(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 103987337 B
(45)授权公告日 2017.05.17

(21)申请号 201280061253.9
(22)申请日 2012.11.14
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103987337 A
(43)申请公布日 2014.08.13
(30)优先权数据
61/569,918 2011.12.13 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.06.12
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2012/056404 2012.11.14
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2013/088278 EN 2013.06.20

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬
(72)发明人 B·拉马钱德兰 A·K·贾殷
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
代理人 刘瑜 王英

(51)Int.Cl.
A61B 90/00(2016.01)
A61B 34/20(2016.01)
(56)对比文件
US 2008200927 A1,2008.08.21,
审查员 武瑞青

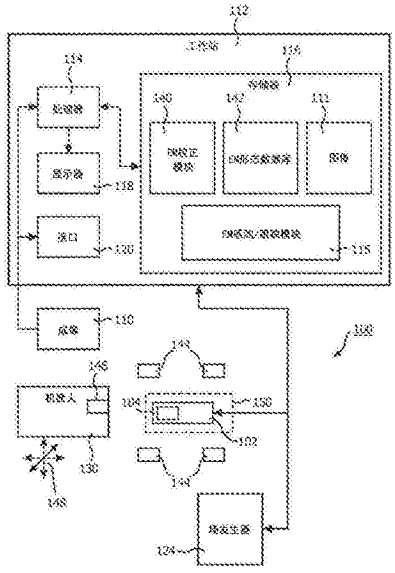
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

用于EM跟踪的补偿、检测和误差校正的畸变指纹分析

(57)摘要

一种用于利用电磁(EM)跟踪系统考虑电磁(EM)畸变的系统包括被配置为感测目标体积中的EM能量的传感器阵列(144)。EM感测校正模块(140)被配置为分析来自所述传感器阵列的数据,以检测所述目标体积中的EM畸变引生物。所述EM感测校正模块还被配置为比较存储在数据库(142)中的畸变指纹,以识别畸变源。



CN 103987337 B

1.一种用于利用电磁(EM)跟踪系统考虑电磁(EM)畸变的系统,包括:

传感器阵列(144),其被配置为感测目标体积中的EM能量;以及

EM感测校正模块(140),其被配置为分析来自所述传感器阵列的数据以检测并识别所述目标体积中的EM畸变引生物,所述EM畸变引生物包括未被跟踪的EM畸变引生物,所述EM感测校正模块还被配置为比较存储在数据库(142)中的畸变指纹以识别畸变源。

2.根据权利要求1所述的系统,还包括机器人(130),所述机器人被配置为在与所述目标体积相关联的区域中移动以测量或确定EM场的变化。

3.根据权利要求1所述的系统,其中,所述数据库(142)通过表征与工具、设备以及其组合相关联的多种畸变形态而被构建。

4.根据权利要求1所述的系统,其中,所述传感器阵列(144)对EM误差进行术中测量,并且所述EM感测校正模块生成误差图。

5.根据权利要求1所述的系统,其中,所述EM感测校正模块(140)估计畸变引生物的误差贡献,并基于测得误差与基线参考的比较而识别所述畸变引生物以及其位置。

6.根据权利要求1所述的系统,其中,所述EM感测校正模块(140)通过对畸变源与所述数据库中的已知畸变形态进行比较而识别未知的畸变源。

7.一种用于利用电磁(EM)跟踪系统考虑电磁(EM)畸变的系统,包括:

数据库(142),其通过将多个表征的畸变形态存储成与引起EM场畸变的工具、设备以及其组合相关联的指纹而被构建;

传感器阵列(144),其被配置为对目标体积中的EM能量进行术中感测;以及

EM感测校正模块(140),其被配置为分析来自所述传感器阵列的数据以检测并识别所述目标体积中的EM畸变引生物,所述EM畸变引生物包括未被跟踪的EM畸变引生物,所述EM感测校正模块还被配置为比较存储在所述数据库中的畸变指纹以识别畸变源,所述EM感测校正模块被配置为输出如下中的一个或多个:畸变引生物的位置和取向、显示畸变引生物引发的误差的误差图、或者未知畸变引生物的识别。

8.根据权利要求7所述的系统,还包括机器人(130),所述机器人被配置为在与所述目标体积相关联的区域中移动以测量或确定EM场的变化,其中,所述机器人(130)包括确定其位置和取向的跟踪设备(146)。

9.根据权利要求7所述的系统,其中,所述EM感测校正模块(140)估计畸变引生物的误差贡献,并基于测得误差与基线参考的比较而识别所述畸变引生物以及其位置。

10.根据权利要求7所述的系统,其中,所述EM感测校正模块(140)通过将畸变源与所述数据库中的已知畸变形态进行比较而识别未知的畸变源。

11.一种用于利用电磁(EM)跟踪系统考虑电磁(EM)畸变的方法,包括:

使用被配置为感测目标体积中的EM能量的传感器阵列来测量(204)EM误差;

比较(206)存储在数据库中的畸变指纹,以通过分析来自所述传感器阵列的数据来识别所述目标体积中的畸变源;并且

输出(208)如下中的一个或多个:畸变引生物的位置和取向或显示畸变引生物引发的误差的误差图,以及包括未被跟踪的EM畸变引生物的未知畸变引生物的识别。

12.根据权利要求11所述的方法,还包括通过表征与工具、设备以及其组合相关联的多种畸变形态而构建(202)所述数据库。

13.根据权利要求11所述的方法，其中，输出包括在术中生成(306)误差图，以识别所述目标体积中的具有低误差测量结果和高误差测量结果的区域。

14.根据权利要求11所述的方法，其中，输出包括估计(210)畸变引生物的误差贡献，并基于测得误差与基线参考的比较而识别所述畸变引生物以及其位置。

15.根据权利要求11所述的方法，其中，输出包括通过将畸变源与所述数据库中的已知畸变形态进行比较而识别(410)未知畸变源。

用于EM跟踪的补偿、检测和误差校正的畸变指纹分析

技术领域

[0001] 本公开涉及电磁(EM)跟踪，并且更具体而言涉及用于进行畸变指纹分析以提高EM跟踪准确度的系统和方法。

背景技术

[0002] EM跟踪采用产生空间变化的磁场的场发生器，磁场将在传感器线圈中感生电流。之后，使用测量系统基于测得电压计算位置和取向。EM跟踪技术提供了三维(3D)空间中的实时位置和取向信息，其用于辅助介入流程。由于这些传感器线圈的尺寸非常小，它们因而能够被嵌入到导管或者其他设备中，并且可以用于受引导的导航。这样的系统例如在Hartmann等人的美国专利申请No.2008/200927中被描述。因此，EM跟踪系统非常适于体内介入。铁磁或顺磁导体存在于例如医疗装置中能够使EM磁场发生畸变，并且已知来自附近电子器件的电磁干扰将降低EM跟踪的准确度。因此，对于介入医师而言没有确切的方式了解受到跟踪的点是否是准确的。

[0003] 金属手术工具将在电磁(EM)场中引发畸变，其能够损害在EM跟踪期间可获得的导航准确度。例如，X射线探测器在介入实验室的流程期间引发畸变。提供质量控制的不同方案包括检测和补偿在EM跟踪期间由大的金属畸变引生物导致的误差。用于实时估计误差置信度的一种这样的方案基于校准杖。另一种方案聚焦于对患者或者成像器的智能定位。其他的技术依赖于校准人体模型(phantom)和EM与诸如X射线或超声图像的其他成像模态之间的已知传感器几何结构或者校准来提供术中质量控制。

