(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110476060 B
(45)授权公告日 2021.12.28

(21)申请号 201880022746.9
(22)申请日 2018.03.30
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110476060 A
(43)申请公布日 2019.11.19
(30)优先权数据
2017-073041 2017.03.31 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.09.29
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2018/013703 2018.03.30
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2018/181931 JA 2018.10.04
(73)专利权人 日本电气株式会社
地址 日本东京
(72)发明人 山下敏明 正泽道太郎 青木聪
(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 韩峰 孙志湧
(51)Int.Cl.
G01N 29/12(2006.01)
G01N 29/04(2006.01)
G01N 29/42(2006.01)
(56)对比文件
JP 特開2016-50802 A,2016.04.11
CN 106352910 A,2017.01.25
CN 106483196 A,2017.03.08
EP 3267190 A1,2018.01.10
CN 101632002 A,2010.01.20
JP 特開2001-349876 A,2001.12.21
审查员 翁永超

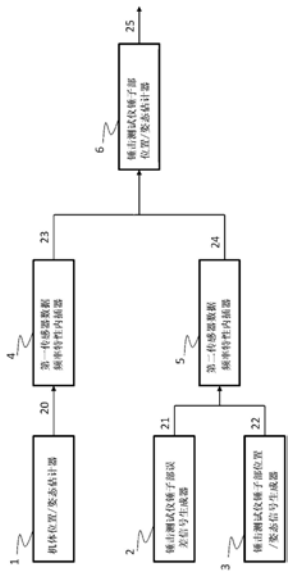
权利要求书6页 说明书17页 附图4页

(54)发明名称

检查装置、检查装置的控制方法及控制程序

(57)摘要

根据本发明,实时且高精确度地调节检查装置的锤击测试仪锤子部的位置和/或姿态。检查装置包括:机体位置/姿态估计器,其用于估计移动体的位置/姿态信息并生成机体位置/姿态估计信号;锤击测试仪锤子部误差信号生成器,其用于生成锤击测试仪锤子部误差信号;锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器,其用于生成锤击测试仪锤子部位置/姿态信号;第一传感器数据频率特性内插器,其用于从所接收的机体位置/姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号;第二传感器数据频率特性内插器,其用于从所接收的锤击测试仪锤子部误差信号和所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号;以及锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器,其用于从所接收的第一传感器数据频率特性内插信号和所接收的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号。



CN 110476060 B

1.一种用于检查受检对象的状态的检查装置,包括:

锤击测试仪以及在上面安装所述锤击测试仪的移动体,

所述锤击测试仪包括锤击测试仪臂以及被设置在所述锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部,

所述检查装置包括:

机体位置姿态估计器,其被配置为估计所述移动体的位置姿态信息并且生成机体位置姿态估计信号;

锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号生成器,其被配置为生成锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号;

锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成器,其被配置为生成锤击测试仪锤子部位置姿态信号;

第一传感器数据频率特性内插器,其被配置为接收所生成的机体位置姿态估计信号,并且从所接收的机体位置姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号;

第二传感器数据频率特性内插器,其被配置为接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态信号,并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号;以及

锤击测试仪锤子部位置姿态估计器,其被配置为接收所生成的第一传感器数据频率特性内插信号和所生成的第二传感器数据频率特性内插信号,并且从所接收的第一传感器数据频率特性内插信号和所接收的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号。

2.根据权利要求1所述的检查装置,其中,

所述锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号生成器包括:

距离传感器,其被设置在所述锤击测试仪锤子部的远端处,被配置为检测所述锤击测试仪锤子部的所述远端与锤击对象的表面之间的距离,并且从所检测的距离生成距离传感器信号;

力传感器,其被设置在所述锤击测试仪锤子部中,被配置为检测被施加到所述锤击测试仪锤子部的力信息,并且从所检测的力信息生成力传感器信号;以及

远端部位置姿态传感器,其被设置在所述锤击测试仪锤子部中,被配置为检测所述锤击测试仪锤子部的位置姿态信息,并且从所检测的位置姿态信息生成远端部位置姿态传感器信号,

其中,所述锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号是从所述距离传感器信号、所述力传感器信号以及所述远端部位置姿态传感器信号来被生成的。

3.根据权利要求1所述的检查装置,其中,

所述锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成器包括:

线性运动部位移传感器,其被设置在所述锤击测试仪臂的线性运动部中,被配置为检测所述线性运动部的位移信息,并且从所检测的位移信息生成线性运动部位移传感器信号;

远端部角度传感器,其被设置在所述锤击测试仪臂的远端部角度驱动部中,被配置为

检测远端部角度信息,并且从所检测的远端部角度信息生成远端部角度传感器信号;以及

臂部角度传感器,其被设置在所述锤击测试仪臂的臂部角度驱动部中,被配置为检测臂部角度信息,并且从所检测的臂部角度信息生成臂部角度传感器信号,

其中,所述锤击测试仪锤子部位置姿态信号是从所述线性运动部位移传感器信号、所述远端部角度传感器信号以及所述臂部角度传感器信号来被生成的。

4.根据权利要求1所述的检查装置,其中,

所述第一传感器数据频率特性内插器被配置为:通过对所述机体位置姿态估计信号应用考虑了针对所述移动体的位置和姿态的控制系统的频率特性的加权处理和在采样频率之间的内插处理的组合,来生成所述第一传感器数据频率特性内插信号。

5.根据权利要求1所述的检查装置,其中,

所述第二传感器数据频率特性内插器被配置为:通过对所述锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所述锤击测试仪锤子部位置姿态信号应用考虑了针对所述锤击测试仪臂的线性运动部、远端部以及臂部的控制系统的频率特性的加权处理和在采样频率之间的内插处理的组合,来生成所述第二传感器数据频率特性内插信号。

6.根据权利要求1所述的检查装置,其中,

所述锤击测试仪锤子部位置姿态估计器被配置为:通过使用所述第一传感器数据频率特性内插信号作为传播信号并且使用所述第二传感器数据频率特性内插信号作为更新信号来执行卡尔曼滤波处理,来生成所述锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号。

7.根据权利要求1所述的检查装置,包括:

机体位置姿态驱动命令信号生成器,其被配置为接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号,并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号生成机体位置姿态驱动命令信号,

远端部致动器命令信号生成器,其被配置为接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号,并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号生成远端部致动器命令信号,

臂部致动器命令信号生成器,其被配置为接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号,并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号生成臂部致动器命令信号,以及

线性运动部致动器命令信号生成器,其被配置为接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号,并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号生成线性运动部致动器命令信号。

8.一种用于控制检查装置以检查受检对象的状态的方法,所述装置包括:

锤击测试仪以及在上面安装所述锤击测试仪的移动体,所述锤击测试仪具有锤击测试仪臂以及被设置在所述锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部,

所述方法包括以下步骤:

估计所述移动体的位置姿态信息,并且生成机体位置姿态估计信号,

生成锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号,

生成锤击测试仪锤子部位置姿态信号,

从所生成的机体位置姿态估计信号,生成第一传感器数据频率特性内插信号,

从所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态信号，生成第二传感器数据频率特性内插信号，以及

从所生成的第一传感器数据频率特性内插信号和所生成的第二传感器数据频率特性内插信号，生成锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号。

9.根据权利要求8所述的方法，包括以下步骤：

检测所述锤击测试仪锤子部的远端与锤击对象的表面之间的距离，并且从所检测的距离生成距离传感器信号，

检测被施加到所述锤击测试仪锤子部的力信息，并且从所检测的力信息生成力传感器信号，

检测所述锤击测试仪锤子部的位置姿态信息，并且从所检测的位置姿态信息生成远端部位置姿态传感器信号，以及

从所述距离传感器信号、所述力传感器信号以及所述远端部位置姿态传感器信号，生成所述锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号。

10.根据权利要求8所述的方法，包括以下步骤：

检测所述锤击测试仪臂的线性运动部的位移信息，并且从所检测的位移信息生成线性运动部位移传感器信号，

检测远端部角度信息，并且从所检测的远端部角度信息生成远端部角度传感器信号，

检测臂部角度信息，并且从所检测的臂部角度信息生成臂部角度传感器信号，以及

从所述线性运动部位移传感器信号、所述远端部角度传感器信号以及所述臂部角度传感器信号，生成所述锤击测试仪锤子部位置姿态信号。

11.根据权利要求8所述的方法，包括：

通过对所述机体位置姿态估计信号应用考虑了针对所述移动体的位置和姿态的控制系统的频率特性的加权处理和在采样频率之间的内插处理的组合，来生成所述第一传感器数据频率特性内插信号。

12.根据权利要求8所述的方法，包括：

通过对所述锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所述锤击测试仪锤子部位置姿态信号应用考虑了针对所述锤击测试仪臂的线性运动部、远端部以及臂部的控制系统的频率特性的加权处理和在采样频率之间的内插处理的组合，来生成所述第二传感器数据频率特性内插信号。

13.根据权利要求8所述的方法，包括：

通过使用所述第一传感器数据频率特性内插信号作为传播信号并且使用所述第二传感器数据频率特性内插信号作为更新信号来执行卡尔曼滤波处理，来生成所述锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号。

