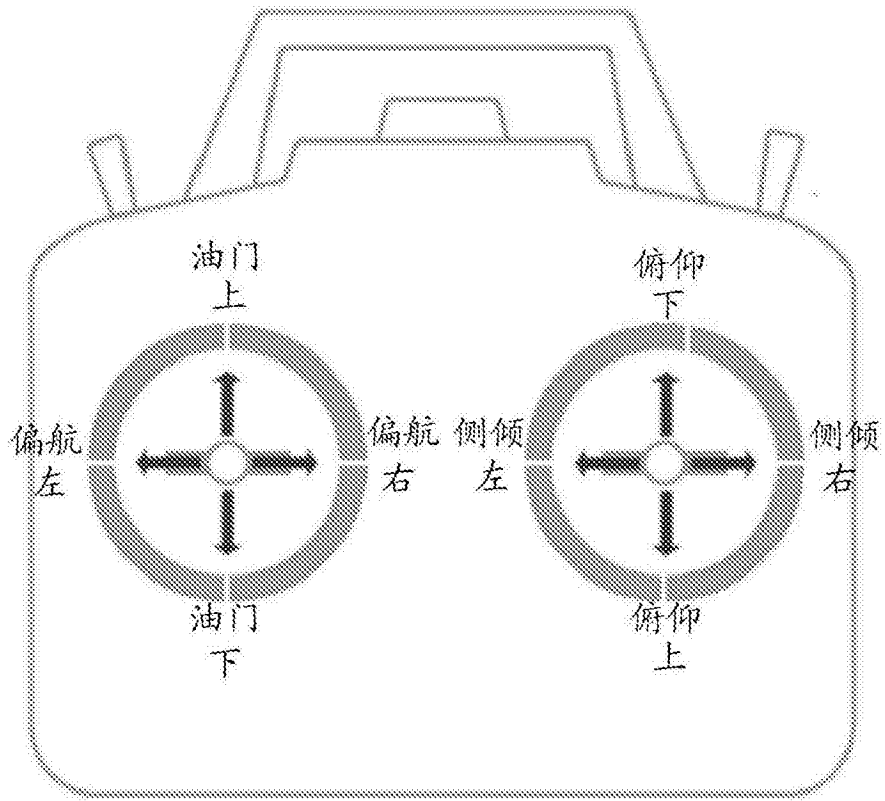
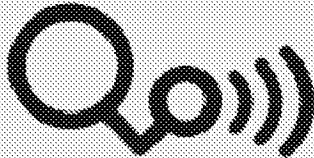


