



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101529206 B

(45) 授权公告日 2011. 10. 12

(21) 申请号 200780037297. 7

F41G 7/36(2006. 01)

(22) 申请日 2007. 10. 04

G01C 19/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

0654113 2006. 10. 05 FR

(56) 对比文件

CN 1588093 A, 2005. 03. 02, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 04. 03

钱峰, 原清. 某飞行器惯性器件贮存可靠性评估和预测方法研究. 《仪器研究与设计》. 1994, 第2卷(第3期), 33-38.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/FR2007/052076 2007. 10. 04

WILSON ET AL. Unsteady RANS method for ship motions with application to roll for a surface combatant. 《COMPUTERS AND FLUIDS》. PERGAMON PRESS, 2006, 第35卷(第6期), 501-524.

(87) PCT申请的公布数据

W02008/040917 FR 2008. 04. 10

(73) 专利权人 MBDA 法国公司

地址 法国巴黎

审查员 毛牯

(72) 发明人 L·布尔齐耶

(74) 专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限公司

公司 11314

代理人 程伟 王锦阳

(51) Int. Cl.

G01C 21/16(2006. 01)

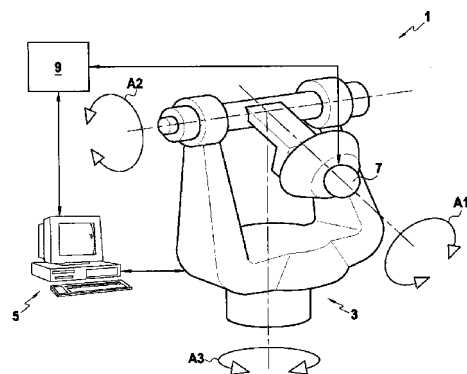
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 3 页

(54) 发明名称

运动飞行器的惯性平台的功能控制的方法和系统

(57) 摘要

用于控制在运动模拟器(3)上的运动飞行器的惯性平台(7)的方法和系统,包括:在运动模拟器(3)上的惯性平台(7)的理论建模(M1),其提供代表假定由惯性平台(7)测量的测量惯性数据(R)的理论惯性数据(T1),包括在现实环境中的惯性平台的建模的模拟建模(M2),该模拟建模被提供有导航指令(D2)且提供代表在所述现实环境中来自惯性平台的输出数据的模拟惯性数据(T2),将所述导航指令(D2)作为测量惯性数据(R)、模拟惯性数据(T2)和理论惯性数据(T1)的函数来计算,和通过比较运动航空器的轨迹和参考轨迹而对惯性平台(7)进行检验。



1. 一种检验运动机构的惯性单元 (7) 的功能的方法, 所述单元被安装在运动模拟器 (3) 中, 并且所述单元实时提供代表由所述运动模拟器 (3) 所施加的运动的测量惯性数据 (R), 其特征在于, 其包括:

- 装载于运动模拟器 (3) 上的惯性单元 (7) 的理论建模 (M1), 所述的理论建模被实时提供有实际上由运动模拟器 (3) 所执行的运动学数据 (D1), 并且该理论建模实时提供代表所述测量惯性数据 (R) 的理论惯性数据 (T1), 该理论惯性数据被视为由运动模拟器 (3) 上的惯性单元 (7) 所测量;

- 模拟建模 (M2), 其包括在现实导航环境中的惯性单元的建模, 所述模拟建模被实时提供有控制命令 (D2), 并且该模拟建模在所述的现实导航环境中实时提供代表来自惯性单元的输出数据的模拟惯性数据 (T2), 所述的模拟建模考虑到了使用惯性单元计算运动机构的航线的所述控制命令 (D2);

- 计算作为所述测量惯性数据 (R)、所述模拟惯性数据 (T2) 和所述理论惯性数据 (T1) 的函数的所述控制命令 (D2); 以及

- 通过比较使用惯性单元而获得的运动机构的航线和预定的参考航线而检验所述惯性单元 (7)。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述测量惯性数据 (R) 包括来自所述惯性单元的加速度计的加速度计信息, 所述理论惯性数据 (T1) 包括理论加速度计信息。

3. 如权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 所述的测量惯性数据 (R) 还包括来自所述惯性单元的陀螺仪的陀螺仪信息, 所述的理论惯性数据 (T1) 还包括理论陀螺仪信息, 所述的模拟惯性数据 (T2) 包括模拟陀螺仪信息和模拟加速度计信息。

4. 如权利要求 1 至 3 任意一项所述的方法, 其特征在于, 所述控制命令 (D2) 作为限定为测量惯性数据 (R) 加上模拟惯性数据 (T2) 减去理论惯性数据 (T1) 的总和的惯性数据 (I) 的函数而进行计算。

5. 如权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 当惯性数据 (I) 和模拟惯性数据 (T2) 之间的差值被预定的界限值所限定时, 惯性单元 (7) 才能够被认为是有效的。

6. 如权利要求 1 至 3 任意一项所述的方法, 其特征在于, 其还包括相位提前建模 (M3), 所述相位提前建模被实时提供有来自模拟建模 (M2) 的输入运动学命令 (C1), 并且该相位提前建模向运动模拟器 (3) 提供输出运动学命令 (C2), 从而补偿所述运动模拟器所固有的执行延迟。

