



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107924565 B

(45) 授权公告日 2021.09.14

(21) 申请号 201680037212.4

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

(22) 申请日 2016.06.23

责任公司 11219

(65) 同一申请的已公布的文献号

代理人 张焕生 戚传江

申请公布号 CN 107924565 A

(51) Int.CI.

(43) 申请公布日 2018.04.17

G06T 7/12 (2017.01)

(30) 优先权数据

G06T 7/174 (2017.01)

15173679.0 2015.06.24 EP

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

CN 103370729 A, 2013.10.23

2017.12.25

CN 104637056 A, 2015.05.20

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 104408734 A, 2015.03.11

PCT/EP2016/064516 2016.06.23

CN 102968822 A, 2013.03.13

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 103236058 A, 2013.08.07

W02016/207271 EN 2016.12.29

CN 104599268 A, 2015.05.06

(73) 专利权人 光线搜索实验室公司

WO 2013155358 A1, 2013.10.17

地址 瑞典斯德哥尔摩

Xiao Han等.A Morphing Active Surface

(72) 发明人 奥拉·韦斯特兰德

Model for Automatic Re-contouring in 4D

Radiotherapy.《Medical Imaging 2007: Image Processing》.2007, 第6512卷

审查员 罗倩

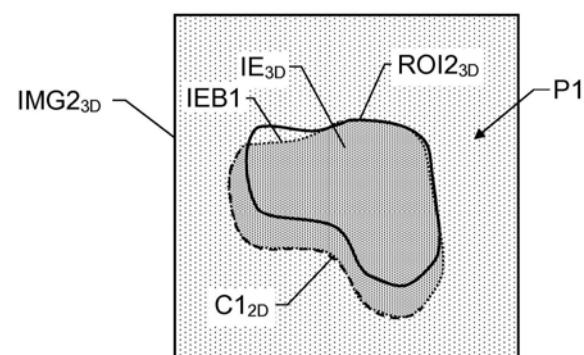
权利要求书3页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

(C1<sub>2D</sub>)、靶图像 (IMG2<sub>3D</sub>) 和第一关注区 (ROI1<sub>3D</sub>)，  
数据处理单元确定定义靶图像 (IMG2<sub>3D</sub>) 中的第二体积的第二关注区 (ROI2<sub>3D</sub>)。

处理图像数据的系统和方法

(57) 摘要



数据处理单元接收可变形物理实体的基准图像 (IMG1<sub>3D</sub>)、所述物理实体的靶图像 (IMG2<sub>3D</sub>) 以及定义表示基准图像元素的基准图像 (IMG1<sub>3D</sub>) 中第一体积的第一关注区 (ROI1<sub>3D</sub>)。基准图像 (IMG1<sub>3D</sub>)、靶图像 (IMG2<sub>3D</sub>) 和第一关注区 (ROI1<sub>3D</sub>) 均包含3D数据集。响应用户命令 (c1; c2)，数据处理单元定义经过靶图像 (IMG2<sub>3D</sub>) 的第一平面中第一轮廓 (C1<sub>2D</sub>)，其经由显示单元，连同反映基准图像 (IMG1<sub>3D</sub>)、靶图像 (IMG2<sub>3D</sub>) 和第一关注区 (ROI1<sub>3D</sub>) 的图像数据一起呈现给用户。第一轮廓 (C1<sub>2D</sub>) 与靶图像 (IMG2<sub>3D</sub>) 中的靶图像元素 (IE<sub>3D</sub>) 的第一边界 (IEB1) 的至少一部分对齐。靶图像元素 (IE<sub>3D</sub>) 对应于基准图像 (IMG1<sub>3D</sub>) 中的基准图像元素。基于第一轮廓

1. 一种图像处理系统(100),包括:

数据处理单元(110),所述数据处理单元被配置为接收:可变形物理实体的基准图像( $IMG1_{3D}$ )、所述物理实体的靶图像( $IMG2_{3D}$ )以及定义所述基准图像( $IMG1_{3D}$ )中第一体积的第一关注区( $ROI1_{3D}$ ),其中,所述第一体积表示基准图像元素,所述基准图像( $IMG1_{3D}$ )、所述靶图像( $IMG2_{3D}$ )和所述第一关注区( $ROI1_{3D}$ )均包含各自的三维数据集;

至少一个数据输入单元(131, 132),所述数据输入单元被配置为接收用户命令(c1; c2);以及

显示单元(140),所述显示单元被配置为呈现反映所述基准图像( $IMG1_{3D}$ )、所述靶图像( $IMG2_{3D}$ )和所述第一关注区( $ROI1_{3D}$ )的图形数据(GD),

其特征在于,所述数据处理单元(110)被进一步配置为:

响应所述用户命令(c1; c2),定义经过所述靶图像( $IMG2_{3D}$ )的第一平面中的第一轮廓( $C1_{2D}$ ),所述第一轮廓( $C1_{2D}$ )与所述靶图像( $IMG2_{3D}$ )中的靶图像元素( $IE_{3D}$ )的第一边界(IEB1)的至少一部分对齐,所述靶图像元素( $IE_{3D}$ )对应于所述基准图像( $IMG1_{3D}$ )中的基准图像元素,所述靶图像元素( $IE_{3D}$ )的所述第一边界(IEB1)表示特定器官的轮廓;

确定第二关注区( $ROI2_{3D}$ ),该第二关注区( $ROI2_{3D}$ )定义所述靶图像( $IMG2_{3D}$ )中的第二体积,所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ )基于所述第一轮廓( $C1_{2D}$ )、所述靶图像( $IMG2_{3D}$ )和所述第一关注区( $ROI1_{3D}$ )确定;以及

计算矢量场( $VF_{1 \rightarrow 2}$ ),该矢量场描述所述第一关注区( $ROI1_{3D}$ )与所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ )之间的关系,所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ )能够通过经由矢量场( $VF_{1 \rightarrow 2}$ )变换所述第一关注区( $ROI1_{3D}$ )来获得。

2. 如权利要求1所述的图像处理系统(100),其中,所述数据处理单元(110)被进一步配置为:

基于所述第一关注区( $ROI1_{3D}$ )和所述矢量场( $VF_{1 \rightarrow 2}$ )产生所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ );以及

产生用于在所述显示单元(140)上呈现的并且反映覆盖在所述靶图像( $IMG2_{3D}$ )上的第二关注区( $ROI2_{3D}$ )的图形数据。

3. 如权利要求1或2所述的图像处理系统(100),其中,所述数据处理单元(110)被进一步配置为:

接收另外的用户命令(c1; c2),并且响应于此,定义经过所述靶图像( $IMG2_{3D}$ )的第二平面中的第二轮廓( $C2_{2D}$ ),所述第二轮廓( $C2_{2D}$ )与所述靶图像( $IMG2_{3D}$ )中的所述靶图像元素( $IE_{3D}$ )的第二边界(IEB2)的至少一部分对齐;以及

进一步基于所述第二轮廓( $C2_{2D}$ ),确定所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ )。