14.根据权利要求8所述的方法，包括：

从所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号，生成机体位置姿态驱动命令信号，

从所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号，生成远端部致动器命令信号，

从所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号，生成臂部致动器命令信号，以及

从所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号，生成线性运动部致动器命令信号，

基于所生成的机体位置姿态驱动命令信号，调节所述移动体的所述机体的位置和/或

姿态,以及

基于所生成的远端部致动器命令信号、所生成的臂部致动器命令信号以及所生成的线性运动部致动器命令信号,调节所述锤击测试仪锤子部的位置和/或姿态。

15.一种计算机可读的非暂时性的记录介质,其被记录有用于控制检查装置以检查受检对象的状态的程序,所述检查装置包括:

锤击测试仪以及在上面安装所述锤击测试仪的移动体,所述锤击测试仪包括锤击测试仪臂以及被设置在所述锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部,

所述程序使计算机执行以下处理:

估计所述移动体的位置姿态信息,并且生成机体位置姿态估计信号,

生成锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号,

生成锤击测试仪锤子部位置姿态信号,

从所生成的机体位置姿态估计信号,生成第一传感器数据频率特性内插信号,

从所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态信号,生成第二传感器数据频率特性内插信号,以及

从所生成的第一传感器数据频率特性内插信号和所生成的第二传感器数据频率特性内插信号,生成锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号。

16.一种用于检查受检对象的状态的检查装置,包括:

锤击测试仪以及在上面安装所述锤击测试仪的移动体,

所述锤击测试仪包括锤击测试仪臂以及被设置在所述锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部,

所述检查装置包括:

用于估计所述移动体的位置姿态信息、并且生成机体位置姿态估计信号的装置,

用于生成锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号的装置,

用于生成锤击测试仪锤子部位置姿态信号的装置,

用于接收所生成的机体位置姿态估计信号、并且从所接收的机体位置姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号的装置,

用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号以及所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态信号、并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号的装置,以及

用于接收所生成的第一传感器数据频率特性内插信号和所生成的第二传感器数据频率特性内插信号、并且从所接收的第一传感器数据频率特性内插信号和所接收的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号的装置。

17.根据权利要求16所述的检查装置,其中,用于生成锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号的装置包括:

用于检测所述锤击测试仪锤子部的远端与锤击对象的表面之间的距离、并且从所检测的距离生成距离传感器信号的装置,

用于检测被施加到所述锤击测试仪锤子部的力信息并且从所检测的力信息生成力传感器信号的装置,以及

用于检测所述锤击测试仪锤子部的位置姿态信息、并且从所检测的位置姿态信息生成

远端部位置姿态传感器信号的装置，

其中，所述锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号是从所述距离传感器信号、所述力传感器信号以及所述远端部位置姿态传感器信号来被生成的。

18.根据权利要求16所述的检查装置，其中，用于生成锤击测试仪锤子部位置姿态信号的装置包括：

用于检测所述锤击测试仪臂的线性运动部的位移信息、并且从所检测的位移信息生成线性运动部位移传感器信号的装置，

用于检测远端部角度信息、并且从所检测的远端部角度信息生成远端部角度传感器信号的装置，以及

用于检测臂部角度信息、并且从所检测的臂部角度信息生成臂部角度传感器信号的装置，

其中，所述锤击测试仪锤子部位置姿态信号是从所述线性运动部位移传感器信号、所述远端部角度传感器信号以及所述臂部角度传感器信号来被生成的。

19.根据权利要求16所述的检查装置，其中，

用于生成第一传感器数据频率特性内插信号的装置，通过对所述机体位置姿态估计信号应用考虑了针对所述移动体的位置和姿态的控制系统的频率特性的加权处理和在采样频率之间的内插处理的组合，来生成所述第一传感器数据频率特性内插信号。

20.根据权利要求16所述的检查装置，其中，

用于生成第二传感器数据频率特性内插信号的装置，通过对所述锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所述锤击测试仪锤子部位置姿态信号应用考虑了针对所述锤击测试仪臂的线性运动部、远端部以及臂部的控制系统的频率特性的加权处理和在采样频率之间的内插处理的组合，来生成所述第二传感器数据频率特性内插信号。

21.根据权利要求16所述的检查装置，其中，

用于生成锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号的装置，通过使用所述第一传感器数据频率特性内插信号作为传播信号并且使用所述第二传感器数据频率特性内插信号作为更新信号来执行卡尔曼滤波处理，来生成所述锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号。

22.根据权利要求16所述的检查装置，包括：

用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号、并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号生成机体位置姿态驱动命令信号的装置，

用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号、并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号生成远端部致动器命令信号的装置；

用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号、并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号生成臂部致动器命令信号的装置，

用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号、并且从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号生成线性运动部致动器命令信号的装置，以及

用于基于所生成的机体位置姿态驱动命令信号来调节所述移动体的所述机体的位置和/或姿态的装置，

其中，

远端部致动器具有用于接收所生成的远端部致动器命令信号的装置，

臂部致动器具有用于接收所生成的臂部致动器命令信号的装置,以及

线性运动部致动器具有用于接收所生成的线性运动部致动器命令信号的装置。

23.一种检查系统,其包括:

根据权利要求1至7、16至22中的任意一项所述的检查装置,以及

通过有线或无线的方式与所述检查装置进行通信的通信装置。

检查装置、检查装置的控制方法及控制程序

技术领域

[0001] [相关申请的交叉引用]

[0002] 本发明要求(于2017年3月31日提交的)日本专利申请No.2017-073041的优先权，并且该申请的整个公开通过引用结合于此。

[0003] 本发明涉及一种检查装置、控制检查装置的方法以及控制该检查装置的程序。

背景技术

[0004] 测试诸如桥梁、隧道等的测试对象的损坏、缺陷等的方法中的一个是锤击测试，在该锤击测试中用锤子等击打测试对象以确认锤击声音。提出了与该锤击测试有关的一些技术。

[0005] 专利文献1公开了一种检测外壁的浮动的系统，该系统具有检测设备以及对该检测设备执行远程控制的监视和处理装置。检测设备安装在移动飞行器上并且具有锤击工具，移动飞行器控制接收器、声音收集器以及锤击声音发送器。监视和控制装置具有移动飞行器控制发送器、锤击声音接收器以及扬声器。操作者对移动飞行器执行远程控制，并借助于锤击工具锤击建筑物的外壁。

[0006] 专利文献2公开了一种隧道衬砌混凝土的锤击测试装置，该装置具有被设置在沿隧道的轴向行驶的车辆中的支柱以及附接到该支柱的上端部的臂。在臂的远端，提供了支撑板，并且支撑板装备有两排间隔的保持轮以及布置在两排间隔的保持轮之间的一个锤子。该锤击测试装置使两排间隔的保持轮与隧道衬砌混凝土的表面接触以跟随该表面的不平坦，从而使隧道衬砌混凝土的表面与锤子的锤击开始位置之间保持恒定间隔。

[0007] 专利文献3公开了一种结构锤击测试装置，该装置具有锤击并测试结构表面的测试头以及在将测试头按压在结构的测试区域上的同时使测试头移动的头移动装置。在具有头移动装置的自动行驶车辆移动的同时，该结构锤击测试装置以一系列连续动作对预定测试区域执行锤击测试。

[0008] 专利文献4公开了一种混凝土安定性确定装置，该混凝土安定性确定装置具有沿着机器人行驶轨道连续行驶和停止的测试机器人。该确定装置旨在通过使被设置在测试机器人中的麦克风保持恒定位置来精确地收集锤子的锤击声音并且同时通过仅经由测量单元的升高或降低降操作使声音接收释放端部分与混凝土区域接触或分离来缩短测试时间持续时间。

[0009] [专利文献1]JP 2012-145346 A

[0010] [专利文献2]JP 2004-205216 A

[0011] [专利文献3]JP 3595492 B2

[0012] [专利文献4]JP 2002-303610 A

发明内容

[0013] 根据本公开给出以下分析。

[0014] 在专利文献1中所公开的外壁浮动检测系统中，操作者必须对移动飞行器执行远程控制以将移动飞行器引导到适当的检查位置。因此，操作者需要驾驶移动飞行器的技能。如果操作者在驾驶方面缺乏经验，则检查操作会花费出乎意料地很多时间或者不能成功执行。

[0015] 在专利文献2中所公开的隧道衬砌混凝土的锤击测试装置中，需要使诸如在其上安装该锤击测试装置的2吨卡车的车辆行驶，从而移动隧道衬砌混凝土的锤击测试装置。因此，该锤击测试设备不能对位于车辆不能靠近的位置处的检查位置执行锤击测试。

[0016] 在专利文献3中所公开的结构锤击测试装置中，使在其上安装检查头和头移动装置的自动行驶车辆行驶。因此，该锤击测试装置无法对位于自动行驶车辆不能靠近的位置处的检查位置执行锤击测试。

[0017] 在专利文献4中所公开的混凝土安定性确定装置中，使在其上安装测试机器人的自动行驶车辆行驶。因此，该确定装置无法对位于自动行驶车辆不能靠近的位置处的检查部分执行安定性确定。

