

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 8 月 4 日 (04.08.2022)



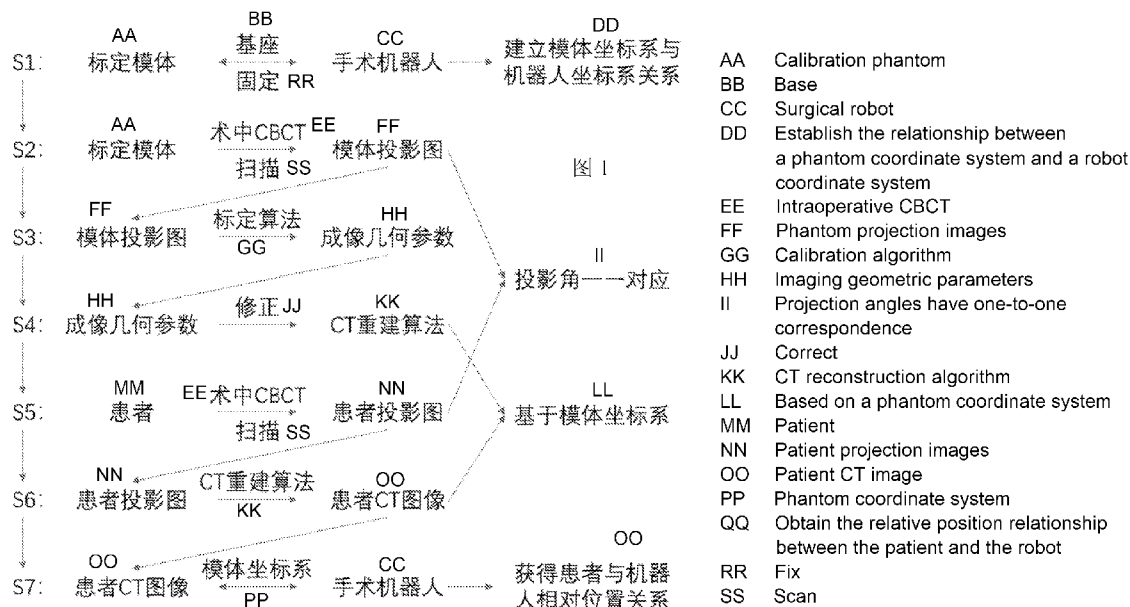
(10) 国际公布号
WO 2022/160384 A1

- (51) 国际专利分类号:
A61B 34/10 (2016.01) *A61B 34/30* (2016.01)
A61B 34/20 (2016.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/076194
- (22) 国际申请日: 2021 年 2 月 9 日 (09.02.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202110104422.3 2021 年 1 月 26 日 (26.01.2021) CN
- (71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路
866 号, Zhejiang 310058 (CN)。

- (72) 发明人: 王静 (WANG, Jing); 中国浙江省杭州市江干区凯旋路 268 号, Zhejiang 310029 (CN)。牛田野 (NIU, Tianye); 中国浙江省杭州市江干区凯旋路 268 号, Zhejiang 310029 (CN)。罗辰 (LUO, Chen); 中国浙江省杭州市江干区凯旋路 268 号, Zhejiang 310029 (CN)。蔡秀军 (CAI, Xiujun); 中国浙江省杭州市江干区凯旋路 268 号, Zhejiang 310029 (CN)。
- (74) 代理人: 杭州天勤知识产权代理有限公司 (HANGZHOU TIANQIN INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国浙江省杭州市西湖区竞舟路 1 号筑品金座 501 室, Zhejiang 310013 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

(54) Title: PHYSICAL SPACE AND IMAGE SPACE REGISTRATION METHOD FOR IMAGE-GUIDED ROBOTIC MINIMALLY INVASIVE SURGICAL OPERATION

(54) 发明名称: 图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法



(57) Abstract: A physical space and image space registration method for an image-guided robotic minimally invasive surgical operation, relating to the technical field of X-ray imaging. A calibration phantom (100) is scanned by means of intraoperative CBCT (400), imaging geometric parameters are automatically identified, a three-dimensional reconstruction algorithm model under a phantom coordinate system is established, the intraoperative CBCT (400) is used again to scan a surgical object (300) to reconstruct a three-dimensional CT image under the phantom coordinate system, and the calibration phantom (100) is fixedly connected to a robot (200) by means of a base (201) so that the relative fixed transformation relationship between the phantom coordinate system and a robot coordinate system

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

only needs to be calibrated once. Physical space and image space are unified by using the calibration phantom (100), thereby avoiding complex processes of physical space and image space matching mark point coordinate acquisition and registration in conventional methods, greatly improving the precision of physical space and image space registration, simplifying the registration process, shortening the registration time, causing no injury to the surgical object (300).

