



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110279429 A

(43)申请公布日 2019. 09. 27

(21)申请号 201910510059.8

(22)申请日 2019.06.13

(71)申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号

(72)发明人 杨健 王涌天 范敬凡 武潺  
李静舒

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王庆龙 王文思

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

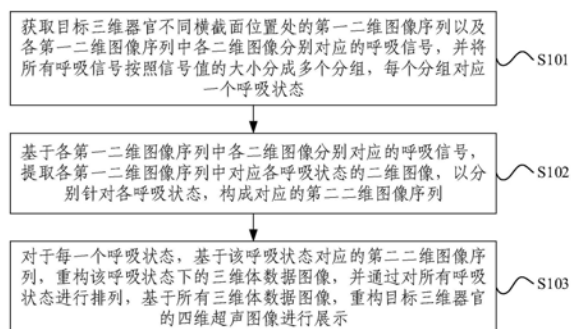
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

## (54)发明名称

四维超声重建方法及装置

## (57)摘要

本发明实施例提供一种四维超声重建方法及装置,其中该方法包括:获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列及其分别对应的呼吸信号,并将所有呼吸信号分成多个分组,对应多个呼吸状态;基于各二维图像分别对应的呼吸信号,提取各第一二维图像序列中对应各呼吸状态的二维图像,以分别针对各呼吸状态,构成对应的第二二维图像序列;对于每一呼吸状态,基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列,重构该呼吸状态下的三维体数据图像,并通过对所有呼吸状态进行排列,基于所有三维体数据图像,重构四维超声图像进行展示。本发明实施例能够有效提高四维成像的成功率和成像的图像质量,并能有效降低成本。



1. 一种四维超声重建方法,其特征在于,包括:

获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,并将所有所述呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组,每个分组对应一个呼吸状态;

基于各所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,提取各所述第一二维图像序列中对应各所述呼吸状态的二维图像,以分别针对各所述呼吸状态,构成对应的第二二维图像序列;

对于每一所述呼吸状态,基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列,重构该呼吸状态下的三维体数据图像,并通过对所有所述呼吸状态进行排列,基于所有所述三维体数据图像,重构所述目标三维器官的四维超声图像进行展示。

2. 根据权利要求1所述的四维超声重建方法,其特征在于,所述提取各所述第一二维图像序列中对应各所述呼吸状态的二维图像的步骤具体包括:

对于每一所述第一二维图像序列,基于该第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,确定各所述二维图像所属的呼吸状态;

对于任一所述呼吸状态,通过进行该呼吸状态下第一横截面位置处的二维图像与该呼吸状态下相邻下一横截面位置处的所有二维图像的相似性计算,提取出所述第一横截面位置处具有最大相似度的二维图像,作为对应该呼吸状态的二维图像。

3. 根据权利要求2所述的四维超声重建方法,其特征在于,具体采用L2范数计算法,进行所述相似性计算,具体计算公式如下:

$$L(I_1^i, I_{2,j}^i) = \|I_1^i - I_{2,j}^i\|_2;$$

式中,  $L(I_1^i, I_{2,j}^i)$  表示  $I_1^i$  和  $I_{2,j}^i$  的L2范数,  $I_1^i$  表示呼吸状态i下第一横截面位置处的二维图像,  $i=1, 2, \dots, n$ ,  $n$  表示所述分组的总数,  $I_{2,j}^i$  表示呼吸状态i下相邻下一横截面位置处的二维图像,  $j=1, 2, \dots, k$ ,  $k$  表示所述相邻下一横截面位置处第一二维图像序列中属于呼吸状态i的二维图像的总数。

4. 根据权利要求1所述的四维超声重建方法,其特征在于,所述提取各所述第一二维图像序列中对应各所述呼吸状态的二维图像的步骤具体包括:

针对每个所述分组的呼吸状态,基于该分组的所有呼吸信号的信号值,求取该分组呼吸状态对应的平均信号值;

对于任一所述第一二维图像序列,基于该第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,确定各所述二维图像所属的呼吸状态;

对于任一所述呼吸状态,通过计算该呼吸状态下各所述二维图像对应的呼吸信号与所述平均信号值的接近程度,选取出呼吸信号值最接近所述平均信号值的二维图像,作为对应该呼吸状态的二维图像。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的四维超声重建方法,其特征在于,在所述将所有所述呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组的步骤之前,还包括:

对所有所述呼吸信号进行直方图统计,获取所有呼吸信号的有效上边界和有效下边界,并通过比较所有所述呼吸信号与所述有效上边界和有效下边界的值的大小,剔除异常

呼吸信号以及所述异常呼吸信号对应的二维图像；

相应的，将剔除异常呼吸信号之后的所有呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组，每个分组对应一个呼吸状态。

6. 根据权利要求1所述的四维超声重建方法，其特征在于，所述获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号的步骤具体包括：

对于任一所述横截面位置，控制二维超声探头在该横截面位置处采集一组具有2或3个呼吸运动周期的目标三维器官横截面超声序列图像，作为所述第一二维图像序列，并利用电磁跟踪法，通过跟踪预设在该目标三维器官上的标记点，获取所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号。

7. 根据权利要求6所述的四维超声重建方法，其特征在于，所述控制二维超声探头的步骤具体包括：

控制采集过程中超声序列图像平面之间保持平行，且所述二维超声探头保持在一条垂直在超声平面的直线上移动。

8. 一种四维超声重建装置，其特征在于，包括：

数据获取模块，用于获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号，并将所有所述呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组，每个分组对应一个呼吸状态；

图像提取模块，用于基于各所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号，提取各所述第一二维图像序列中对应各所述呼吸状态的二维图像，以分别针对各所述呼吸状态，构成对应的第二二维图像序列；

重构展示模块，用于对于每一所述呼吸状态，基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列，重构该呼吸状态下的三维体数据图像，并通过对所有所述呼吸状态进行排列，基于所有所述三维体数据图像，重构所述目标三维器官的四维超声图像进行展示。