发明内容

[0004] 根据本发明原理，一种用于利用电磁(EM)跟踪系统考虑电磁(EM)畸变的系统包括被配置为感测目标体积中的EM能量的传感器阵列(144)。EM感测校正模块被配置为分析来自所述传感器阵列的数据，以检测所述目标体积中的EM畸变引生物。所述EM感测校正模块还被配置为比较存储在数据库中的畸变指纹，以识别畸变源。

[0005] 一种用于利用电磁(EM)跟踪系统考虑电磁(EM)畸变的系统包括数据库，所述数据库通过将多个表征的畸变形态存储为与引起EM场畸变的工具、设备以及其组合相关联的指纹而被构建。传感器阵列被配置为在术中感测目标体积中的EM能量。EM感测校正模块被配置为分析来自所述传感器阵列的数据，以检测所述目标体积中的EM畸变引生物。所述EM感测校正模块还被配置为比较存储在所述数据库中的畸变指纹，以识别畸变源，并输出如下中的一个或多个：畸变引生物的位置和取向、显示由畸变引生物引发的误差的误差图、或者未知畸变引生物的识别。

[0006] 一种用于利用电磁(EM)跟踪系统考虑电磁(EM)畸变的方法包括：使用被配置为感测目标体积中的EM能量的传感器阵列测量EM误差；比较存储在数据库中的畸变指纹，以通过分析来自所述传感器阵列的数据而识别所述目标体积中的畸变源；并且输出如下中的一个或多个：畸变引生物的位置和取向、显示畸变引生物引发的误差的误差图、或者未知畸变

引生物的识别。

附图说明

[0007] 本公开将结合下面的附图详细说明下面对优选实施例的描述，其中：

[0008] 图1是示出根据一个说明性实施例的一种用于考虑由EM跟踪环境中的畸变引生物导致的EM误差的系统的框图/流程图；

[0009] 图2是示出根据一个说明性实施例的一种用于识别畸变引生物以及其位置和取向的方法的框图/流程图；

[0010] 图3是说明性地示出了由三个畸变源的范例(例如，剪刀、消融探头和C臂探测器)产生的畸变的图示；

[0011] 图4根据一个说明性实施例说明性地示出了在没有畸变引生物的情况下(干净环境)EM场的空间表示；

[0012] 图5根据一个说明性实施例说明性地示出了在具有来自C臂探测器和剪刀的畸变情况下的EM场的空间表示，以显示由于干净环境背景以及由于畸变引生物而导致的总误差；

[0013] 图6是示出了根据一个说明性实施例的被配置为感测由目标体积中的C臂探测器导致的EM场以表征所述C臂探测器的畸变形态(指纹)的机器人的示意图；

[0014] 图7是示出了根据一个说明性实施例的一种用于生成用于EM畸变补偿的误差图的方法的框图/流程图；并且

[0015] 图8是示出了根据一个说明性实施例的一种用于确定未知EM畸变源的方法的框图/流程图。

具体实施方式

[0016] 根据本发明原理，采用EM畸变指纹生成实时误差图，所述实时误差图允许跟踪体积内的具有低误差和高误差的区域的可视化。此外，通过获知畸变引生物的身份、其位置以及引发的误差，系统能够对来自预期畸变引生物的误差进行补偿，因而提高跟踪期间的准确度。在一个实施例中，采用畸变指纹分析建立误差图，并在术中使跟踪体积内的具有优良准确度和不良准确度的区域可视化。该实施例也能够通过将传感器安装到已知工具上而向总误差图增添所述工具的畸变形态，并且能够对所述已知畸变引生物引发的误差进行补偿。

[0017] 可以建立整个区域的误差图，以在术中使具有低误差和高误差的区域可视化。例如，如果畸变引生物在场内移动，那么当在操作期间被观察时。误差图以及具有良好准确度和不良准确度的区域也将发生变化。通过获知畸变引生物的身份和位置以及其指纹，其畸变对总体误差的贡献能够被计算，并因而能够对已知畸变引生物导致的误差进行补偿。

[0018] 在另一实施例中，使用畸变指纹在术中识别畸变引生物(例如，探测器或手术探头)。通过将指纹与数据库进行比较并运行优化方案，能够识别引起畸变的确切工具或工具组合。所述系统能够结合动态地测量误差的预校准传感器用于检测未知畸变引生物的存在，并在发现未知源的情况下建立标志。工具在EM场中产生畸变的能力存在变化，并且取决于工具的尺寸、形状以及构成其的材料。每个畸变引生物具有唯一的畸变形态，例如，已知C

臂探测器的畸变模式与消融导管的非常不同。数据库被建立并存储各种已知对象的畸变指纹。采用预校准EM传感器的稀疏集合计算“干净”环境中的预期畸变相对于在流程期间在所述传感器上引发的动态畸变。采用优化方案通过计算测量点处的误差贡献而识别一个或多个畸变引生物在EM场内的存在。误差量能够在预期畸变引生物和总畸变之间被区分，以识别在场内是否存在已知畸变引生物。如果检测到由于未知畸变引生物导致的畸变，那么建立标志或警报。

[0019] 在又一实施例中，采用畸变指纹分析来表征已知对象的畸变形态。在初始校准之后，本系统能够结合动态地测量误差的预校准传感器用于识别并定位畸变引生物。所有的畸变引生物都具有唯一的形态和由畸变引生物引生畸变的变化的范围(由于变化的形态的原因)。可以利用这种变化的范围和变化的畸变形态在术中检测畸变元件的位置。可以采用预校准EM传感器的稀疏集合、“干净”环境中的预期畸变以及流程期间在传感器上引发的动态畸变来计算误差贡献。畸变引生物(例如，探测器)的预先计算的形态具有在测量点处计算的其“误差贡献”。如果贡献超出了可接受阈值，那么可以建立警报。来自“预期”畸变引生物的误差量能够与总畸变的误差量进行区分。

[0020] 应当理解，虽然将依据医疗仪器描述本发明；但是本发明的教义要宽得多，其适用于任何用于跟踪或分析复杂的生物或机械系统的仪器。具体而言，本发明原理适用于生物系统的内部跟踪流程，即身体内的所有区域(例如，肺、胃肠道、排泄器官、血管等)中的流程。在附图中描绘的元件可以通过硬件和软件的各种组合被实施，并且提供可以在单个元件或多个元件中组合的功能。

[0021] 能够通过使用专用硬件以及与适当的软件相关联的能够执行软件的硬件来提供附图所示的各种元件的功能。在由处理器提供时，功能能够由单个专用处理器、单个共享处理器或者多个独立处理器(其中一些能够被共享)提供。此外，不得将术语“处理器”或“控制器”的明确使用解释为排他性地指代能够执行软件的硬件，而是能够隐含地包括但不限于：数字信号处理器(DSP)硬件、用于存储软件的只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、非易失性存储设备等。