7. 如权利要求 6 所述的方法, 其特征在于, 所述输入运动学命令 (C1) 具有与所述运动学数据 (D1) 同步的轮廓, 并且所述运动学数据 (D1) 与所述输入运动学命令 (C1) 的幅度保持不变。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 其还包括掩蔽建模 (M4), 该掩蔽建模在所述的模拟建模 (M2) 的下游, 并在所述的相位提前建模 (M3) 的上游, 从而该掩蔽建模被实时提供有输入运动学命令 (C1), 该掩蔽建模 (M4) 向所述的相位提前建模 (M3) 提供掩蔽的运动学命令 (C3), 从而掩蔽至少一部分所述运动的相位。

9. 如权利要求 8 所述的方法, 其特征在于, 至少一部分掩蔽的运动学命令 (C3) 取决于所述掩蔽建模 (M4) 内部的规则, 该规则独立于所述的输入运动学命令 (C1)。

10. 一种检验运动机构的惯性单元 (7) 的功能的系统, 所述单元被安装到运动模拟器

(3) 上, 并且所述单元实时提供代表由所述运动模拟器所施加的运动的测量惯性数据 (R), 其特征在于, 其包括:

- 理论模型 (M1), 其包括装载在运动模拟器 (3) 上的所述惯性单元 (7) 的建模, 所述的理论模型被实时提供有实际上由运动模拟器所执行的运动学数据 (D1), 并且该理论模型实时提供代表所述测量惯性数据 (R) 的理论惯性数据 (T1), 该理论惯性数据被视为由运动模拟器上的惯性单元所测量;

- 模拟模型 (M2), 其包括在现实导航环境中的惯性单元的建模, 所述模拟模型被实时提供有控制命令 (D2), 并且该模拟模型在所述的现实导航环境中实时提供代表来自惯性单元的输出数据的模拟惯性数据 (T2), 所述的模拟模型 (M2) 考虑到了使用惯性单元计算运动机构的航线的所述控制命令 (D2);

- 计算装置 (11), 其用于计算作为所述测量惯性数据 (R)、所述模拟惯性数据 (T2) 和所述理论惯性数据 (T1) 的函数的所述控制命令 (D2); 以及

- 检验装置 (13), 其通过比较使用惯性单元而获得的运动机构的航线和预定的参考航线而检验所述惯性单元。

11. 如权利要求 10 所述的系统, 其特征在于, 所述计算装置 (11) 适合将所述控制命令 (D2) 确定为由测量惯性数据 (R) 加上模拟惯性数据 (T2) 减去理论惯性数据 (T1) 的总和所限定的惯性数据 (I) 的函数。

12. 如权利要求 10 所述的系统, 其特征在于, 所述的检验装置 (13) 适合在惯性数据 (I) 和模拟惯性数据 (T2) 之间的差值被预定的界限值所限定时认为惯性单元是有效的。

13. 如权利要求 10 至 12 的任一项所述的系统, 其特征在于, 其还包括相位提前模型 (M3), 所述相位提前模型被实时提供有来自模拟模型 (M2) 的输入运动学命令 (C1), 并且该相位提前模型向运动模拟器提供输出运动学命令 (C2), 从而补偿所述运动模拟器所固有的执行延迟。

14. 如权利要求 12 所述的系统, 其特征在于, 其还包括掩蔽模型 (M4), 该掩蔽模型位于所述的模拟模型 (M2) 和所述相位提前模型 (M3) 之间, 从而该掩蔽模型被实时提供有输入运动学命令 (C1), 该掩蔽模型 (M4) 向所述的相位提前模型 (M3) 提供掩蔽的运动学命令 (C3), 从而掩蔽至少一部分所述运动的相位。

运动飞行器的惯性平台的功能控制的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明所涉及的领域为：检验运动机构 (body) 的惯性单元的功能的领域，该单元被安装在运动模拟器上。

背景技术

[0002] 一般来说，例如飞机、火箭或者其它种类运动机构的飞行器 (vehicle) 装备有导航和控制系统。所述导航和控制系统包括：提供所述运动机构的三维位置、控制和导航的机载计算机、惯性单元和控制装置。

[0003] 更特别地，控制装置（例如空气动力操纵面 (aerodynamic controlsurfaces)）通过从机载计算机接收到的命令，朝向指定的目标或者沿着特定的航线对所述运动机构进行导航，机载计算机从惯性单元接收惯性信息。机载计算机根据所述的惯性信息，评估运动机构的三维位置；作为机载计算机的一项功能，其向控制装置发送指示或者命令，使得运动机构沿着其航线到达其目的地。

[0004] 然而，如果惯性单元发生故障，计算机就会根据不精确的惯性信息做出运动机构的三维位置的评估。因此，机载计算机会在每一计算步骤中产生错误并且将错误的命令发送到控制装置。从而，运动机构的真实的航线与机载计算机评估的航线会非常地不同。因此，如果惯性单元发生严重故障，由机载计算机所发送的指示会非常地不适当，以至于产生运动机构变得不稳定的风险。

[0005] 因此，通常使用运动模拟器来检验惯性单元。更特别地，使用了利用现实子系统（例如运动机构的惯性单元、运动模拟器、机载计算机和某些其它元件等）和其它子系统的数学模型（例如运动机构的其它元件、大气层等）的混合模拟。

[0006] 目前，在使用惯性单元的混合模拟中，对于来自惯性单元的加速度计的信息，能够出现两种情况。

[0007] 在第一种情况中，来自加速度计的信息没有被使用并且被来自数学模型的信息所替代。与其相伴的事实是，运动模拟器不能够在直线运动中再现运动。因此，来自惯性单元的加速度计的信息是不完整的并且不包括关于运动机构的线性位移的信息。因此，运动机构的机载计算机不能够使用来自惯性单元的加速度计的信息以确定运动机构的位置、控制运动机构以及对运动机构进行导航。因此，潜在地出现在该信息中的异常没有被混合模拟检测到。换言之，现实的惯性单元的加速度计的作用没有发挥出来，从而排除了检测到影响加速度计的甚至是最微小的潜在故障的可能性。

