



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107850439 A

(43)申请公布日 2018. 03. 27

(21)申请号 201680039688.1

(22)申请日 2016.06.06

(30)优先权数据

62/171,021 2015.06.04 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.01.04

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2016/036088 2016.06.06

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/197140 EN 2016.12.08

(71)申请人 山德尔埃维翁尼克斯有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 德尔马·M·法登

杰拉尔德·J·布洛克

理查德·W·泰勒

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

代理人 杨宝霏 夏凯

(51)Int.Cl.

G01C 21/00(2006.01)

G01C 21/20(2006.01)

G01C 23/00(2006.01)

G05D 1/00(2006.01)

G05D 1/04(2006.01)

G05D 1/08(2006.01)

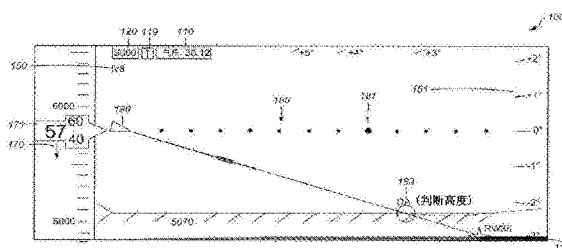
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54)发明名称

垂直飞行显示器的系统和方法

(57)摘要

公开了用于垂直飞行显示器的系统和方法。垂直飞行显示器整合与飞机的垂直控制和状态有关的信息,以便于飞行员使用。垂直飞行显示器可以显示飞行航迹计划、飞行航迹角和潜在飞行航迹角。可以利用所述潜在飞行航迹角来帮助所述飞行员进行总能量管理。垂直飞行显示器还可以显示状态数据和预测数据,该状态数据包括高度和垂直速度,该预测数据包括当前控制动作的结果。通过惯性地加快控制变化的结果来计算预测数据。该垂直飞行显示器使飞行员能够快速地看到控制变化的结果,以便协调俯仰和动力。



1. 一种用于显示垂直飞行信息的方法,所述方法包括:
 - a. 接收与飞机有关的第一飞行数据,所述第一飞行数据包括垂直飞行数据;以及
 - b. 在显示器上显示所述垂直飞行数据的指示,其中,所显示的数据的范围被配置为表示预见持续时间,所述范围在所述飞机在所述持续时间内将会行进的预期距离上延续;
 - c. 接收与所述飞机有关的第二飞行数据;
 - d. 在所述显示器上更新所显示的所述垂直飞行数据的指示,所述更新使得将所述预见持续时间保持为恒定值。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一飞行数据和所述第二飞行数据包括地面速度、垂直速度和与地面的接近度。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述第一飞行数据和所述第二飞行数据进一步包括从由以下组成的组中选择一个或多个:垂直飞行计划、当前高度、当前垂直速度、当前纵向加速度、当前垂直加速度、飞行计划下的地形轮廓、目标高度值、跑道标高和当前仪表进场程序的最小高度。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,以足够的灵敏度执行所述显示,从而使得飞行员能够利用所显示的数据来控制所述飞机的垂直飞行。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述显示使得能够支持对俯仰和动力控制的直接操纵。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,从由以下组成的组中选择所述持续时间:30秒、1分钟、2分钟、或者3分钟。
7. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括在所述显示器上显示飞行航迹角,所述飞行航迹角基于加快的垂直速度和地面速度。
8. 根据权利要求1所述的方法,进一步包括在所述显示器上显示潜在飞行航迹角的指示,所述潜在飞行航迹角至少部分地基于惯性纵向加速度的测量。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,用括号来指示所述潜在飞行航迹角。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述潜在飞行航迹角为飞行员提供有助于理解与飞行中的飞机相关联的总能量情况的信息。
11. 根据权利要求8所述的方法,其中,通过显示飞行航迹角变化和/或前进速度变化的指示来显示所述潜在飞行航迹角以指示剩余推力的当前幅值。
12. 一种非暂时性计算机可读介质,所述非暂时性计算机可读介质包括用于使计算环境执行权利要求1所述的方法的指令。
13. 一种用于显示垂直飞行信息的系统,所述系统包括:
 - a. 显示器;
 - b. 接收模块,所述接收模块用于接收垂直飞行数据,所述垂直飞行数据至少包括横向速度、地形上方的接近度、垂直速度和纵向加速度;
 - c. 确定模块,所述确定模块用于基于接收到的数据来至少确定潜在飞行航迹角;以及
 - d. 显示模块,所述显示模块用于至少显示所述潜在飞行航迹角,其中,所述显示模块被配置为保持具有预见持续时间的范围,其中,通过接收随后的垂直飞行数据并且更新显示的范围来保持所述具有预见持续时间的范围以反映所述随后的垂直飞行数据,同时将所述预见持续时间保持为恒定值。

14. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述确定模块进一步被配置为:

基于所述垂直速度和所述纵向速度来确定飞行航迹角,并且其中,所述显示模块进一步被配置为显示所确定的飞行航迹角。

15. 根据权利要求13所述的系统,其中,由加速度符号来显示所述潜在飞行航迹角,并且其中,由括号来显示所述加速度符号。

16. 根据权利要求13所述的系统,其中,从由以下组成的组中选择所述持续时间:30秒、1分钟、2分钟、或者3分钟。

17. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述显示模块进一步被配置为在所述显示器上显示目标高度。

18. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述显示模块进一步被配置为显示在当前飞行计划航迹下的地形轮廓。

19. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述显示模块进一步被配置为显示飞机垂直位置与跑道之间的垂直关系。

垂直飞行显示器的系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2016年6月4日提交的标题为“SYSTEM AND METHOD FOR VERTICAL FLIGHT DISPLAY”的美国临时专利申请第62/171,021号的优先权权益,该申请由本申请的受让人拥有并且通过引用全部并入本文。

技术领域

[0003] 本发明的领域涉及航空电子仪表,并且更具体地,涉及包括垂直飞行信息的航空电子仪表。

背景技术

[0004] 飞机垂直飞行航迹的有效管理包括精确且及时地控制飞机俯仰姿态和动力。垂直飞行信息尤其如此,与存在明显更大误差空间的水平或横向情况相比,对于垂直飞行信息,是以几十英尺为单位来测量误差。以前适合手动控制这两个参数的信息已经被显示在不同的仪表上并且具有不同的动态特性,因此,如果需要某些类型的转换,例如,恒定速度上升或下降等,则需要飞行员检查多个仪表。

[0005] 提供该背景是为了介绍以下的发明内容和具体实施例的简要背景。该背景不旨在帮助确定所要保护的的主题的范围,也不视为将所要保护的的主题局限于解决上面提出的任何或所有缺点或问题的实施方式。

发明内容

[0006] 以前由于缺乏计算带宽并且对许多飞机来说缺乏足够的传感器(例如,惯性感测设备)以及集成这些传感器信息的方法等原因,所以将上面列出的所有信息集成到单个仪表中是不可行的。

[0007] 另外,在基于性能的导航(PBN)可用之前,除了恒定高度的航段和最后的进场段之外,很难有动机将特定的垂直航迹并入到飞机飞行计划中。此处要注意的是,基于性能的导航(PBN)通常是利用量化的实时确定性来定义飞机在地球表面上的位置的任何方式。这种能力是在全球实现更大容量的航空交通的ICAO计划的基础。FAA将PBN的构思用作美国下一代航空交通控制系统的基础。PBN的日益增加使用使精确的垂直航迹导航(包括,例如,下降)对于管理高密度地区的交通来说很重要。

[0008] 对这种垂直航迹进行可视化已经被局限于传统的偏差显示器,并且在一些飞机类型中,局限于垂直状态显示器(VSD)。这种显示器旨在提供预期航迹的“大图”概览,但是依赖于自动驾驶仪或飞行指引仪来实现所需的航迹跟踪精度。