[0022] 此外，文中记载本发明的原理、方面和实施例，以及其具体范例的所有陈述都旨在包含其结构等价物和功能等价物两者。额外地，旨在使这样的等价物包括当前已知的等价物和未来开发的等价物(即，所开发出的执行相同的功能的元件，而不管其结构如何)两者。因而，例如，本领域技术人员将认识到，文中呈现的框图表示体现本发明的原理的说明性系统部件和/或电路的概念图。类似地，应当认识到，任何流程表、流程图等均表示实质上可以在计算机可读存储介质中表示的，因而由计算机或处理器执行的各种过程，而不管是否明确示出了这样的计算机或处理器。

[0023] 此外，本发明的实施例能够采取计算机程序产品的形式，可从提供程序代码的计算机可用或计算机可读存储介质访问所述计算机程序产品，以供计算机或者任何指令执行系统使用或者与计算机或者任何指令执行系统结合使用。出于这种说明的目的，计算机可用或计算机可读存储介质能够是可以包括、存储、通信、传播或传输供指令执行系统、装置或设备使用或者与指令执行系统、装置或设备结合使用的程序的任何装置。所述介质能够是电子、磁、光学、电磁、红外或半导体系统(或者装置或设备)或是传播介质。计算机可读介质的范例包括半导体或固态存储器、磁带、可拆卸计算机盘、随机存取存储器(RAM)、只读存

储器(ROM)、刚性磁盘和光盘。光盘的当前范例包括压缩盘-只读存储器(CD-ROM)、压缩盘-读/写(CD-R/W)、和DVD。

[0024] 现在参考附图，其中，类似的附图标记表示相同或类似的元件，并且首先参考图1，说明性地示出了一种用于执行医疗流程的系统100。系统100可以包括工作站或控制台112，可以从工作站或控制台112对流程进行监督和管理。工作站112还可以包括用于收集表征EM畸变引生物的EM形态的装置。工作站112优选包括一个和多个处理器114以及用于存储程序和应用的存储器116。存储器116可以存储EM感测模块115，EM感测模块115被配置为解读来自EM感测/跟踪设备104的反馈信号。在一个实施例中，感测模块115被配置为使用来自EM感测设备104的EM信号反馈来重构EM空间并跟踪医疗仪器或设备102。医疗设备或工具102可以包括具有安装于其上或其中的EM跟踪传感器104的仪器。例如，设备102可以包括导管、导丝、内窥镜、探头、机器人、电极、过滤设备、气囊设备或其他医疗部件等。如果采用成像系统110，那么工作站112可以包括用于查看受检者的内部图像的显示器118。成像系统110可以包括，例如，磁共振成像(MRI)系统、荧光透视系统、计算机断层摄影(CT)系统、超声(US)等。显示器118还可以允许用户与工作站112以及其部件和功能交互。这种交互可以由接口120进一步促进，所述接口可以包括键盘、鼠标、操纵杆或允许用户与工作站112进行交互的任何其他外围装置或控制器。显示器118还可以允许用户查看误差图、警报提示、畸变指纹等。

[0025] 优选将场发生器124安装到患者或目标体积150附近，使得所述发生器与一个或多个EM传感器104占据相同的环境。感测设备104优选包括一个或多个线圈，所述线圈用于检测由于它们的移动而导致的EM场的变化。通过这种方式，传感器104的线圈允许相对于患者和/或跟踪体积150对仪器或设备102进行跟踪。

[0026] 如上所述，金属对象和电子装置能够产生局部磁场中的畸变，并影响EM传感器104的读数。本发明原理提供了EM感测校正模块140，EM感测校正模块140可以包括用于减少跟踪体积150周围的环境中的畸变的一个或多个特征。模块140被配置为将畸变表征为，例如，由目标体积150中或附近的工具或对象产生的场畸变的识别标志或指纹的测量结果。这些指纹的表征在任何流程之前被执行，并且所述指纹或畸变形态被存储到数据库142中，在数据库142中，将实时测得的指纹与建立所述指纹的对象的身份相关。模块140被配置为提供下述任务中的一者或多者：识别畸变引生物(对象)、优化或者过滤所出现的畸变从而更加准确地跟踪或感测EM辐射、感测EM场的变化、警告EM场变化等。将在文中更加详细地描述这些功能。模块140可以参考数据库142中的信息并将信息存储到数据库142中，数据库142可以包括存储器116的部分。数据库142可以存储所述环境中的畸变元件的识别标志或者可以存储在所述环境中采用的一般工具和/或仪器的识别标志。

[0027] 系统100可以经历训练，其中，采用模块140表征任何已知对象的畸变形态(或范围)。对每个对象进行表征，以测量其识别标志或指纹，使得能够在更一般的EM场中对其进行识别。可以相对于系统100的使用独立地或者单独地完成这一操作，从而在流程期间对设备进行更加准确的EM跟踪。在一个范例中，将机器人130与(一个或多个)EM传感器146一起使用，以表征空间。可以使机器人130围绕由坐标148所指示的目标体积150或环境移动，以测量该区域中的EM场。可以采用机器人130将背景EM场(干净环境)表征为基线参考，并且表征流程期间部署的对象周围的场。能够针对存储在数据库142中的畸变形态采用机器人130收集的数据来表征工具。在流程期间，可以采用机器人130测量EM场的动态变化。在所述流

程期间可能不需要机器人130，因为初始表征可能是预先完成的。

[0028] 在所述环境内，还可以采用预校准传感器144动态地测量误差。这些传感器144被布置在阵列或网格中，并且可以在具有或不具有机器人130的情况下用于的表征过程中，和/或在具有或不具有机器人130的情况下用于流程期间以提供针对畸变引生物的EM测量。可以由传感器144测量畸变引生物的贡献，以确定其在总误差中的贡献。还能够由这种误差贡献在术中估计畸变引生物的近似位置。

[0029] 在另一实施例中，可以采用传感器144以使用模块140生成误差图。可以使用提供环境中的已知畸变引生物的身份和位置的畸变指纹分析技术为整个跟踪体积提供误差图。所述误差图提供了具有低误差和高误差的区域的术中视图。可以针对变化的误差实时更新该图，以随着工具在跟踪体积中移动而指示例如误差可视化。可以通过将诸如EM传感器的跟踪设备设置到工具上以跟踪其位置，来针对整个误差图跟踪所述工具或者其他畸变产生仪器的误差形态的动态变化。能够针对已知畸变引生物对所检测和绘制的误差进行误差补偿。

[0030] 在另一实施例中，数据库142存储表征任何已知对象或设备的畸变形态的指纹。预校准传感器144将干净环境中的预期畸变(参考)与流程期间动态测得的误差进行比较。在总体误差中识别畸变引生物或者畸变引生物的组合以及其贡献。检测任何未知畸变引生物的存在。如果检测到了新的畸变，那么可以在显示器118上或者接口120处指示警报。

[0031] 可以任选提供成像系统110，以收集术前成像数据或者实时术中成像数据。术前成像可以在另一设施、位置等处，在任何流程之前执行。图像111可以被存储在存储器116中，并且可以根据需要包括目标体积150的术前3D图像体积。