[0008] 在第二种情况中，来自加速度计的信息通过代表直线运动中的运动的信息补充，所述信息是通过数学模型而计算的。然而，来自惯性单元的加速度计的信息在对应于模拟实验室的坐标的固定点处进行测量。因此，对于相同的物理原点 (physical origin) 而言，在运动机构沿着其绕地球的航线行进的时候，来自惯性单元的加速度计的信息没有完整地代表加速度计常常 (would) 提供的信息。例如，在实验室的固定点处的重力场是不变的，而由装载在绕地球行进的运动机构上的惯性单元的加速度计所自动检测到的重力场却会作

为海拔高度和纬度的函数而变化。因此,这种差别歪曲了在实验室固定点处使用惯性单元而获得的运动机构的航线,并且使得结果难于解释。因此,该方法只能够检测到影响惯性单元的一个或多个加速度计的粗略的故障。

[0009] 另外,来自惯性单元的陀螺仪的信息未完整地代表在运动机构绕地球的现实运动中的该信息的原貌。

[0010] 地球的旋转绕陀螺仪的轴线被分解(resolved)的方式根据惯性单元是位于具有固定坐标的点(如在实验室的混合模拟中)还是被装载在绕地球运动的运动机构上而决定。这种不完整代表的影响使得对所获得的混合模拟的结果的分析复杂化。

[0011] 此外,该运动模拟器必须具有好于或者等于沿着运动机构的整个航线所需的角动力(angular dynamic)性能,这可能会需要一种非常复杂的且成本非常高的运动模拟器。

发明内容

[0012] 本发明在于一种检验运动机构的惯性单元的功能的方法,所述单元被安装在运动模拟器中,并且所述单元实时提供代表由所述运动模拟器所施加的运动的测量惯性数据,所述方法包括:

[0013] • 运动模拟器上的惯性单元的理论建模(theoretical modeling),所述的理论建模被实时提供有实际上由运动模拟器所执行的运动学数据,并且该理论建模实时提供代表所述测量惯性数据的理论惯性数据,该理论惯性数据被视为由运动模拟器上的惯性单元所测量;

[0014] • 模拟建模(simulation modeling),其包括在现实导航环境中的惯性单元的建模,所述模拟建模被实时提供有控制命令,并且该模拟建模在所述的现实导航环境中实时提供代表来自惯性单元的输出数据的模拟惯性数据,所述的模拟建模考虑到了使用惯性单元计算运动机构的航线的所述控制命令;

[0015] • 计算作为所述测量惯性数据、所述模拟惯性数据和所述理论惯性数据的函数(function)的所述控制命令;以及

[0016] • 通过比较使用惯性单元而获得的运动机构的航线和预定的参考航线而检验所述惯性单元。

[0017] 本发明的方法产生了一种所述运动机构的航线,该航线其非常接近于现实的航线,并且不受在固定点实现的测量所具有的问题影响,因此,该方法能够检验惯性单元是否具有符合要求的特性,因而提高了质量并降低了成本。

[0018] 所述测量惯性数据有利地包括来自所述惯性单元的加速度计的加速度计信息,所述理论惯性数据有利地包括理论加速度计信息。

[0019] 因此,能够检测出从所述惯性单元的加速度计发出的任何错误。

[0020] 所述的测量惯性数据有利地还包括来自所述惯性单元的陀螺仪的陀螺仪信息,所述的理论惯性数据有利地还包括理论陀螺仪信息,所述的模拟惯性数据包括模拟陀螺仪信息和模拟加速度计信息。

[0021] 因此,被用于计算控制命令的加速度计和陀螺仪信息代表了在运动机构绕地球沿着其航线行进时常常由装载在运动机构上的惯性单元所提供的信息。这是因为此加速度计和陀螺仪信息包括来自惯性单元的加速度计和陀螺仪信息以及由理论建模和模拟而实时

计算的补充信息。

[0022] 在本发明的一个具体实施例中,所述控制命令作为限定为测量惯性数据 R 加上模拟惯性数据 T2 减去理论惯性数据 T1 的总和的惯性数据 I(换言之, $I = T2 - T1 + R$) 的函数而进行计算。

[0023] 因此,低于具体要求的运动模拟器能够被用于所述航线的高度动力的瞬变(transients)。借助原理 $I = T2 - T1 + R$,因为 R 和 T1 取决于由运动模拟器所完成的运动,因此即使模拟器未正确地执行命令,他们仍保持不变。这将以较低的成本计算出运动机构的精确航线。

[0024] 当惯性数据 I 和模拟惯性数据 T2 之间的差值被预定的界限值所限定(换言之,当 $|I - T2| \leq \epsilon$) 时,惯性单元才能够被认为是有效的。

[0025] 因此,所述惯性单元能够有效地且非常高精度地被检验。

[0026] 本发明的方法还包括相位提前建模(phase advance modeling),所述相位提前建模被实时提供有来自模拟建模的输入运动学命令,并且该相位提前建模向运动模拟器提供输出运动学命令,从而补偿所述运动模拟器所固有的执行延迟(execution delay)。