4. 如权利要求1或2所述的图像处理系统(100),其中,所述数据处理单元(110)被配置为基于非线性优化算法确定所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ ),该非线性优化算法应用于所述第一轮廓( $C1_{2D}$ )和所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ )与所述第一平面之间的交集,所述非线性优化算法被配置为惩罚所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ )与所述第一轮廓( $C1_{2D}$ )的偏差。

5. 如权利要求4所述的图像处理系统(100),其中,所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ )由三角网格表示,并且所述非线性优化算法包括:

计算所述第二关注区( $ROI2_{3D}$ )与所述第一平面之间的交点集,对所述交点集中的每一

交点(V0),使用平均值坐标,利用与该交点(V0)相邻的八个体素中心(V1,V2,V3,V4,V5,V6,V7,V8)的凸组合,计算该交点(V0);以及

把二维距离变换应用在每个计算的交点与所述第一轮廓(C1<sub>2D</sub>)之间的欧几里得距离上。

6. 如权利要求4所述的图像处理系统(100),其中,所述第二关注区(ROI2<sub>3D</sub>)由三角网格表示,并且所述非线性优化算法包括:

计算所述第二关注区(ROI2<sub>3D</sub>)与所述第一平面之间的交点集,并且对该交点集中的每一交点:

确定从所述第二关注区(ROI2<sub>3D</sub>)朝向所述第一平面的垂直投影,所述垂直投影以预定长度的间隔延伸,并且如果在所述预定长度内,法线在一接合点处与所述第一轮廓(C1<sub>2D</sub>)相交,该接合点被包括作为更新的第二关注区的临时划界点;以及

基于更新的第二关注区重复所述确定步骤,直到满足停止判据。

7. 一种处理图像的方法,所述方法包括:

接收可变形物理实体的基准图像(IMG1<sub>3D</sub>);

接收所述物理实体的靶图像(IMG2<sub>3D</sub>);

接收定义所述基准图像(IMG1<sub>3D</sub>)中第一体积的第一关注区(ROI1<sub>3D</sub>),其中,所述第一体积表示基准图像元素,所述基准图像(IMG1<sub>3D</sub>)、所述靶图像(IMG2<sub>3D</sub>)和所述第一关注区(ROI1<sub>3D</sub>)均包含各自的三维数据集;

经由至少一个数据输入单元(131,132),接收用户命令(c1;c2);以及

在显示单元(140)上呈现图形数据(GD),所述图形数据(GD)反映所述基准图像(IMG1<sub>3D</sub>)、所述靶图像(IMG2<sub>3D</sub>)和所述第一关注区(ROI1<sub>3D</sub>),

其特征在于,所述方法包括:

响应所述用户命令(c1;c2),定义经过所述靶图像(IMG2<sub>3D</sub>)的第一平面中的第一轮廓(C1<sub>2D</sub>),所述第一轮廓(C1<sub>2D</sub>)与所述靶图像(IMG2<sub>3D</sub>)中的靶图像元素(IE<sub>3D</sub>)的第一边界(IEB1)的至少一部分对齐,所述靶图像元素(IE<sub>3D</sub>)对应于所述基准图像(IMG1<sub>3D</sub>)中的基准图像元素,所述靶图像元素(IE<sub>3D</sub>)的所述第一边界(IEB1)表示特定器官的轮廓;

确定定义所述靶图像(IMG2<sub>3D</sub>)中的第二体积的第二关注区(ROI2<sub>3D</sub>),所述第二关注区(ROI2<sub>3D</sub>)基于所述第一轮廓(C1<sub>2D</sub>)、所述靶图像(IMG2<sub>3D</sub>)和所述第一关注区(ROI1<sub>3D</sub>)确定;以及

计算矢量场(VF<sub>1→2</sub>),该矢量场描述所述第一关注区(ROI1<sub>3D</sub>)与所述第二关注区(ROI2<sub>3D</sub>)之间的关系,所述第二关注区(ROI2<sub>3D</sub>)能够通过经由矢量场(VF<sub>1→2</sub>)变换所述第一关注区(ROI1<sub>3D</sub>)来获得。

8. 如权利要求7所述的方法,进一步包括:

基于所述第一关注区(ROI1<sub>3D</sub>)和所述矢量场(VF<sub>1→2</sub>)产生所述第二关注区(ROI2<sub>3D</sub>);以及

产生用于在所述显示单元(140)上呈现的并且反映覆盖在所述靶图像(IMG2<sub>3D</sub>)上的第二关注区(ROI2<sub>3D</sub>)的图形数据。

9. 如权利要求7或8所述的方法,进一步包括:

接收另外的用户命令(c1;c2),并且响应于此,定义经过所述靶图像(IMG2<sub>3D</sub>)的第二平

面中的第二轮廓 ( $C2_{2D}$ )，所述第二轮廓 ( $C2_{2D}$ ) 与所述靶图像 ( $IMG2_{3D}$ ) 中的所述靶图像元素 ( $IE_{3D}$ ) 第二边界 (IEB2) 的至少一部分对齐；以及

进一步基于所述第二轮廓 ( $C2_{2D}$ )，确定所述第二关注区 ( $ROI2_{3D}$ )。

10. 如权利要求7或8所述的方法，进一步包括基于非线性优化算法确定所述第二关注区 ( $ROI2_{3D}$ )，该非线性优化算法应用于所述第一轮廓 ( $C1_{2D}$ ) 和所述第二关注区 ( $ROI2_{3D}$ ) 与所述第一平面之间的交集，所述非线性优化算法被配置为惩罚所述第二关注区 ( $ROI2_{3D}$ ) 与所述第一轮廓 ( $C1_{2D}$ ) 的偏差。

11. 如权利要求10所述的方法，其中，所述第二关注区 ( $ROI2_{3D}$ ) 由三角网格表示，并且所述方法包括：

计算所述第二关注区 ( $ROI2_{3D}$ ) 与所述第一平面之间的交点集，对所述交点集中的每一交点 (V0)，使用平均值坐标，利用与该交点 (V0) 相邻的八个体素中心 (V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8) 的凸组合，计算该交点 (V0)；以及

把二维距离变换应用在每个计算的交点与所述第一轮廓 ( $C1_{2D}$ ) 之间的欧几里得距离上。

12. 如权利要求10所述的方法，其中，所述第二关注区 ( $ROI2_{3D}$ ) 由三角网格表示，并且所述方法包括：

计算所述第二关注区 ( $ROI2_{3D}$ ) 与所述第一平面之间的交点集，并且对所述交点集中的每一交点：

确定从所述第二关注区 ( $ROI2_{3D}$ ) 朝向所述第一平面的垂直投影，所述垂直投影以预定长度的间隔延伸，并且如果在所述预定长度内，法线在一接合点处与所述第一轮廓 ( $C1_{2D}$ ) 相交，该接合点被包括作为更新的第二关注区的临时划界点；以及