[0032] 继续参考图1并参考图2，说明性地示出了用于表征诸如工具、仪器或设备的畸变引生物，以建立与畸变引生物相关联的指纹或EM识别标志的框图/流程图。优选采用所述指纹估计畸变引生物的位置和取向。在方框202中，表征任何已知对象的畸变形态(或范围)(指纹)。使用建立因对象发生畸变的场的EM发生器124来生成EM识别标志。图3说明性地示出了由于剪刀240、消融探头242和X射线机器的C臂探测器244导致的场畸变250的范例。在方框204中，使用传感器144(和/或机器人130)在术中测量EM场中的误差。图4说明性地示出了“干净”环境中EM空间的误差图248。干净环境表示没有畸变引生物的基线参考EM场。在方框206中，将干净环境中的测得误差与具有一个或多个畸变引生物的总误差(来自所有源的组合误差)进行比较。将在流程期间测得的误差(与例如源自于探测器、台子、工具等的所有畸变共存)与在“干净环境”中测得的误差(没有畸变)进行比较。这两幅误差图之间的变化允许发现总误差的哪一部分是由畸变引生物引起的。

[0033] 在方框208中，可以在总误差中识别每个畸变引生物的贡献。也能够在方框210中从这种误差贡献估计畸变引生物的近似位置和取向。图5示出了处于C臂探测器244附近的EM环境中的剪刀240。能够通过将参考基线(248)从测得的误差中减去，并将剩余的识别标志与数据库(142)中存储的畸变形态进行比较而在总的EM场识别标志249中识别剪刀的识别标识和探测器的识别标识。

[0034] 通过这种方式，能够在EM场内识别引起EM跟踪的误差的金属畸变引生物(例如手术工具)或电子设备。如果已知畸变类型，那么所述系统能够定位引起畸变的工具的位置和取向。这能够考虑到畸变引生物，并使EM跟踪测量结果更加准确，或者能够识别畸变引生物

并将其从环境中一并消除。

[0035] 参考图6，根据一个说明性实施例示出了用于表征对象的另一系统200。假设可以采用在图1中阐述的工作站112。然而，可以采用用于表征EM畸变形态的独立设置(系统200)。如图1所述，包括了含有控制台、传感器和场发生器的EM跟踪系统，并且还采用了用于执行实时数据处理的控制台单元(例如，计算机)。优选采用3D EM传感器网格270来记录各种工具的畸变指纹。可以在采用EM跟踪的区域或者目标体积周围的固定位置处提供这种传感器网格270，或者传感器网格270可以被附接至机器人或者其他机构272，并根据需要被移动。

[0036] 机器人272可以配备EM传感器274。机器人272能够跨越3D空间，以记录各种工具的畸变指纹。可以将与可能在介入实验室中发现的相类似的金属手术工具或电子设备276连接至或者放置到机器人272附近的目标区域。使机器人272沿任何方向移动，以收集(干净)环境和/或其中具有畸变引生物(例如，探测器282)的环境的EM识别标志(指纹)数据。在该例子中提供尤其具有C臂278的X射线单元280，从而在C臂278处于不同的姿态以及不同的源到图像距离(SID)处时记录其畸变指纹。

[0037] 在一个实施例中，被布置到EM场内的3D空间中的具有格网270的形式的一组EM传感器能够用于进行场测量。其可以替代机器人272的使用或者在机器人272的使用之外一起使用。能够使工具276或者使EM场发生畸变的由不同材料构成的各种金属工具处于这种传感器布置或格网270的附近，并以不同的取向以及以与传感器格网270的不同距离而被定位，并且由于工具276导致的畸变指纹能够被学习并被存储在数据库(142，图1)中。例如，在一个例子中，C臂278的探测器282能够是引发畸变的工具，并且可以被放置到已知位置上(已知的SID和取向，例如前后方(AP))，并且传感器布置270能够被置于患者台上。假设场发生器(124，图1)的位置与患者台的高度保持相同，那么系统200能够存储并学习由处于既定距离和取向上的C臂278的探测器282导致的畸变指纹。在另一个范例中，工具276可以被附接至机器人272或者其他设备，并通过在由格网270感测的场中移动而被表征。

[0038] 在另一实施例中，不使用将需要大量的EM传感器的3D空间中的EM传感器格网布置，而是能够将一个或多个EM传感器276安装到机器人272上，以用于跟踪位置。机器人272能够跨越EM场内的3D空间，并且如果将畸变引生物(例如，C臂278的探测器282)放置到机器人272跨越的体积周围，那么可以随着时间的推移学习并存储畸变指纹。

[0039] 除将一个或多个传感器安装到机器人272上之外，或者代替将一个或多个传感器安装到机器人272上，采用其他跟踪设备，这包括使用以下中的一种或多种：无源标记的光学跟踪，使用有源发光二极管(LED)的光学跟踪，使用基于光纤布拉格光栅(FBG)或多个FBG的光学形状感测的标记，基于折射和/或散射图或后向散射模式的光学形状感测，可以在成像模态中可见的标记(例如，在X射线或荧光透视成像中可见的基于碘的标记)，在诸如正电子发射断层摄影(PET)和/或单光子发射计算机断层摄影(SPECT)的核成像技术中可见的放射性或辐射不透明标记，在磁共振成像(MRI)、超声或高频超声、计算机断层摄影(CT)或其他成像模态中可见的标记。

[0040] 在临床环境中，如果将EM跟踪用于受引导的导航，那么系统200能够用于执行有限的EM传感器位置处的畸变与保存到数据库(142，图1)的术前形态或模式的比较，以识别引起畸变的工具。例如，在介入实验室中执行的电生理流程期间，系统200能够使用EM传感器

读数来识别由紧密靠近患者的C臂278的探测器282引发的畸变。

[0041] 所述系统能够用于通过执行与数据库(142)中存储的术前模式的比较而识别畸变引生物对总误差的贡献。例如，如果C臂278的姿势和探测器的距离是已知的，那么该技术能够识别由于探测器282导致的误差，并将其与总误差进行比较。在临床环境中，如果畸变的源是已知的，那么所述系统能够用于对该畸变源进行定位。换言之，如果引发畸变的工具是C臂278的探测器282，那么能够基于与所保存的畸变指纹的比较来预测探测器282和C臂272的位置和取向。

[0042] 能够采用畸变指纹分析来检测、识别和定位跟踪体积内的畸变引生工具。所述方法可以用于使用来自干净环境的预期误差信息和预校准传感器来建立整个体积的预期误差图，所述预校准传感器已经识别并定位了畸变引生物，从而将它们的畸变形态添加到总误差图中。

[0043] 参考图7，说明性地示出了用于生成误差图的方法。在方框302中，生成没有畸变引生物的干净环境中的预期误差图303。在方框304中，使用提供已知畸变引生物的身份和位置的畸变指纹分析技术来建立整个跟踪体积的误差图305。在方框306中，将畸变形态添加至干净图303，以实时地产生总图307。生成术中可视化的误差图，其具有不同(低和高)误差的区域。这提供了总误差图307，总误差图307将来自干净环境的误差图的传感器数据与畸变引生物的畸变形态相组合。随着工具(例如，探测器320)在跟踪体积中移动从而使误差发生变化，实时地更新误差的可视化。通过这种方式，能够通过将诸如EM传感器的跟踪设备设置到工具(例如，探测器320)上并因而跟踪所述工具的位置，能够将所述工具的误差形态动态地添加至整个误差图。在方框308中，可以提供处于显示器上的图形用户接口(GUI)，以查看误差图309上的高误差区域和低误差区域。系统100补偿由已知畸变引生物在例如EM跟踪感测数据中引发的误差。