[0009] 根据本原理的系统和方法向飞行员提供了一种具有足够的航迹灵敏度和趋势信息的垂直飞行显示器(VFD)以参照显示器来直接控制飞机,同时无论飞机的速度如何都能实现所需的航迹精度。由于显示器支持精确的手动飞行,所以其还可以提供一种明显增强的监测自动飞行的方式。该系统和方法因此可以与自动驾驶仪或飞行指引仪接口连接以控

制飞机或向飞行员提供命令。

[0010] 根据本原理的系统和方法还提供了一种航迹定义系统,例如,可以在完全定义的航迹是规范的ICAO/FAANextGen航空交通系统中采用该航迹定义系统。

[0011] 这样,根据本原理的系统和方法提供了一种垂直飞行显示器,该垂直飞行显示器将关于飞机接近度的敏感状态数据与显示当前控制动作的结果的预测数据一起合并到期望垂直航迹,将这些方面合并到单个显示器中使飞行员能够精确地协调俯仰和动力并且能够立即观察到控制变化将会对垂直飞行航迹和总能量状态产生的影响。

[0012] 因为支持航迹控制所需的水平和垂直缩放与为飞行员提供发展中的垂直状态的长期概览所期望的缩放不一致,所以可以利用配套的垂直状态显示器(VSD)来增强VFD。可以采用VSD内的矩形区域来向飞行员显示在VFD内显示的区域。

[0013] 根据本原理的系统和方法进一步提供了一种使飞行航迹角和飞行计划航迹在VFD上可视化的方式。这种显示器通常在大多数飞机上都不可用。在进一步实施方式中,根据本原理的系统和方法还包括使潜在飞行航迹角可视化的方式,其可以有利地将该潜在飞行航迹角用作能量管理工具。可以采用潜在飞行航迹角内的数据来帮助飞行员理解总能量情况,并且相应地采取措施。例如,如果通过显示为给飞行航迹角加上括号的加速度符号来体现潜在飞行航迹角,那么飞行员具有适量的推力来保持当前的飞机速度和当前的飞行航迹角。如果在当前的飞行航迹角上方显示加速度符号,那么飞行员知道正在添加能量并且飞机将会爬升或加速或执行两者的混合。同样,如果加速度符号在飞行航迹角下方,那么没有足够的能量来维持当前的状态,并且飞机将会减速、下降、或者两者都会。

[0014] 在一个方面中,本发明涉及一种用于显示垂直飞行信息的方法,该方法包括:接收与飞机有关的第一飞行数据,该第一飞行数据包括垂直飞行数据;以及在显示器上显示垂直飞行数据的指示,其中,显示的数据的范围被配置为表示预见持续时间,该范围在飞机在该持续时间内将会行进的预期距离上延续;接收与飞机有关的第二飞行数据;在显示器上更新显示的垂直飞行数据的指示,该更新使得将预见持续时间保持为恒定值。

[0015] 本发明的实施方式可以包括以下的一个或多个。

[0016] 第一飞行数据和第二飞行数据可以包括地面速度、垂直速度、和与地面的接近度。第一飞行数据和第二飞行数据可以进一步包括从由以下组成的组中选择一个或多个:垂直飞行计划、当前高度、当前垂直速度、当前纵向加速度、当前垂直加速度、飞行计划下的地形轮廓、目标高度值、跑道标高以及当前仪表进场程序的最小高度。可以以足够的灵敏度执行该显示,从而使得飞行员能够利用显示的数据来控制飞机的垂直飞行。该显示使得能够支持对俯仰和动力控制的直接操纵。可以从由以下组成的组中选择持续时间:30秒、1分钟、1.5分钟、或3分钟。该方法可以进一步包括在显示器上显示飞行航迹角,该飞行航迹角基于加快的垂直速度和地面速度。该方法可以进一步包括在显示器上显示潜在飞行航迹角的指示,该潜在飞行航迹角至少部分地基于惯性纵向加速度的测量。可以用括号来指示潜在飞行航迹角。潜在飞行航迹角可以为飞行员提供有助于理解与飞行中的飞机相关联的总能量情况的信息。可以通过显示飞行航迹角变化和/或前进速度变化的指示来显示潜在飞行航迹角以向飞行员指示剩余推力的当前幅值。

[0017] 在另一个方面中,本发明涉及一种非暂时性计算机可读介质,该非暂时性计算机可读介质包括用于使计算环境执行上面的方法的指令。

[0018] 在另一个方面中,本发明涉及一种用于显示垂直飞行信息的系统,该系统包括:显示器;接收模块,该接收模块用于接收垂直飞行数据,该垂直飞行数据至少包括横向速度、地形上方的接近度、垂直速度和纵向加速度;确定模块,该确定模块用于基于接收到的数据来至少确定潜在飞行航迹角;以及显示模块,该显示模块用于至少显示潜在飞行航迹角,其中,显示模块被配置为保持具有预见持续时间的范围,其中,通过接收随后的垂直飞行数据并且更新显示的范围来保持具有预见持续时间的范围以反映随后的垂直飞行数据,同时将预见持续时间保持为恒定值。

[0019] 本发明的实施方式可以包括以下的一个或多个。

[0020] 确定模块可以进一步被配置为基于垂直速度和纵向速度来确定飞行航迹角,并且显示模块可以进一步被配置为显示确定的飞行航迹角。可以用加速度符号来显示潜在飞行航迹角,并且可以用括号来显示加速度符号。可以从由以下组成的组中选择持续时间:30秒、1分钟、1.5分钟、2分钟、或3分钟。显示模块可以进一步被配置为在显示器上显示目标高度。显示模块可以进一步被配置为显示在当前飞行计划航迹下的地形轮廓。显示模块可以进一步被配置为显示飞机垂直位置与跑道之间的垂直关系。

[0021] 本发明的某些实施方式的优点可以包括以下一个或多个。根据本原理的系统和方法可以提供方便的图形显示,结合集成的功能,并且可以支持未来的FAA飞行航迹支持的导航。从以下的描述(包括附图)将会理解其它优点。

[0022] 提供本发明内容是为了以简化的形式介绍构思的选择。可以在具体实施例部分中进一步描述这些构思。除了在发明内容中描述的元件或步骤之外的元件或步骤是可能的,并且没有元件或步骤是必需的。该发明内容不旨在识别所要求保护的主题的关键特征或者必要特征,也不旨在用作帮助确定所要求保护的主题的范围。所要求保护的主题并不局限于解决在本公开的任何部分中提到的任何或所有缺点的实施方式。

附图说明

[0023] 图1图示根据本原理的系统和方法的一种实施方式的示例显示器。

[0024] 图2是图示根据本原理的系统和方法的实施方式的一种方法的流程图。

[0025] 图3图示根据本原理的系统和方法的实施方式的另一个示例显示器。

[0026] 图4图示根据本原理的系统和方法的实施方式的另一个示例显示器。

[0027] 图5图示根据本原理的系统和方法的实施方式的另一个示例显示器。

[0028] 图6是图示根据本原理的系统的实施方式的系统图。

[0029] 相同的附图标记始终指代相同的元件。除非另有说明,否则元件不按比例绘制。

具体实施方式

[0030] 在一些实施方式中,根据本原理的系统和方法向飞行员提供管理飞机的俯仰轴(例如,保持水平飞行或执行受控的上升或下降)所需的信息,并且进一步向飞行员提供附加信息(例如,潜在飞行航迹角)以帮助监测和管理交通工具(例如,飞机)内的可用能量。传统上,这些信息需要单独的仪表——用于控制的姿态指示器、和用于状态反馈的垂直速度指示器、高度计、下滑道或垂直航迹指示器。实时组合这些信息是特别困难且繁重的,尤其是对于在普通驾驶舱内可能会有许多其它即时考虑的飞行员来说。根据本原理的系统和方法