[0027] 这种执行延迟能够被补偿,使得全部的参数能够保持同相,从而保证同时在运动模拟器上的惯性单元和任何其它的传感器的使用具有代表性。

[0028] 所述的输入运动学命令有利地具有与所述运动学数据同步的轮廓(profile),并且所述运动学数据与所述输入运动学命令的幅度有利地保持不变。

[0029] 因此,所述的运动学数据符合实际上由运动模拟器所完成的运动,使得现实的惯性单元能够与所述运动机构的运动学特征(kinematics)同相地被模拟。这保证了所述惯性单元的使用具有代表性,并且保证了任何其他如惯性单元一样同时在运动模拟器上的传感器相对于运动机构的运动学特征的同步性。

[0030] 本发明的方法有利地还包括掩蔽建模(masking modeling),该掩蔽建模在所述的模拟建模的下游,并在所述的相位提前建模的上游,从而该掩蔽建模被实时提供有输入运动学命令,该掩蔽建模向所述的相位提前建模提供掩蔽的运动学命令,从而掩蔽至少一部分所述运动的相位。

[0031] 因此,能够产生一条航线,对于该航线来说,所述运动机构的运动的角度范围大于由所述运动模拟器认可(authorize)的角度范围。

[0032] 根据一个特征,至少一部分掩蔽的运动学命令取决于所述掩蔽建模内部的规则(law),该规则独立于所述的输入运动学命令。

[0033] 使用具有受限制的角度运动的范围的运动模拟器,能够计算出一条航线,所述的运动机构能够在该条航线上完成许多循环或者巡回。

[0034] 本发明还涉及一种检验运动机构的惯性单元的功能的系统,所述单元被安装到运动模拟器上,并且所述单元实时提供代表由所述运动模拟器所施加的运动的测量惯性数据,所述系统包括:

[0035] •理论模型(theoretical model),其包括所述运动模拟器上的所述惯性单元的建模,所述的理论模型被实时提供有实际上由运动模拟器所执行的运动学数据,并且该理论模型实时提供代表所述测量惯性数据的理论惯性数据,该理论惯性数据被视为由运动模拟器上的惯性单元所测量;

[0036] • 模拟模型 (simulation model), 其包括在现实导航环境中的惯性单元的建模, 所述模拟模型被实时提供有控制命令, 并且该模拟模型在所述的现实导航环境中实时提供代表来自惯性单元的输出数据的模拟惯性数据, 所述的模拟模型考虑到了使用惯性单元计算运动机构的航线的所述控制命令;

[0037] • 计算装置, 其用于计算作为所述测量惯性数据、所述模拟惯性数据和所述理论惯性数据的函数的所述控制命令; 以及

[0038] • 检验装置 (validation means), 其通过比较使用惯性单元而获得的运动机构的航线和预定的参考航线而检验所述惯性单元。

[0039] 所述计算装置适合将所述控制命令确定为由测量惯性数据 R 加上模拟惯性数据 T2 减去理论惯性数据 T1 的总和所限定的惯性数据 I 的函数。

[0040] 所述的检验装置适合在惯性数据和模拟惯性数据之间的差值被预定的界限值所限定时认为惯性单元是有效的。

[0041] 所述的系统还包括相位提前模型 (phase advance model), 所述相位提前模型被实时提供有来自模拟模型的输入运动学命令, 并且该相位提前模型向运动模拟器提供输出运动学命令, 从而补偿所述运动模拟器所固有的执行延迟。

[0042] 所述的系统还包括掩蔽模型 (masking model), 该掩蔽模型位于所述的模拟模型和上游的所述相位提前模型之间, 从而该掩蔽模型被实时提供有输入运动学命令, 该掩蔽模型向所述的相位提前模型提供掩蔽的运动学命令, 从而掩蔽至少一部分所述运动的相位。

[0043] 本发明还涉及一种计算机程序, 其包括代码指令, 该代码指令用于当所述程序在计算机上被执行的时候执行控制方法的步骤, 所述控制方法具有至少一个上述特征。

附图说明

[0044] 通过阅读下述以非限定性的举例的方式所给出的说明, 以及通过参考附图, 本发明的装置和方法的其它特征和优点将更加明确地显现出来, 在附图中:

[0045] • 图 1 示意性地显示了本发明的功能检验系统, 该系统用于检验运动机构的惯性单元的功能;

[0046] • 图 2 高度示意性地显示了图 1 的功能检验系统的一个实例;

[0047] • 图 3 至图 5 显示了本发明的不同实施例; 以及

[0048] • 图 6 示意性地显示了运动机构的航线的一个实例。

具体实施方式

[0049] 图 1 示意性地显示了功能检验系统 1, 该系统用于检验运动机构的惯性单元的功能。该系统 1 包括运动模拟器 3, 运动模拟器 3 被连接到电子数据处理装置或计算机 5, 该电子数据处理装置或计算机 5 被用于执行适合于执行本发明的方法的电子数据处理程序的指令代码。

[0050] 运动模拟器 3 能够产生绕翻滚轴 A1、俯仰轴 A2 和偏航轴 A3 的角位移。因此, 通过容纳有惯性单元 7, 运动模拟器 3 能够绕所述翻滚轴 A1、俯仰轴 A2 和偏航轴 A3 向惯性单元 7 施加角度运动。注意, 在运动机构中 (该机构未示出), 或者在运动机构的至少一部分中,