图14



Virtual Instructor™ 技术

Virtual Instructor™ 技术
其特征是具有4个辅助系统：

翼平—使用稳定传感器来保持在正常飞行中的翼平。
你将看到的是.....在油门增加50%以上之后，在方向舵被应用或航空器移动时螺旋桨将会转弯。

方向舵与升降机混合—有助于在转弯时的稳定性。
你将看到的是.....升降机在方向舵被移动时移动。

油门与升降机混合—有助于在下降和着陆时的控制。
你将看到的是..... 升降机在油门操纵杆移动低于50%时移动。

方向舵与发动机（差动推力）混合—支持翼平以进行更有力的校正。
你将看到的是.....在油门增加50%以上之后，在方向舵被应用或航空器移动时螺旋桨将会转弯。

这些自动化系统将一起工作以帮助防止由新飞行员所经历的可能导致事故的情况，诸如过分校正。

图15

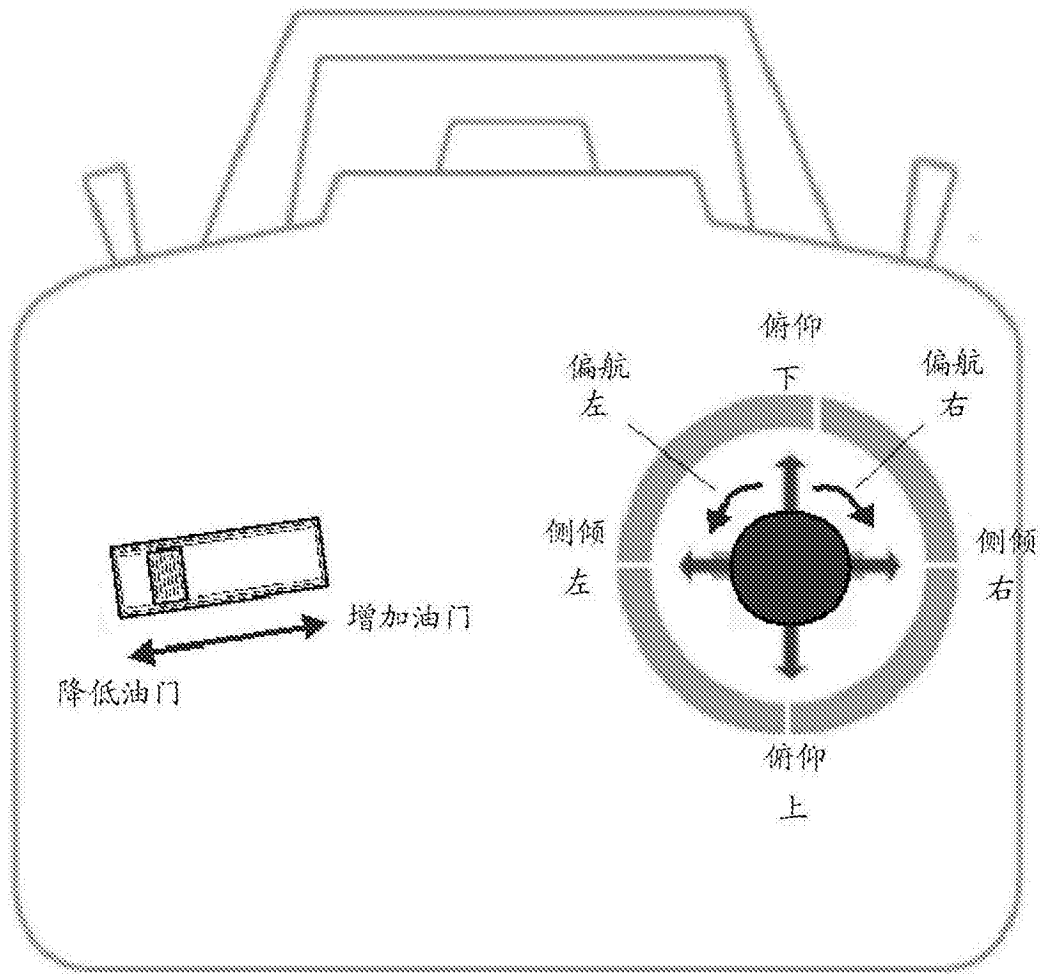


图16

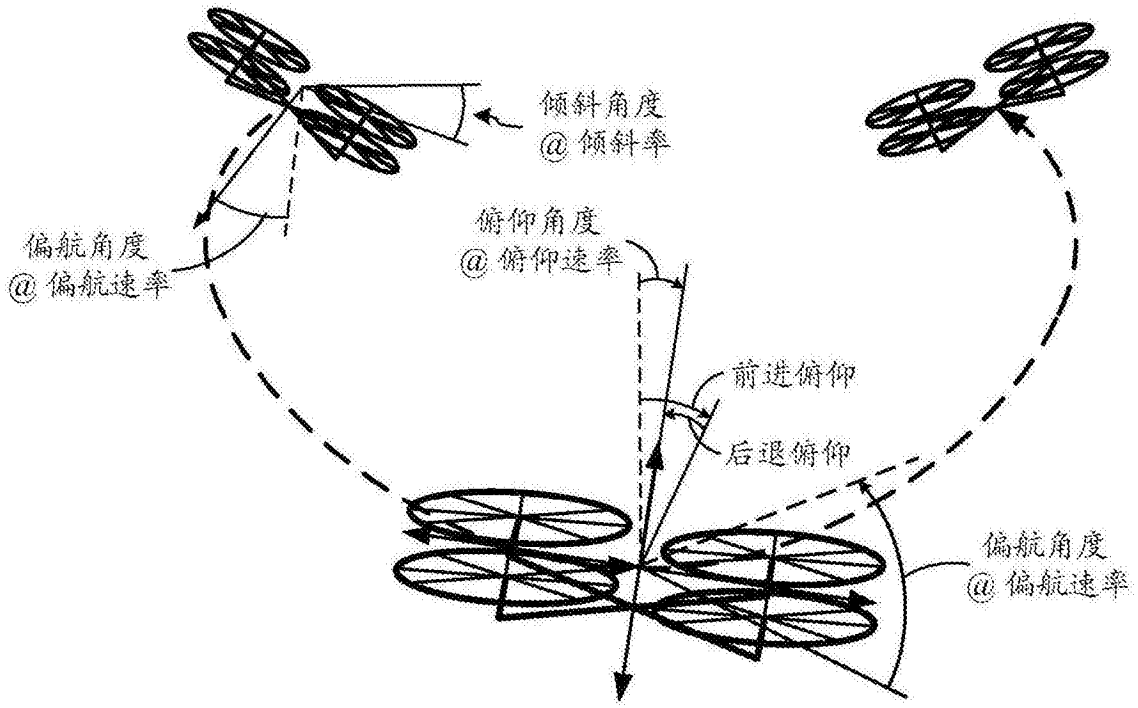


图17

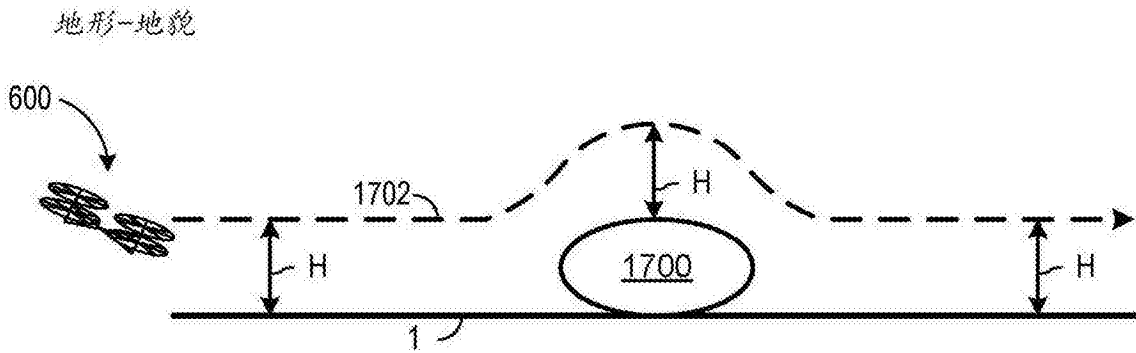


图18

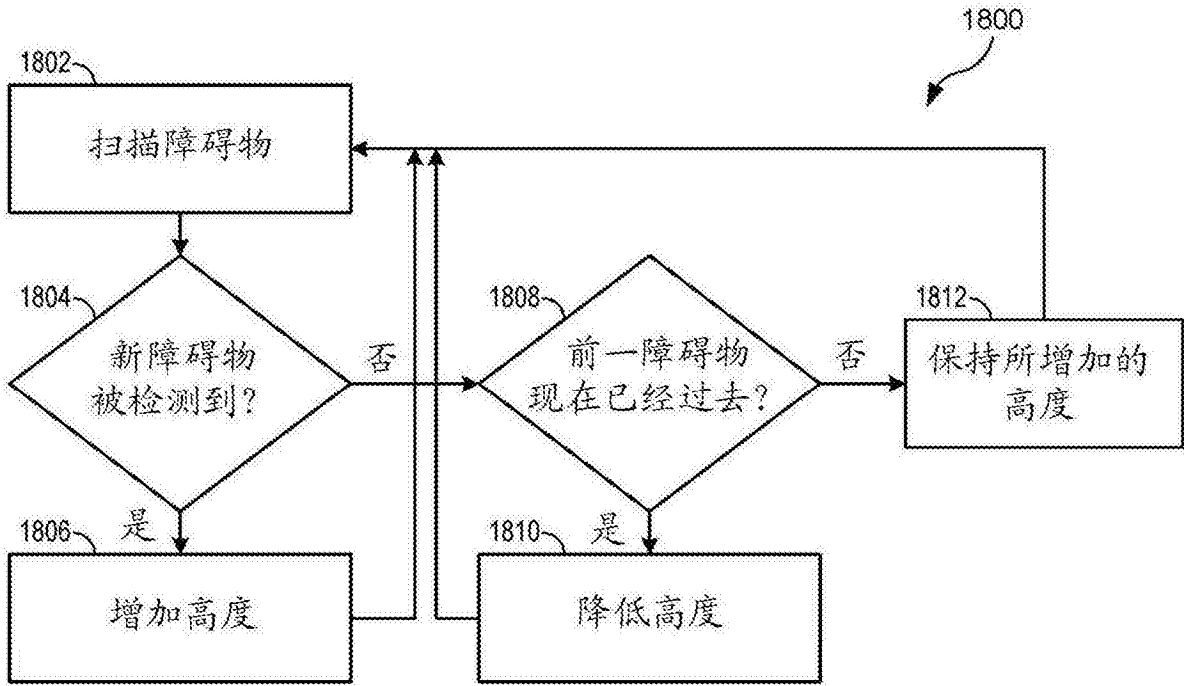


图19

虚拟跳跃