[0044] 使用总误差图对低误差区域和高误差区域进行可视化。例如，临床医师可能想要看到具有低于2mm的误差的区域。模块140(图1)将标出对应于低误差(低于2mm)的区域，并在显示器118上将其显示给临床医师。系统100能够以实时方式对误差图进行计算和可视化，因而当在感兴趣体积中动态操作并移动诸如手术工具的畸变引生物时，使得该图可供术中使用。在额外的实施例中，可以将跟踪传感器322，例如，EM传感器或其他传感器放置到已知工具上，并实时地确定其位置。因而，该工具的存储的畸变形态在术中能够被动态地添加至总误差图，并由临床医师可视化。此外，通过获知由已知畸变引生物在跟踪体积中引发的误差，生成或误差图能够用于补偿这些已知误差，因而提高临床医师在执行流程时的准确度和信心。

[0045] 参考图8，系统100能够执行除了已经描述的任务或功能之外的其他任务或功能。根据一个实施例，提供了一种方法用于警告EM场中的未知畸变引生物。在方框402中，如上所述构建数据库，以存储表征任何已知对象或者在流程期间潜在采用的对象的畸变形态的指纹。来自数据库(142，图1)的输入可以包括表征已知工具的畸变形态的各种存储的畸变指纹。可以通过上文中描述的并且在图3的说明性范例中描绘的方法执行这种畸变指纹分析。在方框404中，采用预校准传感器将干净环境内的预期畸变与在流程期间动态测得的误差进行比较。所述预校准传感器(144，图1)可以包括传感器网格，以将干净环境中的预期畸变相对于在流程期间动态测得的误差进行比较。

[0046] 在方框406中，对畸变引生物或者畸变引生物的组合进行分析和/或优化，以能够将它们的指纹与数据库进行比较，从而识别它们在测得的总误差中的贡献。可以在术中采用优化算法/目标函数以执行术前存储的畸变图与测得结果的比较。所述优化设法找到畸变形态与数据库的最佳匹配，并确定畸变是由已知畸变引生物还是由未知畸变引生物导致的。这里描述的比较可以采用误差图、畸变场等的像素图再现(rendition)。可以采用图像或绘图的像素值以进行比较。这样的比较技术可以采用用于比较图像等的已知方法。

[0047] 在方框408中，如果测得的畸变与存储的畸变指纹之间存在匹配，那么在方框412中返回畸变引生物的身份。否则，如果畸变是由于未知源导致的，那么发出警报(建立标志)。对某未知源引起的畸变的检测将在EM跟踪期间显示出高误差率。应当理解，可以对系统100进行调整，以检测畸变模式的任何变化，并针对畸变模式(误差图)的任何变化建立标志。

[0048] 系统100执行的这些特征/方法能够在术中识别引起EM场的畸变的确切工具或工具组合。系统100还能够在EM跟踪期间检测未知畸变引生物的存在，并提供警报。作为输出，能够识别在EM场中引起畸变的确切工具或工具组合。

[0049] 可以将文中描述的系统和方法用于针对采用EM跟踪技术的最小有创手术的流程中，尤其在图像引导的介入和治疗领域中。然而，可以将本原理应用于医疗领域中的其他范围，以及应用于可以采用EM跟踪的其他领域。

[0050] 在解读权利要求书时，应当理解：

[0051] a)“包括”一词不排除存在给定权利要求中列出的那些之外的其他元件或动作；

[0052] b)元件前词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件；

[0053] c)权利要求中的任何附图标记都不限制其范围；

[0054] d)可以通过相同的项目或者硬件或软件实施的结构或功能来表示若干“器件”；并且

[0055] e)不要求具备任何特定的动作序列，除非另行明确说明。

[0056] 已经描述了用于EM跟踪补偿、检测和误差校正的畸变指纹技术的优选实施例(其旨在为说明性的而非限制性的)，应注意，本领域技术人员在理解上述教义后能够做出修改和变型。因此，应当理解可以对所公开的公开内容的具体实施例做出改变，所述改变处于如权利要求书概括的文中公开的实施例的范围内。因而，已经描述了专利法要求的细节和特性，在权利要求书中阐述了由专利证书所主张的并期望保护的内容。

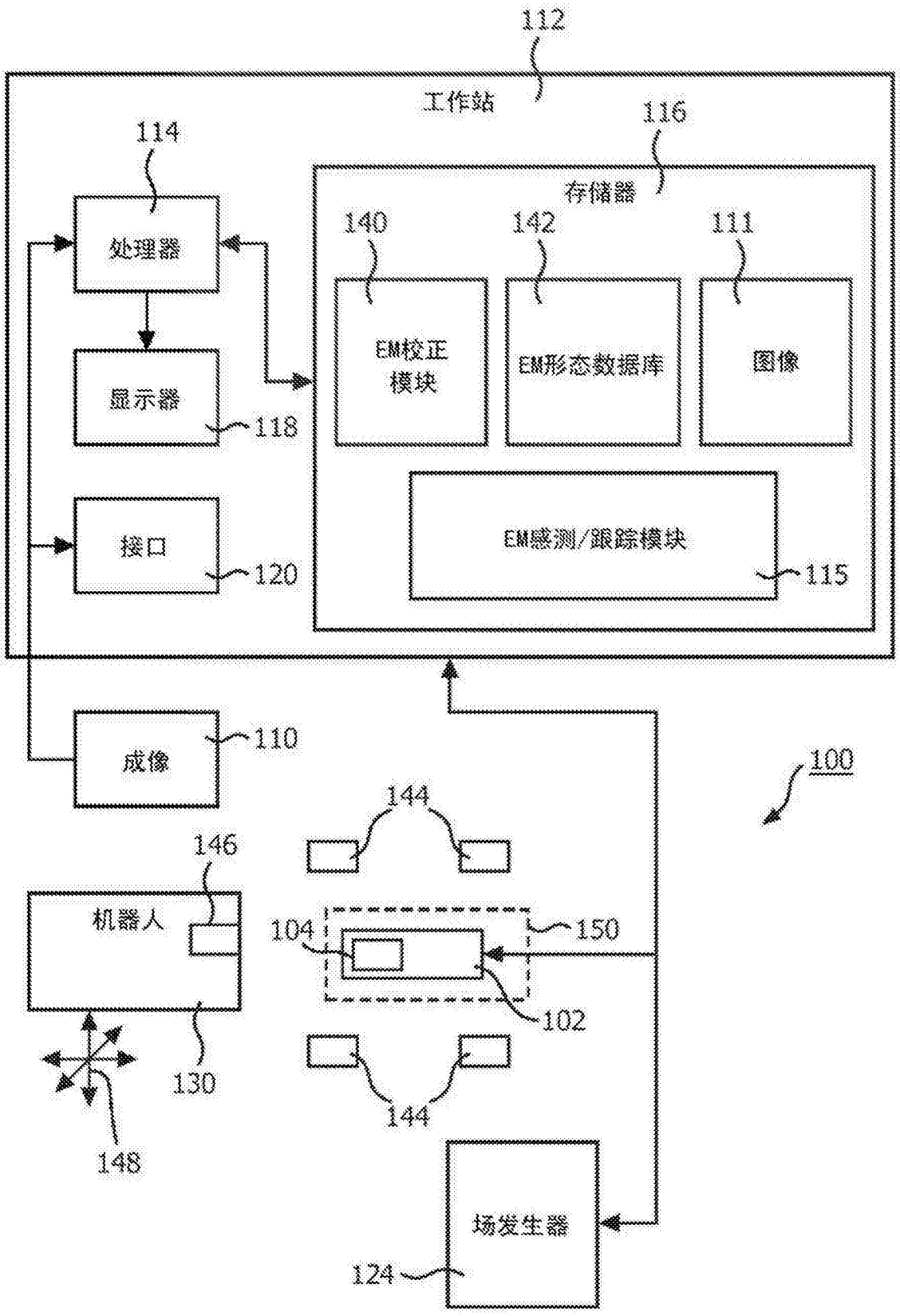

112
工作站
116
存储器
114
处理器
140
142
111
EM校正模块
EM形态数据库
图像
显示器
118
接口
120
EM感测/跟踪模块
115
成像
110
100
144
146
机器人
104
150
102
130
144
148
场发生器
124