法可以被配置为将整个垂直状态集成到单个显示器中,从而为飞行员提供在垂直飞行中正在发生的事件的更完整的画面,减少从单独的仪表搜集信息和形成集成状态的心理构建所需的脑力劳动,计算对其它仪表的要求,并且提供更准确的垂直飞行画面。

[0031] 有时将仪表分类为提供控制信息或状态信息。理想的控制信息即时且准确地响应飞行员对飞行或发动机控制的操纵。状态信息提供飞机正在做什么的清晰指示,但是在提供这种响应时可能会存在延迟。状态信息通常不止受飞行员对控制的操纵影响。在现实世界中,控制信息与状态信息之间的划分还不是非常清晰,但是仍然是有用的。例如:

[0032] 1.姿态(俯仰和横滚)被认为是控制信息。

[0033] 2.高度和航向是状态信息。

[0034] 3.垂直速度是状态信息,因为高度变化需要几秒钟来发展成静态压力的变化,该静态压力可以被仪表或大气数据计算机感测到。利用垂直加速度来加快压力感测的垂直速度(使其成为瞬时垂直速度)使垂直速度指示能够立即响应飞行员俯仰控制输入。

[0035] 4.针对喷射发动机,N1或发动机压比(EPR)被认为是控制信息。

[0036] 5. EGT、排气温度被认为是状态信息。

[0037] 根据本原理的系统和方法的一个特别有用的方面涉及图形呈现形式。VSD提供状态信息并且不适合控制。然而,VFD具有用于飞行员控制的灵敏度和响应性。该灵敏度支持飞行员基于VFD信息进行直接控制,并且/或者支持准确监测自动驾驶仪或飞行指引仪控制命令的有效性。通过控制显示距离和显示高度来实现灵敏度,从而保持基本恒定的预见持续时间。即,为了确保VFD的灵敏度针对飞机可能会遇到的整个飞行状况范围保持足够,可以根据飞机地面速度、垂直速度和与地面的接近度来不断调整显示区域的垂直和横向尺寸。可以在显示器上描绘垂直飞行信息,该垂直飞行信息可以包括飞行计划航迹和飞行航迹角和/或潜在飞行航迹角、特殊用途空域边界以及其它信息,并且显示器可以被配置为保持恒定的预见时间范围,例如,描绘飞机在下一个30秒、1分钟、2分钟、3分钟等内将会遇到什么。虽然不是绝对需要的,但是已经发现2分钟的时间范围在许多情况下是合适的。保持由时间值(例如,2分钟)表示的恒定范围需要基于上面提到的参数(例如,飞机地面速度、垂直速度和与地面的接近度)进行范围的反馈和修改。

[0038] 面对大的速度变化时保持有用的航迹灵敏度是一个特别的问题并且通常需要惯性地加快航迹预测与飞行计划航迹附近的垂直导航数据的高速处理。执行垂直速度信息的加快来使飞行航迹角表示足够快地移动,以便飞行员基于该信息直接控制。

[0039] 使用保持的灵敏度(例如,如在时间上测量的恒定的显示范围,其中,不断地或几乎不断地检查显示范围,并且如果有必要的话,用更新的数据来修改显示范围)与加快的航迹预测使得可以使用VFD作为所有垂直仪表飞行任务的控制和状态显示器。这提高了飞行员评估垂直控制的适当性和充分性的能力,无论是手动飞行还是在使用自动驾驶仪时。

[0040] 在图1中图示了根据本发明的原理的示例显示器100。气压设置框110可以一直存在。值以英寸汞柱(in of Hg)为单位,只要飞机高度低于过渡高度(TA)即可,否则值为STD。当飞行员设置的限制高度超出屏幕时,箭头119可以出现。如果限制高度大于气压高度,则箭头可以朝上,并且如果限制高度小于气压高度,则箭头可以朝下。当存在有效的选择高度时,选择的高度限制框120出现。该值是飞行员设置的限制高度。本领域的普通技术人员将会理解显示该信息的其它方式。

[0041] 在VFD的左端显示的高度始终是遵守高度显示的ICAO/FAA标准的气压高度。用于生成飞行航迹角的垂直速度是瞬时垂直速度(IVS)(气压垂直速度和垂直惯性加速度),或在当垂直航迹被瞬时GPS垂直速度(IGVS)(GPS垂直速度和垂直惯性加速度)定义为GPS角度时的最后进场风速。如果故障导致垂直惯性加速度不可用,则使用气压垂直速度。垂直速度标签150可以根据使用中的垂直速度信息的来源而变化。

[0042] 垂直速度预测箭头170从当前高度线180延伸出来并且指向在例如30秒内将会达到的高度。用于计算该值的垂直速度是垂直速度值140所示的垂直速度。箭头的颜色一般可为白色,但是如果在飞机下方的地形上方的飞机高度小于基于当前垂直速度值的值,例如,如果按照当前垂直速度在1分钟内会发生碰撞,则箭头的颜色可以变化为另一种颜色,例如,琥珀色。本领域的普通技术人员将会理解显示垂直速度预测的其它方法。

[0043] 飞机符号190位于当前高度线180处,并且可以响应于当前飞行航迹角来围绕其点旋转。本领域的普通技术人员将会理解显示当前飞行航迹角的其它方式。例如,在另一种实施方式中,可以用高度框171来替代飞机符号190作为“本船(own ship)”参考,在这种情况下,飞机符号190不会旋转。

[0044] 基于在航垂直机动的性质来在飞行期间平稳地调整飞机符号的垂直位置和当前高度读数。针对起飞和爬升情况,在显示器中,该位置将会较低,例如,在底部三分之一处。针对下降情况,在显示器中,该位置将会较高,例如,在上部三分之一处。针对水平飞行情况,该位置将会靠近显示器的中部,例如,在中部三分之一处。在进场着陆期间,在显示器中,飞机位置开始将会较高,并且一旦着陆跑道标高清晰可见,将会向下移动。

[0045] 可以看出,显示器的范围是以分钟为单位来测量的,并且,例如,显示了1.5分钟,1分钟标志由附图标记181指示。在这点上要注意的是,如果刻度更长,例如,5至10分钟,而不是1至3分钟,则飞机不能利用信息直接飞行,因为灵敏度可能会不够。在飞行员意识到飞机偏离航迹之前,飞机可能会离航迹较远,因为差角较小。除了从航迹移开之外,飞行员还必须能够看到实际飞机角度和飞行计划角度之间的差异,即,该距离必须足够大以便飞行员可以尽快看见该差异以执行校正机动。如果刻度太大,或者垂直刻度覆盖的范围太大,那么该角度就太小并且飞行员无法设想或检测该差异,即,他们无法检测到他们偏离了飞行航迹。在飞机改变速度时这些方面尤其重要,因为在某些情况下,该角度甚至会变得更小并且甚至更难以检测到。

[0046] 如上面提到的,与横向偏差相比,高度偏差危险得多,并且意识到飞机何时偏离了期望高度超过几英尺对飞行员来说至关重要,对于横向偏差,在不超出航迹的横向限制的情况下,飞机可以偏离航迹的中线零点几英里甚或几英里。

[0047] 垂直和横向信息的所需航迹准确度的较大差异导致需要在垂直飞行显示器的横向和垂直维度上具有明显不同的缩放比例。这意味着显示在显示器中的角度不是以现实世界的比例呈现的。飞行航迹角151刻度为飞行员提供了显示器的当前角度缩放比例的视觉参考。以正确的缩放角度显示飞行航迹信息191,从而为飞行员提供了另一个有用的缩放角度的参考。