基于更新的第二关注区重复所述确定步骤，直到满足停止判据。

13. 一种存储器，所述存储器是至少一个处理器的存储器并且存储计算机程序产品 (SW)，所述计算机程序产品 (SW) 包括用于在所述至少一个处理器上运行时执行如权利要求7至12中任一项所述的方法的软件。

14. 一种处理器可读介质，包括指令，所述指令在由至少一个处理器执行时，使得所述至少一个处理器执行如权利要求7至12中任一项所述的方法。

## 处理图像数据的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明一般地涉及三维3D图像的处理。特别本发明涉及根据权利要求1的前序部分的图像处理系统以及相应的方法。本发明还涉及一种计算机程序产品和一种处理器可读介质。

### 背景技术

[0002] 在一些类型的3D成像中,特别是在医学领域中,重要的是可以识别对象/物体的第一图像、第二图像以及任何后续图像中的一个或多个特定项目(item)。例如,可以在执行放射疗法疗程之前记录的第一计算机断层扫描CT图像中定义患者的肝脏。然后,医生关注于检查疗法的效果。为了达到这个目的,重要的是在治疗疗程之后记录的第二图像中可以充分地识别肝脏。在第二图像中,肝脏可以具有与第一图像不同的形状。假设待治疗的肿瘤组织位于肝脏中,辐射本身可能会使器官稍微变形。然而,胃内容物不同、患者具有略有不同的位置和/或当记录第二图像时使用不同的成像设备的单纯事实也可以解释为什么发生变形。在任何情况下,在相应第一图像中所做的识别的基础上,识别第二图像中的器官如肝脏的体积界限通常绝非是无关宏旨的任务。由于数据集是3D的,器官或结构的识别通常是手动过程,其中,操作员必须在相应的图像平面中-在整个关注区中逐子野(segment) 定义相关的边界。

[0003] WO2012/069965描述了一种放射治疗计划系统,包括计划模块,其从诊断成像装置接收第一计划图像集,并使用自动子野分割工具或手动子野分割工具以及放射治疗计划系统来生成第一放射治疗计划。在第一放射疗法计划已经被应用于一个或多个疗程之后,生成第二计划图像集。计划模块使用可变形的图像配准算法来记录计划图像集并且生成相应的变形图,该变形图被应用于分割的第一计划图像集的关注对象OOIs以把关注对象传播到第二方案图像集。在两个步骤中,根据传播的和实际的OOI位置之间的偏差校正变形图:1) 执行传播OOI的手动和/或自动校正,例如关注区轮廓校正和/或关注地标点位置;2) 从这些局部OOI校正生成校正的全局变形图。校正的变形图被应用于第一放射疗法计划和累积的放射图,该放射线图描绘了在通过第一放射疗法计划实施的治疗疗程期间在每个OOI中累积的放射。

[0004] 尽管上述解决方案可以提供高质量的最终结果,但是所应用的策略相对低效且耗时,因为必须手动地定义整个3D体积以获得变形图,即,描述从第一图像到第二图像的OOI变换的矢量场。

### 发明内容

[0005] 因此,本发明的目的是改善上述问题,并且提供一种改进的图像处理解决方案。

[0006] 根据本发明的一个方面,该目的通过初始描述的图像处理系统来实现,其中数据处理单元被进一步配置为响应用户命令定义经过靶图像的第一平面的第一轮廓。在此假定输入这样的用户命令,使得第一轮廓与靶图像中的靶图像元素的边界的至少一部分对齐。

此外,还假定靶图像元素对应于基准图像中的基准图像元素。此外,数据处理单元进一步被配置为确定定义靶图像中的第二体积的第二关注区。第二关注区由数据处理单元基于第一轮廓、靶图像和第一关注区来确定。

[0007] 该图像处理系统是有利的,因为它不要求靶图像的3D关注区中的完全手动配准。实际上,在许多情况下,如果用户仅定义沿第一平面的靶图像元素的边界的一部分的第一轮廓就足够了。

[0008] 根据本发明的该方面的一个优选实施例,数据处理单元被进一步配置为计算描述第一和第二关注区之间的关系的矢量场。矢量场具有可通过经由矢量场变换第一关注区而获得第二关注区的属性。这是有利的,因为它允许方便地双重校验已经找到适当的关系。也就是说,如果得到第一关注区,并且通过矢量场对其进行变换,则将获得与靶图像中的第二体积匹配的结果第二区域。因此,操作者可以通过将第一关注区的变换版本与靶图像的图像数据比较,可视地研究数据质量。

[0009] 因此,根据本发明的该方面的另一优选实施例,数据处理单元被进一步配置为基于第一关注区和矢量场生成第二关注区。数据处理单元被进一步配置为产生用于在显示单元上呈现的图形数据,该图形数据反映覆盖在靶图像上的第二关注区。通过这种方式直接绘制,使得确认矢量场的质量,从而确认与第二关注区相关的数据质量。

[0010] 根据本发明的该方面的又一优选实施例,数据处理单元进一步被配置为接收另外的用户命令,并且响应于此,定义经过靶图像的第二平面中的第二轮廓。与上述类似,假定第二轮廓与靶图像中的靶图像元素的边界的至少一部分对齐。然后,进一步在第二轮廓的基础上,数据处理单元被配置为确定第二关注区。因此,用户可以以非常直观的方式调整初始矢量场的任何缺陷。

[0011] 根据本发明的该方面的又一优选实施例,数据处理单元被配置为基于非线性优化算法来确定第二关注区,非线性优化算法应用于第一轮廓和第二关注区与第一平面之间的交集。非线性优化算法被配置为惩罚第二关注区与第一轮廓的偏差。由此,能够高效且高精度地生成第二关注区。

[0012] 根据本发明的该方面的又一优选实施例,假定第二关注区由三角网格表示。在此,非线性优化算法包括计算第二关注区和第一平面之间的交点集,其中,对交点集中的每个交点,使用平均值坐标,利用位于该交点附近的八个体素中心的凸组合来计算该交点。非线性优化算法包括将二维距离变换应用在每个计算出的交点与第一轮廓之间的欧几里德距离上。因此,该算法考虑第一平面中的用户定义的轮廓的3D方面。这可以进一步提高所提出的系统的效率和准确度。

[0013] 根据本发明的该方面的另一优选实施例,再假定第二关注区由三角网格表示;并且非线性优化算法包括计算第二关注区与第一平面之间的交点集。然而,在此,对该交点集中的每个交点,确定从第二关注区朝向第一平面的垂直投影。垂直投影以预定长度的间隔延伸。如果在预定长度内,法线在一接合点处与第一轮廓相交,则该接合点被包括作为更新的第二关注区的暂定划界点。然后,基于更新的第二关注区重复该确定步骤,直到满足停止判据为止。因此,该算法还考虑到第一平面中的用户定义的轮廓的3D方面,然而以与本发明的前述实施例不同的方式。