9. 一种电子设备，包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时，实现如权利要求1至7中任一项所述的四维超声重建方法的步骤。

10. 一种非暂态计算机可读存储介质，其上存储有计算机指令，其特征在于，所述计算机指令被计算机执行时，实现如权利要求1至7中任一项所述的四维超声重建方法的步骤。

## 四维超声重建方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声图像处理技术领域,更具体地,涉及一种四维超声重建方法及装置。

### 背景技术

[0002] 四维(four-dimensional,4D)成像的发展为研究者和医学界提供了三维器官的呼吸运动,即4D成像能根据不同呼吸状态下器官的三维图像,组成一个具有三维运动的4D(3D+t)图像序列,如4D核磁共振成像(MRI)、4D计算机断层扫描(CT)等。

[0003] 在4D成像中,MR/CT具有高分辨率成像的能力使得组织结构变得清晰,通过将人体内部的三维呼吸运动可视化,能更好的辅助研究者掌握器官运动的规律。但是,这两种成像方法除了数据采集过程漫长外,CT成像过程中会产生大量的辐射,造成辐射污染,而MR成像则成本较高,相对昂贵。

[0004] 近年来,超声以其实时性强、安全性高和低成本的特征在4D成像技术中得到了广泛的应用。目前,主要根据3D US图像来进行4D成像处理,而3D US探头可以提取到实时性较好的3D US图像。但是,所获取的3D US图像视野有限、分辨率低,且具有高声阻抗的结构会导致遮挡,导致图像采集不完全,从而会严重影响4D成像的成功率和图像质量。此外,3D US探头的价格昂贵,成本较高。

### 发明内容

[0005] 为了克服上述问题或者至少部分地解决上述问题,本发明实施例提供一种四维超声重建方法及装置,用以有效提高四维成像的成功率和成像的图像质量,并有效降低成本。

[0006] 第一方面,本发明实施例提供一种四维超声重建方法,包括:

[0007] 获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,并将所有所述呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组,每个分组对应一个呼吸状态;

[0008] 基于各所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,提取各所述第一二维图像序列中对应各所述呼吸状态的二维图像,以分别针对各所述呼吸状态,构成对应的第二二维图像序列;

[0009] 对于每一所述呼吸状态,基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列,重构该呼吸状态下的三维体数据图像,并通过对所有所述呼吸状态进行排列,基于所有所述三维体数据图像,重构所述目标三维器官的四维超声图像进行展示。

[0010] 第二方面,本发明实施例提供一种四维超声重建装置,包括:

[0011] 数据获取模块,用于获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,并将所有所述呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组,每个分组对应一个呼吸状态;

[0012] 图像提取模块,用于基于各所述第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸

信号,提取各所述第一二维图像序列中对应各所述呼吸状态的二维图像,以分别针对各所述呼吸状态,构成对应的第二二维图像序列;

[0013] 重构展示模块,用于对于每一所述呼吸状态,基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列,重构该呼吸状态下的三维体数据图像,并通过对所有所述呼吸状态进行排列,基于所有所述三维体数据图像,重构所述目标三维器官的四维超声图像进行展示。

[0014] 第三方面,本发明实施例提供一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时,实现如上第一方面所述的四维超声重建方法的步骤。

[0015] 第四方面,本发明实施例提供一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有计算机指令,所述计算机指令被计算机执行时,实现如上第一方面所述的四维超声重建方法的步骤。

[0016] 本发明实施例提供的四维超声重建方法及装置,通过采集目标三维器官不同横截面位置处的二维图像和各二维图像对应的呼吸信号,并针对呼吸信号将二维图像进行重新划分构成新的二维图像序列,最后通过对每个呼吸状态下的所有二维图像进行三维重构并对所有呼吸状态进行排列,实现目标三维器官的四维超声图像的准确重构与展示,能够有效提高四维成像的成功率和成像的图像质量,并能有效降低成本。

## 附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0018] 图1为本发明一实施例提供的四维超声重建方法的流程示意图;

[0019] 图2为本发明另一实施例提供的四维超声重建方法的流程示意图;

[0020] 图3为根据图2所示四维超声重建方法流程中数据处理及图像分类的流程示意图;

[0021] 图4为本发明实施例提供的四维超声重建装置的结构示意图;

[0022] 图5为本发明实施例提供的电子设备的实体结构示意图。

## 具体实施方式

[0023] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明实施例的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明实施例中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明实施例保护的范围。

[0024] 本发明实施例针对现有技术中4D成像的成功率和图像质量不高且成本较高的问题,通过采集目标三维器官不同横截面位置处的二维图像和各二维图像对应的呼吸信号,并针对呼吸信号将二维图像进行重新划分构成新的二维图像序列,最后通过对每个呼吸状态下的所有二维图像进行三维重构并对所有呼吸状态进行排列,实现目标三维器官的四维超声图像的准确重构与展示,能够有效提高四维成像的成功率和成像的图像质量,并能有

效降低成本。以下将具体通过多个实施例对本发明实施例进行展开说明和介绍。

[0025] 图1为本发明一实施例提供的四维超声重建方法的流程示意图,如图1所示,该方法包括:

[0026] S101,获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,并将所有呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组,每个分组对应一个呼吸状态。

[0027] 具体而言,本发明实施例对目标三维器官多个不同横截面位置处的数据分别进行采集和获取,其中采集的数据包括横截面处的二维图像和采集各二维图像时对应的呼吸信号。对于同一个横截面位置,可以连续多次采集多个二维图像,这些二维图像以同一横截面为基础构成一个二维图像序列,即为第一二维图像序列。则,对于多个不同横截面位置,可对应获取多个不同的第一二维图像序列和第一二维图像序列中各二维图像对应的呼吸信号。

[0028] 之后,将所有第一二维图像序列中所有二维图像对应的呼吸信号按照信号值的大小进行分组,则每个分组实际对应一个呼吸阶段,于是将每个呼吸阶段设定为一个特定的呼吸状态。例如,可以将所有呼吸信号按照从小到大的顺序进行排列,获取其中的最大、最小值,然后按照均等的呼吸信号间隔或者均等的呼吸信号数量,将所有呼吸信号分成设定多个呼吸阶段,每个呼吸阶段对应一个特定的呼吸状态。