[0048] 另外,显示器的这种自动反馈和控制可以与在垂直情况显示器上的简单“放大”形成对照。由于飞机速度变化的影响、不同的横向和垂直缩放比例以及完成通过“缩放”完成的这种比例变化的固定水平,简单“放大”表示飞行员不期望的选项,因为这种操作是繁重

的,需要不断的努力,并且事实上无法实现减轻驾驶舱工作量的目的。

[0049] 再次参照图1,示出了判断高度183,该判断高度183是被称为“最小值”的多种类型的参数之一。判断高度是飞行员必须看得见跑道或飞行员必须执行复飞的点。这种判断高度显示也是根据本原理的系统和方法的特别有用的特征。通常,这种“最小值”数据未进行数字化,并且必须被准确地输入到导航数据库中。这种显示提供了特别有用且新颖的特征。

[0050] 还可以在VFD上显示地形信息153(见图1)。在VFD/VSD上描绘的地形信息由沿着预期飞行计划航迹,或者如果没有相关的飞行计划航迹存在,则沿着当前轨迹角的延伸的每个地形“切片”中的最高标高的连续线组成。地形数据的“切片”垂直于飞行计划航迹或轨迹,并且延伸了飞行计划中线的任一侧的所需航迹宽度的大约1.8倍。切片的形状取决于航迹中线的定义。在飞行计划中线是直线时切片是矩形,如果中线是曲线,则切片是梯形。

[0051] 针对显示范围的地形标高在显示器高度范围内的那部分,显示地形信息。一旦地形在VFD屏幕高度的较低15%内可见,飞机位置就会以当前垂直速度的速率向下移动。

[0052] 图2是示出了可以用于构建,例如,图1以及图3的上述界面的根据本原理的方法的流程图。在第一步骤中,接收与飞机有关的第一飞行数据,该第一飞行数据包括垂直飞行数据(步骤172)。然后在显示器上显示垂直飞行显示器的指示(步骤173)。进行该显示从而使得显示器覆盖恒定的时间范围。例如,显示的数据的范围可以配置为表示预见持续时间,该范围在飞机在持续时间内将会行进的预期距离延续。然后接收与飞机有关的第二飞行数据(步骤177)。然后更新垂直飞行数据的指示的显示,使得将预见持续时间保持为恒定值。

[0053] 在实施方式中,第一飞行数据和第二飞行数据通常可以包括地面速度、垂直速度和与地面的接近度。在其它实施方式中,可以将附加数据并入到计算中,该附加数据包括:垂直飞行计划、当前高度、当前垂直速度、当前纵向加速度、当前垂直加速度、飞行计划下的地形轮廓、目标高度值和当前仪表进场程序的最小高度。

[0054] 如上面提到的,按照对控制飞机有用的方式在显示器上提供这些信息需要各种“加快”数据的步骤,否则该数据对于控制来说是没用的或者不敏感的。例如,如果这种数据被用于控制,则应该是这样的:如果进行了改变,则可以立即看到改变的结果。例如,飞行员可能需要改变俯仰,俯仰的改变将会改变飞行航迹角。如果航迹角改变得足够,则不需要进一步调整。如果航迹角改变得不够,则飞行员可能需要更多地改变俯仰,以此类推,并且这些调整需要快速反馈。在一种实施方式中,通过惯性互补滤波器来完成加快。例如,这种加快避免了传感器伪像等,因为在某些飞机中由气压确定的垂直速度可能在短期内本质上是错误的。因此,例如,使用AHARS来将气压读数与惯性感测组合使得能够进行更好的、更准确的垂直速度的测量。这种感测可以在非常准确的基础上确定飞机爬升或下降的速率,而且可以在非常快速的基础上实现这点。从这种意义上讲,气压提供了瞬时垂直速度的长期分量,并且惯性感测提供了瞬时垂直速度的短期分量,它们一起形成这个量值的通常可接受的平滑值。

[0055] 图3图示了根据本原理的垂直飞行显示器150的另一个示例性界面。没有再次描述与图1相同的元件,并且参考上面的先前描述。在图3中,飞行计划航迹191被图示为朝向点XYZ12,并且基于当前飞行数据,例如,上述的第一或第二飞行数据示出了当前飞行航迹角193。示出了括号195,该括号195向飞行员或其它操作者提供潜在飞行航迹角或加速度的指示,下面将对此进行描述。

[0056] 在该场境中要注意的是,通常,对任何飞机的垂直航迹的长期控制是指协调两种不同的控制:飞机航迹角和推力(或动力)。在恒定的动力设置下,飞机飞行航迹角的变化将会导致速度变化,反之亦然。在当前的飞机中,动力管理是一种对于特定飞机类型和飞机发动机特性所特有的需要学习的技能。具有这种飞机的驾驶经验将会帮助飞行员估计在频繁遇到的情况中需要多少动力变化。该估计用于定位动力杆,然后飞行员等待看速度变化结果。当实现了期望的速度或速度变化率时,重复该过程。

[0057] 根据本原理的系统和方法使得能够在控制的基础上进行飞行航迹角的可视化和飞行航迹角的使用。可以接收对任何情况下所需的动力变化幅值的即时反馈。即,不必等待看速度是否将会按预期那样改变。其结果是减少了速度管理所需的飞行员工作量,在没有自动油门的情况下或在飞行员想要手动管理俯仰和动力时,能更准确地追踪飞机的预期速度。

[0058] 更详细地讲,飞行航迹角是其正切为垂直速度除以地面速度的角度。通常通过调整使飞行航迹角改变的俯仰姿态来完成飞行员对飞行航迹角的控制。飞行航迹角可以显示在上面提到的显示器上,其范围具有恒定的预见持续时间。

[0059] 对垂直速度执行惯性加快的步骤,以使其足够平滑和准确以便可用。更详细地讲,飞行航迹角至少部分地基于高度,由于气压变化的缓慢性,所以通常将该高度视为状态信息,并该高度因此不能用于控制。然而,可以通过“加快”飞行航迹角信息来将高度用于控制,该加快是基于诸如垂直速度除以地面速度的量值,其中,垂直速度已经如上面提到的那样被“加快”,诸如,利用垂直加速度信息。在某些情况下,也可以“加快”地面速度,尽管对于当前种类的飞机来说通常不需要这样做。这使飞行员能够看见飞行航迹上的正常俯仰输入的最终效果。

[0060] 显示飞行航迹角时用于计算的输入可以具体包括纵向速度、垂直速度(加快的),以及,在某些情况下,下面描述的其它参数。

[0061] 要注意的是,术语“潜在飞行航迹”和“飞行航迹加速度”指的是相同的符号;差异在于符号信息的预期用途。这种双重性是飞行员使用符号195的关键特性。为了清楚起见,本文使用了术语“潜在飞行航迹”,但是也可以使用另一个术语。

[0062] 根据本原理的系统和方法还可以计算并显示潜在飞行航迹角的指示,该指示向飞行员提供非常有用的能量管理工具。可以使用数据来帮助飞行员理解总能量情况。例如,如果潜在飞行航迹符号给飞行航迹角加上括号,如图3中的括号195所示,那么飞行员具有适量的推力设置,即,适量的能量来保持飞机当前正在进行的操作。换言之,如果飞行员的意图是在不改变当前速度的情况下在恒定的下滑道飞行,那么飞行员应该调整动力设置以确保潜在飞行航迹符号195覆盖当前飞行航迹角193。相反,如果加速度符号较高,如果其在当前飞行航迹角上方,那么飞行员将向飞机添加能量,并且飞机将会爬升或加速或执行两者的组合(见图4,该图也图示了示例性地形显示)。换言之,如果飞行员的意图是在以固定动力设置爬升时加速,那么飞行员应该调整飞行航迹角以使其在潜在飞行航迹符号下方。该符号与飞行航迹之间的角距与将会发生的加速度成正比。如果潜在飞行航迹符号在飞行航迹角下方,那么就没有足够的能量来保持当前的状态,并且飞机将会减速或下降,这取决于飞行员的选择(见图5)。