(57) 摘要: 一种图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法, 属于X射线成像技术领域。通过术中CBCT(400)扫描标定模体(100), 自动识别成像几何参数, 建立模体坐标系下的三维重建算法模型, 术中CBCT(400)再扫描手术对象(300)即可重建出模体坐标系中的三维CT图像, 而标定模体(100)通过基座(201)与机器人(200)固定连接, 模体坐标系与机器人坐标系之间相对固定的转换关系标定一次即可。利用标定模体(100)将物理空间和图像空间统一, 避免了常规方法中物理空间和图像空间配对标记点坐标获取和配准的复杂过程, 大幅提升了物理空间和图像空间的配准精度、简化了配准流程、缩短了配准时间, 对手术对象(300)亦无损伤。

图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法

技术领域

本发明涉及 X 射线成像技术领域，具体地说，涉及一种图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法。

背景技术

物理空间与图像空间配准是图像引导机器人微创外科手术的关键环节，配准过程是将物理空间包含机器人和患者与图像空间包含 CT 图像两者相关联的过程。图像引导机器人微创外科手术，例如微创人工耳蜗植入手术，钻制的人工耳蜗通道与面神经、鼓索等重要解剖结构的距离约 0.5mm，手术路径在物理空间中规划与实施，而解剖结构在图像空间中识别与获取，因此物理空间与图像空间的配准精度在很大程度上决定了机器人微创外科手术成功与否。

目前物理空间与图像空间配准通常采用点配准或面配准的方法实现。点配准方法中精度较高的是通过手术的方式在骨中植入基准标记点，现有文献 (Gerber, N., et al. (2013). “High-Accuracy Patient-to-Image Registration for the Facilitation of Image-Guided Robotic Microsurgery on the Head”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 60(4):960-968.) 公开了一种颞骨切口旋入十个锚点作为植入的基准标记点，目标配准误差 (Target Registration Error), TRE=0.2mm, 但是对患者有侵入性损伤；而贴皮基准标记点和解剖基准标记点，获得的配准精度较差。此外，上述基准标记点的物理空间坐标通过光学或磁性位

置传感器获取，如高精度光学跟踪仪和专用六自由度力传感设备，但三维测量过程复杂、精度受限且成本较高。面配准方法采用激光表面扫描或跟踪指针检测表面点云坐标再通过迭代最近点算法进行配准，其配准精度比不上点配准，如现有文献（Fan, Y., et al. (2020). “A robust automated surface-matching registration method for neuronavigation”, Medical Physics, 47(7):2755-2767.）公开的采用三维白光扫描仪获取头部表面点云，经过粗精两次配准后目标配准误差 TRE=1.17mm。

综上所述，现有物理空间与图像空间配准方法存在精度偏低、过程复杂、成本较高、损伤机体等不足之处，严重限制了图像引导机器人微创外科手术在复杂精细手术方面的发展与应用。

发明内容

本发明的目的是提供一种图像引导机器人微创外科手术物理空间与图像空间配准方法，该方法有效避免了常规方法中物理空间和图像空间配对标记点坐标获取和配准的复杂过程。

为了实现上述目的，本发明提供的图像引导机器人微创外科手术物理空间与图像空间配准方法，包括以下步骤：

1) 将标定模体固连在机器人上，确定模体坐标系与机器人坐标系之间的转换关系；

2) 术中 CBCT 扫描标定模体，获得不同角度的模体投影图；

3) 针对步骤 2) 中获得的每张投影图，依据基于模体的 CBCT 成像几何参数标定算法，识别术中 CBCT 扫描过程中每个角度下的成像几何参数，并求得模体坐标系与探测器坐标系之间的转换关系；

4) 根据步骤 3) 中获得的术中 CBCT 成像几何参数, 修正 CBCT 三维重建算法, 建立模体坐标系下的三维重建算法模型;

5) 术中 CBCT 扫描手术对象, 获得不同角度的人体投影图, 采集人体投影图的角度与步骤 2) 中模体投影图的角度一一对应;

6) 将步骤 5) 中获得的人体投影图代入步骤 4) 中建立的三维重建算法模型, 重建模体坐标系中手术对象的三维 CT 图像;

7) 利用模体坐标系与机器人坐标系之间的转换关系, 获得机器人与手术对象内部结构的相对位置关系。

上述技术方案中, 不需要设定基准标记点, 也不需要借助三维测量装置, 通过术中 CBCT 扫描标定模体, 自动识别成像几何参数, 建立模体坐标系下的三维重建算法模型, 术中 CBCT 再扫描手术对象即可重建出模体坐标系中的三维 CT 图像, 而标定模体通过基座与机器人固定连接, 模体坐标系与机器人坐标系之间相对固定的转换关系标定一次即可。

可选地, 在一个实施例中, 所述的标定模体包括圆柱形的筒体和按照一定规律设置在所述筒体内的球体, 所述筒体的底部设有用于连接所述机器人基座的固定座。

所述的球体按照以下方式布置:

所述筒体中心轴的两端各设置一个球体, 筒体的中心位置处设置一个球体;

筒体的顶部端盖和底部端盖的周围均匀布置一圈球体。

进一步地, 步骤 3) 包括:

3-1) 对于每张投影图, 分割出标定模体中各个球体的投影;

3-2) 计算每个球体投影的中心坐标;