[0014] 根据本发明的另一方面,通过初始描述的方法实现该目的,其中,该方法包括响应

用户命令定义经过所述靶图像的第一平面中的第一轮廓。在此，假定输入这样的用户命令，使得第一轮廓与靶图像中的靶图像元素的边界的至少一部分对齐。靶图像元素对应于基准图像中的基准图像元素。该方法进一步包括确定定义靶图像中的第二体积的第二关注区。基于第一轮廓、靶图像和第一关注区来确定第二关注区。从参照所本发明系统的上文的讨论，该方法以及其优选实施例的优点是显而易见的。

[0015] 根据本发明的另一方面，该目的通过一种计算机程序产品来实现，该计算机程序产品可加载到计算机的存储器中，并且包括用于在计算机上执行时，实现上述提出的方法的步骤的软件。

[0016] 根据本发明的另一方面，该目的通过一种包含指令的处理器可读介质来实现，所述指令在由至少一个处理器执行时，使至少一个处理器执行所提出的方法。

[0017] 从下文的描述和从属权利要求，本发明的另外的优点、有益的特征和应用将是显而易见的。

## 附图说明

[0018] 现在将通过作为示例公开的优选实施例并且参考附图，更详细地解释本发明。其中

[0019] 图1示出了根据本发明的一个实施例的图像处理系统的框图；

[0020] 图2示出了靶图像中的第一平面中的第一轮廓和图像元素的边界的第一示例以及第一轮廓的示例；

[0021] 图3a-b示出根据本发明的一个实施例，如何从基准图像中的第一关注区获得靶图像中的关注的第二体积；

[0022] 图4示出了靶图像中的第二平面的第一轮廓和图像元素的边界第二示例以及第一轮廓的另一示例；

[0023] 图5示出更新靶图像的第二平面中的第一轮廓，使得关注区匹配第二体积的情形；

[0024] 图6示出了根据本发明的一个实施例，基于八个体素中心的凸组合，如何计算与第一平面的交点；

[0025] 图7a-b示出了根据本发明的一个实施例，如何将第二关注区迭代地应用于用户定义的轮廓；以及

[0026] 图8通过流程图示出了根据本发明的用于处理图像的一般方法。

## 具体实施方式

[0027] 首先，参照图1和图2，示出了根据本发明的一个实施例的图像处理系统100上的框图，相应示出了靶图像的第一平面中的第一轮廓以及图像元素的边界的第一示例和第一轮廓的示例。

[0028] 所提出的图像处理系统100包括数据处理单元110、至少一个数据输入单元131和132以及显示单元140。

[0029] 数据处理单元110被配置为接收可变形物理实体的基准图像IMG1<sub>3D</sub>，例如，表示患者的器官或身体结构。基准图像IMG1<sub>3D</sub>是三维数据集，通常包含可由下述设备记录的相对大数量的体素(voxel)：X射线计算机断层扫描，磁共振设备(例如，使用磁共振成像，MRI、核磁

共振成像,NMRI,或磁共振断层扫描,MRT),超声波照相机或锥形束计算机断层摄影术,CBCT扫描仪。

[0030] 数据处理单元110还被配置为接收物理实体的靶图像 $IMG2_{3D}$ ,该靶图像 $IMG2_{3D}$ 同样是3D数据集,其通常包含例如由下述设备记录的相对大数量的体素:X射线计算机断层扫描、磁共振设备(例如使用磁共振成像,MRI、核磁共振成像,NMRI,或磁共振断层扫描,MRT)或超声波照相机,但不一定是用于生成基准图像 $IMG1_{3D}$ 的相同的设备或相同类型的设备。

[0031] 另外,数据处理单元110被配置为接收定义基准图像 $IMG1_{3D}$ 中的第一体积的第一关注区 $ROI1_{3D}$ 。第一关注区 $ROI1_{3D}$ 表示定义了基准图像 $IMG1_{3D}$ 上特定区域的基准图像元素,例如对应于患者的个别器官、器官系统、组织或一些其他身体结构的划界边界。分别类似于基准图像 $IMG1_{3D}$ 和靶图像 $IMG2_{3D}$ ,第一关注区 $ROI1_{3D}$ 是可由体素表示的3D数据集。然而,第一关注区 $ROI1_{3D}$ 通常是由人类操作者如放射科医生人工定义的数据集。与特定起源无关,经由一个或多个数据接口,第一关注区 $ROI1_{3D}$ 、基准图像 $IMG1_{3D}$ 和靶图像 $IMG2_{3D}$ 被馈送到数据处理单元110中。

[0032] 显示单元140被配置为呈现反映基准图像 $IMG1_{3D}$ 、靶图像 $IMG2_{3D}$ 和第一关注区 $ROI1_{3D}$ 的图形数据GD。因此,如放射科医师的用户可以可视地检查图像数据,优选地通过经由至少一个数据输入单元131和132输入命令从所选择的视图交互地进行。所述数据输入单元131和132可由用于生成对计算机的用户命令的任何已知的输入构件,如键盘131和/或计算机鼠标132表示。

[0033] 至少一个数据输入单元131和132被配置为分别接收用户命令c1和c2。响应用户命令c1和/或c2,数据处理单元110被配置成定义经过靶图像 $IMG2_{3D}$ 的第一平面中的第一轮廓 $C1_{2D}$ ,优选地对应于呈现在显示单元140上的靶图像 $IMG2_{3D}$ 的视图。在此,假定生成用户命令c1和/或c2,使得第一轮廓 $C1_{2D}$ 与靶图像 $IMG2_{3D}$ 中的靶图像元素 $IE_{3D}$ (如特定器官的轮廓)的第一边界 $IEB1$ 的至少一部分对齐。在任何情况下,靶图像元素 $IE_{3D}$ 对应于基准图像 $IMG1_{3D}$ 中的基准图像元素。

[0034] 数据处理单元110被进一步配置为确定定义靶图像 $IMG2_{3D}$ 中的第二体积的第二关注区 $ROI2_{3D}$ 。根据本发明,基于第一轮廓 $C1_{2D}$ 、靶图像 $IMG2_{3D}$ 和第一关注区 $ROI1_{3D}$ 来确定第二关注区 $ROI2_{3D}$ 。

[0035] 图3a和图3b示出了如何根据基准图像 $IMG1_{3D}$ 中的第一关注区 $ROI1_{3D}$ 获得靶图像 $IMG2_{3D}$ 中的第二关注区 $ROI2_{3D}$ 。

[0036] 根据本发明的一个实施例,数据处理单元110被进一步配置为计算描述第一关注区 $ROI1_{3D}$ 和第二关注区 $ROI2_{3D}$ 之间的关系的矢量场 $VF_{1\rightarrow2}$ 。矢量场 $VF_{1\rightarrow2}$ 具有特性,使得经由矢量场 $VF_{1\rightarrow2}$ 变换第一关注区 $ROI1_{3D}$ 获得第二关注区 $ROI2_{3D}$ 。换句话说,第二关注区 $ROI2_{3D}$ 可以通过例如将第一关注区 $ROI1_{3D}$ 与矢量场 $VF_{1\rightarrow2}$ 相乘而产生。