[0063] 根据本原理的系统和方法可以使用,例如,纵向加速度信息来计算潜在飞行航迹

角。纵向加速度信息可以来自AHRS并且可以通过显示系统中的处理器来适当缩放,该纵向加速度信息提供了速度变化率的即时指示。根据本原理的系统和方法可以将纵向加速度转换成等效的飞行航迹角变化。通过使用这种信息,飞行员具有管理当前垂直飞行任务的俯仰和动力/推力/能量所需的所有信息。

[0064] 根据本原理的系统和方法因此向飞行员提供重要的信息,并且进一步提供能够适用于多种情况的信息。例如,可用的推力将会随着高度而改变。所以,在数千英尺上可用于爬升的能量不是恒定的。在不使用根据本原理的系统和方法的情况下,飞行员不具有这些信息,并且如果飞行员没有如上所述那样监测多个仪表,则飞行员可能会非常容易地且不经意地将速度降低到最佳爬升速率之下(或者,如果飞机正在下降,则会不经意地加速),然后可能不得不“追赶”并且调整动力。相比之下,在利用根据本原理的系统和方法的情况下,立即能明白正在发生的事情,并且可以调整飞行航迹角以匹配可用的动力。例如,如果飞机正在爬升,则在较高高度可用的推力将会随着高度而减少,并且加速度符号可以示出该减少。使用根据本原理的系统和方法,因为显示器调整了加速度符号括号的位置以指示飞机上的推力减去阻力的净力的结果,即,质量乘以纵向加速度,所以飞行员可以容易地调整飞行航迹角以利用在该高度处可用的推力来爬升。

[0065] 通常不会直接知道推力。然而,可以在每根轴上根据惯性感测 $F=ma$ 来确定。作为具体的示例,如果纵向加速度是0,则纵向方向上的净力(推力减去阻力)一定是0。对于大多数飞机,飞行员无法对阻力进行太多的控制,所以其在短期内改变净力(推力减去阻力)的能力局限于推力的变化。

[0066] 通过襟翼、起落架、速度突变和飞机速度来改变阻力。前两者通常是打开的或关闭的,并且它们的使用受到其它考虑的影响。如果将合适的控制装置提供给飞行员,则可以使用速度突变来进行纵向力控制;然而,速度突变也可能会导致上升,其结果是飞行员将不得不针对每个速度突变变化来改变俯仰姿态,导致工作量较高。飞机速度需要时间来改变并且对范围具有重要的影响,使飞行员不愿意偏离针对当前飞行阶段所计划的速度。

[0067] 所以,作为一个实际的问题,阻力变化不是控制净力(推力减去阻力)的合理方式。因此,这里公开的潜在飞行航迹角通常与推力控制有关。然而,当发生阻力变化,例如,起落架伸展时,就潜在飞行航迹角而言,对纵向加速度的影响将会立即明显。这使飞行员能够更加理解在飞机阻力情况改变时应该添加或去除多少推力。

[0068] 在另一个示例中,在特定机动中,可能需要保持恒定的速度,并且随后可以计算括号的位置以使得飞行员能够在机动期间控制恒定的速度。例如,飞行员可能希望从水平飞行过渡到爬升,或从下降过渡到水平飞行。不幸的是,很容易不经意地延迟推力,即,延迟添加或减去动力,直到垂直机动开始。当发生这种误差时,速度将会根据是否存在过量的或不足的推力来改变。使用根据本原理的系统和方法,可以同时调整俯仰和动力,以便产生净值为0的速度变化。这可能在下降时尤其有用,因为通常这些飞机会快速加速,如果不快速撤除动力,则飞机可能在飞行员不注意的情况下增加到不期望的速度。在根据本原理的系统和方法中,飞行员能够立即看到他们的动作的效果,并且可以立刻撤回动力或增加动力。

[0069] 潜在飞行航迹刻度向飞行员指示多少角度变化或加速度可用于符号195不与飞行航迹角对准的情况。每个刻度线表示 3° 的角度变化或每秒1节的加速度。将该刻度作为当前飞行航迹角的参考,并因此随着飞行航迹角的变化而旋转。

[0070] 对垂直飞行显示器的输入可以包括以下中的一个或多个:真实空速;地面速度;垂直速度;当前高度;当前在地面上的位置;飞行计划/飞行计划航迹,即,要遵循的期望空间中的航迹;计算得到的飞机性能;沿着横向飞行计划航迹的任一侧的地形;出发机场和目的地机场的位置;机场附近的机场净空区爬升约束;以及与飞行计划中的任何仪表进场程序相关联的最小值。通常,测量得到的加速度是纵向的、横向的和垂直的。使用垂直加速度来执行加快过程内的步骤以形成飞行航迹角。在潜在飞行航迹角的计算中使用纵向加速度。可以使用惯性感测来感测在这三根轴线上的加速度。

[0071] 现在描述根据本原理的系统和方法的附加变型。

[0072] 飞机飞行航迹角也以飞机俯仰轴的长周期振动(长期)模式的频率经历振荡。通过利用加快的垂直速度数据来“加快”显示的飞行航迹角,可以从显示器去除由于长周期振动导致的大多数振荡,并且使得飞行航迹角数据足够响应以供飞行员用作控制参考。长周期振动是对所有飞机中的俯仰扰动的响应的正常特性。长周期振动阻尼较小,因此需要几个周期来衰减。长周期振动随着飞机类型和飞行条件而改变。对于许多飞机,长周期振动在15至25秒之间。

[0073] 虽然许多仪表飞行任务需要恒定的速度,但是其它仪表飞行任务需要加速度。在这些情况下潜在飞行航迹角符号是有用的,因为将会立即明显的是:当潜在飞行航迹角(括号)在当前飞行航迹角上方时,推力足以进行爬升和加速。相反,包括减速需要的下降可能要求非常苛刻,因为其不可能仅利用推力的变化来满足这两个目的。如果减少推力不能实现小于所需的下降角度的潜在飞行航迹角,则飞行员能立即知道必须部署附加阻力或必须在开始下降之前降低速度。

[0074] 如上面提到的,为了保持VFD信息的足够的灵敏度,可以将显示范围保持得较短(3分钟或不到屏幕的边缘)。可以立即将垂直状态显示放置在VFD下方以向飞行员提供更长范围的垂直飞行航迹的视野。其范围可以与HSD范围相同。为了帮助飞行员使用这两种显示,可以与VSD背景的剩余部分的区域不同地遮挡由VFD覆盖的区域。

[0075] 在其它变型中,要注意的是,参照地面来定义某些垂直飞行任务,参照当地气团来定义其它任务。例如,在一种实施方式中,针对与航空交通控制相关联的任务采用与气压相关的垂直数据。另一方面,针对最后进场采用GPS垂直数据,相对于地面来定义该航迹,所以飞行航迹角的垂直分量是与其匹配的瞬时GPS垂直速度。根据实施方式,可以针对这些不同任务适当地计算并显示诸如飞行航迹角和飞行航迹加速度等方面。同样,可以计算飞行计划航迹的角度以使建立的垂直约束与飞机的爬升或下降能力一致。

[0076] 在另一种变型中,沿着横向计划来定义垂直飞行计划,该横向计划是由通过各种尺寸的曲线段连接的直线段构建的。可以沿着横向航迹来计算在VFD上显示的分辨率,确保在没有几何失真的情况下显示垂直任务。如果飞行员尚未进入横向航迹,或选择飞离横向航迹,则可以沿着当前航迹角的延伸来计算在VFD上显示的分辨率。