3-3) 根据球体投影中心坐标与球体投影之间的几何关系, 求解成像几何参数、以及模体坐标系与探测器坐标系之间的变换矩阵。

步骤 3-1) 中的分割方法包括基于灰度阈值的分割方法、基于边缘检测和霍夫圆检测的分割方法、基于 U-Net 全卷积网络的分割方法。

步骤 3-2) 中, 采用像素灰度值加权的方法计算每个球体投影的中心坐标。

进一步地, 步骤 4) 中, 采用齐次变换矩阵的形式修正所述的 CBCT 三维重建算法, 步骤 4) 包括:

4-1) 在模体坐标系中, 利用步骤 3-3) 中获得的成像几何参数对投影数据进行余弦修正和逐行线性移不变滤波操作;

4-2) 利用步骤 3-3) 中获得的成像几何参数、以及模体坐标系与探测器坐标系之间的变换矩阵, 将模体坐标系中的焦点坐标和重建体素坐标变换至探测器坐标系中;

4-3) 在探测器坐标系中, 基于体素驱动的反投过程按照焦点和体素点连线与探测器平面求交的形式, 对加权反投过程进行修正, 并采用快速增量算法对各体素进行快速遍历及求解, 得到三维重建算法模型。

本发明中所述的成像几何参数包括标定模体的焦点坐标、探测器中心点坐标、以及探测器偏转角度。

与现有技术相比, 本发明的有益之处在于:

本发明利用标定模体将物理空间与图像空间统一，通过标定模体识别出术中 CBCT 成像几何参数，并据此建立模体坐标系下的三维重建算法模型，将手术对象三维 CT 图像直接重建于模体坐标系，避免了常规方法中物理空间和图像空间配对标记点坐标获取和配准的复杂过程，大幅提升了物理空间和图像空间的配准精度、简化了配准流程、缩短了配准时间，对手术对象亦无损伤，可有效促进图像引导机器人微创外科手术在复杂精细手术方面的发展与应用。

附图说明

图 1 为本发明实施例中图像引导机器人微创外科手术物理空间与图像空间配准方法的流程图；

图 2 为本发明实施例中标定模体的结构示意图；

图 3 为本发明实施例中获得成像几何参数的流程图；

图 4 为本发明实施例中获得手术对象 CT 图像的流程图；

图 5 为本发明实施例中术中 CBCT 扫描标定模体的示意图；

图 6 为本发明实施例中术中 CBCT 扫描手术对象的示意图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，以下结合实施例及其附图对本发明作进一步说明。显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于所描述的实施例，本领域普通技术人员在无需创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

除非另外定义，本发明使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本发明中

使用的“包括”或者“包含”等类似的词语意指出现该词前面的元件或者物件涵盖出现在该词后面列举的元件或者物件及其等同，而不排除其他元件或者物件。

实施例

本实施例所使用的标定模体结构 100 参见图 2，包括圆柱形的筒体 4 和按照一定规律设置在筒体内的球体，筒体 4 顶部设有上端盖 1，底部设有下端盖 9 和用于连接机器人 200 的固定座 10。球体包括：位于筒体中间立柱 6 的两端的上层中心小球 3 和下层中心小球 7，位于筒体中间立柱 6 中心处的中间中心小球 5；均匀布置在上端盖 1 周围的上层均布小球 2，均匀布置在下端盖 9 周围的下层均布小球 8。

当然，本发明并不局限于使用以上标定模体，以上标定模体仅是本发明的一个实施方式。

参见图 1，本实施例中图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法包括以下步骤：

S1：参见图 5，将标定模体 100 固定在与机器人 200 连接的基座 201 上，标定模体 100 所处的位置需在术中 CBCT400 扫描成像视野范围内。标定模体 100 可以根据一张投影图标定出所有成像几何参数，包括焦点坐标、探测器中心点坐标、探测器偏转角。

S2：术中 CBCT400 扫描标定模体 100，获得 360°范围内不同角度的若干张投影图。采集投影数据的每个投影角度值可由安装在术中 CBCT400 上的倾角传感器获取。

S3：如图 2 所示，针对步骤 S2 中获得的每张投影图，依据基于模体的 CBCT 成像几何参数标定算法，自动识别术中 CBCT400 扫

描过程中每个角度下的成像几何参数。参见图 3，该步骤具体包括以下子步骤：

S31：对于每张投影图，采用基于灰度阈值的分割方法或基于边缘检测和霍夫圆检测的分割方法或基于 U-Net 全卷积网络的分割方法，分割出标定模体中各个小球的投影；

S32：对于每个小球投影采用像素灰度值加权的方法计算小球投影中心坐标；

S33：根据小球投影中心坐标以及小球投影之间的几何关系，求解焦点坐标、探测器中心点坐标、探测器偏转角等成像几何参数，以及模体坐标系与探测器坐标系之间的变换矩阵。

S4：如图 4 所示，根据步骤 S3 中获得的术中 CBCT400 实际成像几何参数，采用齐次变换矩阵的形式，修正 CBCT 三维重建算法，建立模体坐标系下的三维重建算法模型。该步骤具体包括以下子步骤：