图1

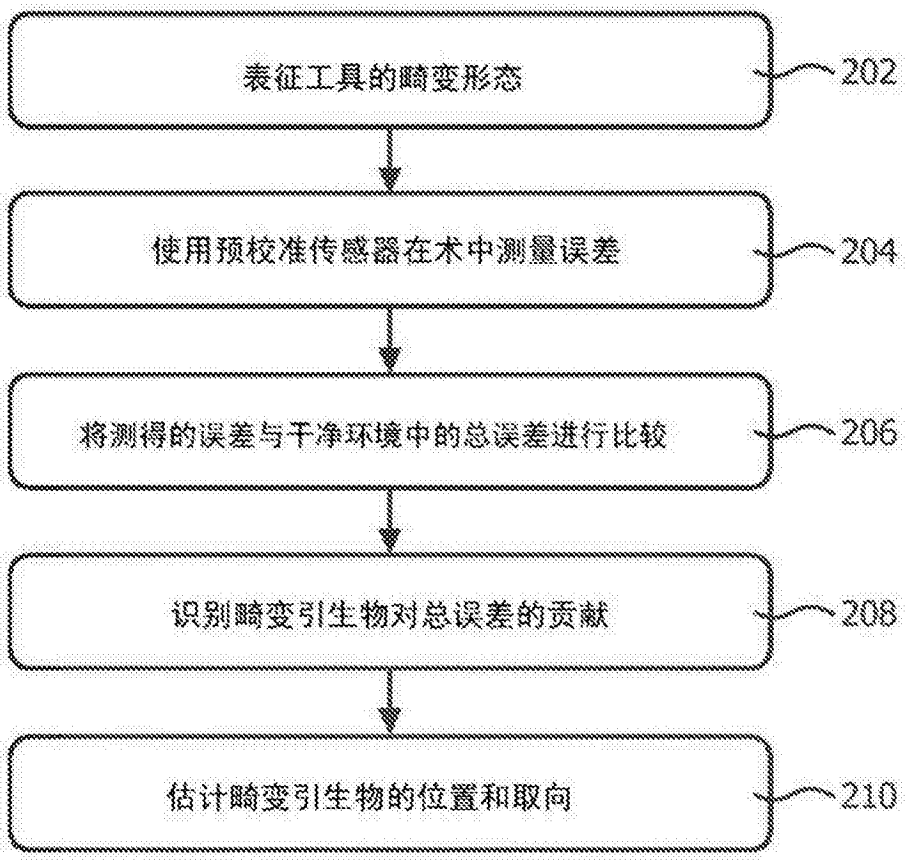

表征工具的畸变形态
202
使用预校准传感器在术中测量误差
204
将测得的误差与干净环境中的总误差进行比较
206
识别畸变引生物对总误差的贡献
208
估计畸变引生物的位置和取向
210