[0029] S102,基于各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,提取各第一二维图像序列中对应各呼吸状态的二维图像,以分别针对各呼吸状态,构成对应的第二二维图像序列。

[0030] 可以理解为,在对所有呼吸信号进行分组获取多个呼吸状态的基础上,本发明实施例根据各个第一二维图像序列中二维图像的呼吸信号所属的呼吸阶段,将各个第一二维图像序列中分别对应各个呼吸状态的二维图像提取出来,则在每个呼吸状态下,将包含多个二维图像。于是,以每个呼吸状态为基础,可分别将各呼吸状态下的多个二维图像各构成一个新的图像序列,即为第二二维图像序列。可以理解,通过第一二维图像序列向第二二维图像序列的转化,使得图像序列由基于不同位置划分转为基于不同呼吸状态划分,即实现了将具有同一呼吸状态的不同横截面位置处的二维图像进行聚类。

[0031] S103,对于每一呼吸状态,基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列,重构该呼吸状态下的三维体数据图像,并通过对所有呼吸状态进行排列,基于所有三维体数据图像,重构目标三维器官的四维超声图像进行展示。

[0032] 可以理解为,本步骤在上述转换的基础上,利用每个呼吸状态下的所有二维图像进行相应呼吸状态下的三维超声图像重构,重构获取的三维超声图像即为相应呼吸状态下的三维体数据图像。例如,对于呼吸状态 $i$ ,其对应有一个第二二维图像序列,其中包含在呼吸状态 $i$ 时采集的目标三维器官不同横截面位置处的多个二维图像,则可利用这些二维图像重构三维超声图像,重构所得的三维超声图像即为呼吸状态 $i$ 下的三维体数据图像。

[0033] 于是,对应每个呼吸状态,将分别得到一个对应的三维体数据图像。最后,通过对所有呼吸状态按照大小进行排列,得到一个有序的排列,同时,将对应各呼吸状态的三维体数据图像按照相应的顺序进行排列,最终得到一个包含呼吸状态信息的四维超声图像即为重构得到的目标三维器官的四维超声图像,之后将该四维超声图像利用相关显示设备进行

四维展示即可。

[0034] 本发明实施例提供的四维超声重建方法,通过采集目标三维器官不同横截面位置处的二维图像和各二维图像对应的呼吸信号,并针对呼吸信号将二维图像进行重新划分构成新的二维图像序列,最后通过对每个呼吸状态下的所有二维图像进行三维重构并对所有呼吸状态进行排列,实现目标三维器官的四维超声图像的准确重构与展示,能够有效提高四维成像的成功率和成像的图像质量,并能有效降低成本。

[0035] 其中,根据上述各实施例可选的,提取各第一二维图像序列中对应各呼吸状态的二维图像的步骤具体包括:对于每一第一二维图像序列,基于该第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,确定各二维图像所属的呼吸状态;对于任一呼吸状态,通过进行该呼吸状态下第一横截面位置处的二维图像与该呼吸状态下相邻下一横截面位置处的所有二维图像的相似性计算,提取出第一横截面位置处具有最大相似度的二维图像,作为对应该呼吸状态的二维图像。

[0036] 具体而言,本发明实施例分别针对每个横截面位置处的第一二维图像序列进行处理,提取其中对应各个不同呼吸状态的二维图像。从第一个横截面位置开始,将当前处理的横截面位置定义为第一横截面位置,则对于第一横截面位置处的第一二维图像序列,通过判断其中的二维图像对应的呼吸信号所属的呼吸阶段,来确定对应二维图像与该所属呼吸阶段的对应关系,也即确定对应二维图像与该呼吸阶段(对应呼吸状态)的所属关系。

[0037] 于是,对于每个呼吸状态,其下对应每个横截面位置均包含多个二维图像,以其中一个呼吸状态*i*为例,在第一横截面位置处取出各呼吸状态的二维图像之后,利用呼吸状态*i*在第一横截面位置的2D US图像与下一个相邻位置处该呼吸状态*i*的所有二维图像进行相似性测度的计算,提取出第一横截面位置处所有二维图像中相似性计算结果相似度最高的二维图像,作为该位置处呼吸状态*i*下用于四维超声图像重建的图像。

[0038] 其中可选的,具体可采用L2范数计算法,进行相似性计算,具体计算公式如下:

$$[0039] \quad L(I_1^i, I_{2,j}^i) = \|I_1^i - I_{2,j}^i\|_2;$$

[0040] 式中,  $L(I_1^i, I_{2,j}^i)$  表示  $I_1^i$  和  $I_{2,j}^i$  的L2范数,  $I_1^i$  表示呼吸状态*i*下第一横截面位置处的二维图像,  $i=1, 2, \dots, n$ ,  $n$ 表示分组的总数,  $I_{2,j}^i$  表示呼吸状态*i*下相邻下一横截面位置处的二维图像,  $j=1, 2, \dots, k$ ,  $k$ 表示相邻下一横截面位置处第一二维图像序列中属于呼吸状态*i*的二维图像的总数。

[0041] 本发明实施例根据相邻位置图像具有相似性的理念,在利用呼吸信号识别US图像所处呼吸阶段的前提下,再通过计算相邻图像之间的相似性,对当前位置的二维图像进行精确筛选,使得体数据中组织边界出现不连续的现象得到明显改善。

[0042] 其中可选的,也可采用以下处理流程提取各第一二维图像序列中对应各呼吸状态的二维图像:首先,针对每个分组的呼吸状态,基于该分组的所有呼吸信号的信号值,求取该分组呼吸状态对应的平均信号值;其次,对于任一第一二维图像序列,基于该第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,确定各二维图像所属的呼吸状态;最后,对于任一呼吸状态,通过计算该呼吸状态下各二维图像对应的呼吸信号与平均信号值的接近程度,选取出呼吸信号值最接近平均信号值的二维图像,作为对应该呼吸状态的二维图像。