[0077] 图6图示了根据本发明的一个实施例的系统300。系统300包括显示垂直飞行数据的显示器310。系统300还包括接收与垂直飞行状态有关的信息(例如,第一飞行数据、第二飞行数据等)的接收模块320。接收模块320可以以各种方式接收这样的数据,例如,经由可以是有线或无线的输入端口等。该信息通常包括如上所述的输入数据,例如,真实空速;地面速度;垂直速度;当前高度;当前在地面上的位置;飞行计划/飞行计划航迹,即,要遵循的

期望空间中的航迹;计算得到的飞机性能;沿着横向飞行计划航迹的任一侧的地形;出发机场和目的地机场的位置;机场附近的机场净空区爬升约束;以及与飞行计划中的任何仪表进场程序相关联的最小值。确定模块330计算如上所述的飞行航迹角、飞行计划航迹和潜在飞行航迹角等,例如,潜在飞行航迹符号或括号。显示模块340获得计算得到的潜在飞行航迹角和其它计算得到的值/结果并且以图形的方式将其显现在显示器310上。这仅图示了一种系统模块的可能的配置,并且本领域的普通技术人员将会认识到各种其它的根据本原理的系统的可能的配置。还可以包括其它系统部件。

[0078] 该系统和方法可以被完全实现在任何数量的计算装置中。通常,将指令布置在(通常非暂时性的)计算机可读介质上,并且这些指令足以使计算装置中的处理器实现本发明的方法。计算机可读介质可以是硬盘驱动器或具有指令的固态存储器,该指令在运行时被加载到随机存取存储器中。例如,可以通过任何数量的合适的计算机输入装置来从多个用户或从任一用户对应用进行输入。例如,用户可以利用键盘、鼠标、触摸屏、操纵杆、触控板、其它指向装置、或任何其它这些计算机输入装置来输入与计算有关的数据。还可以用插入式存储器芯片、硬盘驱动器、闪存驱动器、闪存存储器、光学介质、磁性介质、或任何其它类型的文件存储介质的方式来输入数据。可以用视频图形卡或耦合至显示器的集成图形芯片组的方式来将输出传递给用户,用户可以看到。鉴于这种教导,任何数量的其它有形输出也将会被理解为本发明所设想的。还应该注意的是,本发明可以实现在任何数量的不同类型的计算装置上,例如,个人计算机、膝上型计算机、笔记本计算机、上网本计算机、个人数字助理、移动电话、智能手机、平板计算机,还可以实现在专为这些目的所设计的装置上。在一种实施方式中,智能手机或Wi-Fi连接的装置的用户使用无线互联网连接来将应用的副本从服务器下载到他们的装置。应用可以通过移动连接、或通过WiFi或其它无线网络连接来下载。然后用户可以运行该应用。这种网络化系统可以为多个用户向该系统和方法提供单独的输入的实施方式提供合适的计算环境。在设想有航空电子控制和信息系统的上述系统中,多个输入可以使多个用户能够同时输入相关数据。