S41：在模体坐标系中，利用步骤 S33 中获得的成像几何参数对投影数据进行余弦修正和逐行线性移不变滤波操作；

S42：利用步骤 S33 中获得的焦点坐标、模体坐标系与探测器坐标系之间的变换矩阵，将模体坐标系中焦点坐标、重建体素坐标，变换至探测器坐标系中；

S43：在探测器坐标系中，基于体素驱动的反投过程按照焦点和体素点连线与探测器平面求交的形式实现，对加权反投过程进行修正，并采用快速增量算法对各体素进行快速遍历及求解。

S5：参见图 6，术中 CBCT400 扫描手术对象 300，获得 360°范围内不同角度的若干张投影图，该若干张投影图的角度与步骤 S2 中的

投影图角度一一对应。术中 CBCT400 扫描手术对象 300 时的位置与步骤 S2 中扫描标定模体 100 时的位置保持一致。术中 CBCT400 扫描手术对象 300 时，采集投影数据的每个投影角度值可由安装在术中 CBCT400 上的倾角传感器获取。

S6：将步骤 S5 中获得的投影图代入步骤 S4 中建立的模体坐标系下的三维重建算法模型，重建出模体坐标系中手术对象 300 的三维 CT 图像。直接在模体坐标系中重建出手术对象 300 的三维 CT 图像，实现了物理空间与图像空间的统一，图像空间中获取的解剖结构直接定位在模体坐标系所确定的物理空间中。

S7：利用模体坐标系与机器人坐标系之间确定的转换关系，即可获得机器人 200 与手术对象 300 及手术对象 300 解剖结构的相对位置关系。物理空间中模体坐标系与机器人坐标系之间相对固定的转换关系，在手术机器人搭建时标定一次即可。

本实施例还给出该物理空间与图像空间配准方法在扫描标定模体情况下目标测试小球的实施结果。目标测试小球为图 2 所示标定模体中的上层中心小球 3 和下层中心小球 7，模体坐标系原点 0 设在中间中心小球 5 球心，标定模体轴线设为 Z 轴，中平面设为 XOY 平面，物理空间中标定模体上层中心小球 3 球心坐标为 (0, 0, 39.5)（即金标准），下层中心小球 7 球心坐标为 (0, 0, -39.5)（即金标准）。模体坐标系下标定模体的三维 CT 重建图像中，上端盖 1、下端盖 9、筒体 4、中间立柱 6、固定座 10 等所用亚克力材质的线衰约为 0.021，小球的线衰约为 0.56，因此可以通过设置体素阈值（为 0.1），从重建体中分割出小球体素所在的区域，并通过体素值加权的方式得到小球球心的图像空间坐标。由此得到图像空间中标定模体上层中心小球 3 球心坐标为 (-0.0253, -0.0474,

39.5163)，下层中心小球 7 球心坐标为（-0.0254，-0.0299，-39.4921）。本实施例中物理空间与图像空间的目标配准误差（Target Registration Error，TRE），上层中心小球 3： $TRE_{marker1}=0.056\text{mm}$ ，下层中心小球 7： $TRE_{marker2}=0.040\text{mm}$ 。术中 CBCT 扫描标定模体耗时 2 分钟，几何参数识别和 CT 重建算法修正计算机程序自动运行耗时 0.5 分钟，术中 CBCT 扫描手术对象耗时 2 分钟，手术对象三维 CT 图像重建耗时 0.5 分钟，上述配准过程总体耗时 5 分钟。

上述目标测试小球物理空间与图像空间配准过程中应用本实施例中基于标定模体坐标系的配准方法得到的配准精度明显优于常规方法所得到的配准精度（一般为几毫米，个别为零点几毫米）。特别是本实施例中的配准方法其配准流程简单，不需要通过手术植入基准标记点，也不需要借助高精度三维测量装置，有效缩短配准时间的同时也确保了配准结果的可重复性和可靠性。常规点配准方法手术植入基准标记点需增加预手术环节操作时间较长，而配准方法物理空间表面点云三维测量为手动操作一般配准时间为 20~30 分钟。

显然，上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例，而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法，其特征在于，包括以下步骤：

1) 将标定模体固连在机器人上，确定模体坐标系与机器人坐标系之间的转换关系；

2) 术中 CBCT 扫描标定模体，获得不同角度的模体投影图；

3) 针对步骤 2) 中获得的每张投影图，依据基于模体的 CBCT 成像几何参数标定算法，识别术中 CBCT 扫描过程中每个角度下的成像几何参数，并求得模体坐标系与探测器坐标系之间的转换关系；

4) 根据步骤 3) 中获得的术中 CBCT 成像几何参数，修正 CBCT 三维重建算法，建立模体坐标系下的三维重建算法模型；

5) 术中 CBCT 扫描手术对象，获得不同角度的人体投影图，采集人体投影图的角度与步骤 2) 中模体投影图的角度一一对应；

6) 将步骤 5) 中获得的人体投影图代入步骤 4) 中建立的三维重建算法模型，重建模体坐标系中手术对象的三维 CT 图像；

7) 利用模体坐标系与机器人坐标系之间的转换关系，获得机器人与手术对象内部结构的相对位置关系。

2. 根据权利要求 1 所述的图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法，其特征在于，所述的标定模体包括圆柱形的筒体和按照一定规律设置在所述筒体内的球体，所述筒体的底部设有用于连接所述机器人基座的固定座。