[0037] 进一步优选地,数据处理单元110被配置为基于第一关注区 $ROI1_{3D}$ 和矢量场 $VF_{1\rightarrow2}$ 来生成第二关注区 $ROI2_{3D}$ 。然后,数据处理单元110优选被配置为生成用于在显示单元140上呈现的图形数据,使得该图形数据反映覆盖在靶图像 $IMG2_{3D}$ 上的第二关注区 $ROI2_{3D}$ 。因此,用户可以再次检查矢量场 $VF_{1\rightarrow2}$ (由此第二关注区 $ROI2_{3D}$ )是否是靶图像 $IMG2_{3D}$ 中的器官、器官系统、组织、身体结构等的足够精确的定义。如果矢量场 $VF_{1\rightarrow2}$ 被证明是不可接受的不准确,则期望用户具有提高数据质量的手段。

[0038] 为此目的,根据本发明的一个实施例,数据处理单元110被进一步配置为分别经由至少一个数据输入单元131和/或132,接收另外的用户命令c1和/或c2。响应于此,数据处理单元110被配置为定义经过靶图像 $IMG2_{3D}$ 的第二平面P2中的第二轮廓 $C2_{2D}$ ,如图4所示。同样,假设生成用户命令c1/c2,使得第二轮廓 $C2_{2D}$ 与靶图像 $IMG2_{3D}$ 中的靶图像元素 $IE_{3D}$ 的第二边界 $IEB2$ 的至少一部分对齐。之后,数据处理单元110被配置为进一步基于第二轮廓 $C2_{2D}$ 确定第二关注区 $ROI2_{3D}$ 。图5示出了将初始第二关注区 $ROI2_{3D}$ 调整为更新的第二关注区 $ROI2'_{3D}$ 的示例。

[0039] 当如上所述校正/调整第二关注区 $ROI2_{3D}$ 时,数据处理单元110可以应用将在下文参考图6,7a和7b描述的一个或多个策略。

[0040] 图6示出了根据本发明的一个实施例,如何基于八个体素中心V1,V2,V3,V4,V5,V6,V7和V8的凸组合来计算第二关注区 $ROI2_{3D}$ 分别与第一平面P1或第二平面P2之间的交点V0。在图6中,交点V0周围的内框在此表示其中数据值完全相同的体积,并且其中图形数据可以用显示单元140上的特定强度和/或色调来表示。

[0041] 如在计算机图形学以及医学数据的计算机辅助图像处理中常见方法,假定第二关注区 $ROI2_{3D}$ 由三角网格表示。优选地,对第一关注区 $ROI1_{3D}$ 也是如此。当然,与上述第一或第二平面的取向无关,第二关注区 $ROI2_{3D}$ 与第一或第二平面之间的许多交点发生之处不同于三角网格表示中的三角形的角处。换句话说,相交线将错过描述第二关注区 $ROI2_{3D}$ 的矢量场的多个体素中心。因此,必须计算具体的交点。

[0042] 根据本发明的一个实施例,这种计算被表述为非线性优化问题,包括惩罚与轮廓(即, $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ )的偏差的项。在此,使用二维距离变换如下:

[0043] 假定在用于第二关注区 $ROI2_{3D}$ 的平面P1或P2中已经定义轮廓 $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ ,其由三角网格表示,并且平面P1或P2与第二关注区 $ROI2_{3D}$ 相交。定义第二关注区 $ROI2_{3D}$ 的边缘集,这里产生交集E。

[0044] 对于E中的每条边,计算与平面P1或P2的交点。如上所述,所得到的交点集通常不位于矢量场的体素中心。为了根据矢量场来表示交点,对每一交点V0,使用平均值坐标,通过与该交点V0相邻的八个体素中心V1,V2,V3,V4,V5,V6,V7和V8的凸组合,计算该交点V0。这样的点被称为虚拟点 $V_i$ ,其中:

$$[0045] V_i = \sum_{i=1}^8 w_i * p_i \text{ 以及 } \sum_{i=1}^8 w_i = 1$$

[0046] 对平面P1或P2中的轮廓 $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ 计算距离变换 $D(x)$ ,使得 $D(x)$ 在轮廓上为0,在其他处大于0。由此, $D(x)$ 近似与轮廓 $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ 的欧几里得距离。

[0047] 现在可以写惩罚与轮廓 $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ 的偏差的非线性项:

$$[0048] f(x) = \sum_i D(v_i(x))^2$$

[0049] 图7a和图7b示出了替代的策略,根据该策略,可以计算第一平面P1或第二平面P2与第二关注区 $ROI2_{3D}$ 之间的交点,即,经由运行相对于轮廓 $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ 的外迭代和内迭代的迭代过程。

[0050] 同样在这种情况下,第二关注区 $ROI2_{3D}$ 由三角网格表示。在此,因轮廓 $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ 引

起的目标函数的非线性项在主迭代期间不变，并且在主迭代之间更新。使用来自上述策略的术语，不同之处在于对轮廓 $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ 与平面P1或P2之间的每个交点 $v_i$ ，通过在边角处内插顶点法线，计算法线 $N_i$ 。

[0051] 然后，将法线 $N_i$ 投影到平面P1或P2上，并且执行长度L间隔的沿投影法线的搜索。如果找到与轮廓 $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ 的交点 $t_i$ ，则将其添加到非线性函数中：

$$[0052] f(x) = \sum_i w_i * \|v_i - t_i\|^2$$

[0053] 在此，权重 $w_i$ 可以是1，或者权重 $w_i$ 可以取决于与轮廓 $C1_{2D}$ 或 $C2_{2D}$ 的交角，使得几乎垂直的相交导致相对较高的权重和几乎平行的相交导致相对较低的权重。

[0054] 图7a和7b示出在迭代i中，在长度L的区间内找到交点 $t_i$ 的情况的例子，因此，在该过程的后续迭代中，相应的交点 $v_{i+1}$ 被包括在轮廓 $C1_{2D}$ 中。

[0055] 定义了用于迭代的停止判据，该停止判据优选从启发式中选择。例如，如果新的交点 $t_i$ 的数量减小（即，在后续迭代i+1中变得更低），和/或如果交点 $t_i$ 的数量在迭代之间开始保持近似，则可以认为满足停止判据。

[0056] 数据处理单元110优选地包含存储器单元115或者与之通信连接，存储器单元115存储计算机程序产品SW，该计算机程序产品SW包含软件，用于当在至少一个处理器上运行计算机程序产品时，使数据处理单元110中的至少一个处理器执行上述动作。

[0057] 为了总结，现在参考图8中的流程图描述当处理图像数据和用户命令时，在根据本发明的数据处理单元110中执行的一般方法。

[0058] 第一步骤810检查是否接收到可变形物理实体的基准图像 $IMG1_{3D}$ ，如果是，则执行步骤820。否则，过程返回并且停留在步骤810中。基准图像 $IMG1_{3D}$ 是3D数据集，例如由计算机断层扫描或类似设备记录的相对大量体素来表示。