[0018] 本公开至少具有解决上述问题中的至少一个的目的。

[0019] 根据本公开的第一方面，提供了一种检查受检对象的检查装置。

[0020] 该检查装置包括锤击测试仪以及在其上安装锤击测试仪的移动体。

[0021] 锤击测试仪包括锤击测试仪臂以及被设置在锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部。

[0022] 该检查装置包括：

[0023] 机体位置姿态估计器，该机体位置姿态估计器被配置为估计移动体的位置姿态信息并生成机体位置姿态估计信号，

[0024] 锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号生成器，该锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号生成器被配置为生成锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号，

[0025] 锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成器，该锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成器被配置为生成锤击测试仪锤子部位置姿态信号，

[0026] 第一传感器数据频率特性内插器，该第一传感器数据频率特性内插器被配置为接收所生成的机体位置姿态估计信号并从所接收的机体位置姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号，

[0027] 第二传感器数据频率特性内插器，该第二传感器数据频率特性内插器被配置为接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号以及所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号，以及

[0028] 锤击测试仪锤子部位置姿态估计器，该锤击测试仪锤子部位置姿态估计器被配置为接收所生成的第一传感器数据频率特性内插信号以及所生成的第二传感器数据频率特性内插信号并从所接收的第一传感器数据频率特性内插信号和所接收的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号。

[0029] 根据本公开的第二方面，提供了一种用于控制检查装置以检查受检对象的状态的方法，该装置包括锤击测试仪以及在其上安装锤击测试仪的移动体，该锤击测试仪具有锤击测试仪臂以及被设置在锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部。

[0030] 该控制方法包括以下步骤：

[0031] 估计移动体的位置姿态信息并生成机体位置姿态估计信号，

[0032] 生成锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号，

[0033] 生成锤击测试仪锤子部位置姿态信号，

[0034] 从所生成的机体位置姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号，

[0035] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号，以及

[0036] 从所生成的第一传感器数据频率特性内插信号和所生成的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号。

[0037] 根据本公开的第三方面，提供了一种计算机可读的非暂时性的记录介质，其被记录有用于控制检查装置以检查受检对象的状态的程序，该装置包括锤击测试仪以及在其上安装锤击测试仪的移动体，该锤击测试仪包括锤击测试仪臂以及被设置在锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部。

[0038] 该控制程序使计算机执行以下处理：

[0039] 估计移动体的位置姿态信息并生成机体位置姿态估计信号，

[0040] 生成锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号，

[0041] 生成锤击测试仪锤子部位置姿态信号，

[0042] 从所生成的机体位置姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号，

[0043] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号，以及

[0044] 从所生成的第一传感器数据频率特性内插信号和所生成的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号。

[0045] 根据本公开的第四方面，提供了一种用于检查受检对象的状态的检查装置。

[0046] 该检查装置包括锤击测试仪以及在其上安装锤击测试仪的移动体。

[0047] 该锤击测试仪包括锤击测试仪臂以及被设置在锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部。

[0048] 该检查装置包括：

[0049] 用于估计移动体的位置姿态信息并生成机体位置姿态估计信号的装置，

[0050] 用于生成锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号的装置，

[0051] 用于生成锤击测试仪锤子部位置姿态信号的装置，

[0052] 用于接收所生成的机体位置姿态估计信号并从所接收的机体位置姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号的装置，

[0053] 用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号以及所生成的锤击测试仪锤子部位置姿态信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态误差信号和所接收的锤击测试仪锤子部位置姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号的装置，以及

[0054] 用于接收所生成的第一传感器数据频率特性内插信号以及所生成的第二传感器数据频率特性内插信号并从所接收的第一传感器数据频率特性内插信号和所接收的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置姿态估计信号的装置。

附图说明

[0055] 图1是根据本公开的示例性实施例的检查装置的信号处理系统的主要部分的方框图。

[0056] 图2是图1所示的锤击测试仪锤子部误差信号生成器的方框图。

[0057] 图3是图1所示的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器的方框图。

[0058] 图4是根据本公开的示例性实施例的用于驱动检查装置的信号处理系统的方框图。

[0059] 图5是根据本公开的示例性实施例的检查装置的示例。

具体实施方式

[0060] 将参考图1至图5描述本公开的概述。在概述中添加附图标记仅为了更好地理解本概述，而无意限制为与附图中所示的示例相同。

[0061] 检查装置通常是在其上安装锤击测试仪101的移动体100，该锤击测试仪101具有在其远端处具有锤击测试仪锤子部103的锤击测试仪臂102(参见图5)。根据本公开的检查装置具有以下作为其信号处理系统的主要部分：机体位置/姿态估计器1，用于估计移动体100的位置/姿态信息并生成机体位置/姿态估计信号20；锤击测试仪锤子部误差信号生成器2，用于生成锤击测试仪锤子部误差信号21；锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3，用于生成锤击测试仪锤子部位置/姿态信号22；第一传感器数据频率特性内插器4，用于接收所生成的机体位置/姿态估计信号20，并从所接收的机体位置/姿态估计信号20生成第一传感器数据频率特性内插信号23；第二传感器数据频率特性内插器5，用于接收所生成的锤击测试仪锤子部误差信号21和所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号22，并从所接收的锤击测试仪锤子部误差信号21和所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号22生成第二传感器数据频率特性内插信号24；以及锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器6，用于接收所生成的第一传感器数据频率特性内插信号23和所生成的第二传感器数据频率特性内插信号24，并从所接收的第一传感器数据频率特性内插信号23和所接收的第二传感器数据频率特性内插信号24生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25(参考图1)。应注意的是这里所提到的“机体”是指移动体100的机体。

[0062] 在如此配置的检查装置中，锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25如下来生成。也就是说，考虑到配置有低数据采样率处理系统的第一传感器数据频率特性内插器4中的机体控制系统的频率特性，使由在其上安装锤击测试仪101的移动体100的机体位置/姿态估计器1所生成的移动体100的机体位置/姿态估计信号20受到加权内插，从而生成第一传感器数据频率特性内插信号23；考虑到配置有高数据采样率处理系统的第二传感器数据频率特性内插器5中的锤击测试仪控制系统的频率特性，使锤击测试仪锤子部误差信号21和锤击测试仪锤子部位置/姿态信号22(这两者可被统称为锤击测试仪锤子部相对误差估计信号)受到加权内插，从而生成第二传感器数据频率特性内插信号24；在锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器6中对第一传感器数据频率特性内插信号23和第二传感器数据频率特性内插信号24进行组合以生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25。

[0063] 因此，即使由机体位置/姿态估计器1所生成的移动体100的机体位置/姿态估计信号20的采样间隔相对较长并且因而从信号所获得的频带和精确度受到物理限制，本公开也

使得可以实时且高精确度地生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25，并且作为结果，实时且高精确度地调节锤击测试仪锤子部103的位置和/或姿态。

[0064] 此外，根据本公开，锤击测试仪锤子部误差信号生成器2包括被设置在锤击测试仪锤子部103的远端处的距离传感器7、被设置在锤击测试仪锤子部103中的力传感器8以及被设置在锤击测试仪锤子部103中的远端部位置/姿态传感器9。距离传感器7检测锤击测试仪锤子部103的远端与锤击对象的表面之间的距离并从所检测的距离生成距离传感器信号26。力传感器8检测施加到锤击测试仪锤子部的力信息并从所检测的力信息生成力传感器信号27。远端部位置/姿态传感器9检测锤击测试仪锤子部103的位置/姿态信息并从所检测的位置/姿态信息生成远端部位置/姿态传感器信号28。锤击测试仪锤子部误差信号生成器2的锤击测试仪锤子部误差信号21从距离传感器信号26、力传感器信号27以及远端部位置/姿态传感器信号28生成(参见图2)。

[0065] 此外，根据本公开，锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3包括被设置在锤击测试仪臂102的线性运动部中的线性运动部位移传感器10、被设置在锤击测试仪臂102的远端部角度驱动部中的远端部角度传感器11以及被设置在锤击测试仪臂102的臂部角度驱动部中的臂部角度传感器12。线性运动部位移传感器10检测线性运动部的位移信息并从所检测的位移信息生成线性运动部位移传感器信号29。远端部角度传感器11检测远端部角度信息并从所检测的远端部角度信息生成远端部角度传感器信号30。臂部角度传感器12检测臂部角度信息并从所检测的臂部角度信息生成臂部角度传感器信号31。锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号22从线性运动部位移传感器信号29、远端部角度传感器信号30以及臂部角度传感器信号31生成(参见图3)。

[0066] 此外，根据本公开，检查装置包括：机体位置/姿态驱动命令信号生成器13，用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25生成机体位置/姿态驱动命令信号；远端部致动器命令信号生成器14，用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25生成远端部致动器命令信号；臂部致动器命令信号生成器15，用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25生成臂部致动器命令信号；以及线性运动部致动器命令信号生成器16，用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25生成线性运动部致动器命令信号(参见图4)。移动体100的机体的位置和/或姿态基于机体位置/姿态驱动命令信号来调节。另一方面，锤击测试仪锤子部103的位置和/或姿态(或方向)通过分别基于远端部致动器命令信号、臂部致动器命令信号以及线性运动部致动器命令信号来驱动锤击测试仪101的远端部致动器、臂部致动器以及线性运动部致动器来调节。