3. 根据权利要求 2 所述的图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法，其特征在于，所述的球体按照以下方式布置：

所述筒体中心轴的两端各设置一个球体，筒体的中心位置处设置一个球体；

筒体的顶部端盖和底部端盖的周围均匀布置一圈球体。

4. 根据权利要求 2 所述的图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法，其特征在于，步骤 3) 包括：

3-1) 对于每张投影图，分割出标定模体中各个球体的投影；

3-2) 计算每个球体投影的中心坐标；

3-3) 根据球体投影中心坐标与球体投影之间的几何关系，求解成像几何参数、以及模体坐标系与探测器坐标系之间的变换矩阵。

5. 根据权利要求 4 所述的图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法，其特征在于，步骤 3-1) 中的分割方法包括基于灰度阈值的分割方法、基于边缘检测和霍夫圆检测的分割方法、基于 U-Net 全卷积网络的分割方法。

6. 根据权利要求 4 所述的图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法，其特征在于，步骤 3-2) 中，采用像素灰度值加权的方法计算每个球体投影的中心坐标。

7. 根据权利要求 4 所述的图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法，其特征在于，步骤 4) 包括：

4-1) 在模体坐标系中，利用步骤 3-3) 中获得的成像几何参数对投影数据进行余弦修正和逐行线性移不变滤波操作；

4-2) 利用步骤 3-3) 中获得的成像几何参数、以及模体坐标系与探测器坐标系之间的变换矩阵，将模体坐标系中的焦点坐标和重建体素坐标变换至探测器坐标系中；

4-3) 在探测器坐标系中, 基于体素驱动的反投过程按照焦点和体素点连线与探测器平面求交的形式, 对加权反投过程进行修正, 并采用快速增量算法对各体素进行快速遍历及求解, 得到三维重建算法模型。

8. 根据权利要求 1 所述的图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法, 其特征在于, 步骤 4) 中, 采用齐次变换矩阵的形式修正所述的 CBCT 三维重建算法。

9. 根据权利要求 1~8 中任一权利要求所述的图像引导机器人微创外科手术的物理空间与图像空间配准方法, 其特征在于, 所述的成像几何参数包括标定模体的焦点坐标、探测器中心点坐标、以及探测器偏转角度。