[0079] 上面的描述公开了本发明的各种实施例,然而,本发明的范围仅由随附权利要求书及其等同物限制。

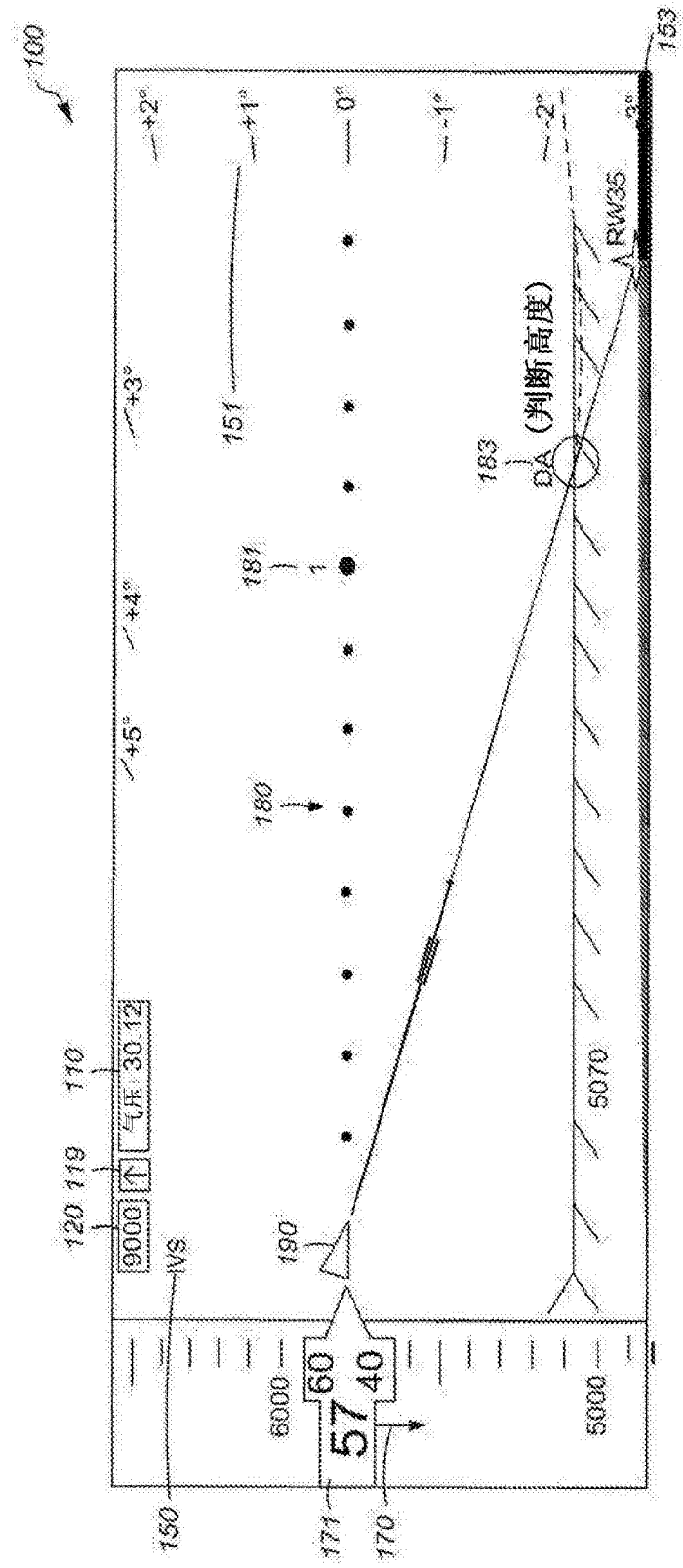


图1

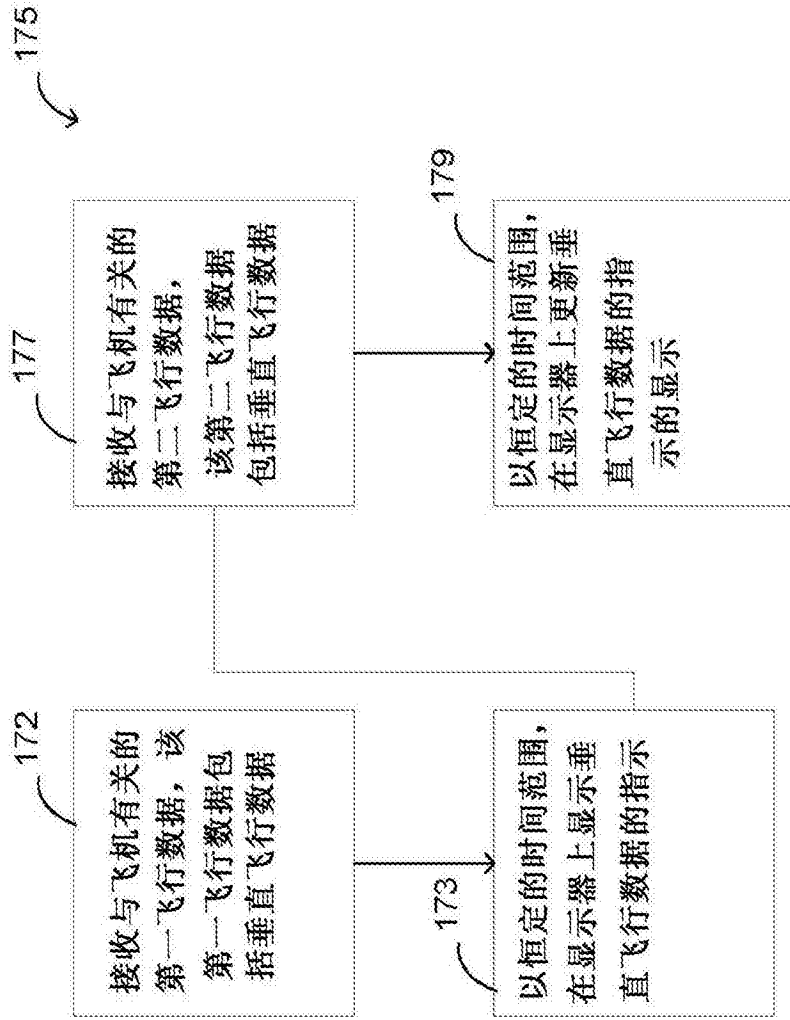


图2