[0059] 步骤820检查是否接收到可变形物理实体的靶图像 $IMG2_{3D}$ ，即如由基准图像 $IMG1_{3D}$ 表示的同一对象/物体的另一图像。如果在步骤820中接收到靶图像 $IMG2_{3D}$ ，则继续到步骤830。否则，该过程返回并且停留在步骤820中。靶图像 $IMG2_{3D}$ 是3D数据集，例如，由计算机断层扫描或类似设备记录的相对大量的体素表示。

[0060] 步骤830检查是否已经由一个或多个数据输入单元（如计算机鼠标和/或键盘）接收到用户命令，假定输入针对定义经过靶图像 $IMG2_{3D}$ 的第一平面中的第一轮廓 $C1_{2D}$ 的用户命令。如果接收到这样的用户命令，则继续步骤840。否则，过程返回并且停留在步骤830。

[0061] 步骤840检查是否已经接收到第一关注区 $ROI1_{3D}$ ，如果是，则继续步骤850。否则，过程返回并且停留在步骤840中。第一关注区 $ROI1_{3D}$ 定义基准图像 $IMG1_{3D}$ 中的第一体积，其中，第一体积表示基准图像元素，例如患者的特定器官/结构。第一关注区 $ROI1_{3D}$ 是3D数据集，最好由可由操作者手动定义的体素表示。

[0062] 应注意，步骤810至840的确切顺序不是关键的，并且可以根据本发明而变化，只要在靶图像 $IMG2_{3D}$ 之后接收用户命令即可。即，基于靶图像 $IMG2_{3D}$ 输入用户命令。

[0063] 在步骤850中，响应用户命令，在经过靶图像 $IMG2_{3D}$ 的第一平面中定义第一轮廓 $C1_{2D}$ 。假定第一轮廓 $C1_{2D}$ 与靶图像 $IMG2_{3D}$ 中的靶图像元素 $IE_{3D}$ 的边界IEB1或IEB2的至少一部分对齐。靶图像元素 $IE_{3D}$ 对应于基准图像 $IMG1_{3D}$ 中的基准图像元素

[0064] 接着，在步骤860中，确定第二关注区 $ROI2_{3D}$ ，其定义靶图像 $IMG2_{3D}$ 中的第二体积。

基于第一轮廓C1<sub>2D</sub>、靶图像IMG2<sub>3D</sub>和第一关注区ROI1<sub>3D</sub>来确定第二关注区ROI2<sub>3D</sub>。优选地，结合确定第二关注区ROI2<sub>3D</sub>，图形数据GD被呈现在显示单元上，图形数据GD反映靶图像IMG2<sub>3D</sub>和第二关注区ROI2<sub>3D</sub>。

[0065] 此后，过程结束。然而，根据本发明的优选实施例，为用户提供输入界面，通过该输入界面，可以输入另外的命令，用于例如通过定义经过靶图像IMG2<sub>3D</sub>的第二平面P2中的第二轮廓C2<sub>2D</sub>，调整第二关注区ROI2<sub>3D</sub>和靶图像IMG2<sub>3D</sub>中的可变形物理实体之间的任何不匹配。

[0066] 可通过编程的计算机装置来控制上文参考图8描述的所有处理步骤以及步骤的任何子顺序。此外，尽管上文参考附图描述的本发明的实施例包括计算机装置和在计算机装置中执行的处理，但本发明也可以扩展到计算机程序，尤其是载体上或内的计算机程序，其适于将本发明付诸实践。程序可以采用源代码、目标代码、源或目标代码中间的代码(如以部分编译的形式)，或以适用于用在实现根据本发明的过程中的任何其他形式。该程序可以是操作系统的一部分，也可以是单独的应用程序。载体可以是能够承载该程序的任何实体或设备。例如，载体可以包括存储介质，诸如闪存、ROM(只读存储器)，例如DVD(数字视频/通用盘)、CD(光盘)或半导体ROM、EPROM(可擦除可编程只读存储器)、EEPROM(电可擦除可编程只读存储器)或磁记录介质如软盘或硬盘。此外，载体可以是可传输的载体，如可以经由电缆或光缆或通过无线电或其他手段传送的电信号或光信号。当程序以可以直接由电缆或其它装置或手段传送的信号体现时，载体可以由这种电缆或装置或手段构成。替选地，载体可以是其中嵌入程序的集成电路，该集成电路适合于执行或用在执行相关过程中。

[0067] 术语“包括/由…组成”当用在本说明书中时，用于指定存在所述特征、整数、步骤或组件。然而，该术语不排除存在或增加一个或多个另外的特征、整数、步骤或组件或其组合。