[0067] 应当注意的是，根据本公开的检查装置通常用于检查诸如桥梁、隧道等的受检对象的状态，特别是其诸如损坏、缺陷等的劣化状态。移动体包括但不局限于诸如多旋翼直升机或无人机的飞行器。例如，移动体还可以包括汽车(地面行驶车辆)。此外，有利地，移动体可以是有人驾驶或无人驾驶类型。此外，包括检查装置以及通过有线或无线与该检查装置进行通信的通信装置的检查系统可被配置。通信系统例如具有向检查装置发送命令检查装置接近受检对象的目标部分或与受检对象的目标部分分离的命令信号的功能以及接收由

检查装置所拍摄的图像信息的功能。另外，检查装置可以包括对这些信号或信息进行处理的信息处理装置。

[0068] 在下文中，将参考附图对本公开的具体示例性实施例进行详细说明。在以下示例性实施例中添加附图标记仅为了更好地理解，其中无意限制为与附图中所示的模式相同。

[0069] 图1示出了根据本公开的示例性实施例的检查装置的信号处理的主要部分的方框图。如图5所示，在该示例性实施例中，检查装置被如此配置以包括锤击测试仪101以及其上安装锤击测试仪101的移动体(车辆)100，其中锤击测试仪101被如此配置以包括锤击测试仪臂102以及被设置在锤击测试仪臂102的远端(末端)处的锤击测试仪锤子部103。在该示例性实施例中移动体100是多旋翼直升机。

[0070] 如图1所示，检查装置包括机体位置/姿态估计器1、锤击测试仪锤子部误差信号生成器2、锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3、第一传感器数据频率特性内插器4、第二传感器数据频率特性内插器5以及锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器6。

[0071] 图2是图1所示的锤击测试仪锤子部误差信号生成器2的方框图。如所示的，锤击测试仪锤子部误差信号生成器2被如此配置以包括距离传感器7、力传感器8以及远端部位置/姿态传感器9。距离传感器7被设置在锤击测试仪锤子部103的远端处，检测锤击测试仪锤子部103的远端与被锤击对象的表面之间的距离并从所检测的距离生成距离信号26。力传感器8被设置在锤击测试仪锤子部103中，检测施加到锤击测试仪锤子部103的力信息并从所检测的力信息生成力传感器信号27。远端部位置/姿态传感器9被设置在锤击测试仪锤子部103中，检测锤击测试仪锤子部103的位置/姿态信息并从所检测的位置/姿态信息生成远端部位置/姿态传感器信号28。锤击测试仪锤子部误差信号生成器2从距离信号26、力传感器信号27以及远端部位置/姿态传感器信号28生成锤击测试仪锤子部误差信号21。

[0072] 图3是图1所示的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3的方框图。如所示的，锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3被如此配置以包括线性运动部位移传感器10、远端部角度传感器11以及臂部角度传感器12。线性运动部位移传感器10被设置在锤击测试仪臂102的线性运动部中，检测线性运动部的位移并从所检测的位移信息生成线性运动部位移传感器信号29。远端部角度传感器11被设置在锤击测试仪臂102的远端部角度驱动部中，检测远端部角度信息并从所检测的远端部角度信息生成远端部角度传感器信号30。臂部角度传感器12被设置在锤击测试仪臂102的臂部角度驱动部中，检测臂部角度信息并从所检测的臂部角度信息生成臂部角度传感器信号31。锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3从线性运动部位移传感器信号29、远端部角度传感器信号30以及臂部角度传感器信号31生成锤击测试仪锤子部位置/姿态信号22。

[0073] 锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器6从第一传感器数据频率特性内插信号23和第二传感器数据频率特性内插信号24生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25，其中信号23是由第一传感器数据频率特性内插器4从在机体位置/姿态估计器1中所检测的机体位置/姿态估计信号20生成，并且信号24是由第二传感器数据频率特性内插器5从通过锤击测试仪锤子部误差信号生成器2生成的锤击测试仪锤子部误差信号21和通过锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号22生成的。

[0074] 图4是根据本公开的示例性实施例的用于驱动检查装置的信号处理系统的方框图。检查装置包括机体位置/姿态驱动命令信号生成器13、远端部致动器命令信号生成器

14、臂部致动器命令信号生成器15以及线性运动部致动器命令信号生成器16。机体位置/姿态驱动命令信号生成器13接收锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25生成机体位置/姿态驱动命令信号。远端部致动器命令信号生成器14接收锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25生成远端部致动器命令信号。臂部致动器命令信号生成器15接收锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25生成臂部致动器命令信号。线性运动部致动器命令信号生成器16接收锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25生成线性运动部致动器命令信号。

[0075] 移动体100的机体的位置和/或姿态基于机体位置/姿态驱动命令信号来被调节。另一方面，锤击测试仪锤子部103的位置和/或姿态(或方向)通过分别基于远端部致动器命令信号、臂部致动器命令信号以及线性运动部致动器命令信号来驱动锤击测试仪101的远端部致动器、臂部致动器以及线性运动部致动器来被调节。

[0076] 下面说明以1kHz的高采样频率来估计并生成被设置在锤击测试仪101的远端部处的锤击测试仪锤子部102的位置/姿态信息的情况。

[0077] 首先，为了高精度地再现由被设置为大约2Hz的机体控制带所获得的机体的行为，第一传感器数据频率特性内插器4同时执行加重约2Hz的频率特性信号的频带限制加重滤波(带通滤波/窗口功能)处理以及对机体位置/姿态估计器1以最多10Hz的采样频率生成的机体位置/姿态估计信号20的数据内插处理。作为结果，第一传感器数据频率特性内插器4生成能够与作为锤击测试仪锤子部103的位置/姿态信息而获得的1kHz的高采样频率的估计信号相对应的第一传感器数据频率特性内插信号23。

[0078] 为了从此时可仅以最多10Hz的采样频率所获得的机体位置/姿态估计信号20得出1kHz的高采样频率的估计信号，执行以下处理。

[0079] 包含在机体位置/姿态估计信号20中的机体速度和机体角速度被分别设置为${}^{f}s_k$和${}^{f}\omega_k$。此外，根据机体位置和机体姿态${}^{f}r_k$和${}^{f}\theta_k$，将系统状态量和误差协方差矩阵分别设置为${}^{f}x_k=[{}^{f}r_k^T\ {}^{f}\theta_k^T]^T$和${}^{f}P_k$。并且基于线性概率系统(状态空间模型)：

[0080]
$$\begin{cases} {}^{f}\mathbf{x}_{k+1}={}^{f}\boldsymbol{\Phi}_k\,{}^{f}\mathbf{x}_k+{}^{f}\mathbf{G}_k\,{}^{f}\mathbf{w}_k+{}^{f}\mathbf{D}_k\,{}^{f}\mathbf{u}_k \\ {}^{f}\mathbf{z}_k={}^{f}\mathbf{H}_k\,{}^{f}\boldsymbol{\theta}_k+{}^{f}\mathbf{v}_k \end{cases} \quad (1)$$

[0081] (${}^{f}\Phi_k$是状态转移矩阵，${}^{f}G_k$是驱动噪声矩阵，${}^{f}D_k$是驱动输入矩阵，${}^{f}H_k$是观测矩阵，${}^{f}u_k$是${}^{f}u_k=[{}^{f}s_k^T\ {}^{f}\omega_n^T]^T$，并且${}^{0}z_k$是观测信号)，第一传感器数据频率特性内插器4使用以下公式以通过对系统状态量${}^{0}\mathbf{x}_{k+1}^{-}$的预测值和误差协方差矩阵预测值${}^{0}\mathbf{P}_{k+1}^{-}$生成姿态预测值/误差协方差值信号。

[0082]
$${}^{f}\mathbf{x}_{k+1}^{-}={}^{f}\boldsymbol{\Phi}_k\,{}^{f}\mathbf{x}_k^{+}+{}^{f}\mathbf{D}_k\,{}^{f}\mathbf{u}_k \quad (2)$$

[0083]
$${}^{f}\mathbf{P}_{k+1}^{-}={}^{f}\boldsymbol{\Phi}_k\,{}^{f}\mathbf{P}_k^{+}\,{}^{f}\boldsymbol{\Phi}_k^{T}+{}^{f}\mathbf{G}_k\,{}^{f}\mathbf{Q}_k\,{}^{f}\mathbf{G}_k^{T} \quad (3)$$

[0084] 在上面的公式中，上标“+”指示卡尔曼滤波处理后的估计值，上标“-”指示卡尔曼滤波处理前的传播预测值，上标“T”指示转置矩阵并且下标“k”指示观测时间序列的顺序。假设系统噪声${}^{f}w_k$和观测噪声${}^{f}v_k$是彼此独立的白噪声，并且${}^{f}Q_k$指示系统噪声${}^{f}w_k$的协方差矩