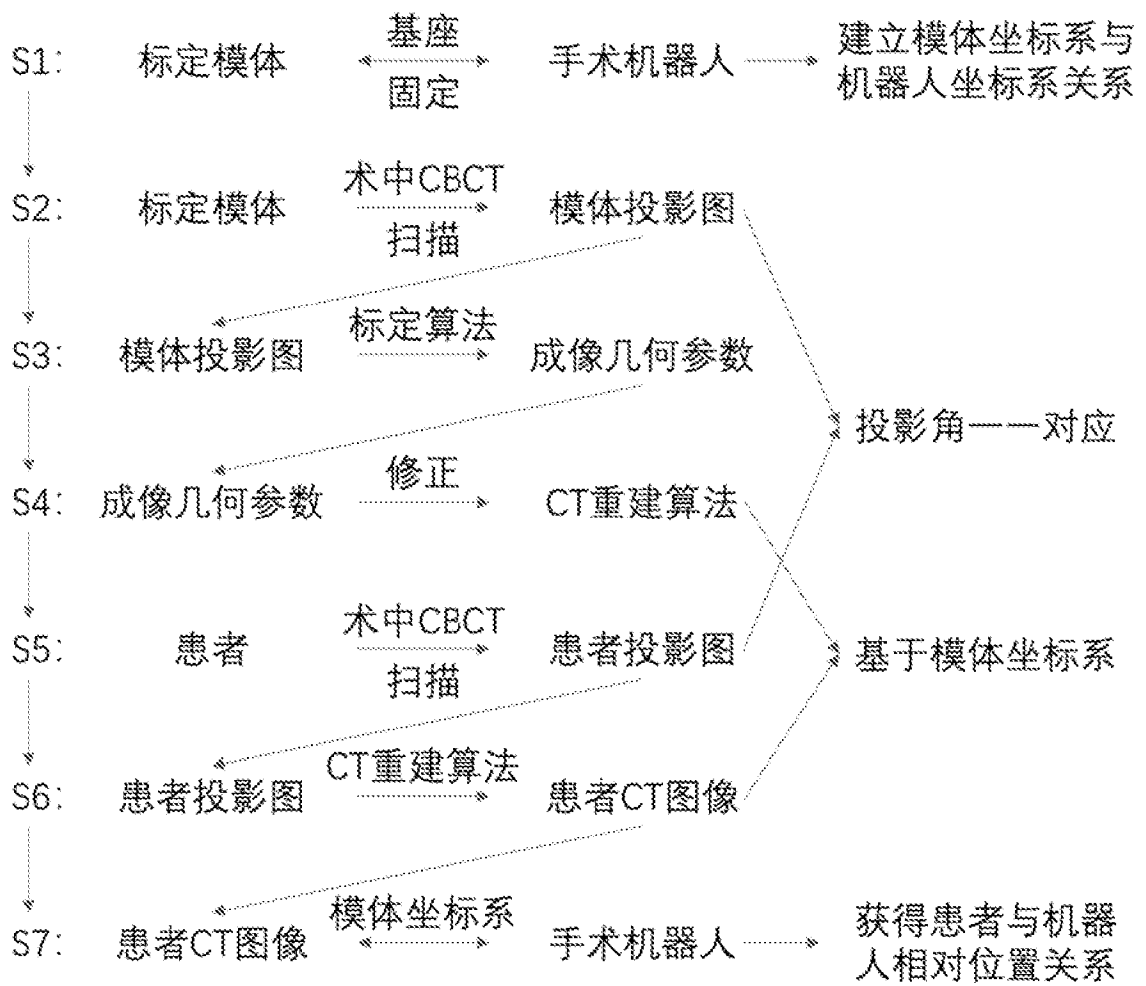


图 1

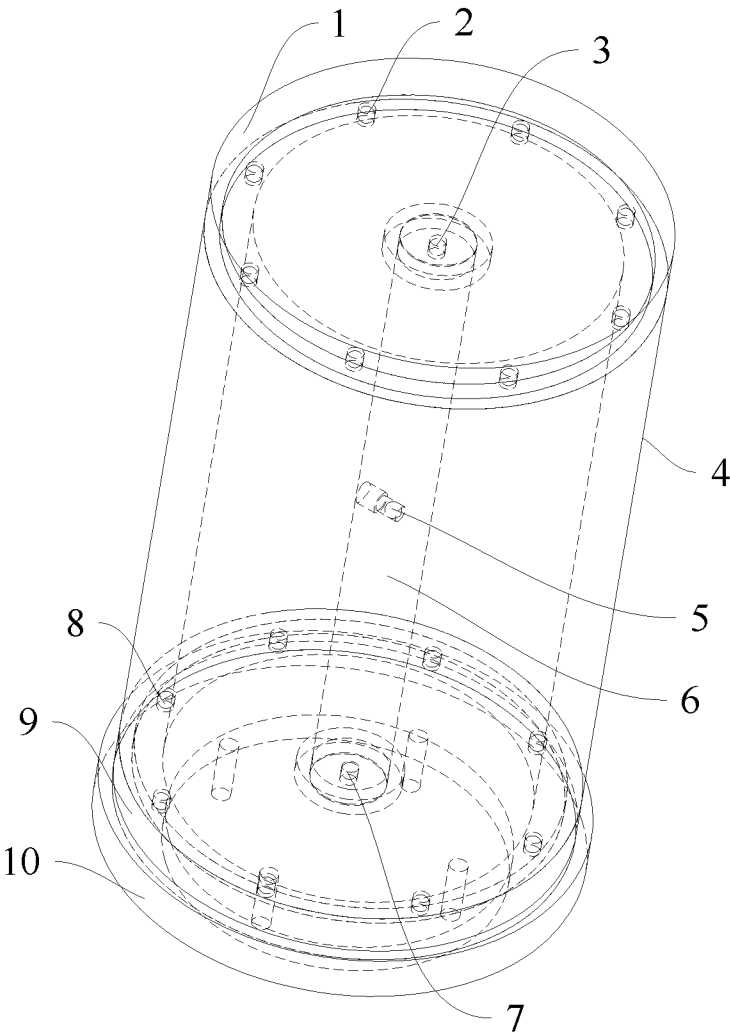


图 2

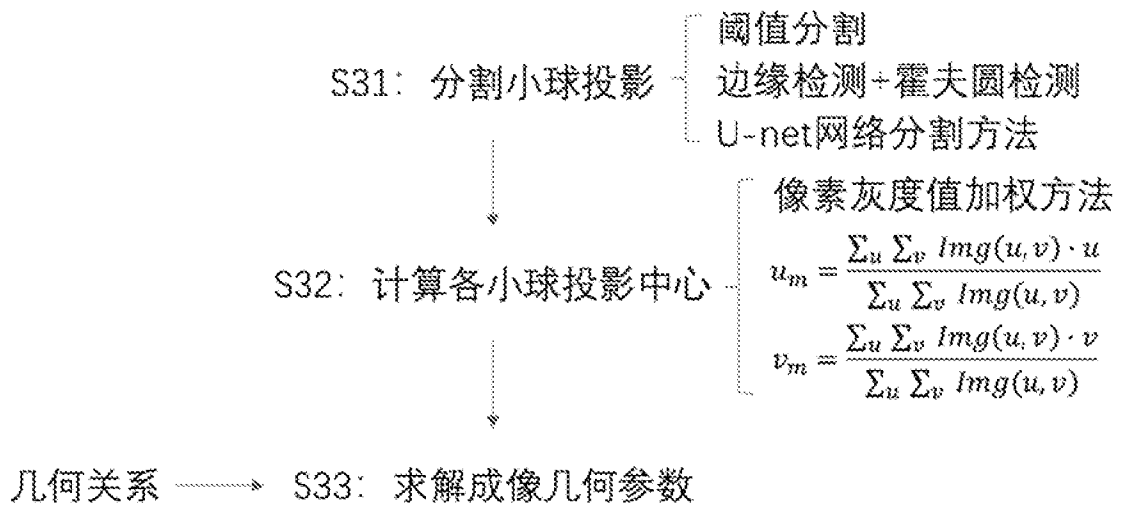


图 3

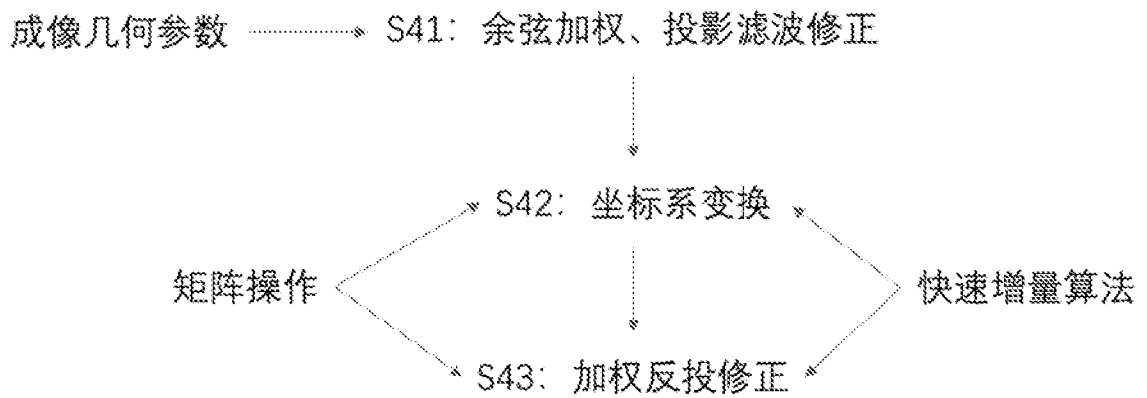


图 4

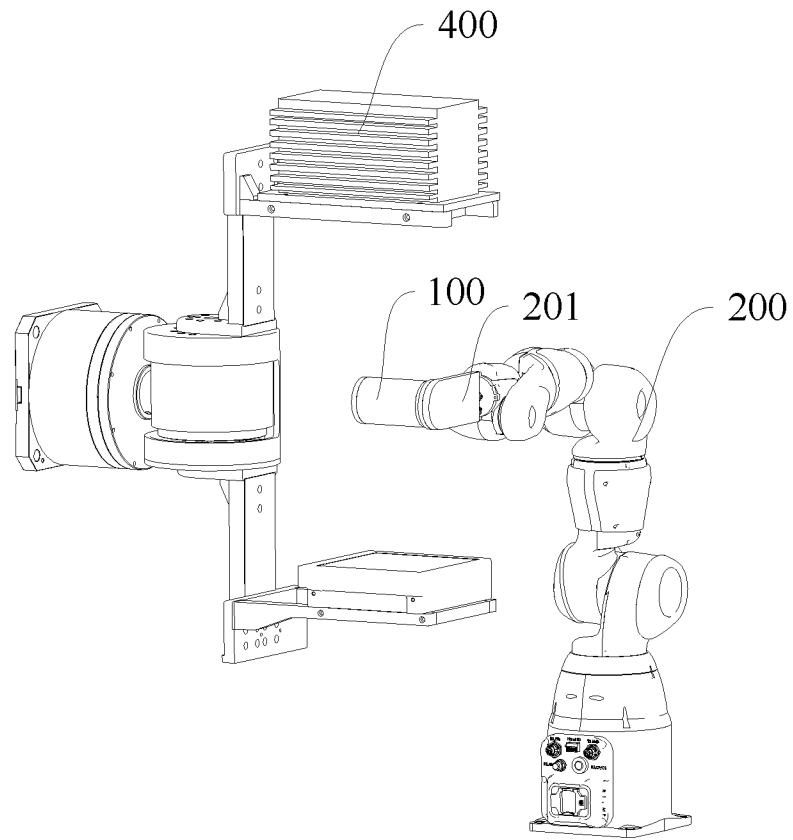


图 5

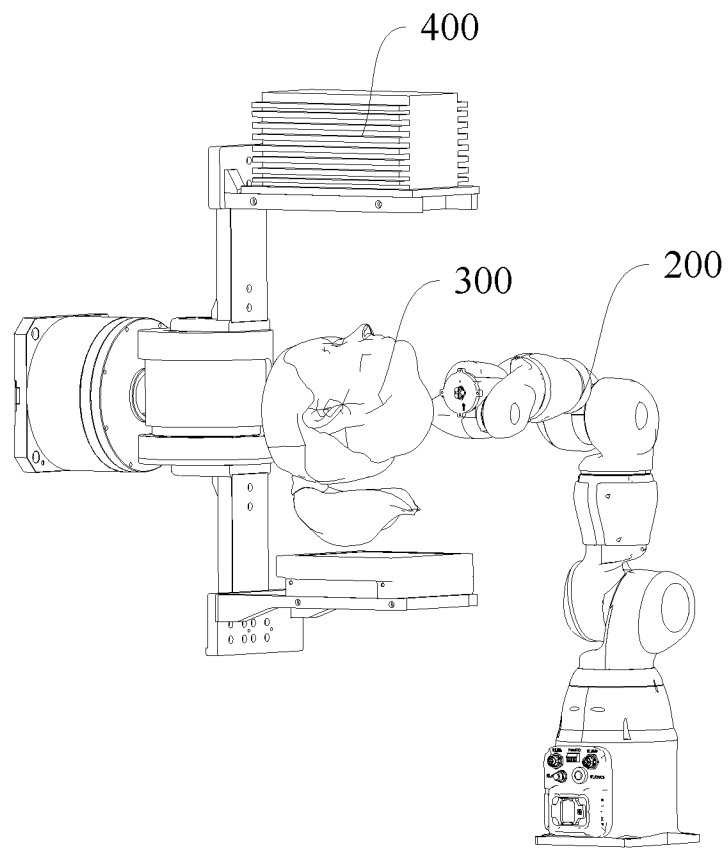


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/076194

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 34/10(2016.01)i; A61B 34/20(2016.01)i; A61B 34/30(2016.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B, G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 机器人, 微创, 手术, 物理空间, 图像空间, 配准, 标定, 标尺, 标记, 固定, 连接, robot+, minimally invasive, surgical, operat+, physical space, image space, registrat+, calibrat+, scaleplate, marker, fix+, connect+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 111388091 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 10 July 2020 (2020-07-10) description paragraphs [0004], [0056]-[0157], figures 1-7	1-6, 8-9
A	CN 104083216 A (TINAVI MEDICAL TECHNOLOGIES CO., LTD.) 08 October 2014 (2014-10-08) entire document	1-9
A	CN 111388089 A (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 10 July 2020 (2020-07-10) entire document	1-9
A	US 2014312229 A1 (ROLLS-ROYCE PLC.) 23 October 2014 (2014-10-23) entire document	1-9
