



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109875606 A

(43)申请公布日 2019.06.14

(21)申请号 201910056971.0

(22)申请日 2019.01.22

(71)申请人 北京航空航天大学

地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 屈晓磊 姚子升 樊尚春

(51)Int.Cl.

A61B 8/08(2006.01)

A61B 6/03(2006.01)

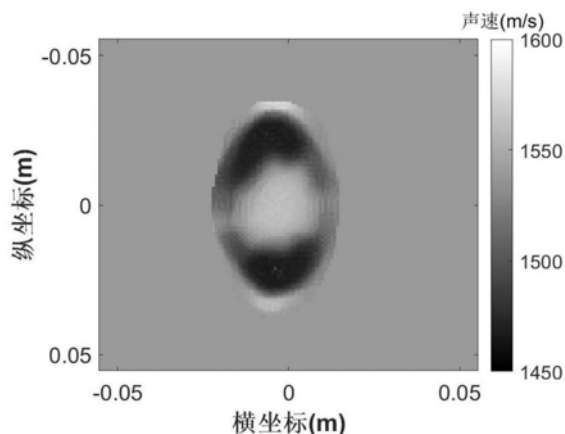
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于先验反射成像的超声CT声速成像的方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于先验反射成像的超声CT声速成像的方法,包括步骤:获取压电超声换能器阵列接收的原始数据;利用原始数据,采用合成孔径的方法进行反射成像,得到分辨率较高的反射图像,据此获取介质水所占据的区域的位置;获得行程时间差异图;将目标体的待测区域离散化为 $N \times N$ 个网格,利用双线性插值法得到系数投影矩阵,建立含 $N \times N$ 个未知数的线性方程组模型;利用全变差正则化方法对线性方程组模型进行求解,得到待测区域的声速的重建结果。本方法不仅使待重建区域大幅度减小,而且提高了超声CT声速成像技术中重建图像的质量,使之更接近于真实声速分布。



1. 一种基于先验反射成像的超声CT声速成像的方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1: 将压电超声换能器阵列环绕目标体,一并放入其中容纳有介质水的水箱中,获取压电超声换能器阵列接收的原始数据,所述原始数据包括各压电超声换能器从水箱内的介质水接收的第一组数据,和各压电超声换能器从目标体的待测区域内的待测介质接收的第二组数据;

S2: 利用步骤S1中所获取的原始数据,采用合成孔径的方法进行反射成像,得到分辨率较高的反射图像,据此获取介质水所占据的区域的位置;

S3: 分别提取各压电超声换能器接收第一组数据和第二组数据的最早接收时间,通过对应作差,获得行程时间差异图;

S4: 将目标体的待测区域离散化为 $N \times N$ 个网格,利用双线性插值法得到系数投影矩阵 L ,矩阵的元素 L_{ij} 代表第 j 个像素对第 i 条路径上各点的声速值的贡献,建立含 $N \times N$ 个未知数的线性方程组模型 $Ls = T$,其中, T 为步骤S3中获得的行程时间差异图向量化的结果; s 为待测介质的待求声速的倒数;

S5: 结合步骤S2中所获取的介质水所占据的区域的位置,对介质水所在区域直接设定其声速值为定值,并利用全变差正则化方法对步骤S4中建立的线性方程组模型进行求解,得到待测区域的声速的重建结果。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤S2中,介质水所占据的区域的位置位于反射图像轮廓的外部。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤S5具体为:

将线性方程组模型转化为最优化问题,并利用伪牛顿法进行求解,公式如下:

$$F(s) = \|Ls - T\|_2^2 + \lambda TV(s)$$

$$TV(s) = \sum_i \sum_j \sqrt{|\nabla_x s|_{ij}|^2 + |\nabla_y s|_{ij}|^2}$$

其中, $F(s)$ 为最优化问题的目标函数, λ 是可以人为调整的正则化参数, $TV(s)$ 为全变差正则化项, i 代表行, j 代表列, $\nabla_x s$ 为横向的梯度值, $\nabla_y s$ 为纵向的梯度值,

其中,结合步骤S2中所获取的介质水所占据的区域的位置,对介质水所在区域直接设定其声速值,然后调整正则化参数 λ ,使待测区域的声速的重建结果较优。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,对介质水所在区域直接设定其声速值为该环境下的先验值。

基于先验反射成像的超声CT声速成像的方法

技术领域

[0001] 本申请属于生物医学超声学中的超声CT成像技术领域,更具体地涉及一种基于先验反射成像的超声CT声速成像的方法。

背景技术

[0002] 超声CT成像检查方法具有非侵入、无辐射的优点,且不依赖于医师的操作,因此具有较好的应用前景。这一技术的基本出发点是通过发送和接收超声波的方式对目标体的结构分布进行探测。接收到的信号中包含了大量与目标体介质参数有关的信息,以传感器检测到的信号为基础,即可通过相应的一些算法,重建我们所需要的目标体的介质参数信息,常用的有声速、衰减系数等。

[0003] 超声CT成像具有多种模态,既可以利用回波信息进行成像,也可以利用透过波的信息进行成像。现有的超声CT声速图像重建大多基于单模态的方法,即分别利用这些模态的信息,实现对目标体内部结构分布的探测。例如,现有的基于透过波的声速成像方法,较有代表性的有联合代数重建方法(SART)和吉洪诺夫正则化重建方法,前者原理简单,计算量小,但是易受噪声影响,重建结果不够准确;后者对正则化参数的选取要求较高,且重建结果往往过于平滑,容易丢失一些关键信息,总体而言亦不能达到满意的水 平。