阵(由卡尔曼滤波器设计者根据飞行对象的动态特性所设置的设计参数)。

[0085] 此外,第一传感器数据频率特性内插器4将包含在机体位置/姿态估计信号20中的位置/姿态视为公式(1)的卡尔曼滤波器的更新值,并使用下标“n”以通过“n”用于在该(当前)时间时的观测以及“n+1”用于下一时间时的观测来描述观测时间序列的顺序。内插器4通过使用以下公式(4)、(5)、(6)来执行该卡尔曼滤波器更新处理。

[0086] $$ {}^{f}\mathbf{K}_n = {}^{f}\mathbf{P}_n^{-}\,{}^{f}\mathbf{H}_n\left({}^{f}\mathbf{H}_n^{T}\,{}^{f}\mathbf{P}_n^{-}\,{}^{f}\mathbf{H}_n + {}^{f}\mathbf{R}_n\right)^{-1} \quad (4) $$

[0087] $$ {}^{f}\mathbf{x}_n^{+} = {}^{f}\mathbf{x}_n^{-} + {}^{f}\mathbf{K}_n\left({}^{f}\mathbf{z}_n - {}^{f}\mathbf{H}_n^{T}\,{}^{f}\mathbf{x}_n^{-}\right) \quad (5) $$

[0088] $$ {}^{f}\mathbf{P}_n^{+} = {}^{f}\mathbf{P}_n^{-} - {}^{f}\mathbf{K}_n\,{}^{f}\mathbf{H}_n^{T}\,{}^{f}\mathbf{P}_n^{-} \quad (6) $$

[0089] 在上文中,${}^{f}R_n$是观测噪声${}^{f}v_n$的协方差矩阵(根据由假想卡尔曼滤波器设计者所应用的陀螺仪特性所设置的设计参数),并且上标“-1”表示逆矩阵。

[0090] 最后根据上述结果,通过公式(2)和(5)从第一传感器数据频率特性内插器4所获得的机体位置/姿态估计内插数据作为第一传感器数据频率特性内插信号23被生成。

[0091] 接下来,为了可以高精度地估计在被设置为大约30Hz的锤击测试仪控制带中进行操作的锤击测试仪的行为,第二传感器数据频率特性内插器5同时执行对从以约30Hz为中心的频率分量所获得的信号执行加权的频率加重滤波(带通滤波/窗口功能)处理以及对以1kHz的采样频率从锤击测试仪锤子部误差信号21和锤击测试仪锤子部位置/姿态信号22获得的远端部位置/姿态信号的数据内插处理。作为结果,第二传感器数据频率特性内插器5生成第二传感器数据频率特性内插信号24。

[0092] 此后,锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器6将第一传感器数据频率特性内插信号23与第二传感器数据频率特性内插信号24进行组合,从而可以以1kHz和10Hz的采样频率生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号25。第一传感器数据频率特性内插信号23是通过在第一传感器数据频率特性内插器4中使机体位置/姿态估计信号20受到通过基于机体位置/姿态行为的控制带的频率加权的加重处理并且同时受到数据内插处理而作为1kHz采样频率的等效被生成的机体的位置/姿态估计信号。第二传感器数据频率特性内插信号24是通过使从锤击测试仪锤子部误差信号生成器2和锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3所生成的信号受到通过基于锤击测试仪控制带的频率加权的加重处理并且同时受到数据内插处理而获得的锤击测试仪锤子部的远端的位置/姿态信号,该锤击测试仪锤子部误差信号生成器2以1kHz的采样频率生成锤击测试仪锤子部103的误差信号,该锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3用于以1kHz的采样频率生成锤击测试仪锤子部103的位置/姿态信号。

[0093] 因此,根据该示例性实施例,通过将第一传感器数据频率特性内插器4和第二传感器数据频率特性内插器5一起使用可容易地实现对从在采用频率和控制特性方面彼此不同的机体位置/姿态估计器1、锤击测试仪锤子部误差信号生成器2以及锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器3所获得的数据的最佳组合。因此,通过锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器6对锤击测试仪锤子部位置/姿态的估计是以接近理想状态的形式进行适当的处理。作为结果,与仅数据内插处理相比,根据该示例性实施例的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计的精确度进一步提高。

[0094] 如本文所述的第一传感器数据频率特性内插器4和第二传感器数据频率特性内插器5中的内插处理是结合滤波处理和数据内插处理被配置的独特技术，该独特技术被实现成为通过分别将机体和锤击测试仪锤子的动态特性作为其相应的控制系统的控制频率特性而适当地评估所获得的结果。因此，这些处理提供了仅先前已知技术的组合意想不到的特别显着的效果。

[0095] 在下文中，作为补充说明，提及在本说明书和附图中所公开的本发明的优选模式。

[0096] [模式1]

[0097] 一种用于检查受检对象的状态的检查装置，包括：

[0098] 锤击测试仪以及在其上安装所述锤击测试仪的移动体，

[0099] 所述锤击测试仪包括锤击测试仪臂以及被设置在所述锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部，

[0100] 所述检查装置包括：

[0101] 机体位置/姿态估计器，所述机体位置/姿态估计器用于估计所述移动体的位置/姿态信息并生成机体位置/姿态估计信号，

[0102] 锤击测试仪锤子部误差信号生成器，所述锤击测试仪锤子部误差信号生成器用于生成锤击测试仪锤子部误差信号，

[0103] 锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器，所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器用于生成锤击测试仪锤子部位置/姿态信号，

[0104] 第一传感器数据频率特性内插器，所述第一传感器数据频率特性内插器用于接收所生成的机体位置/姿态估计信号并从所接收的机体位置/姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号，

[0105] 第二传感器数据频率特性内插器，所述第二传感器数据频率特性内插器用于接收所生成的锤击测试仪锤子部误差信号以及所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号并从所接收的锤击测试仪锤子部误差信号和所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号，以及

[0106] 锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器，所述锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器用于接收所生成的第一传感器数据频率特性内插信号以及所生成的第二传感器数据频率特性内插信号并从所接收的第一传感器数据频率特性内插信号和所接收的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号。

[0107] [模式2]

[0108] 根据模式1所述的检查装置，其中

[0109] 所述锤击测试仪锤子部误差信号生成器包括：

[0110] 距离传感器，所述距离传感器被设置在锤击测试仪锤子部的远端处，检测所述锤击测试仪锤子部的所述远端与锤击对象的表面之间的距离并从所检测的距离生成距离传感器信号，

[0111] 力传感器，所述力传感器被设置在所述锤击测试仪锤子部中，检测施加到所述锤击测试仪锤子部的力信息并从所检测的力信息生成力传感器信号，以及

[0112] 远端部位置/姿态传感器，所述远端部位置/姿态传感器被设置在所述锤击测试仪锤子部中，检测所述锤击测试仪锤子部的位置/姿态信息并从所检测的位置/姿态信息生成

远端部位置/姿态传感器信号，

[0113] 其中，所述锤击测试仪锤子部误差信号是从所述距离传感器信号、所述力传感器信号以及所述远端部位置/姿态传感器信号被生成的。

[0114] [模式3]

[0115] 根据模式1或2所述的检查装置，其中，

[0116] 所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器包括：

[0117] 线性运动部位移传感器，所述线性运动部位移传感器被设置在所述锤击测试仪臂的线性运动部中，检测所述线性运动部的位移信息并从所检测的位移信息生成线性运动部位移传感器信号，

[0118] 远端部角度传感器，所述远端部角度传感器被设置在所述锤击测试仪臂的远端部角度驱动部中，检测远端部角度信息并从所检测的远端部角度信息生成远端部角度传感器信号，以及

[0119] 臂部角度传感器，所述臂部角度传感器被设置在所述锤击测试仪臂的臂部角度驱动部中，检测臂部角度信息并从所检测的臂部角度信息生成臂部角度传感器信号，

[0120] 其中，所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号是从所述线性运动部位移传感器信号、所述远端部角度传感器信号以及所述臂部角度传感器信号被生成的。

[0121] [模式4]

[0122] 根据模式1至3中的任一个所述的检查装置，其中，

[0123] 所述第一传感器数据频率特性内插器被配置以通过向所述机体位置/姿态估计信号应用考虑了针对所述移动体的位置和姿态的控制系统的频率特性的加权处理与在采样频率之间的内插处理的组合而生成所述第一传感器数据频率特性内插信号。

[0124] [模式5]

[0125] 根据模式1至4中的任一个所述的检查装置，其中，

[0126] 所述第二传感器数据频率特性内插器被配置以通过向所述锤击测试仪锤子部误差信号和所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号应用考虑了针对所述锤击测试仪臂的线性运动部、远端部以及臂部的控制系统的频率特性的加权处理与在采样频率之间的内插处理的组合而生成所述第二传感器数据频率特性内插信号。

[0127] [模式6]

[0128] 根据模式1至5中的任一个所述的检查装置，其中，

[0129] 所述锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器被配置以通过使用所述第一传感器数据频率特性内插信号作为传播信号并且使用所述第二传感器数据频率特性内插信号作为更新信号来执行卡尔曼滤波处理而生成所述锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号。

[0130] [模式7]