[0068] 本发明不限于附图中所述的实施例，而是可以在权利要求的范围内自由地变化。

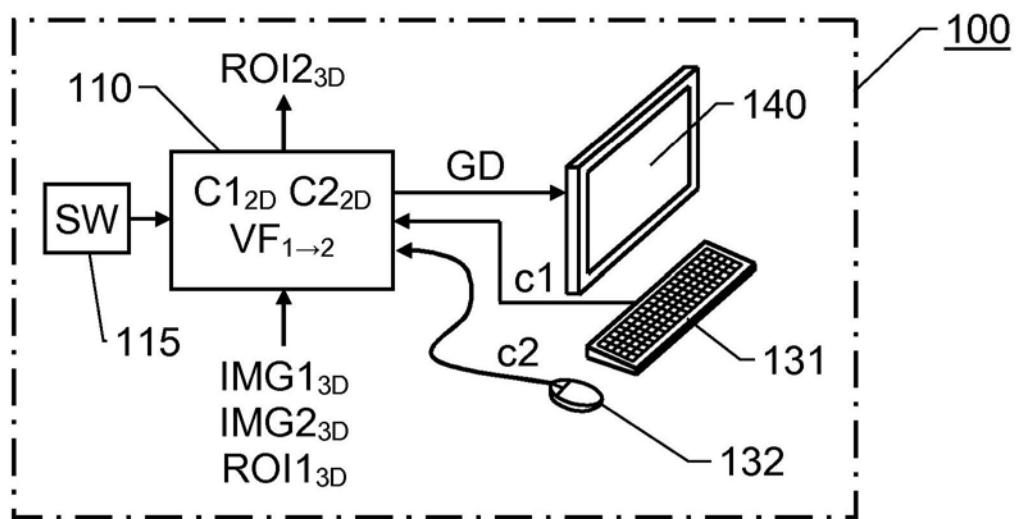


图1

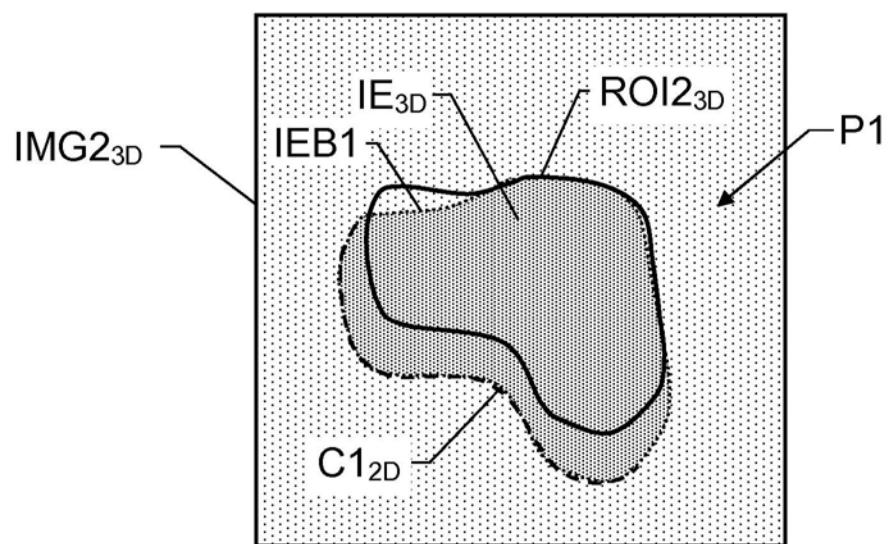


图2

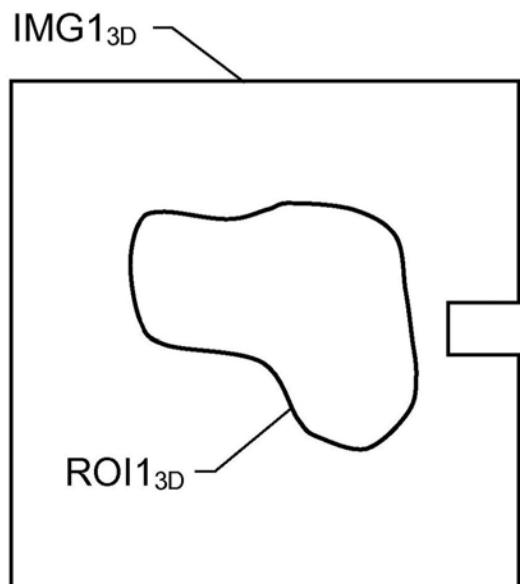


图3a

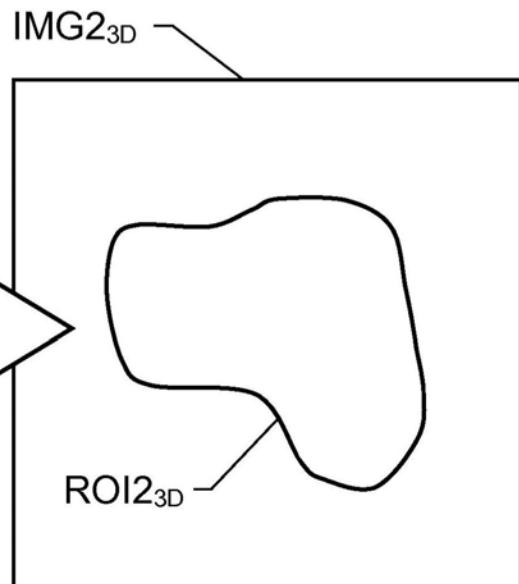


图3b

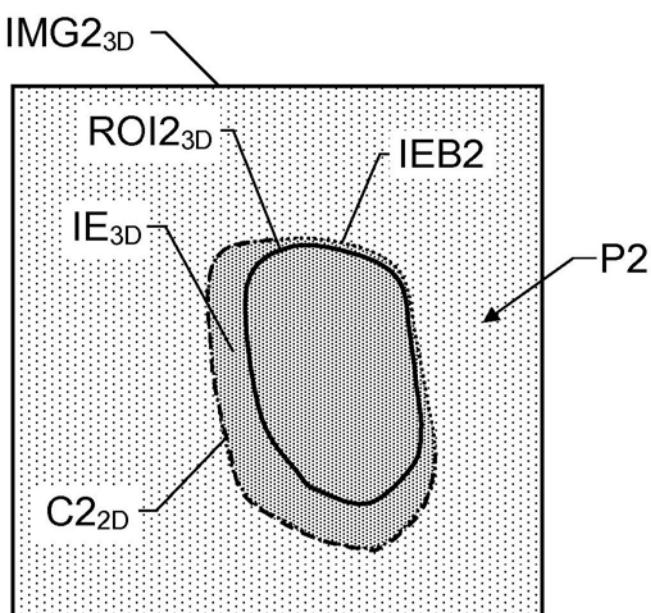