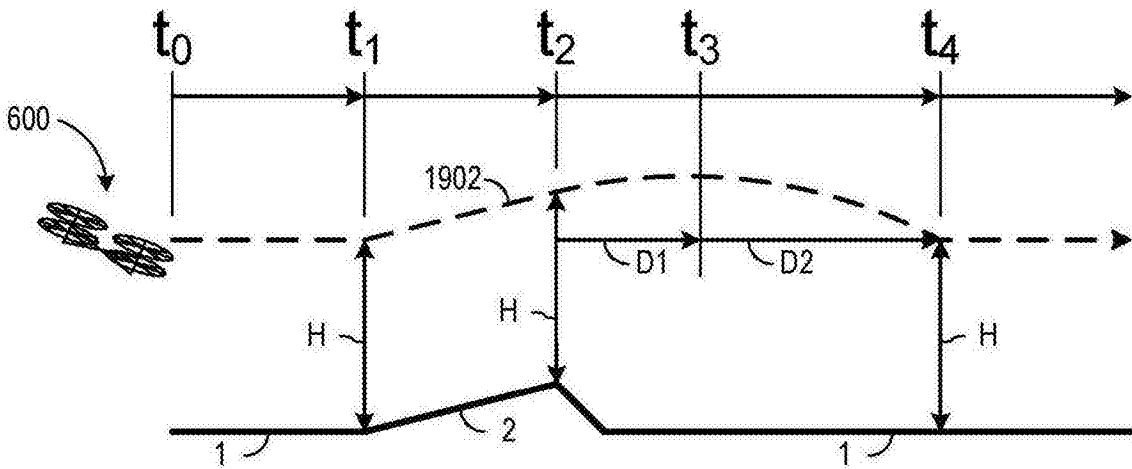


图20

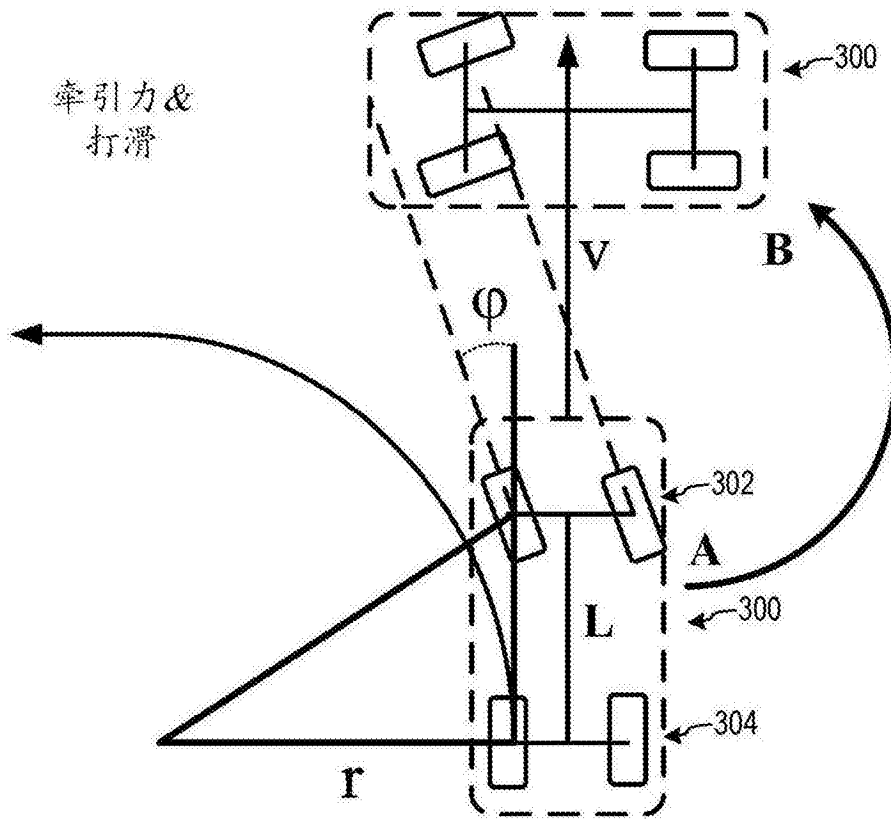


图21

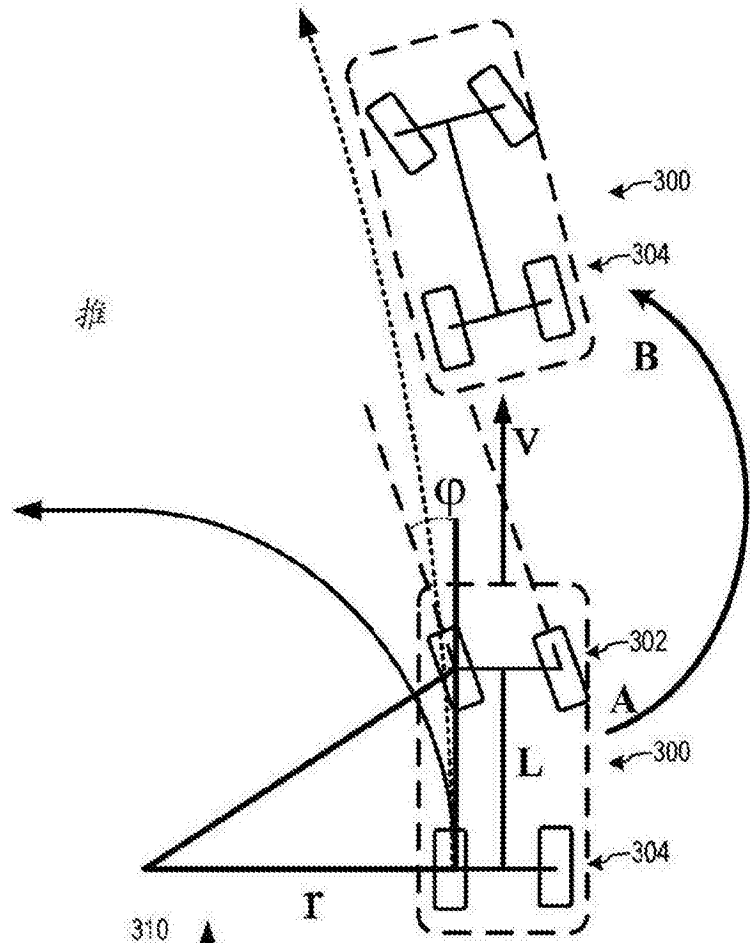


图 22

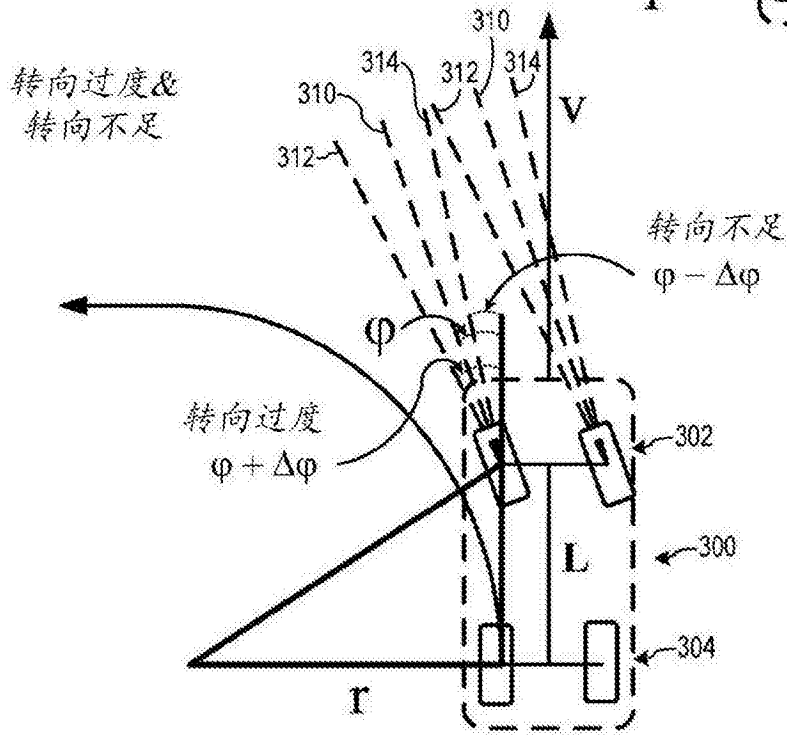


图 23