[0131] 根据模式1至6中的任一个所述的检查装置，包括：

[0132] 机体位置/姿态驱动命令信号生成器，所述机体位置/姿态驱动命令信号生成器用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成机体位置/姿态驱动命令信号；

[0133] 远端部致动器命令信号生成器，所述远端部致动器命令信号生成器用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估

计信号生成远端部致动器命令信号；

[0134] 臂部致动器命令信号生成器，所述臂部致动器命令信号生成器用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成臂部致动器命令信号；以及

[0135] 线性运动部致动器命令信号生成器，所述线性运动部致动器命令信号生成器用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成线性运动部致动器命令信号。

[0136] [模式8]

[0137] 一种用于控制检查装置以检查受检对象的状态的方法，所述装置包括锤击测试仪以及在其上安装所述锤击测试仪的移动体，所述锤击测试仪具有锤击测试仪臂以及被设置在所述锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部，

[0138] 所述控制方法包括以下步骤：

[0139] 估计所述移动体的位置/姿态信息并生成机体位置/姿态估计信号，

[0140] 生成锤击测试仪锤子部误差信号，

[0141] 生成锤击测试仪锤子部位置/姿态信号，

[0142] 从所生成的机体位置/姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号，

[0143] 从所生成的锤击测试仪锤子部误差信号和所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号，以及

[0144] 从所生成的第一传感器数据频率特性内插信号和所生成的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号。

[0145] [模式9]

[0146] 根据模式8所述的控制方法，包括以下步骤：

[0147] 检测所述锤击测试仪锤子部的远端与锤击对象的表面之间的距离并且从所检测的距离生成距离传感器信号，

[0148] 检测施加到所述锤击测试仪锤子部的力信息并从所检测的力信息生成力传感器信号，

[0149] 检测所述锤击测试仪锤子部的位置/姿态信息并从所检测的位置/姿态信息生成远端部位置/姿态传感器信号，以及

[0150] 从所述距离传感器信号、所述力传感器信号以及所述远端部位置/姿态传感器信号生成所述锤击测试仪锤子部误差信号。

[0151] [模式10]

[0152] 根据模式8或9所述的控制方法，包括以下步骤：

[0153] 检测所述锤击测试仪臂的线性运动部的位移信息并从所检测的位移信息生成线性运动部位移传感器信号，

[0154] 检测远端部角度信息并且从所检测的远端部角度信息生成远端部角度传感器信号，

[0155] 检测臂部角度信息并从所检测的臂部角度信息生成臂部角度传感器信号，以及

[0156] 从所述线性运动部位移传感器信号、所述远端部角度传感器信号以及所述臂部角度传感器信号生成所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号。

[0157] [模式11]

[0158] 根据模式8至10中的任一个所述的控制方法，包括：

[0159] 通过向所述机体位置/姿态估计信号应用考虑了针对所述移动体的位置和姿态的控制系统的频率特性的加权处理与在采样频率之间的内插处理的组合而生成所述第一传感器数据频率特性内插信号。

[0160] [模式12]

[0161] 根据模式8至11中的任一个所述的控制方法，包括：

[0162] 通过向所述锤击测试仪锤子部误差信号和所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号应用考虑了针对所述锤击测试仪臂的所述线性运动部、所述远端部以及所述臂部的控制系统的频率特性的加权处理与在采样频率之间的内插处理的组合而生成所述第二传感器数据频率特性内插信号。

[0163] [模式13]

[0164] 根据模式8至12中的任一个所述的控制方法，包括：

[0165] 通过使用所述第一传感器数据频率特性内插信号作为传播信号并且使用所述第二传感器数据频率特性内插信号作为更新信号来执行卡尔曼滤波处理而生成所述锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号。

[0166] [模式14]

[0167] 根据模式8至13中的任一个所述的控制方法，包括：

[0168] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成机体位置/姿态驱动命令信号，

[0169] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成远端部致动器命令信号，

[0170] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成臂部致动器命令信号，以及

[0171] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成线性运动部致动器命令信号，

[0172] 基于所生成的机体位置/姿态驱动命令信号，调节所述移动体的所述机体的位置和/或姿态，以及

[0173] 基于所生成的远端部致动器命令信号、所生成的臂部致动器命令信号以及所生成的线性运动部致动器命令信号，调节所述锤击测试仪锤子部的位置和/或姿态。

[0174] [模式15]

[0175] 一种用于控制检查装置以检查受检对象的状态的程序，所述装置包括锤击测试仪以及在其上安装所述锤击测试仪的移动体，所述锤击测试仪包括锤击测试仪臂以及被设置在所述锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部，

[0176] 所述控制程序使计算机执行以下处理：

[0177] 估计所述移动体的位置/姿态信息并生成机体位置/姿态估计信号，

[0178] 生成锤击测试仪锤子部误差信号，

[0179] 生成锤击测试仪锤子部位置/姿态信号，

[0180] 从所生成的机体位置/姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号，

[0181] 从所生成的锤击测试仪锤子部误差信号和所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态

信号生成第二传感器数据频率特性内插信号,以及

[0182] 从所生成的第一传感器数据频率特性内插信号和所生成的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号,

[0183] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成机体位置/姿态驱动命令信号

[0184] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成远端部致动器命令信号,

[0185] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成臂部致动器命令信号,以及

[0186] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成线性运动部致动器命令信号,

[0187] 基于所生成的机体位置/姿态驱动命令信号,调节所述移动体的所述机体的位置和/或姿态,以及

[0188] 基于所生成的远端部致动器命令信号、所生成的臂部致动器命令信号以及所生成的线性运动部致动器命令信号,调节所述锤击测试仪锤子部的位置和/或姿态。

[0189] [模式16]

[0190] 根据模式15所述的控制程序,

[0191] 使计算机执行以下处理:

[0192] 检测所述锤击测试仪锤子部的远端与锤击对象的表面之间的距离并从所检测的距离生成距离传感器信号,

[0193] 检测施加到所述锤击测试仪锤子部的力信息并从所检测的力信息生成力传感器信号,

[0194] 检测所述锤击测试仪锤子部的位置/姿态信息并从所检测的位置/姿态信息生成远端部位置/姿态传感器信号,以及

[0195] 从所述距离传感器信号、所述力传感器信号以及所述远端部位置/姿态传感器信号生成所述锤击测试仪锤子部误差信号。

[0196] [模式17]

[0197] 根据模式15或16所述的控制程序,

[0198] 使计算机执行以下处理:

[0199] 检测所述锤击测试仪臂的线性运动部的位移信息并从所检测的位移信息生成线性运动部位移传感器信号,

[0200] 检测远端部角度信息并且从所检测的远端部角度信息生成远端部角度传感器信号,

[0201] 检测臂部角度信息并从所检测的臂部角度信息生成臂部角度传感器信号,以及

[0202] 从所述线性运动部位移传感器信号、所述远端部角度传感器信号以及所述臂部角度传感器信号生成所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号。

[0203] [模式18]

[0204] 根据模式15至17中的任一个所述的控制程序,

[0205] 使计算机执行以下处理:

[0206] 通过向所述机体位置/姿态估计信号应用考虑了针对所述移动体的位置和姿态的

控制系统的频率特性的加权处理与在采样频率之间的内插处理的组合而生成所述第一传感器数据频率特性内插信号。

[0207] [模式19]

[0208] 根据模式15至18中的任一个所述的控制程序，

[0209] 使计算机执行以下处理：

[0210] 通过向所述锤击测试仪锤子部误差信号和所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号应用考虑了针对所述锤击测试仪臂的所述线性运动部、所述远端部以及所述臂部的控制系统的频率特性的加权处理与在采样频率之间的内插处理的组合而生成所述第二传感器数据频率特性内插信号。

[0211] [模式20]

[0212] 根据模式15至19中的任一个所述的控制程序，

[0213] 通过使用所述第一传感器数据频率特性内插信号作为传播信号并且使用所述第二传感器数据频率特性内插信号作为更新信号来执行卡尔曼滤波处理而生成所述锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号。

[0214] [模式21]

[0215] 根据模式15至20中的任一个所述的控制程序，

[0216] 使计算机执行以下处理：

[0217] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成机体位置/姿态驱动命令信号，

[0218] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成远端部致动器命令信号，

[0219] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成臂部致动器命令信号，以及

[0220] 从所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成线性运动部致动器命令信号，

[0221] 基于所生成的机体位置/姿态驱动命令信号，调节所述移动体的所述机体的位置和/或姿态，以及

[0222] 基于所生成的远端部致动器命令信号、所生成的臂部致动器命令信号以及所生成的线性运动部致动器命令信号，调节所述锤击测试仪锤子部的位置和/或姿态。

[0223] [模式22]

[0224] 一种用于检查受检对象的状态的检查装置，包括：

[0225] 锤击测试仪以及在其上安装所述锤击测试仪的移动体，

[0226] 所述锤击测试仪包括锤击测试仪臂以及被设置在所述锤击测试仪臂的远端处的锤击测试仪锤子部，

[0227] 所述检查装置包括：

[0228] 用于估计所述移动体的位置/姿态信息并生成机体位置/姿态估计信号的装置，

[0229] 用于生成锤击测试仪锤子部误差信号的装置，

[0230] 用于生成锤击测试仪锤子部位置/姿态信号的装置，

[0231] 用于接收所生成的机体位置/姿态估计信号并从所接收的机体位置/姿态估计信号生成第一传感器数据频率特性内插信号的装置，

[0232] 用于接收所生成的锤击测试仪锤子部误差信号以及所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号并从所接收的锤击测试仪锤子部误差信号和所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成第二传感器数据频率特性内插信号的装置,以及