图2

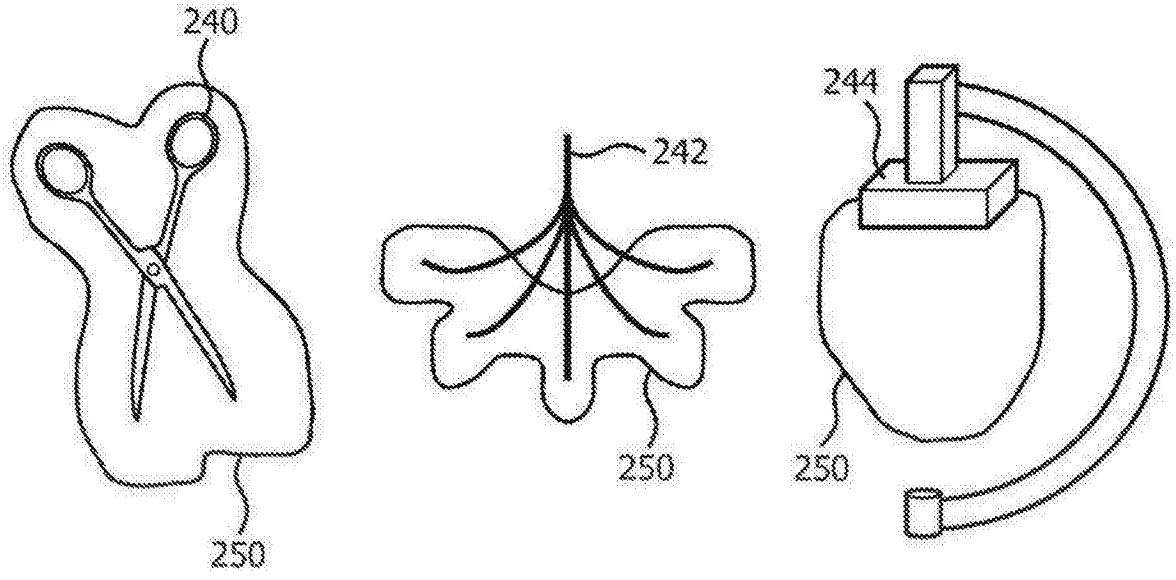

240
250
242
250
244
250

图3

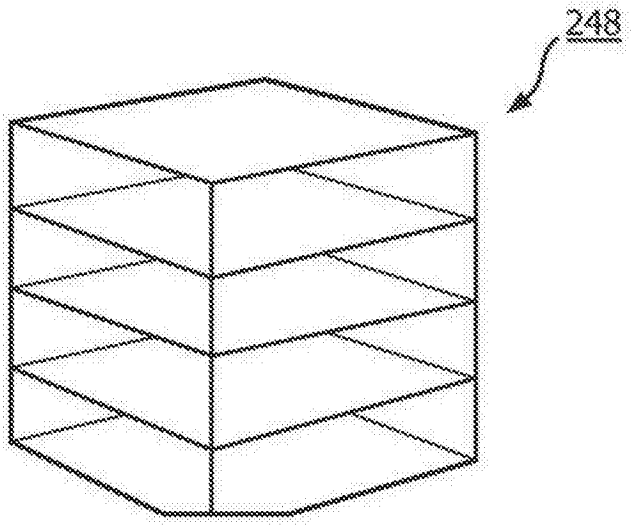


图4

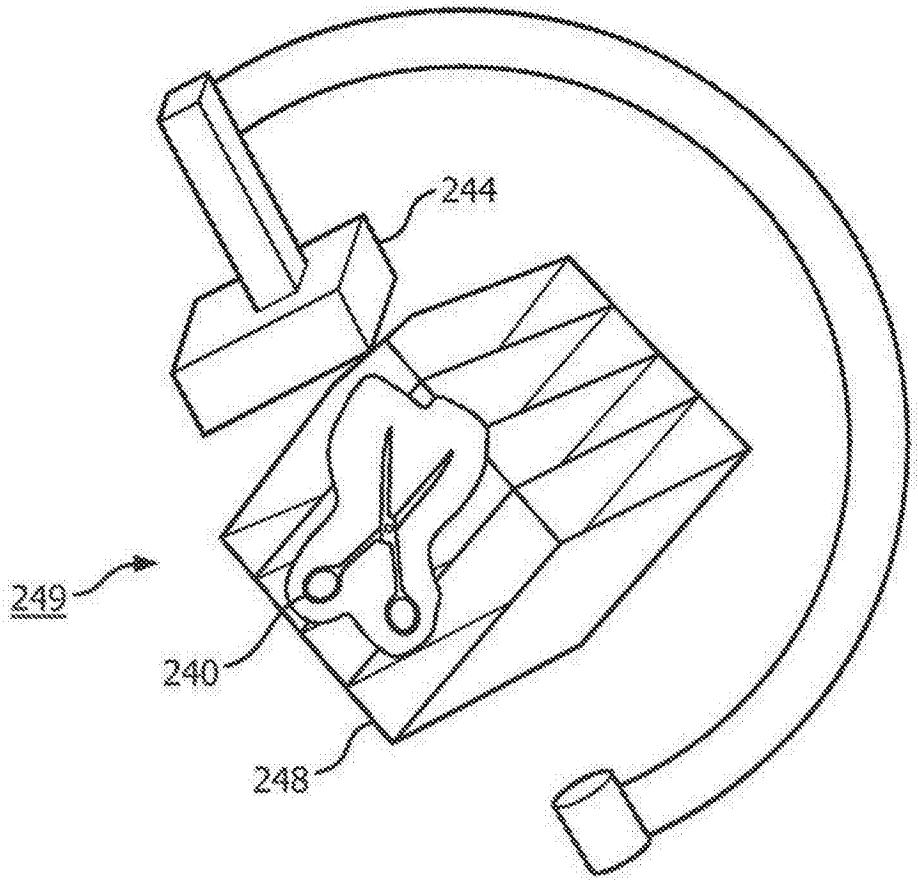


图5

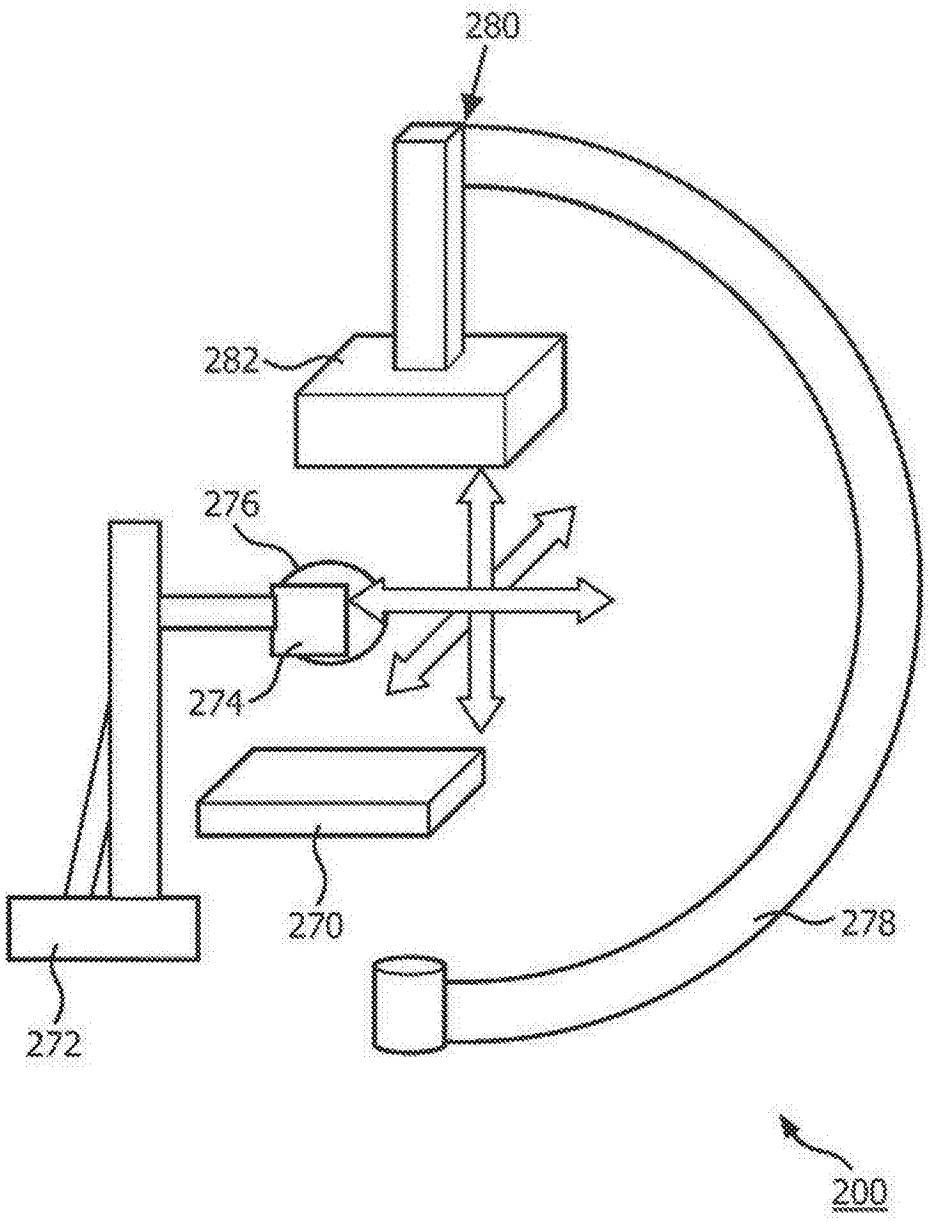


图6

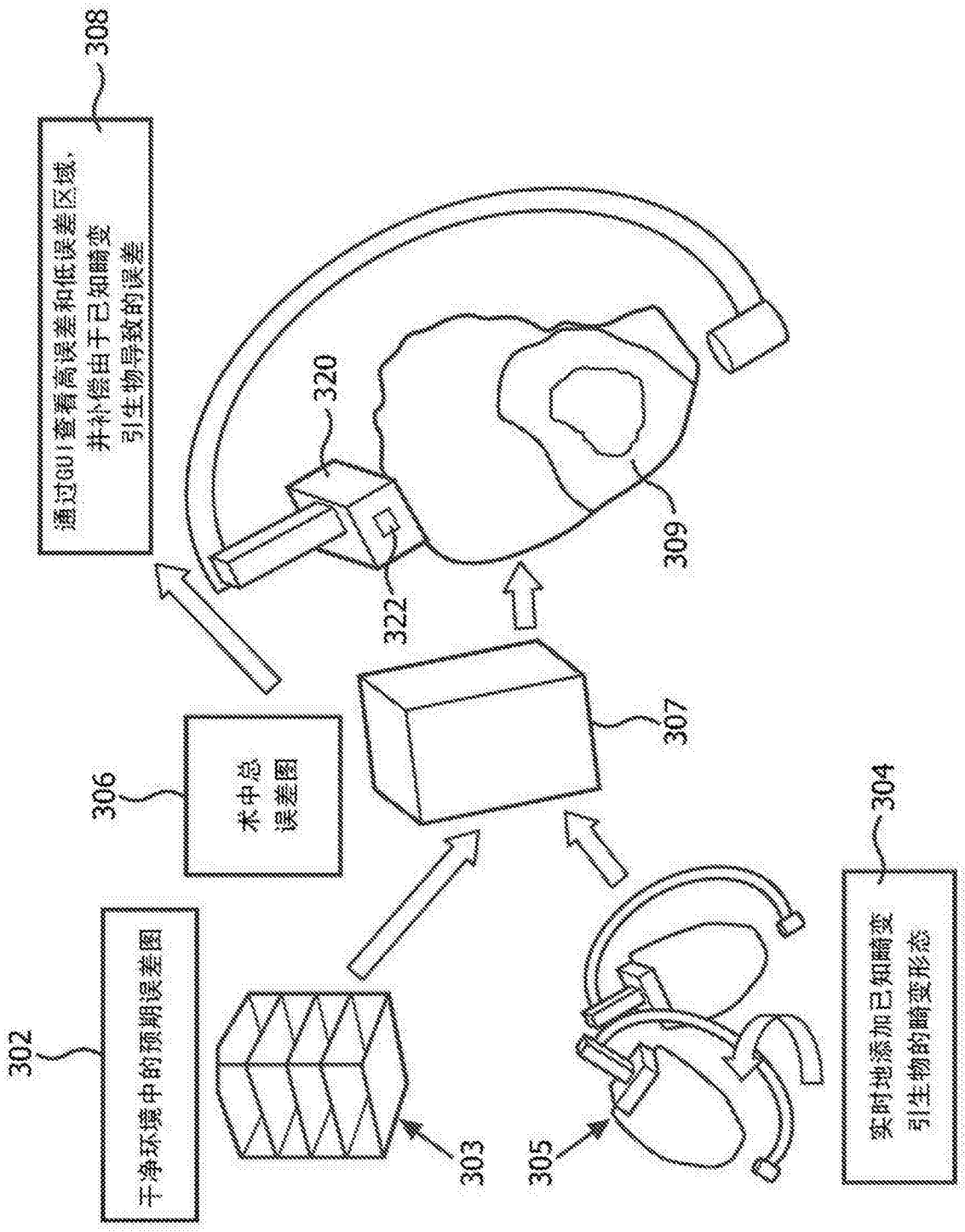

308
通过GUI查看高误差和低误差区域，