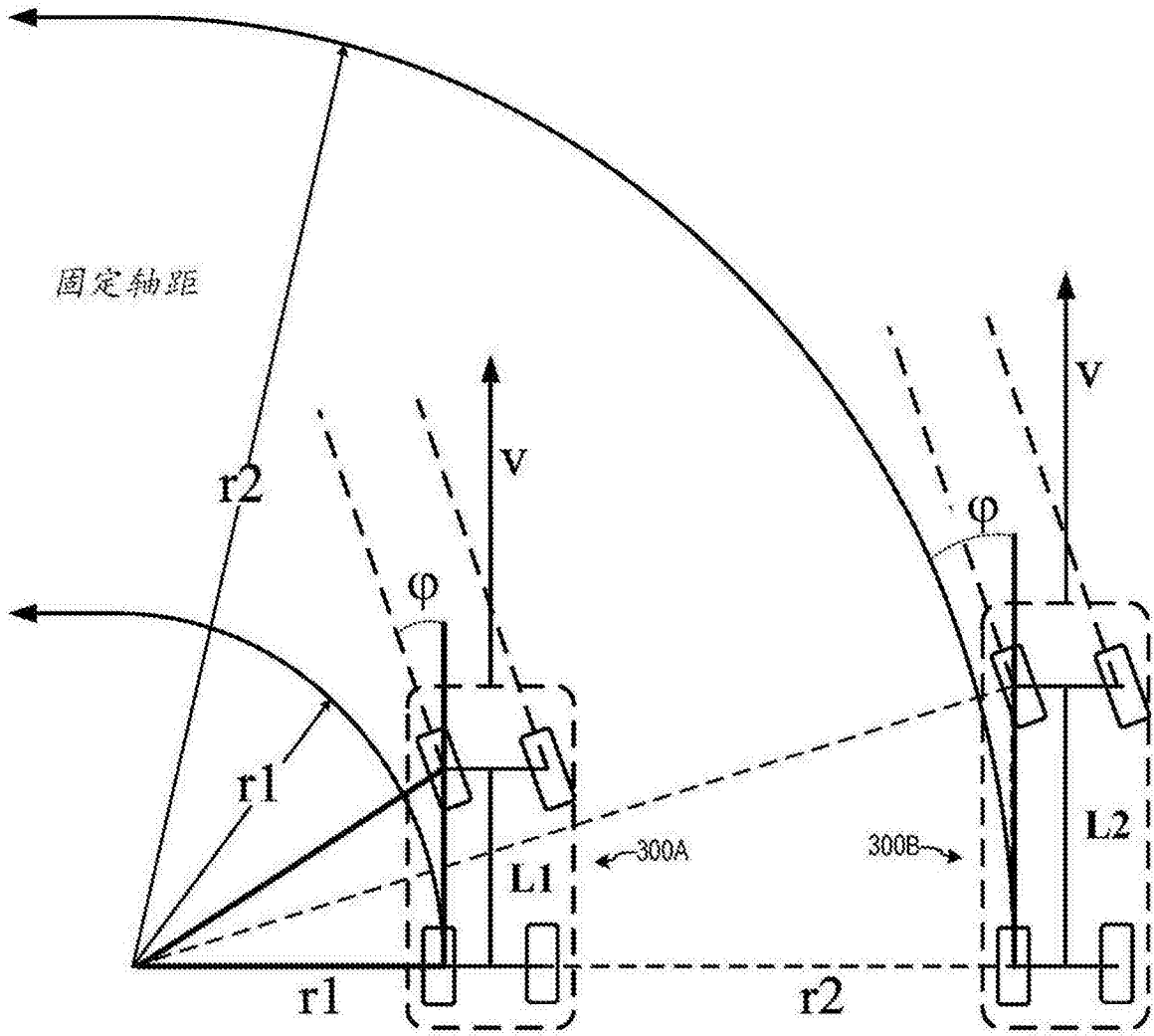


图24

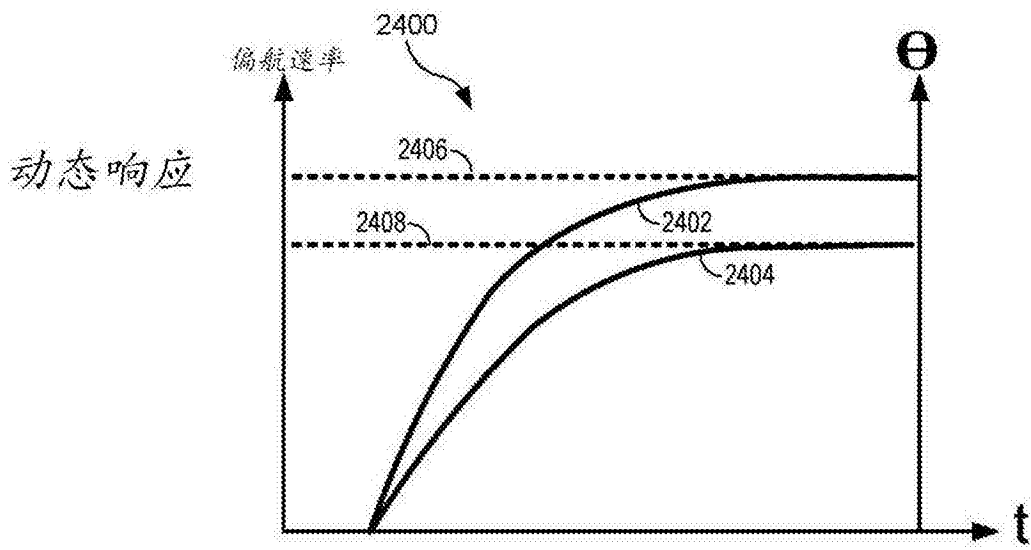


图25

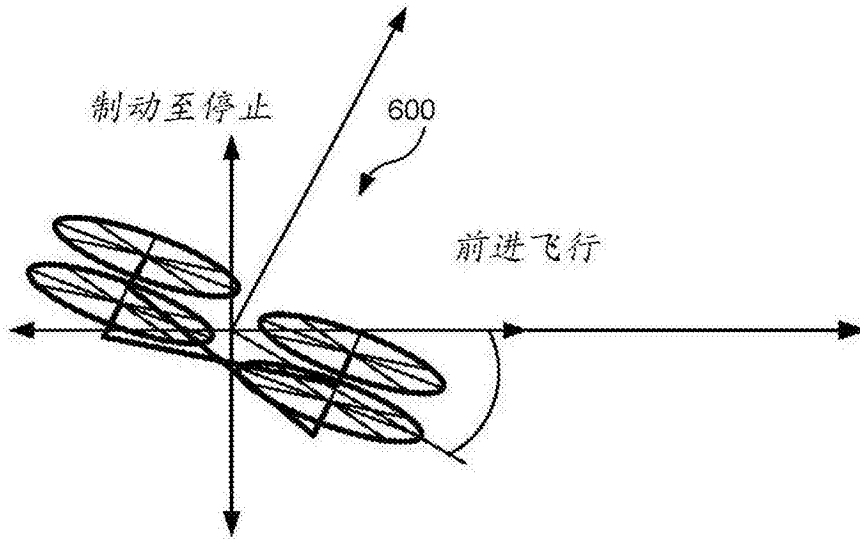


图26

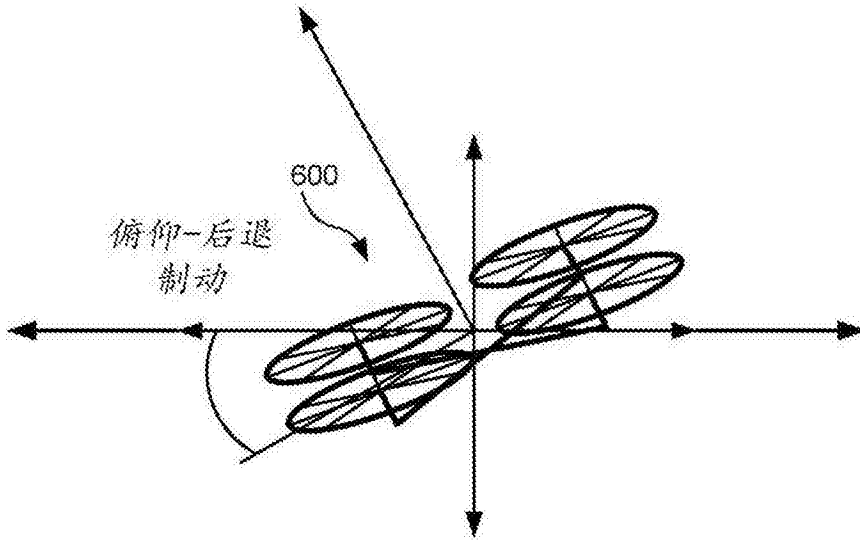


图27