[0233] 用于接收所生成的第一传感器数据频率特性内插信号以及所生成的第二传感器数据频率特性内插信号并从所接收的第一传感器数据频率特性内插信号和所接收的第二传感器数据频率特性内插信号生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号的装置。

[0234] [模式23]

[0235] 根据模式22所述的检查装置,其中用于生成锤击测试仪锤子部误差信号的装置包括:

[0236] 用于检测所述锤击测试仪锤子部的远端与锤击对象的表面之间的距离并从所检测的距离生成距离传感器信号的装置,

[0237] 用于检测施加到所述锤击测试仪锤子部的力信息并从所检测的力信息生成力传感器信号的装置,以及

[0238] 用于检测所述锤击测试仪锤子部的位置/姿态信息并从所检测的位置/姿态信息生成远端部位置/姿态传感器信号的装置,

[0239] 其中,所述锤击测试仪锤子部误差信号是从所述距离传感器信号、所述力传感器信号以及所述远端部位置/姿态传感器信号被生成的。

[0240] [模式24]

[0241] 根据模式22或23所述的检查装置,其中,用于生成锤击测试仪锤子部位置/姿态信号的装置包括:

[0242] 用于检测所述锤击测试仪臂的线性运动部的位移信息并从所检测的位移信息生成线性运动部位移传感器信号的装置,

[0243] 用于检测远端部角度信息并从所检测的远端部角度信息生成远端部角度传感器信号的装置,以及

[0244] 用于检测臂部角度信息并从所检测的臂部角度信息生成臂部角度传感器信号的装置,

[0245] 其中,所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号是从所述线性运动部位移传感器信号、所述远端部角度传感器信号以及所述臂部角度传感器信号被生成的。

[0246] [模式25]

[0247] 根据模式22至24中的任一个所述的检查装置,其中,

[0248] 用于生成第一传感器数据频率特性内插信号的装置通过向所述机体位置/姿态估计信号应用考虑了针对所述移动体的位置和姿态的控制系统的频率特性的加权处理与在采样频率之间的内插处理的组合而生成所述第一传感器数据频率特性内插信号。

[0249] [模式26]

[0250] 根据模式22至25中的任一个所述的检查装置,其中,

[0251] 用于生成第二传感器数据频率特性内插信号的装置通过向所述锤击测试仪锤子部误差信号和所述锤击测试仪锤子部位置/姿态信号应用考虑了针对所述锤击测试仪臂的所述线性运动部、所述远端部以及所述臂部的控制系统的频率特性的加权处理与在采样频率之间的内插处理的组合而生成所述第二传感器数据频率特性内插信号。

[0252] [模式27]

[0253] 根据模式22至26中的任一个所述的检查装置,其中,

[0254] 用于生成锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号的装置通过使用所述第一传感器数据频率特性内插信号作为传播信号并且使用所述第二传感器数据频率特性内插信号作为更新信号来执行卡尔曼滤波处理而生成所述锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号。

[0255] [模式28]

[0256] 根据模式22至27中的任一个所述的检查装置,包括:

[0257] 用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成机体位置/姿态驱动命令信号的装置,

[0258] 用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成远端部致动器命令信号的装置;

[0259] 用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成臂部致动器命令信号的装置,

[0260] 用于接收所生成的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号并从所接收的锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号生成线性运动部致动器命令信号的装置,以及

[0261] 用于基于所生成的机体位置/姿态驱动命令信号来调节所述移动体的所述机体的位置和/或姿态的装置,

[0262] 其中,

[0263] 远端部致动器具有用于接收所生成的远端部致动器命令信号的装置,

[0264] 臂部致动器具有用于接收所生成的臂部致动器命令信号的装置,以及

[0265] 线性运动部致动器具有用于接收所生成的线性运动部致动器命令信号的装置。

[0266] [模式29]

[0267] 一种检查系统,包括根据模式1至7、22至28中的任一个所述的检查装置以及通过有线或无线与所述检查装置进行通信的通信装置。

[0268] 上述专利文献中的每一个通过对其引用结合于此。

[0269] 应当注意的是,可以在本发明的整个公开(包括所要求保护的特征和附图)内并基于其基本技术概念对示例性实施例进行修改或调整。此外,可以在本发明的所要求保护的的范围内以各种方式组合或选择各种所公开的元件(包括单个权利要求的单个元件、单个实施例的单个元件以及单个图的单个元件)。也就是说,显然的是本发明包括由技术人员根据包括本申请以及本发明的技术概念的整个公开进行的任何类型的变化和修改。

[0270] 附图标记列表

[0271] 1 机体位置/姿态估计器

[0272] 2 锤击测试仪锤子部误差信号生成器

[0273] 3 锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器

[0274] 4 第一传感器数据频率特性内插器

[0275] 5 第二传感器数据频率特性内插器

[0276] 6 锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器

[0277] 7 距离传感器

[0278] 8 力传感器

[0279] 9 远端部位置/姿态传感器

[0280] 10 线性运动部角度传感器

[0281] 11 远端部角度传感器

[0282] 12 臂部角度传感器

[0283] 13 机体位置/姿态驱动命令信号生成器

[0284] 14 远端部致动器命令信号生成器

[0285] 15 臂部致动器命令信号生成器

[0286] 16 线性部致动器命令信号生成器

[0287] 20 机体位置/姿态估计信号

[0288] 21 锤击测试仪锤子部误差信号

[0289] 22 锤击测试仪锤子部位置/姿态信号

[0290] 23 第一传感器数据频率特性内插信号

[0291] 24 第二传感器数据频率特性内插信号

[0292] 25 锤击测试仪锤子部位置/姿态估计信号

[0293] 26 距离传感器信号

[0294] 27 力传感器信号

[0295] 28 远程端部位置/姿态传感器信号

[0296] 29 线性运动部位移传感器信号

[0297] 30 远端部角度传感器信号

[0298] 31 臂部角度传感器信号

[0299] 100 移动体(车辆)

[0300] 101 锤击测试仪

[0301] 102 锤击测试仪臂

[0302] 103 锤击测试仪锤子部

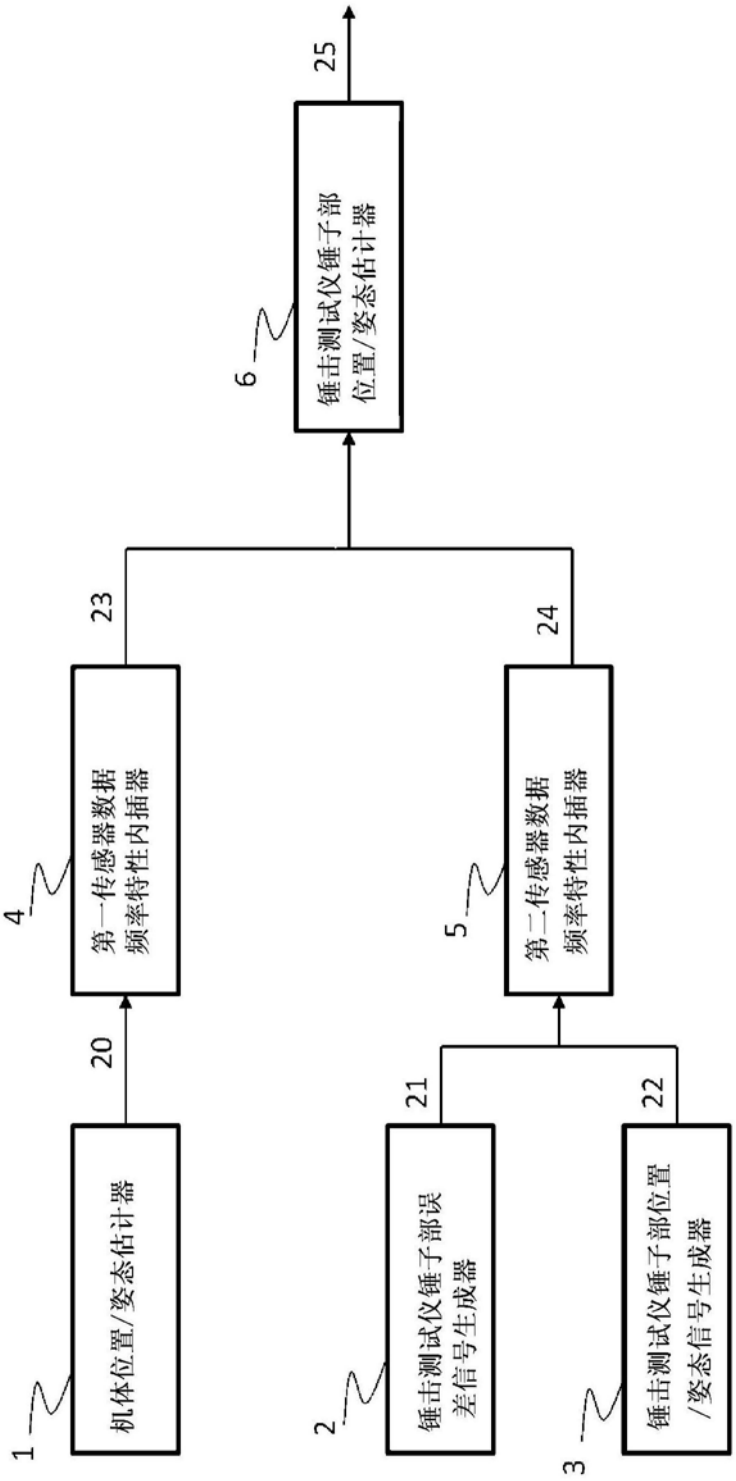

机体位置/姿态估计器
1
锤击测试仪锤子部误差信号生成器
2
锤击测试仪锤子部位置/姿态信号生成器
3
第一传感器数据频率特性内插器
4
第二传感器数据频率特性内插器
5
锤击测试仪锤子部位置/姿态估计器
6
20
21
22
23
24
25