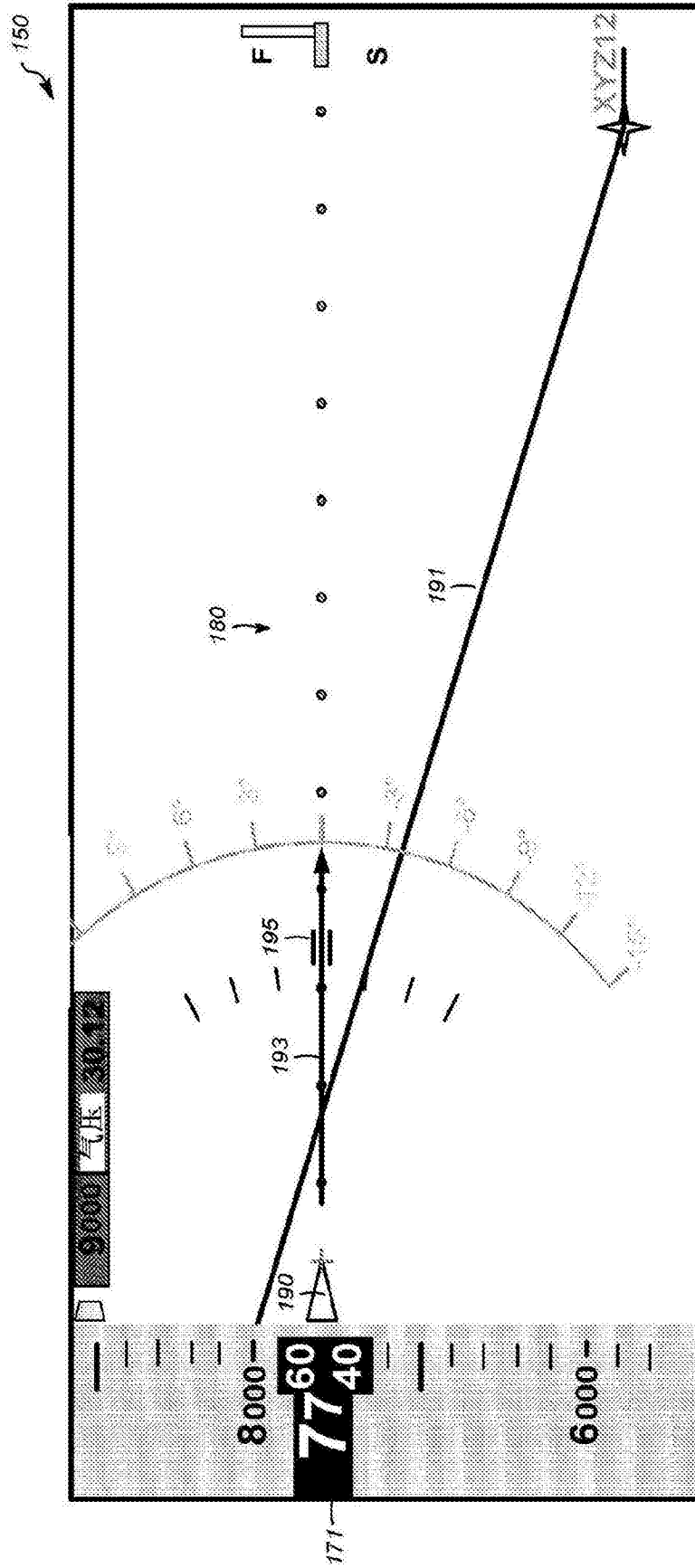


图3

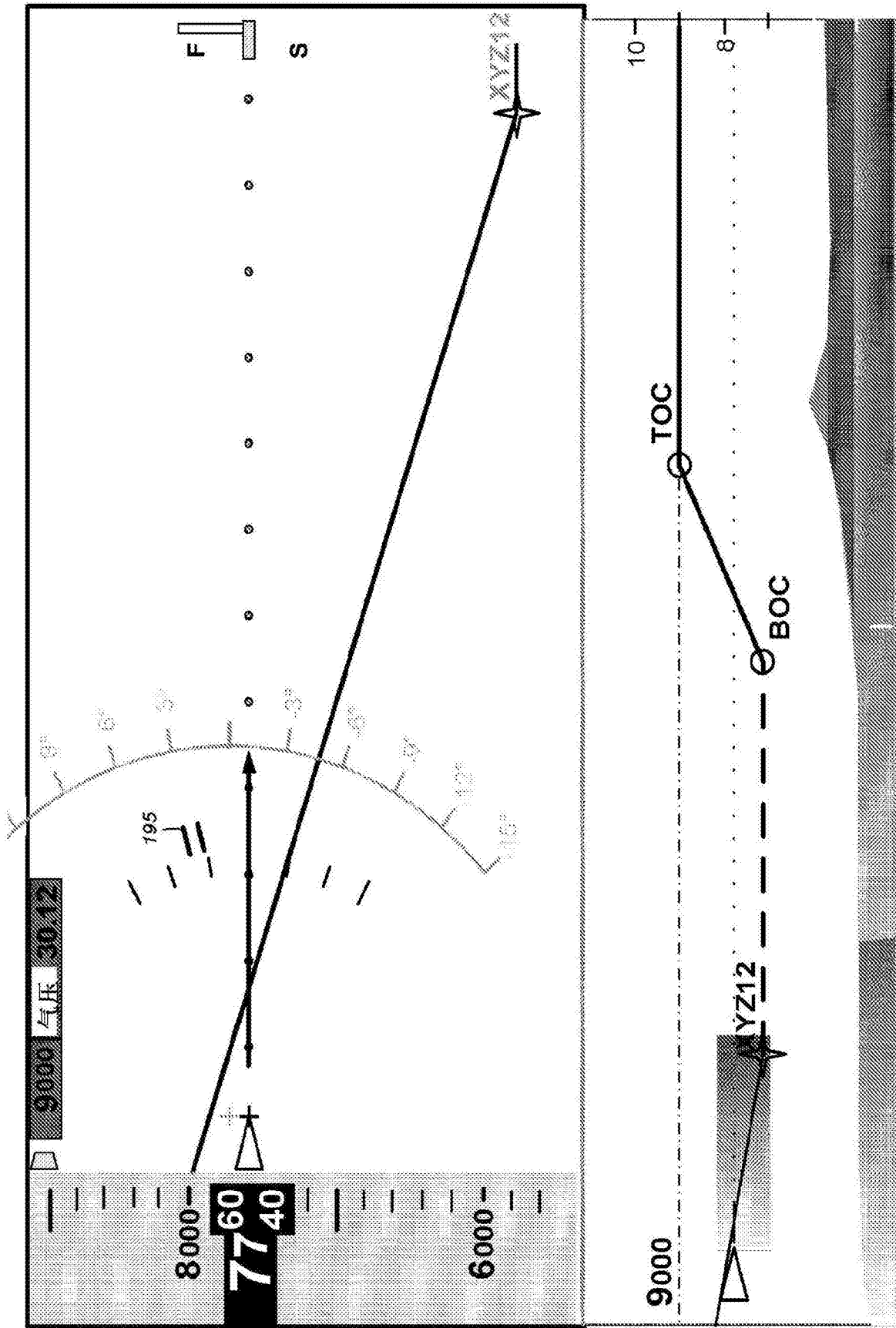


图4

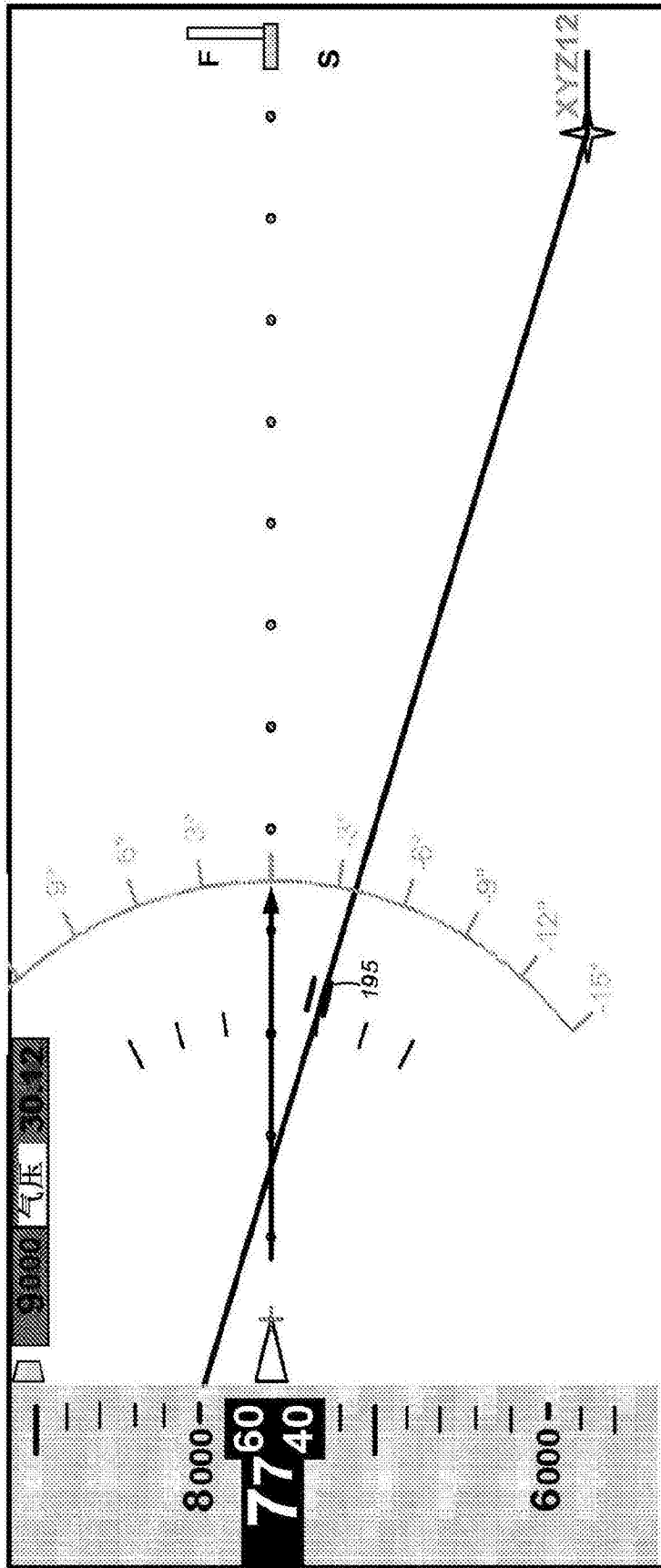


图5

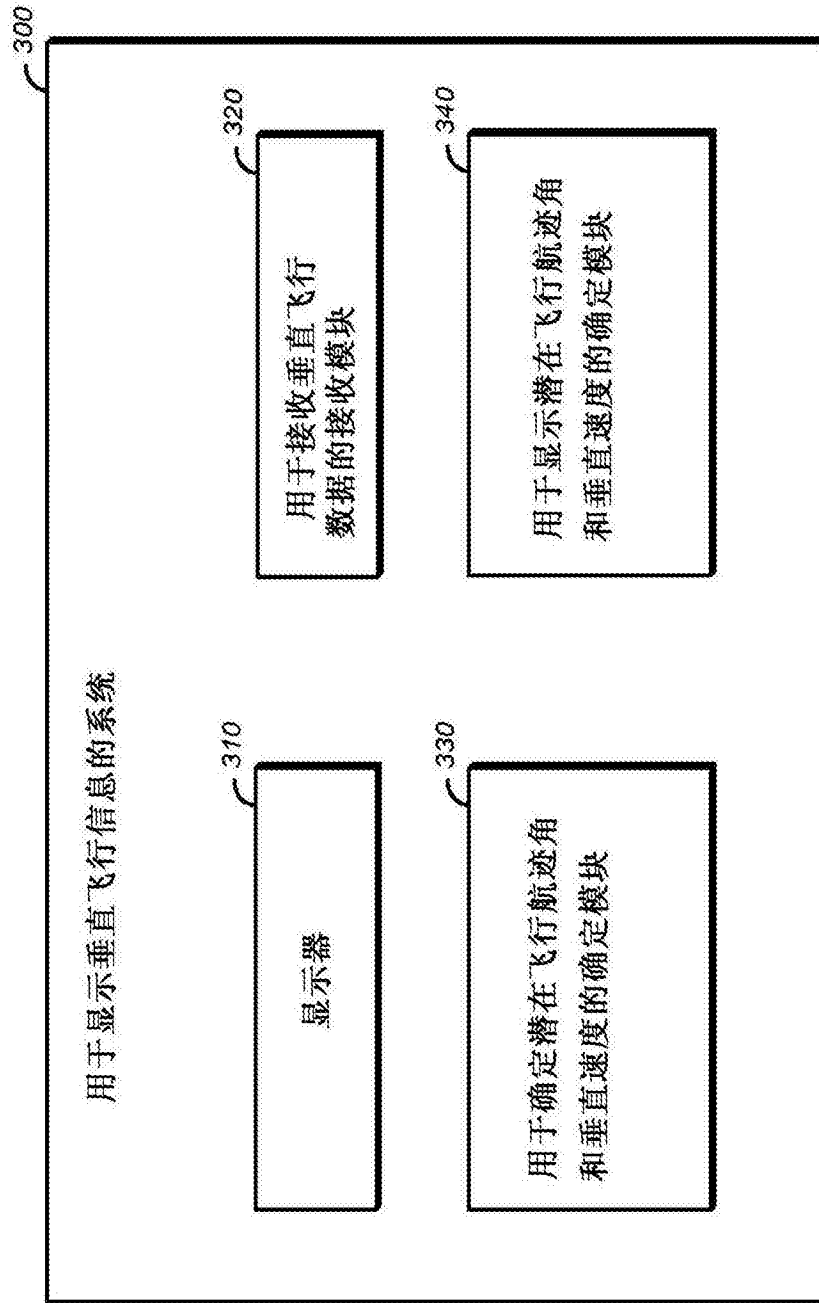


图6