[0043] 也就是说,本发明实施例是以统计平均值为参考,来选取每个第一二维图像序列

中相应的二维图像来进行各呼吸状态下三维体数据重建。具体而言,对于每个呼吸状态也即呼吸阶段,对信号值处于该阶段的所有呼吸信号求取平均值,该平均值即可作为该呼吸阶段的平均信号值。之后,对于每个第一二维图像序列而言,通过判断其中的二维图像的呼吸信号所属的呼吸阶段,来确定对应二维图像与该呼吸阶段的对应关系,也即确定对应二维图像与该呼吸阶段的所属关系。于是,对于每个呼吸状态,其下对应每个横截面位置均包含多个二维图像。最后,对于每个呼吸状态,将其下对应每个横截面位置的多个二维图像的呼吸信号与上述求取的该呼吸阶段的平均信号值分别比较接近程度,将呼吸信号值最接近呼吸阶段平均信号值的二维图像提取出来,用于该呼吸阶段的三维体数据重建。

[0044] 进一步的,在将所有呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组的步骤之前,本发明实施例的四维超声重建方法还可以包括:对所有呼吸信号进行直方图统计,获取所有呼吸信号的有效上边界和有效下边界,并通过比较所有呼吸信号与有效上边界和有效下边界的值的大小,剔除异常呼吸信号以及异常呼吸信号对应的二维图像;相应的,将剔除异常呼吸信号之后的所有呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组,每个分组对应一个呼吸状态。

[0045] 可以理解为,由于在采集二维图像的过程中难免会发生被采集对象移动的现象,使得采集的呼吸信号值范围超过正常呼吸运动移动的范围,因此本发明实施例事先对获取的所有呼吸信号进行直方图统计,并根据统计结果移除带有非正常移动的异常呼吸信号值。

[0046] 其中可选的,获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号的步骤具体包括:对于任一横截面位置,控制二维超声探头在该横截面位置处采集一组具有2或3个呼吸运动周期的目标三维器官横截面超声序列图像,作为第一二维图像序列,并利用电磁跟踪法,通过跟踪预设目标三维器官上的标记点,获取第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号。

[0047] 可以理解为,本发明实施例利用机械臂采集目标器官不同横截面部位2D US序列,具体采用机械臂控制普通二维超声探头来采集所需的二维图像数据。如对目标三维器官沿给定方向顺序遍历每个横截面位置,机械臂控制二维超声探头自上而下的移动,每次移动1mm的间隔。具体在每次移动二维超声探头时,可控制采集过程中超声序列图像平面之间保持平行,且二维超声探头保持在一条垂直在超声平面的直线上移动。

[0048] 在每次移动二维超声探头之前,超声探头在当前位置采集一组具有2或3个呼吸运动周期的目标器官横截面超声序列图像,同时利用电磁跟踪法跟踪位于设定位置的标记点以获取该图像序列的呼吸信号,采集完毕后机械臂控制超声探头下移以采集下一组图像序列。

[0049] 在每移动二维超声探头到一个新的横截面位置处后,重复执行上述数据采集步骤,直至数据采集遍历整个目标三维器官,获取所有第一二维图像序列以及各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号。

[0050] 为进一步说明本发明实施例的技术方案,本发明实施例根据上述各实施例提供如下具体的处理流程,但不对本发明实施例的保护范围进行限制。

[0051] 图2为本发明另一实施例提供的四维超声重建方法的流程示意图,

[0052] 图3为根据图2所示四维超声重建方法流程中数据处理及图像分类的流程示意图,

如图2和图3所示,该方法包括:

[0053] 首先,通过数据采集获得各部位2D US序列 $\{I_1, \dots, I_N\}$ 及其对应的呼吸信号集合 $\{S_1, \dots, S_N\}$ ,对所有呼吸信号进行直方图统计获得呼吸信号值的上下边界以排除异常值。

[0054] 其次,根据呼吸信号集合 $\{S_1, \dots, S_N\}$ 获得呼吸信号的上下边界,作为分段的最大最小值,并根据获得的最大最小值将各个横截面位置在该区间中的呼吸信号分为15个呼吸阶段,每个呼吸阶段中的图像表示具有相同的呼吸状态。

[0055] 再次,对于第一组二维图像序列 $I_1$ ,将呼吸信号值最接近呼吸阶段平均值的图像提取出来,用于该呼吸阶段的三维体数据重建。

[0056] 具体在第一个横截面位置处,取出各呼吸阶段的二维图像之后,利用呼吸阶段 $i$ (也即呼吸状态 $i$ ) 在横截面位置1的2D US图像 $I_1^i$ 与相邻下一个横截面位置处该呼吸阶段 $i$ 的所有图像进行相似性测度的计算,计算公式利用L2范数如下:

$$[0057] \quad L(I_1^i, I_{2,j}^i) = \|I_1^i - I_{2,j}^i\|_2;$$

[0058] 式中,  $L(I_1^i, I_{2,j}^i)$  表示  $I_1^i$  和  $I_{2,j}^i$  的L2范数,  $I_1^i$  表示呼吸状态 $i$ 下第一横截面位置处的二维图像,  $i=1, 2, \dots, 15$ ,  $I_{2,j}^i$  表示呼吸状态 $i$ 下相邻下一横截面位置处的二维图像,  $j=1, 2, \dots, k$ ,  $k$ 表示所述相邻下一横截面位置处第一二维图像序列中属于呼吸状态 $i$ 的二维图像的总数。

[0059] 之后,提取出第一横截面位置处呼吸状态 $i$ 下所有二维图像中具有最小L2范数值的图像,作为该位置呼吸阶段 $i$ 中用于思维超声图像重建的图像。

[0060] 重复上述处理过程,对每个横截面位置处进行相同呼吸节点图像的提取,直至所有横截面位置的图像提取完毕。

[0061] 最后,将提取出的各个呼吸阶段的图像序列分别生成3D US图像,并根据呼吸信号值排列,获取半个周期内的4D US图像进行展示。

[0062] 本发明实施例结合了图像信息与呼吸信号进行4D US重建,使得体数据中组织边界出现不连续的现象得到明显改善。同时,使用普通2D超声探头获得4D超声数据,并利用2D超声序列重建4D超声数据,使得该4D超声图像具有大视角、高质量,有效的补偿了3D US探头的缺陷。