并补偿由于已知畸变
引生物导致的误差
320
322
309
307
306
术中总
误差图
302
干净环境中的预期误差图
303
305
304
实时地添加已知畸变
引生物的畸变形态

图7

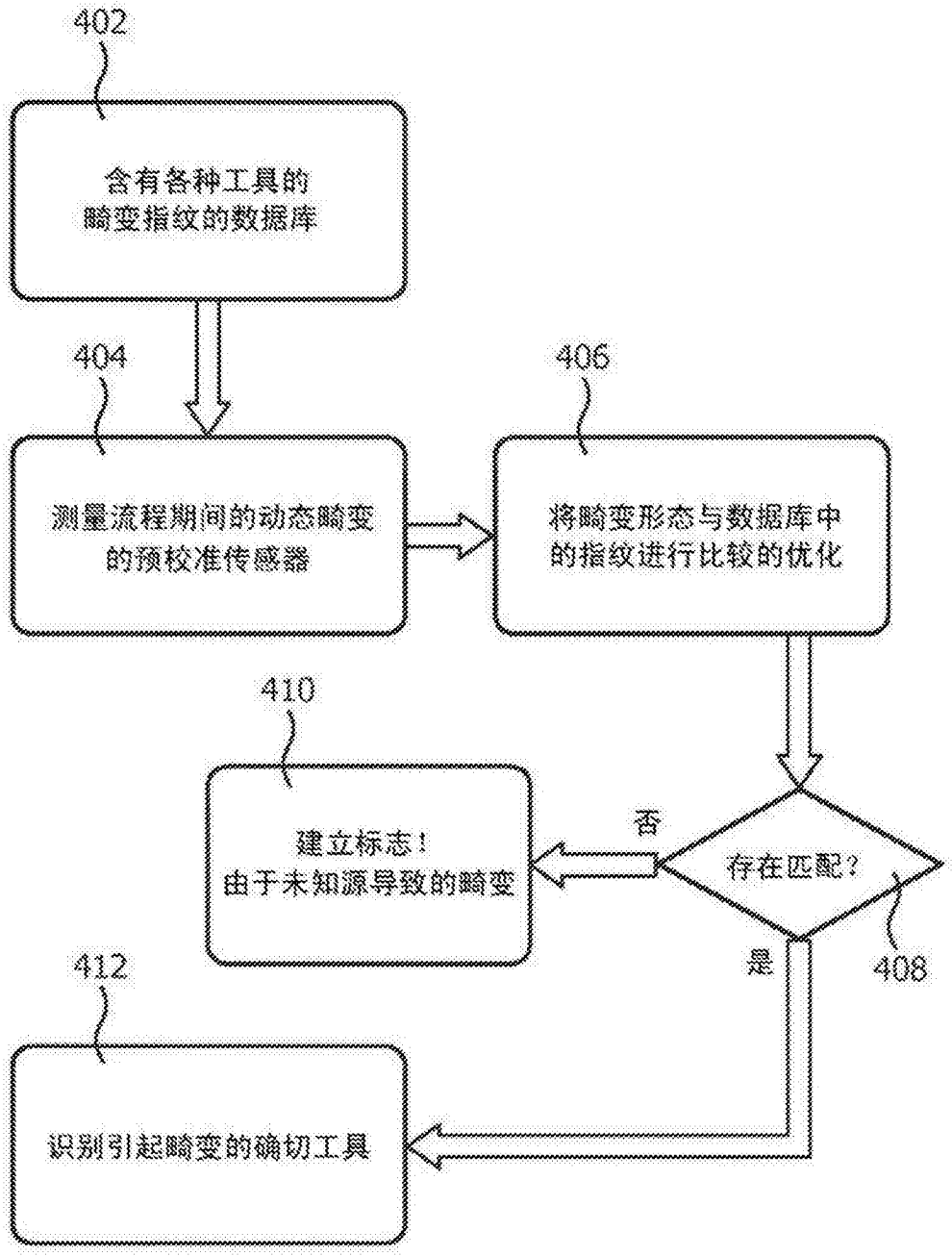

402
含有各种工具的
畸变指纹的数据库
404
测量流程期间的动态畸变
的预校准传感器
406
将畸变形态与数据库中
的指纹进行比较的优化
410
建立标志！
由于未知源导致的畸变
否
存在匹配？
408
是
412
识别引起畸变的确切工具

图8