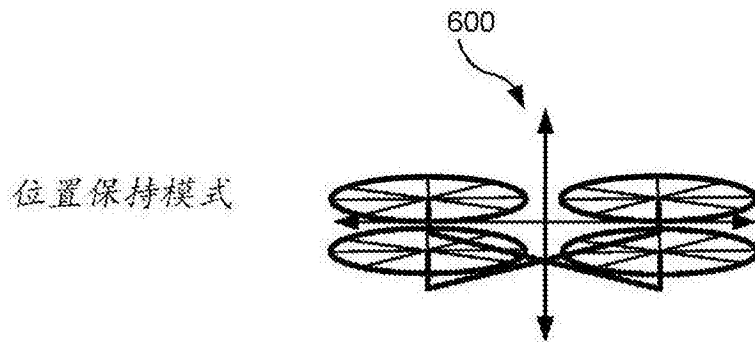


图28

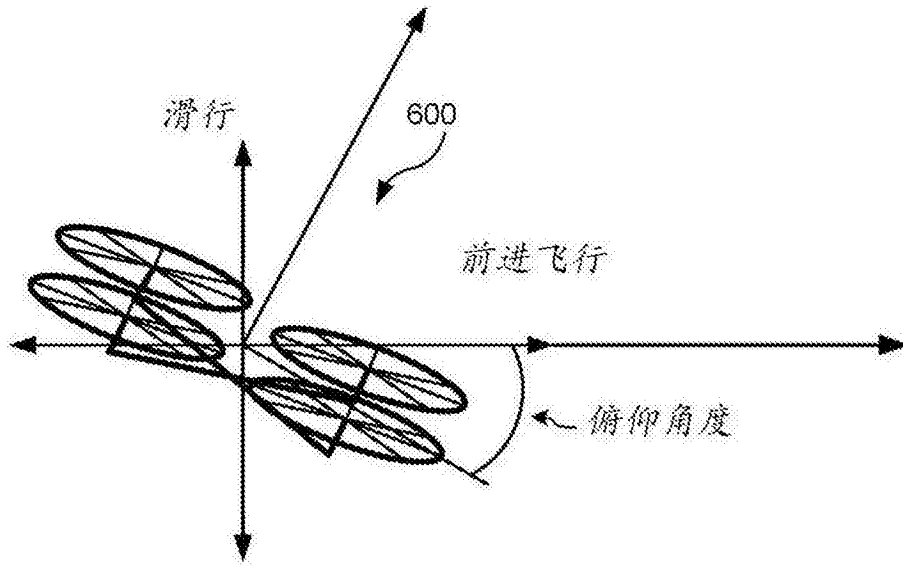


图29

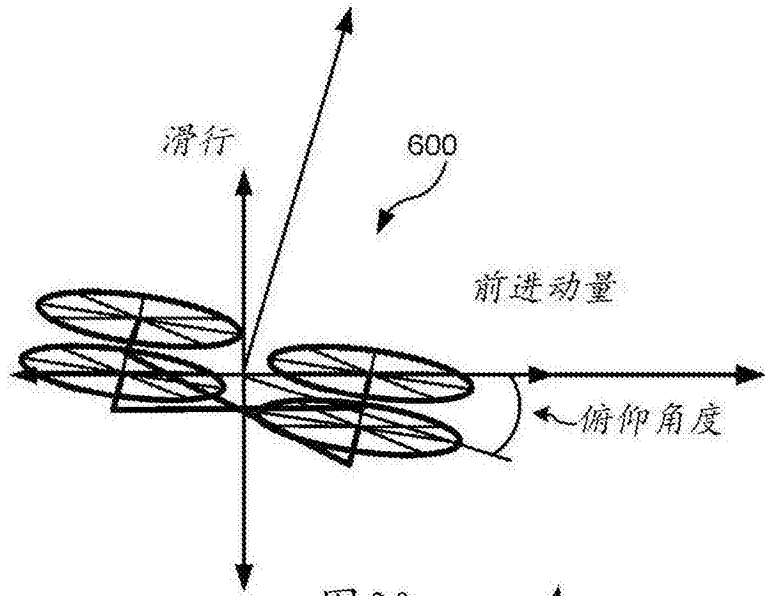


图 30

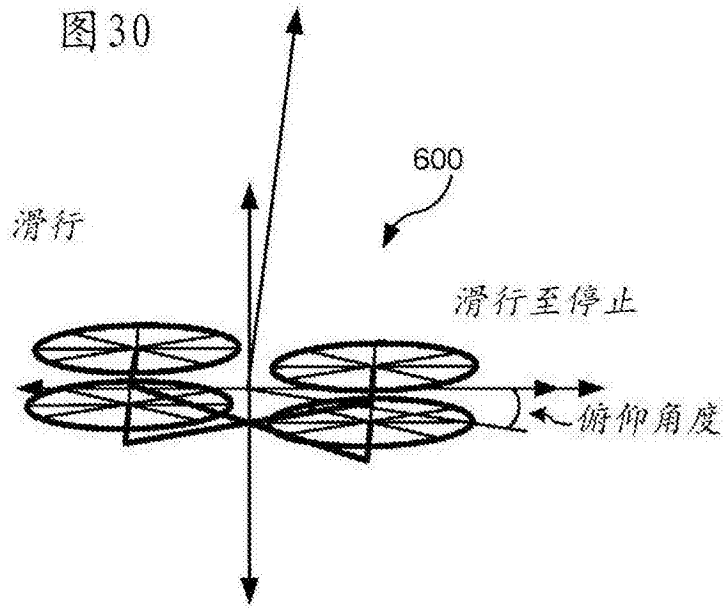


图 31