[0063] 基于相同的构思,本发明实施例根据上述各实施例提供一种四维超声重建装置,该装置用于在上述各实施例中实现四维超声重建。因此,在上述各实施例的四维超声重建方法中的描述和定义,可以用于本发明实施例中各个执行模块的理解,具体可参考上述实施例,此处不在赘述。

[0064] 根据本发明实施例的一个实施例,四维超声重建装置的结构如图4所示,为本发明实施例提供的四维超声重建装置的结构示意图,该装置可以用于实现上述各方法实施例中四维超声重建,该装置包括:数据获取模块401、图像提取模块402和重构展示模块403。其中:

[0065] 数据获取模块401用于获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,并将所有呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组,每个分组对应一个呼吸状态;图像提取模块402用于基于各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,提取各第一二维图像序列中对应各呼吸状

态的二维图像,以分别针对各呼吸状态,构成对应的第二二维图像序列;重构展示模块403用于对于每一呼吸状态,基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列,重构该呼吸状态下的三维体数据图像,并通过对所有呼吸状态进行排列,基于所有三维体数据图像,重构目标三维器官的四维超声图像进行展示。

[0066] 具体而言,数据获取模块401对目标三维器官多个不同横截面位置处的数据分别进行采集和获取,其中采集的数据包括横截面处的二维图像和采集各二维图像时对应的呼吸信号。对于同一个横截面位置,数据获取模块401可以连续多次采集多个二维图像,这些二维图像以同一横截面为基础构成一个二维图像序列,即为第一二维图像序列。则,对于多个不同横截面位置,可对应获取多个不同的第一二维图像序列和第一二维图像序列中各二维图像对应的呼吸信号。

[0067] 之后,数据获取模块401将所有第一二维图像序列中所有二维图像对应的呼吸信号按照信号值的大小进行分组,则每个分组实际对应一个呼吸阶段,于是将每个呼吸阶段设定为一个特定的呼吸状态。例如,数据获取模块401可以将所有呼吸信号按照从小到大的顺序进行排列,获取其中的最大、最小值,然后按照均等的呼吸信号间隔或者均等的呼吸信号数量,将所有呼吸信号分成设定多个呼吸阶段,每个呼吸阶段对应一个特定的呼吸状态。

[0068] 再之后,图像提取模块402根据各个第一二维图像序列中二维图像的呼吸信号所属的呼吸阶段,将各个第一二维图像序列中分别对应各个呼吸状态的二维图像提取出来,则在每个呼吸状态下,将包含多个二维图像。于是,以每个呼吸状态为基础,图像提取模块402可分别将各呼吸状态下的多个二维图像各构成一个新的图像序列,即为第二二维图像序列。可以理解,通过第一二维图像序列向第二二维图像序列的转化,使得图像序列由基于不同位置划分转为基于不同呼吸状态划分,即实现了将具有同一呼吸状态的不同横截面位置处的二维图像进行聚类。

[0069] 最后,重构展示模块403利用每个呼吸状态下的所有二维图像进行该呼吸状态下的三维超声图像重构,重构获取的三维超声图像即为相应呼吸状态下的三维体数据图像。于是,对应每个呼吸状态将分别得到一个对应的三维体数据图像。之后,重构展示模块403通过对所有呼吸状态进行排列,得到一个有序的排列,同时,将对应各呼吸状态的三维体数据图像按照相应的顺序进行排列,最终得到一个包含呼吸状态信息的四维超声图像即为重构得到的目标三维器官的四维超声图像,将该四维超声图像利用相关显示设备进行四维展示即可。

[0070] 本发明实施例提供的四维超声重建装置,通过设置相应的执行模块,采集目标三维器官不同横截面位置处的二维图像和各二维图像对应的呼吸信号,并针对呼吸信号将二维图像进行重新划分构成新的二维图像序列,最后通过对每个呼吸状态下的所有二维图像进行三维重构并对所有呼吸状态进行排列,实现目标三维器官的四维超声图像的准确重构与展示,能够有效提高四维成像的成功率和成像的图像质量,并能有效降低成本。

[0071] 可以理解的是,本发明实施例中可以通过硬件处理器(hardwareprocessor)来实现上述各实施例的装置中的各相关程序模块。并且,本发明实施例的四维超声重建装置利用上述各程序模块,能够实现上述各方法实施例的四维超声重建流程,在用于实现上述各方法实施例中四维超声重建时,本发明实施例的装置产生的有益效果与对应的上述各方法实施例相同,可以参考上述各方法实施例,此处不再赘述。

[0072] 作为本发明实施例的又一个方面,本实施例根据上述各实施例提供一种电子设备,该电子设备包括存储器、处理器及存储在该存储器上并可在该处理器上运行的计算机程序,该处理器执行该计算机程序时,实现如上述各实施例的四维超声重建方法的步骤。

[0073] 进一步的,本发明实施例的电子设备的实体结构示意图,包括:至少一个存储器501、至少一个处理器502、通信接口503和总线504。

[0074] 其中,存储器501、处理器502和通信接口503通过总线504完成相互间的通信,通信接口503用于该电子设备与二维超声图像设备之间的信息传输;存储器501中存储有可在处理器502上运行的计算机程序,处理器502执行该计算机程序时,实现如上述各实施例所述的四维超声重建方法的步骤。

[0075] 可以理解为,该电子设备中至少包含存储器501、处理器502、通信接口503和总线504,且存储器501、处理器502和通信接口503通过总线504形成相互间的通信连接,并可完成相互间的通信,如处理器502从存储器501中读取四维超声重建方法的程序指令等。另外,通信接口503还可以实现该电子设备与二维超声图像设备之间的通信连接,并可完成相互间信息传输,如通过通信接口503实现四维超声重建等。