所述惯性单元 7 能够被独自地安装在运动模拟器 3 上。

[0051] 功能检验系统 1 还包括运动机构的机载计算机 9, 该机载计算机 9 被连接到惯性单元 7 和计算机 5。

[0052] 注意, 在计算机 5、运动模拟器 3、机载计算机 9 和惯性单元 7 之间的不同连接能够通过电缆或光缆、通过无线电或者通过其它方式而提供。

[0053] 图 2 高度示意性地显示了本发明的功能检验系统 1 的一个实例, 其用于检验运动机构 (未示出) 的惯性单元 7 的功能。注意, 图 2 还显示了本发明的控制方法的主要步骤。

[0054] 本发明的方法或系统被用于现实的闭路循环 (closed-loop) 混合模拟, 该闭路循环混合模拟使用现实的子系统 (运动机构并可能是运动机构的至少一部分的惯性单元 7、运动模拟器 3 和机载计算机 9) 以及其它子系统 (例如运动机构的推进子系统) 和环境 (大气层) 的数字模型。现实子系统的输出是用于数字模型的输入, 而数字模型的输出是用于现实子系统的输入。

[0055] 惯性单元 7 被安装在运动模拟器 3 上 (独自地或者在运动机构的至少一部分中), 并且惯性单元 7 实时提供代表由运动模拟器 3 施加的运动的惯性测量数据 (即现实惯性数据) R, 并且根据运动、速度和加速度的范围再现运动机构的角度运动。该测量惯性数据 R 来自惯性单元 7 的陀螺仪 (速度陀螺仪或自由陀螺仪) 和加速度计 (未示出) 并且基本上使得运动机构的机载计算机 9 能够确定其位置、对其进行控制以及对其进行导航。

[0056] 该控制系统 1 还包括理论模型 M1、模拟模型 M2、计算装置 11 和检验装置 13。理论模型 M1 和模拟模型 M2 能够被包括在图 1 的电子数据处理装置 5 中。此外, 计算装置 11 包括运动机构的机载计算机 9。

[0057] 混合模拟实时地进行。因此, 运动机构的机载计算机 9 和理论模型 M1、模拟模型 M2 和惯性单元 7 之间的数据的计算和交换在现实频率下并且有利地在一定的时间周期内被实现, 所述频率测定由运动机构的机载计算机 9 所完成的操作的时间, 所述时间周期小于对应于所述频率的周期; 这应用于每一个计算循环。

[0058] 理论模型 M1 对运动模拟器 3 上的机载惯性单元 7 进行建模, 并且被所述运动模拟器 3 实时提供有运动学数据 D1 (实际上由该运动模拟器 3 所执行的位置、速度和角加速度)。因此, 理论模型 M1 向计算装置 11 实时提供代表测量惯性数据 R 的理论惯性数据 T1, 该理论惯性数据 T1 被视为由装载于运动模拟器 3 上的惯性单元 7 所测量。

[0059] 模拟模型 M2 对现实导航环境中的惯性单元 7 进行建模, 并且该模拟模型 M2 被计算装置 11 实时提供有控制数据或命令 D2。作为反馈, 模拟模型 M2 实时提供代表现实导航环境中的惯性单元 7 的输出数据的模拟惯性数据 T2。

[0060] 因此, 为了计算使用惯性单元 7 的运动机构的航线, 模拟模型 M2 考虑到了控制命令 D2。

[0061] 计算装置 11 将控制命令 D2 作为测量惯性数据 R、模拟惯性数据 T2 和理论惯性数据 T1 的函数进行计算。

[0062] 检验装置 13 从而能够通过比较使用现实惯性单元 7 而获得的运动机构的航线和预定的参考航线而对惯性单元 7 进行检验。

[0063] 预定的参考航线能够通过完全的数字模拟而计算, 例如单独通过模拟模型 M2, 所述的数字模拟包括全部的现实设备的建模, 所述现实设备包括机载计算机和惯性单元。这

已经在现有技术中为人们所知。

[0064] 预定的参考航线通过在现有技术中已知的方式通过完全的数字模拟模型而获得，其中包括计算机和惯性单元的所有的现实设备被数字化地提供。

[0065] 因此，检验装置 13 离线比较完全数字化产生的预定参考航线与使用功能检验系统 1 产生的运动机构的航线，所述功能检验系统 1 实时使用现实惯性单元 7 和现实机载计算机 9。结果的比较检验确定惯性单元 7 是有效的（即其具有符合要求的特征）或者惯性单元是无效的。特别地，如果两条航线相重叠，则惯性单元 7 能够被认为是完好的。

[0066] 测量惯性数据有利地包括来自惯性单元的加速度计的加速度计信息和来自惯性单元 7 的陀螺仪的陀螺仪信息。相似地，理论惯性数据 T1 包括理论加速度计信息和理论陀螺仪信息。

[0067] 来自现实惯性单元 7 的加速度计的信息通过机载计算机 9 而作用于运动机构的位置、控制和导航。因此，潜在地出现在该信息中的异常能够通过比较来自现实惯性单元 7 和来自理论模型 M1 的加速度计信息而被检测。

[0068] 此外，模拟惯性数据 T2 包括模拟陀螺仪信息和模拟加速度计信息。

[0069] 因此，用于计算控制命令的加速度计和陀螺仪信息代表了在运动机构绕地球沿着该航线行进时由装载在运动机构上的惯性单元所提供的信息。这是因为除了来自定位在固定坐标的点的惯性单元的信息之外，该加速度计和陀螺仪信息还包括另外的由理论模型 M1 和模拟模型 M2 所实时计算的加速度计和陀螺仪信息，

[0070] 由现实惯性单元 7 所传递的信息包括在实验室固定点实现的测量，并且该信息未完整地代表将由惯性单元所传递的信息，其中所述惯性单元被装载在绕地球行进的运动机构上。