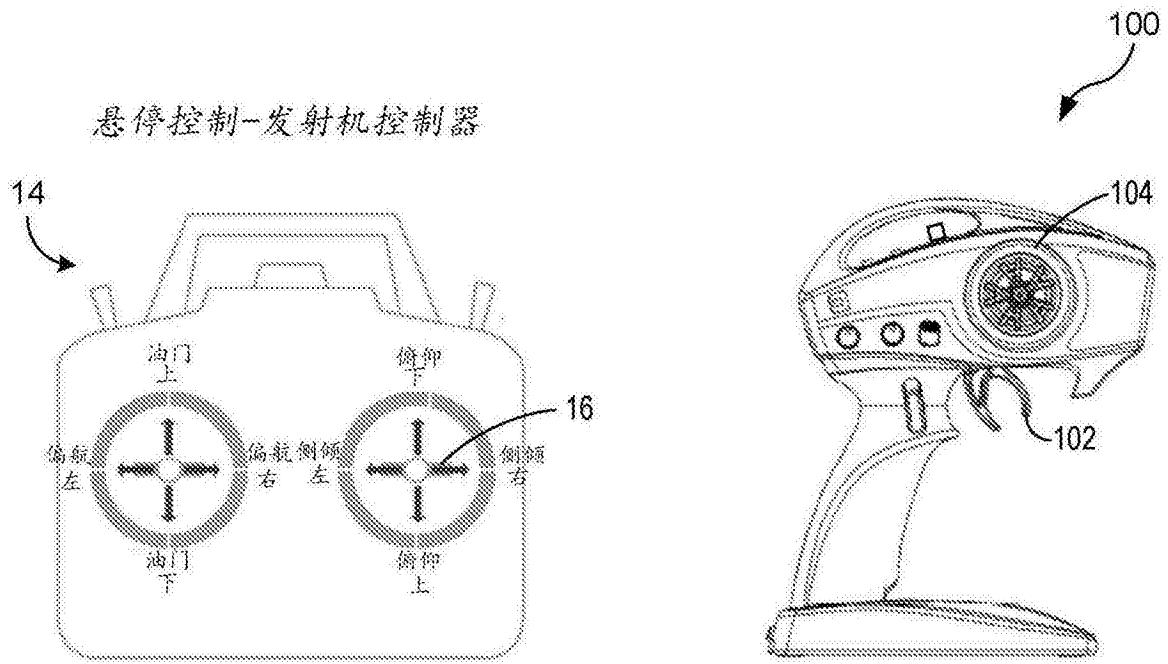


图32

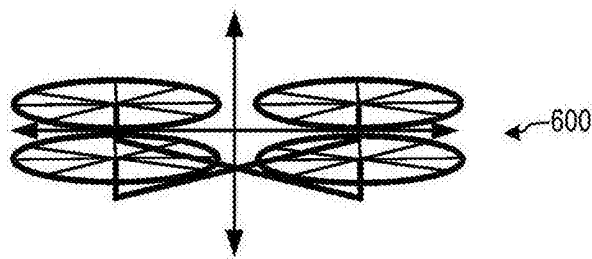


图33

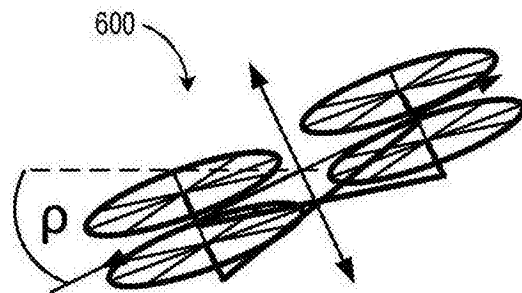


图34

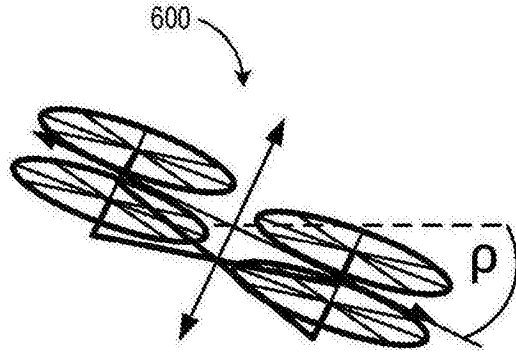


图35