图4

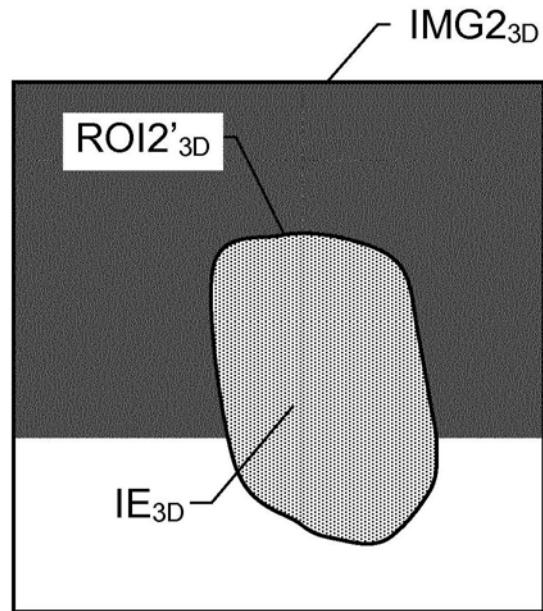


图5

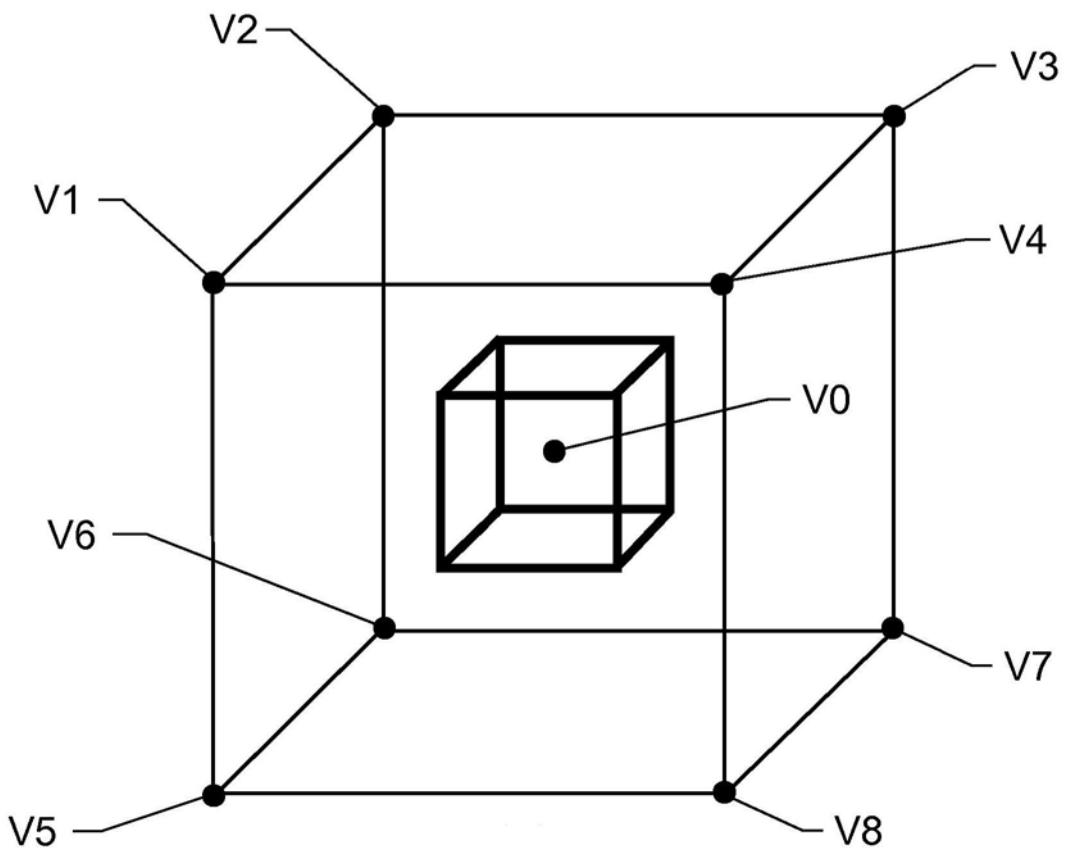


图6

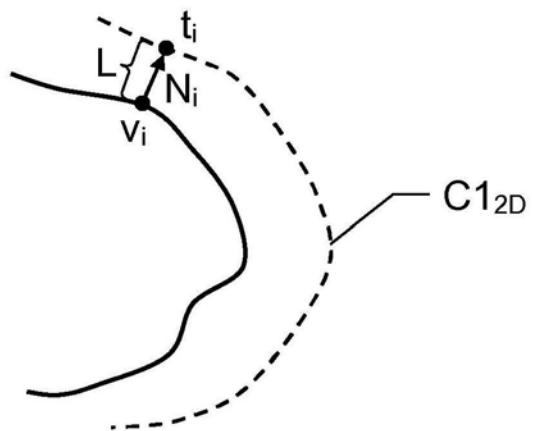


图7a

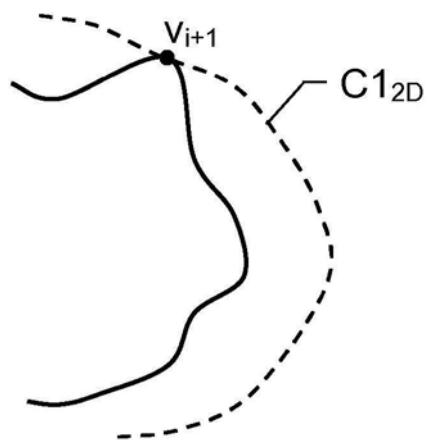


图7b

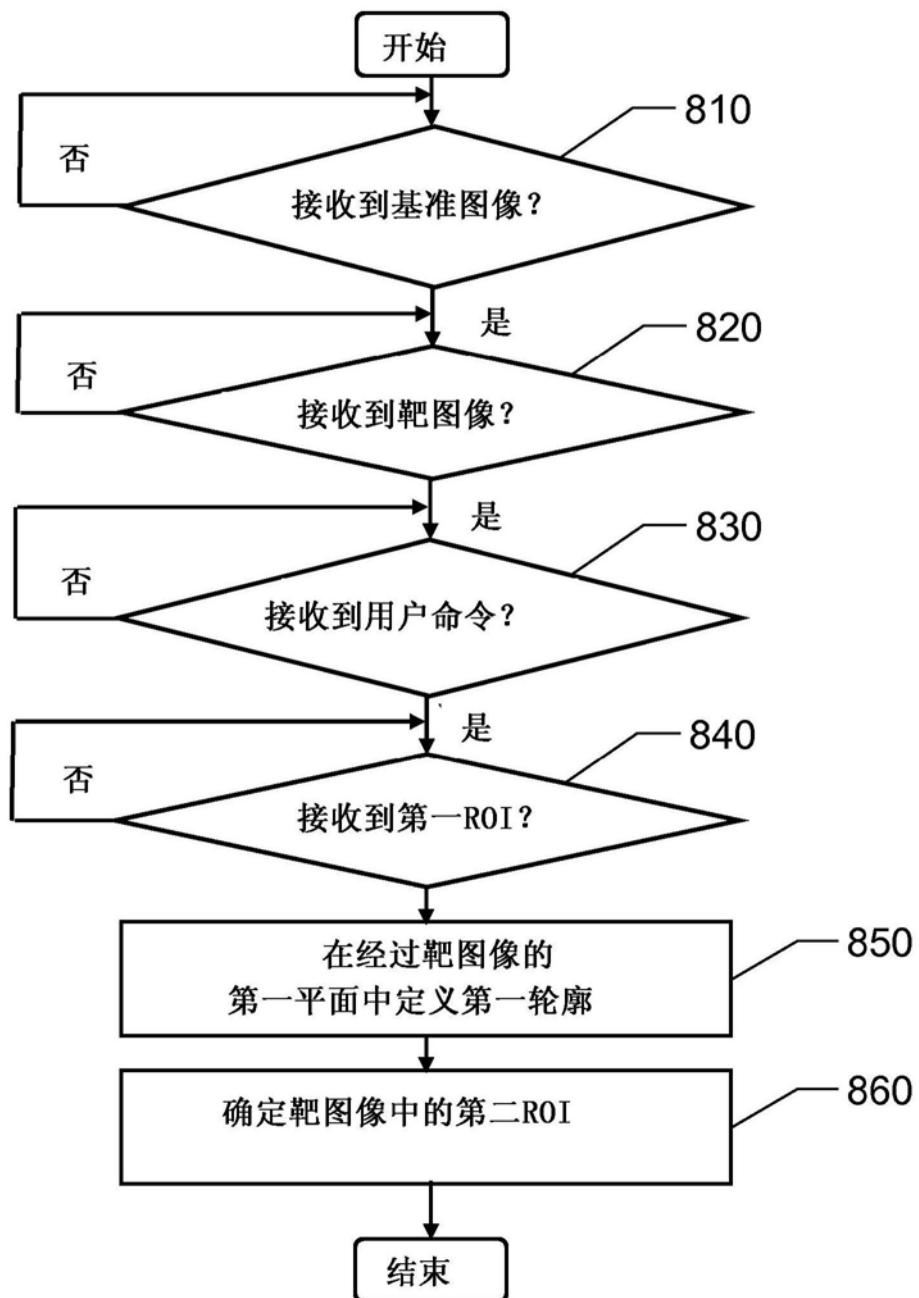


图8