[0071] 更特别地，使用理论模型 M1 计算的理论惯性数据 T1 符合测量的理论表示值 (expression)，即实验室固定点处的现实惯性单元 7 被视为已经完成并且具有高度的代表性，因为该计算使用了应用于现实惯性单元 7 上的运动学数据。此外，模拟惯性数据 T2 代表了由在运动机构绕地球行进的时候被装载在运动机构上的惯性单元 7 实现的测量。

[0072] 考虑到了测量惯性数据 R 和相应的理论惯性数据 T1 消除了由在固定点实现测量而引起的任何误差。因此，向测量惯性数据 R 和理论惯性数据 T1 加入模拟惯性数据 T2 的基值 (contribution) 产生了代表现实的航线，并且该航线不受与在固定点实现测量相伴的问题所影响。

[0073] 图 3 示意性地显示了图 2 的功能检验系统的一个实施例。在这个实施例中，计算装置 11 包括第一和第二算法运行装置 11a 和 11b，所述装置将算法运行应用到测量惯性数据 R、模拟惯性数据 T2 和理论惯性数据 T1，从而计算惯性数据 I。

[0074] 因此，第一算法运行装置 11a 计算模拟惯性数据 T2 和理论惯性数据 T1 之间的差值。第二算法运行装置 11b 将计算得到的差值 (T2-T1) 加到测量惯性数据 R 上，从而根据公式 $I = T2 + R - T1$ 表示惯性数据 I。

[0075] 控制命令 D2 接着被作为该惯性数据 I 的函数进行计算，该惯性数据 I 被限定为测量惯性数据 R 加上模拟惯性数据 T2 减去理论惯性数据 T1 而得的总和。

[0076] 该实施例是基于通过功能检验系统 1 的混合模拟，其使用由装载在运动模拟器 3 上的惯性单元 7 提供的测量惯性数据 R 和由理论模型 M1 提供的理论惯性数据 T1 之间的差

值。

[0077] 已知公式 $I = T2 - T1 + R$, 因为 R 和 $T1$ 取决于由运动模拟器 3 完成的运动, 所以即使所述模拟器未正确地执行命令, 他们还是保持不变。这意味着, 能够使用较低成本的运动模拟器 3 计算运动机构的精确航线。

[0078] 此外, 当检验装置 13 比较预定的参考航线与由功能检验系统 1 离线产生的运动机构的航线时, 惯性单元 7 的有效性为 R 和 $T1$ 之间的差值的函数。

[0079] 如果 $R = T1$, 那么 $I = T2$, 其对应于两条航线相互重叠, 从而惯性单元 7 是完好的。从而, 通过这种惯性单元 7 获得的运动机构的航线非常接近于在混合模拟中只使用现实机载计算机 9 获得的结果。

[0080] 如果 R 接近于 $T1$ (例如, 如果 $|R - T1| = \epsilon$, 其中 ϵ 为较小的值), 那么在两条航线之间的差别则被感知到, 但是结果仍然是保持在可接受的限度的范围中, 并且该航线能够被认为是符合预期。从而, 惯性单元 7 具有异常的特征但是仍然保持在限度的范围中或者具有在其具体要求 (specification) 中发生的偏差。

[0081] 如果 R 不接近于 $T1$, 则两条航线明显地不同, 运动机构未到达目标 (真实航线) 但是机载计算机 9 认为其已经到达了目标 (评估的航线)。这意味着, 惯性单元 7 正在发生严重故障。

[0082] 换言之, 如果惯性数据 I 和模拟惯性数据 $T2$ 之间的差值被预定的界限值所限定 ($|I - T2| \leq \epsilon$), 则惯性单元 7 能够被认为是有效的。

[0083] 此外, 通过计算现实惯性单元 7 被视为已经在固定点执行的测量的理论表示值 $T1$ 、从 R 中减去 $T1$ 并且加入模拟惯性数据 $T2$ 的基值 (代表由装载在绕地球运动的运动机构上的惯性单元实现的测量), 即获得了代表现实的航线。应当注意, 从 R 中减去 $T1$ 将现实惯性单元的基值去除至最接近的 η , 其中 $\eta = |R - T1|$, 并且 η 的值直接地与惯性单元 7 的缺陷成比例。

[0084] 在该实例中, 可通过模拟模型 $M2$ 计算航线, 该模拟模型 $M2$ 考虑到了惯性单元 7 的各种偏差。例如, 航线的特定的数量 N 能够通过可变因素的偏差的范围中调制可变因素而计算, 从而获得航线缠结 (atangle of paths)。如果“真实”的航线 (即通过现实惯性单元 7 获得的航线) 被包括在通过数字模拟获得的缠结中, 则惯性单元 7 能够被认为是有效的。如果“真实”的航线未被包括在通过数字模拟获得的缠结中, 则惯性单元 7 正发生故障。

[0085] 图 4 示意性地显示了, 功能检验系统 1 还包括相位提前模型 $M3$, 该相位提前模型 $M3$ 被模拟模块 (module) $M2$ 实时提供有输入数据或者运动学命令 $C1$, 并且该相位提前模型 $M3$ 向运动模拟器 3 提供输出运动学命令 $C2$, 从而补偿运动模拟器 3 固有的执行延迟。

[0086] 一般而言, 对运动机构进行导航和控制的系统包括“控制”功能, 该功能旨在产生用于运行与运动机构的特征相容的控制装置的指令。这是一种自动功能: 其使用惯性信息或数据和可能的不同种类的 (如果存在另外的、非惯性的单元) 信息或数据; 其判断在前被实时命令的指令的完成 (情况); 并且按照需要调整接下来的命令指令的水平。如果控制装置未足够快地做出反应, 则所述控制功能将识别到并且给出更强的命令, 从而补偿该执行延迟。