[0076] 电子设备运行时,处理器502调用存储器501中的程序指令,以执行上述各方法实施例所提供的方法,例如包括:获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,并将所有呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组,每个分组对应一个呼吸状态;基于各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,提取各第一二维图像序列中对应各呼吸状态的二维图像,以分别针对各呼吸状态,构成对应的第二二维图像序列;对于每一呼吸状态,基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列,重构该呼吸状态下的三维体数据图像,并通过对所有呼吸状态进行排列,基于所有三维体数据图像,重构目标三维器官的四维超声图像进行展示等。

[0077] 上述的存储器501中的程序指令可以通过软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。或者,实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成,前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中,该程序在执行时,执行包括上述各方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(Read-Only Memory, ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0078] 本发明实施例还根据上述各实施例提供一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有计算机指令,该计算机指令被计算机执行时,实现如上述各实施例所述的四维超声重建方法的步骤,例如包括:获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列以及各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,并将所有呼吸信号按照信号值的大小分成多个分组,每个分组对应一个呼吸状态;基于各第一二维图像序列中各二维图像分别对应的呼吸信号,提取各第一二维图像序列中对应各呼吸状态的二维图像,以分别针对各呼吸状态,构成对应的第二二维图像序列;对于每一呼吸状态,基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列,重构该呼吸状态下的三维体数据图像,并通过对所有呼吸状态进行排列,基于所有三维体数据图像,重构目标三维器官的四维超声图像进行展示等。

[0079] 本发明实施例提供的电子设备和非暂态计算机可读存储介质,通过执行上述各实

施例所述的四维超声重建方法,采集目标三维器官不同横截面位置处的二维图像和各二维图像对应的呼吸信号,并针对呼吸信号将二维图像进行重新划分构成新的二维图像序列,最后通过对每个呼吸状态下的所有二维图像进行三维重构并对所有呼吸状态进行排列,实现目标三维器官的四维超声图像的准确重构与展示,能够有效提高四维成像的成功率和成像的图像质量,并能有效降低成本。

[0080] 可以理解的是,以上所描述的装置、电子设备及存储介质的实施例仅仅是示意性的,其中作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,既可以位于一个地方,或者也可以分布到不同网络单元上。可以根据实际需要选择其中的部分或全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0081] 通过以上实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解,各实施方式可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件。基于这样的理解,上述技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,如U盘、移动硬盘、ROM、RAM、磁碟或者光盘等,包括若干指令,用以使得一台计算机设备(如个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行上述各方法实施例或者方法实施例的某些部分所述的方法。

[0082] 另外,本领域内的技术人员应当理解的是,在本发明实施例的申请文件中,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0083] 本发明实施例的说明书中,说明了大量具体细节。然而应当理解的是,本发明实施例的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。类似地,应当理解,为了精简本发明实施例公开并帮助理解各个发明方面中的一个或多个,在上面对本发明实施例的示例性实施例的描述中,本发明实施例的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。

[0084] 然而,并不应将该公开的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明实施例要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如权利要求书所反映的那样,发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明实施例的单独实施例。

[0085] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明实施例的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明实施例进行了详细的说明,本领域的技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明实施例各实施例技术方案的精神和范围。