A	EP 3295887 A1 (GLOBUS MEDICAL, INC.) 21 March 2018 (2018-03-21) entire document	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 August 2021

Date of mailing of the international search report

26 August 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/076194

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111388091	A	10 July 2020	None			
CN	104083216	A	08 October 2014	CN	104083216	B	20 April 2016
CN	111388089	A	10 July 2020	None			
US	2014312229	A1	23 October 2014	EP	2795245	A1	29 October 2014
				WO	2013092596	A1	27 June 2013
				GB	201122000	D0	01 February 2012
				GB	2498333	A	17 July 2013
				US	9175950	B2	03 November 2015
				SG	11201403332	A1	30 October 2014
				SG	11201403332	B	07 November 2016
EP	3295887	A1	21 March 2018	EP	3295887	B1	25 December 2019
				HK	1251141	A1	25 January 2019
				JP	2018051306	A	05 April 2018
				HK	1251141	A0	25 January 2019

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/076194

A. 主题的分类

A61B 34/10(2016.01)i; A61B 34/20(2016.01)i; A61B 34/30(2016.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

A61B, G01B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 机器人, 微创, 手术, 物理空间, 图像空间, 配准, 标定, 标尺, 标记, 固定, 连接, robot+, minimally invasive, surgical, operat+, physical space, registrat+, calibrat+, scaleplate, marker, fix+, connect+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 111388091 A (京东方科技集团股份有限公司) 2020年 7月 10日 (2020 - 07 - 10) 说明书第[0004]、[0056]-[0157]段, 附图1-7	1-6、8-9