[0087] 该输入运动学命令 $C1$ 有利地具有与运动学数据 $D1$ 同步的轮廓。此外, 运动学数

据 D1 和输入运动学命令 C1 的幅度保持不变。从而,惯性单元的模拟与运动机构的角运动学特征同步,保证了惯性单元和任何其它同时装载在运动传感器上传感器的使用具有代表性。

[0088] 图 5 示意性地显示了,图 4 中的功能检验系统还包括掩蔽模型 M4,在该实例中,所述掩蔽模型 M4 在模拟模型 M2 的下游,而是相位提前模型 M3 的上游。因此,掩蔽模型 M4 被模拟模型 M2 实时提供有输入运动学命令 C1,并且掩蔽模型 M4 向相位提前单元 M3 提供掩蔽的运动学命令 M3,从而掩蔽运动机构的运动的至少一部分相位。

[0089] 从而,相位提前模型 M3 向运动模拟器 3 提供考虑到了掩蔽的运动学命令 C3 的输出运动学命令 C4,从而产生一条航线,对于该条航线,运动机构的角度运动和 / 或动力学的范围超过了由运动模拟器 3 认可的范围。

[0090] 因此,意欲由掩蔽模型 M4 命令的运动模拟器 3 的角度运动或者该运动的中断被在测量惯性数据 R 和理论惯性数据 T1 中加以考虑,但未影响控制命令 D2。

[0091] 根据图 3 的实例,并且借助公式 $I = T2 - T1 + R$,惯性数据 I 未受到在掩蔽模型 M4 的命令下的运动模拟器 3 的任何角度运动或这种运动的停止的影响。

[0092] 此外,在运动模拟器 3 的硬件或软件发生停止之前,在掩蔽模型 M4 中实现的监视 (surveillance) 功能限制了命令的角度运动的范围。

[0093] 应当注意,理论模型 M1、模拟模型 M2、相位提前模型 M3 和 / 或掩蔽模型 M4 能够被包括在图 1 的电子数据处理装置 5 中。

[0094] 图 6 示意性地显示了计算绕障碍的航线的一个实例。

[0095] 例如,使用低于具体要求的 (underspecified) 的运动模拟器 3,能够计算出一条具有 270 度的角度偏移的航线,所述运动模拟器 3 具有绕偏航轴 ± 100 度的角度运动的能力,所述角度运动对应于 200 度的角度偏移。因此,在该实例中,运动机构 21 能够沿着从起点 25 到终点 27 的航线 23,通过 270 度的角度偏移而绕过障碍物 29。

[0096] 在航线 23 的计算过程中,运动模拟器 3 的轴线的角度位置能够被改变。例如,运动模拟器 3 的偏航轴 A3 能够独立于运动机构 21 的偏航受到控制。

[0097] 至少一部分的掩蔽的运动学命令 C3 能够有利地取决于掩蔽模型 M3 内部的规则。特别地,所述内部规则独立于输入运动学命令 C1。因此,运动命令能够从掩蔽模型 M4 中被注入到运动模拟器 3 中,其独立于来自模拟模块 M2 的输入运动学命令 C1。这使得能够计算一条航线,其中运动机构能够通过具有受限的角度运动范围的运动模拟器 3 执行多次循环。

[0098] 此外,所述航线能够具有大于运动模拟器 3 认可的动力范围。

[0099] 例如,如果用于瞬变事件的输入运动学命令 C1 控制一个速度,该速度大于运动模拟器 3 能够产生的速度,则事实上由运动模拟器 3 所执行的运动学数据 D1 的特征相对于输入运动学命令 C1 而被减小。这种不充分的运动被放在测量惯性数据 R 和理论惯性数据 T1 中加以考虑。然而,借助公式 $I = T2 - T1 + R$,惯性数据 I 未受到不充分的运动的影响。因此,所述航线未受到运动模拟器 3 的低于具体要求的影响。

[0100] 本发明还涉及可从通讯网络下载并且包括程序代码指令的计算机程序,所述代码指令用于在其在计算机 5 上被执行的时候执行本发明的控制方法步骤。该计算机程序可被存储在计算机可读的中介上并且可通过微处理器执行。

[0101] 该程序可使用任何编程语言并且采用源代码、目标代码或者介于源代码和目标代码之间的代码的形式,例如部分服从的形式,或者任何其它的可取的形式。

[0102] 本发明还涉及计算机可读的信息中介,其包括上述计算机程序的指令。

[0103] 所述的信息中介能够为能够存储程序的任何装置。例如,所述中介能够包括存储装置,例如 ROM,例如 CD ROM 或微电子电路 ROM,或者磁性存储装置,例如软盘或者硬盘。