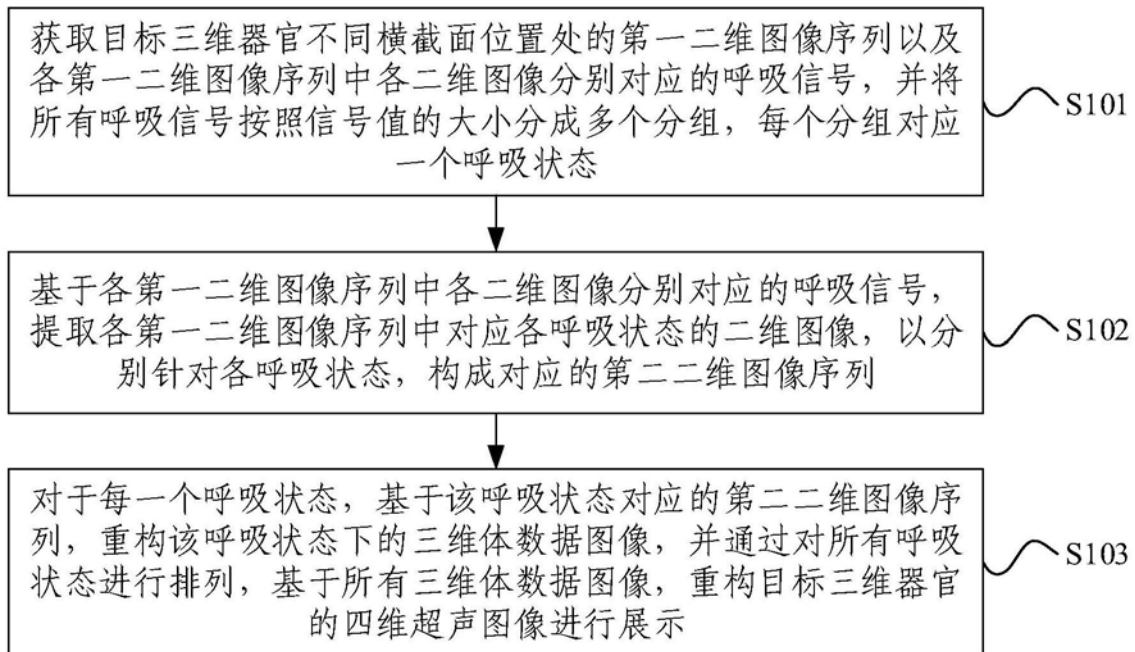


图1

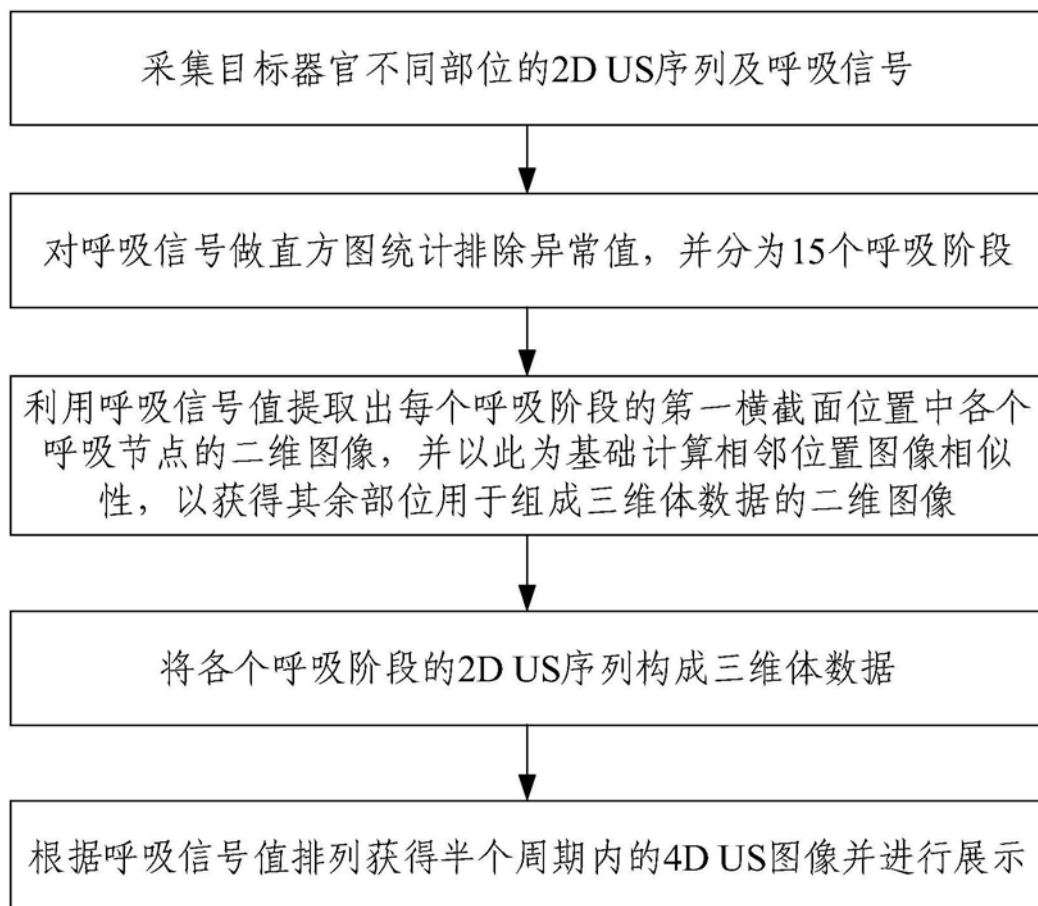


图2

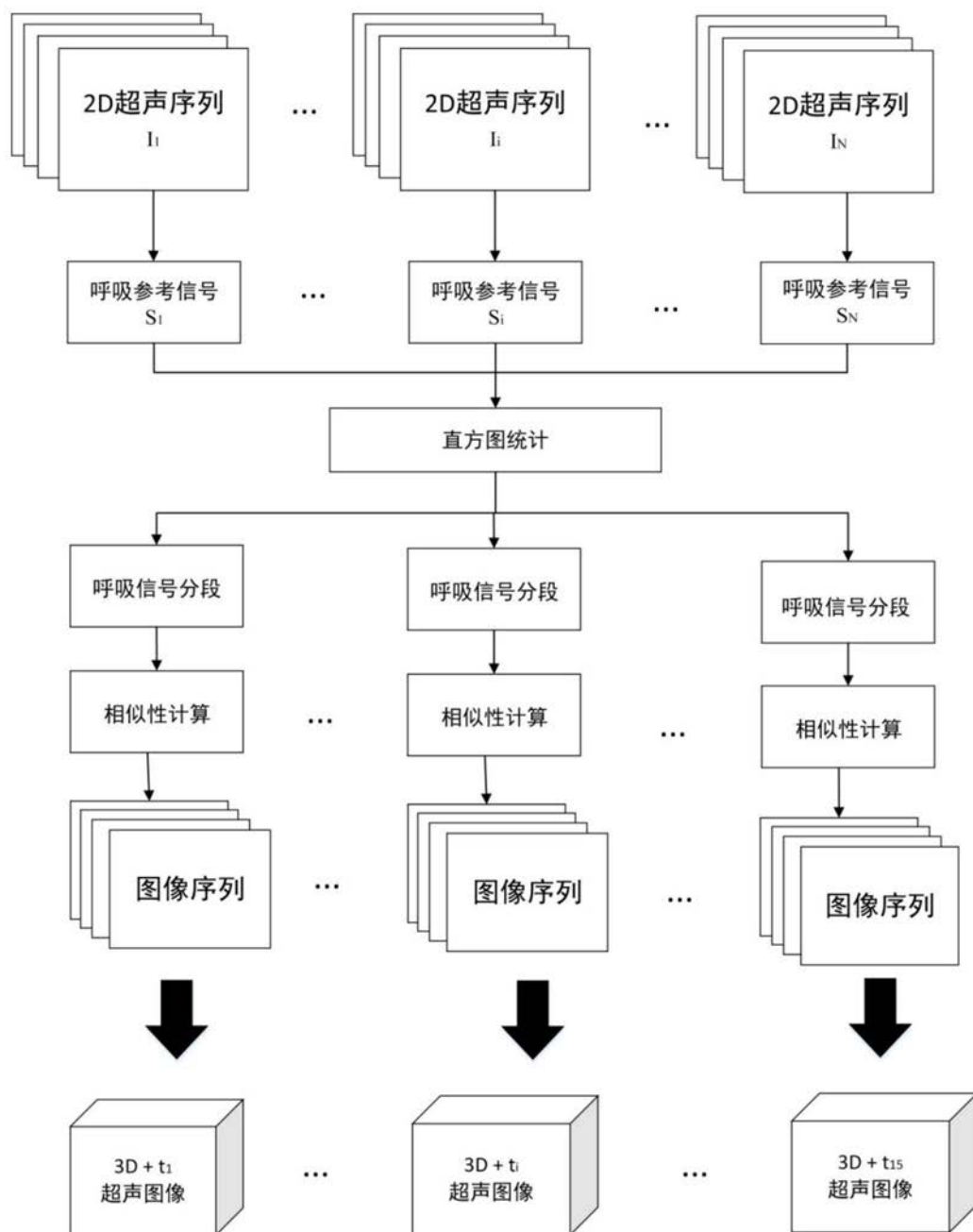


图3

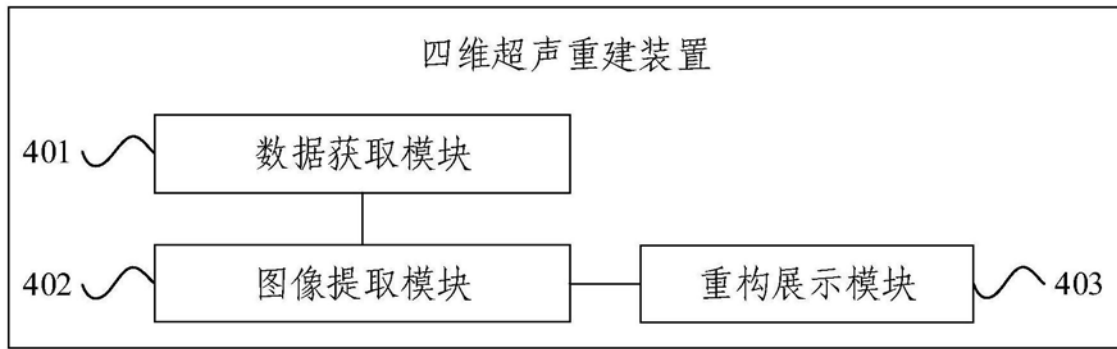


图4

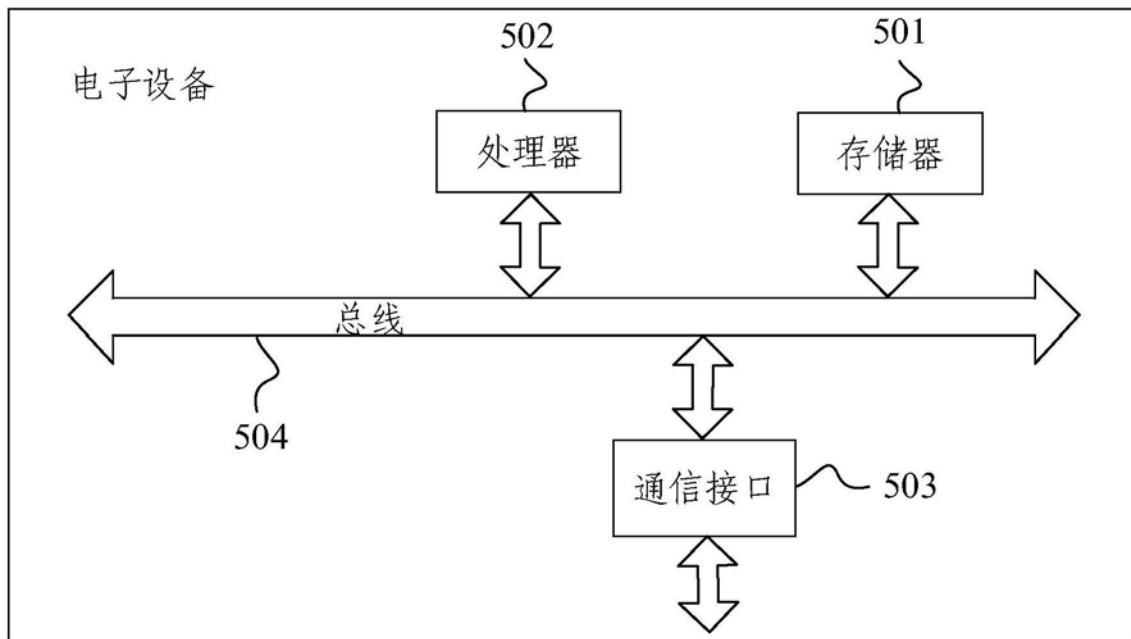


图5

|                |                                                |         |            |
|----------------|------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 四维超声重建方法及装置                                    |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN110279429A</a>                   | 公开(公告)日 | 2019-09-27 |
| 申请号            | CN201910510059.8                               | 申请日     | 2019-06-13 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 北京理工大学                                         |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 北京理工大学                                         |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 北京理工大学                                         |         |            |
| [标]发明人         | 杨健<br>王涌天<br>范敬凡<br>武潺                         |         |            |
| 发明人            | 杨健<br>王涌天<br>范敬凡<br>武潺<br>李静舒                  |         |            |
| IPC分类号         | A61B8/00                                       |         |            |
| CPC分类号         | A61B8/483 A61B8/5246                           |         |            |
| 代理人(译)         | 王庆龙                                            |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a> |         |            |

#### 摘要(译)

本发明实施例提供一种四维超声重建方法及装置，其中该方法包括：获取目标三维器官不同横截面位置处的第一二维图像序列及其分别对应的呼吸信号，并将所有呼吸信号分成多个分组，对应多个呼吸状态；基于各二维图像分别对应的呼吸信号，提取各第一二维图像序列中对应各呼吸状态的二维图像，以分别针对各呼吸状态，构成对应的第二二维图像序列；对于每一呼吸状态，基于该呼吸状态对应的第二二维图像序列，重构该呼吸状态下的三维体数据图像，并通过对所有呼吸状态进行排列，基于所有三维体数据图像，重构四维超声图像进行展示。本发明实施例能够有效提高四维成像的成功率和成像的图像质量，并能有效降低成本。