A	CN 104083216 A (北京天智航医疗科技股份有限公司) 2014年 10月 8日 (2014 - 10 - 08) 全文	1-9
A	CN 111388089 A (京东方科技集团股份有限公司) 2020年 7月 10日 (2020 - 07 - 10) 全文	1-9
A	US 2014312229 A1 (ROLLS-ROYCE PLC) 2014年 10月 23日 (2014 - 10 - 23) 全文	1-9
A	EP 3295887 A1 (GLOBUS MEDICAL, INC.) 2018年 3月 21日 (2018 - 03 - 21) 全文	1-9

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2021年 8月 9日

国际检索报告邮寄日期

2021年 8月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

黄金龙

电话号码 86-(10)-53962393

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/076194

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	111388091	A	2020年 7月 10日	无			
CN	104083216	A	2014年 10月 8日	CN	104083216	B	2016年 4月 20日
CN	111388089	A	2020年 7月 10日	无			
US	2014312229	A1	2014年 10月 23日	EP	2795245	A1	2014年 10月 29日
				WO	2013092596	A1	2013年 6月 27日
				GB	201122000	D0	2012年 2月 1日
				GB	2498333	A	2013年 7月 17日
				US	9175950	B2	2015年 11月 3日
				SG	11201403332	A1	2014年 10月 30日
				SG	11201403332	B	2016年 11月 7日
EP	3295887	A1	2018年 3月 21日	EP	3295887	B1	2019年 12月 25日
				HK	1251141	A1	2019年 1月 25日
				JP	2018051306	A	2018年 4月 5日
				HK	1251141	A0	2019年 1月 25日