图1

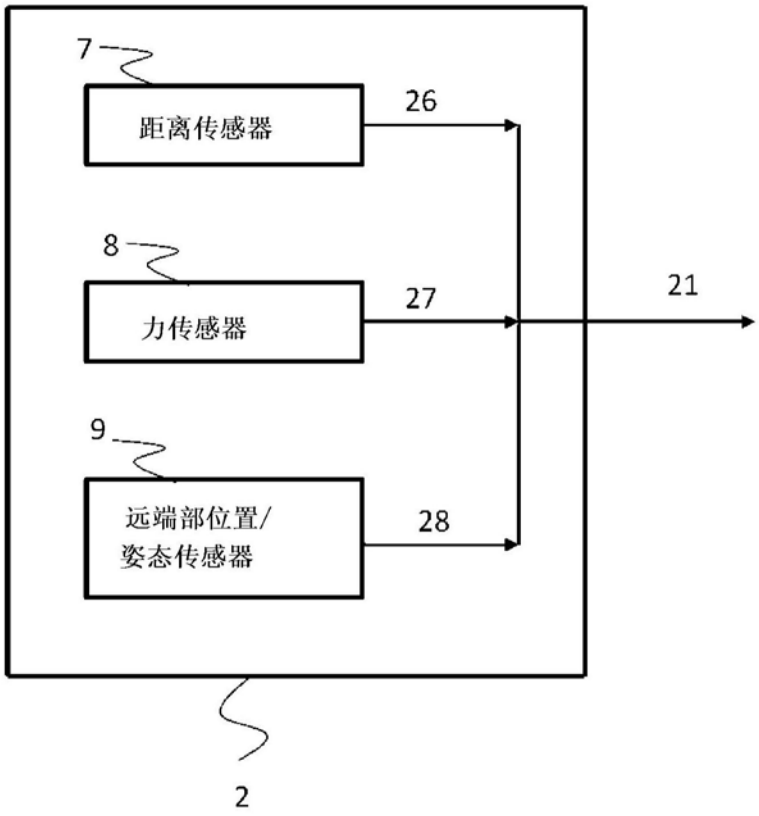


图2

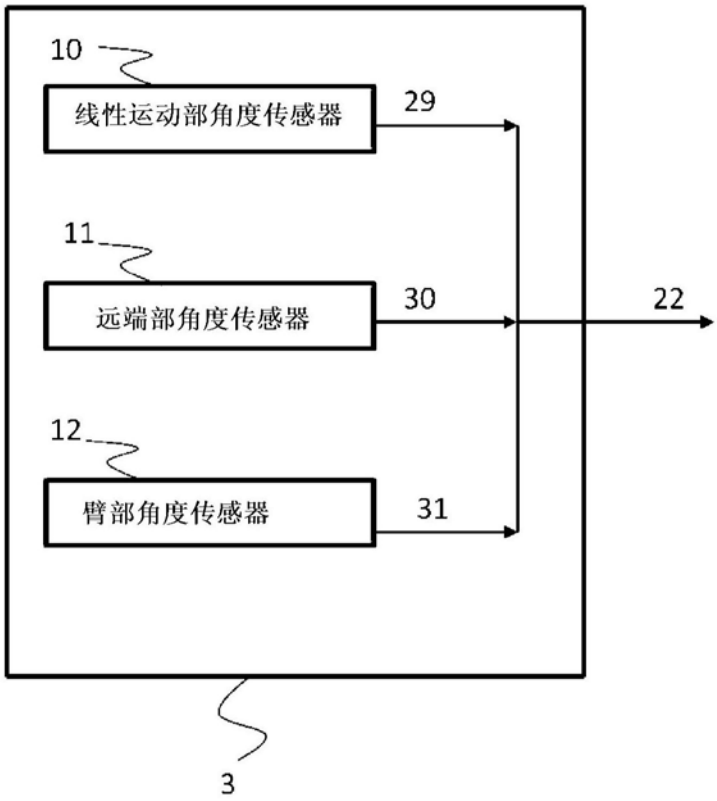

10
线性运动部角度传感器
29
11
远端部角度传感器
30
22
12
臂部角度传感器
31
3

图3

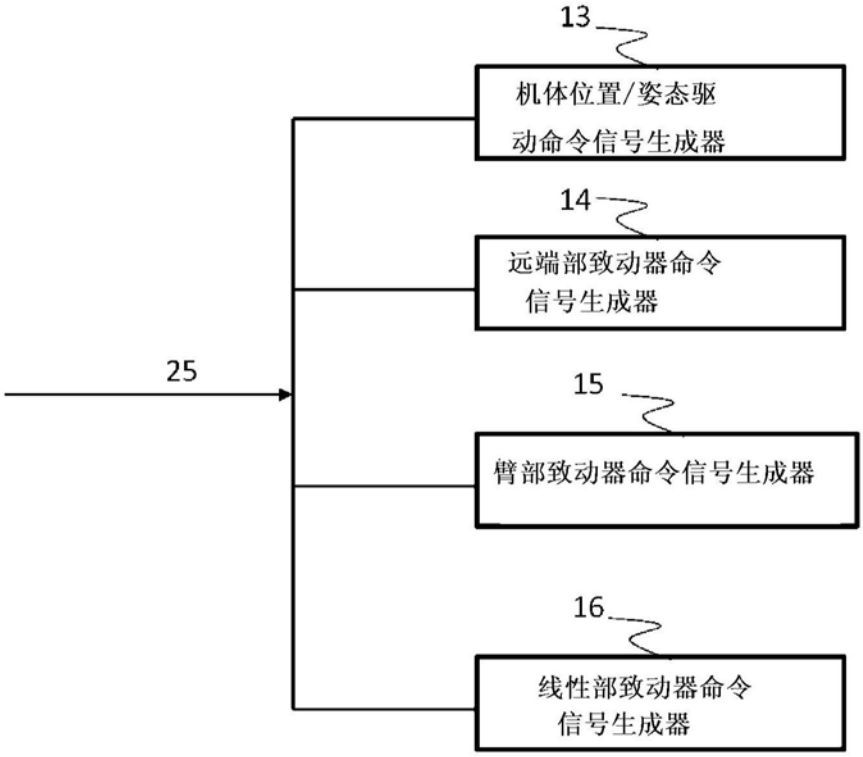

13
机体位置/姿态驱
动命令信号生成器
14
远端部致动器命令
信号生成器
25
15
臂部致动器命令信号生成器
16
线性部致动器命令
信号生成器

图4

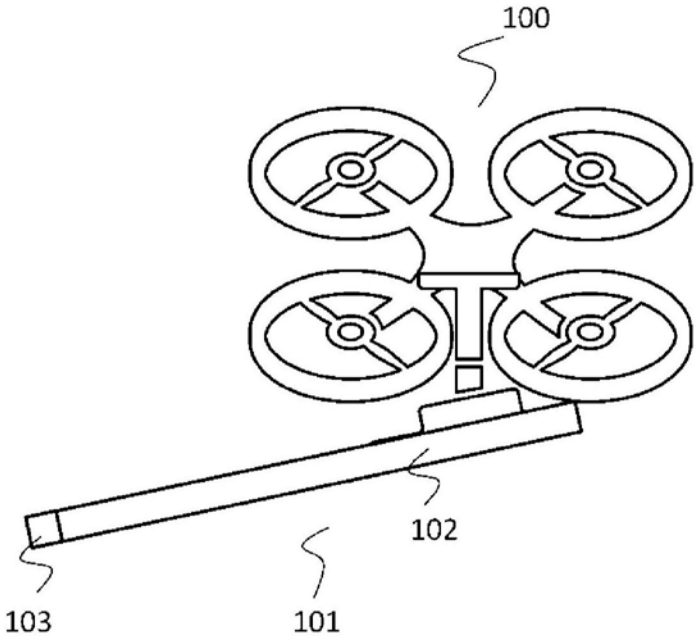


图5