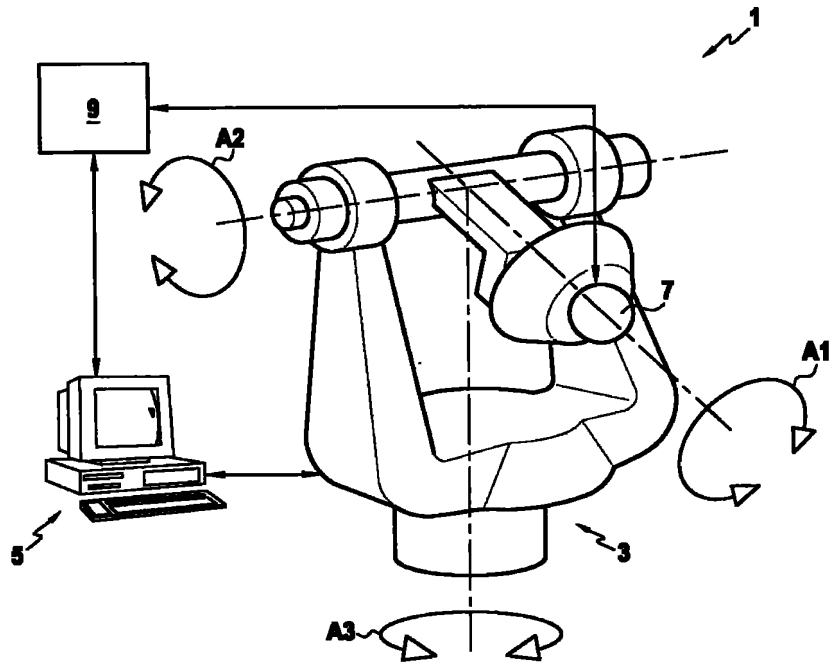


图 1

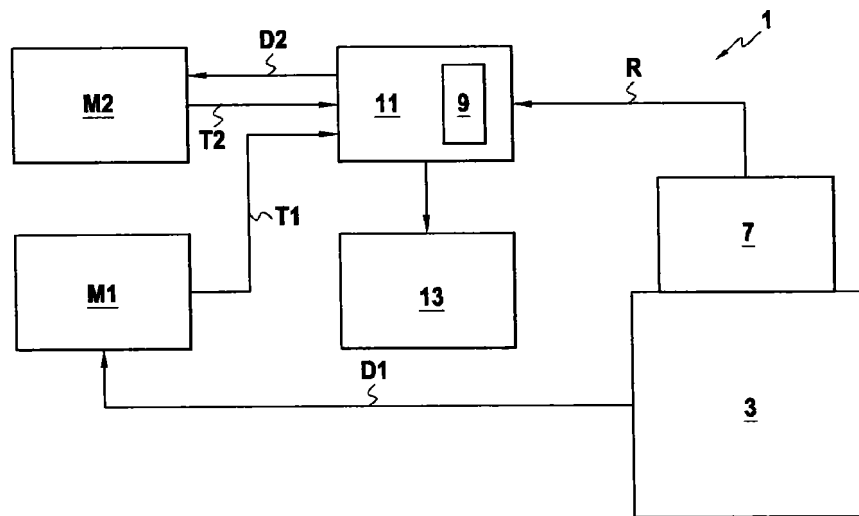


图 2

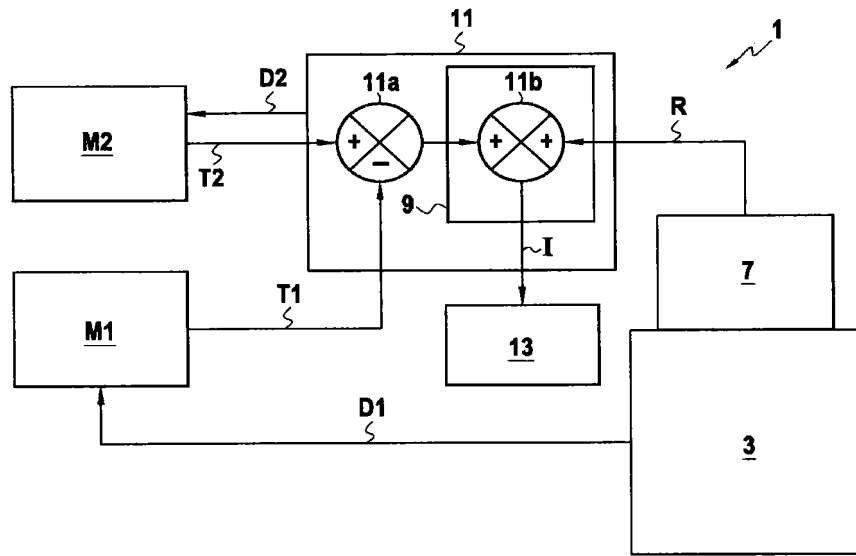


图 3

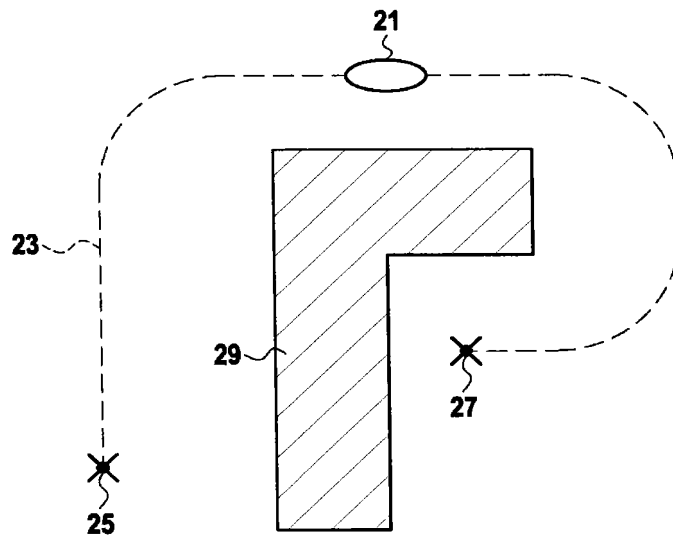


图 6