发明内容

[0004] 为了至少部分的解决上述已有技术存在的不足,本发明设计了一种基于先验反射成像的超声CT声速成像方法,旨在对多种模态的超声CT成像方法进行融合,在反射成像的基础上,利用透过波的信息进行声速成像,以期提高超声CT声速成像技术中重建图像的质量,使之更接近于真实声速分布,从而为该技术的实际应用提供一定的参考。

[0005] 根据本发明的一方面,提供了一种基于先验反射成像的超声CT声速成像的方法,包括如下步骤:

[0006] S1.将压电超声换能器阵列环绕目标体,一并放入其中容纳有介质水的水箱中,获取压电超声换能器阵列接收的原始数据,所述原始数据包括各压电超声换能器从水箱内的介质水接收的第一组数据,和各压电超声换能器从目标体的待测区域内的待测介质接收的第二组数据;

[0007] S2:利用步骤S1中所获取的原始数据,采用合成孔径的方法进行反射成像,得到分辨率较高的反射图像,据此获取介质水所占据的区域的位置;

[0008] S3:分别提取各压电超声换能器接收第一组数据和第二组数据的最早接收时间,通过对应作差,获得行程时间差异图;

[0009] S4:将目标体的待测区域离散化为 $N \times N$ 个网格,利用双线性插值法得到系数投影矩阵 L ,矩阵的元素 L_{ij} 代表第 j 个像素对第 i 条路径上各点的声速值的贡献。建立含 $N \times N$ 个未知数的线性方程组模型 $Ls = T$,其中, T 为步骤S3中获得的行程时间差异图向量化的结果; s 为待测介质的待求声速的倒数值;

[0010] S5:结合步骤S2中所获取的介质水所占据的区域的位置,对介质水所在区域直接设定其声速值为定值,并利用全变差正则化方法对步骤S4中建立的线性方程组模型进行求解,得到待测区域的声速的重建结果。

[0011] 在一些实施例中,介质水所占据的区域的位置可以位于反射图像轮廓的外部。

[0012] 在一些实施例中,步骤S5具体为:

[0013] 将线性方程组模型转化为最优化问题,并利用伪牛顿法进行求解,公式如下:

$$[0014] \quad F(s) = \|Ls - T\|_2^2 + \lambda TV(s)$$

$$[0015] \quad TV(s) = \sum_i \sum_j \sqrt{[(\nabla_x s)_{ij}]^2 + [(\nabla_y s)_{ij}]^2}$$

[0016] 其中, $F(s)$ 为最优化问题的目标函数, λ 是可以人为调整的正则化参数, $TV(s)$ 为全变差正则化项, i 代表行, j 代表列, $\nabla_x s$ 为横向的梯度值, $\nabla_y s$ 为纵向的梯度值,

[0017] 其中,结合步骤S2中所获取的介质水所占据的区域的位置,对介质水所在区域直接设定其声速值,然后调整正则化参数 λ ,使待测区域的声速的重建结果较优。

[0018] 在一些实施例中,对介质水所在区域可以直接设定其声速值为1540m/s。

[0019] 本发明的有益效果:

[0020] 1.本发明在先验反射成像的基础上,进行声速分布的正则化重建。由于正则化重建时利用了定性的先验知识,待重建图像区域大幅度减小,因此与传统的正则化方法相比,减小了计算量。

[0021] 2.本发明可以在一定程度上降低正则化图像重建方法中对正则化参数选取的要求。具体地说,对于传统的吉洪诺夫正则化方法,当正则化参数选取过大时,导致图像过于平滑,有用信息难以被重建出来;正则化参数选取过小时,图像噪声过大,即该方法对正则化参数选取的要求较高。本发明的方法充分利用了反射图像的信息,降低了由于水区域的重建带来的误差,从而可以使正则化参数在相对较大的范围内,求解结果均在可以接受的范围内。

附图说明

[0022] 图1是本发明的合成孔径方法示意图。

[0023] 图2是利用合成孔径方法得到的反射图像。

[0024] 图3是本发明的行程时间差异图。

[0025] 图4是本发明的声速重建结果图。

[0026] 图5为本发明的用于验证的仿真声速分布图。

[0027] 图6是图4中纵坐标为0时的重建的声速图像与图5的对比图。

具体实施方式

[0028] 下面将结合本申请实施方式中的附图,对本申请的实施方式中的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施方式仅仅是作为例示,并非用于限制本申请。

[0029] 为实现组织内部声速分布图像的重建,本发明提供了一种基于先验反射成像的超声CT声速成像方法,首先,将若干压电超声换能器呈环形阵列包围目标体(本实例中为

乳房),一并放入水箱(其中容纳有水)中;其次,使各超声换能器(作为发射器)依次发出脉冲声波信号,与此同时,其他超声换能器(作为接收器)接收信号,得到原始数据;最后利用这些接收的原始数据,经过相应的处理与计算,重构目标体的超声参数分布图像。

[0030] 下面结合附图对本发明的基于先验反射成像的超声CT声速成像方法进行示例性但非限制性的说明。

[0031] 具体地,本发明的超声CT声速成像方法包括如下步骤:

[0032] S1:获取压电超声换能器阵列接收的原始数据(仿真数据或实验数据),其中,所述原始数据包括各压电超声换能器从水箱内的介质水(声速已知)接收的第一组数据和各压电超声换能器从目标体的待测区域内的待测介质(声速未知)接收的第二组数据。在本实施例中,设置压电超声换能器环形阵列的内径为100毫米,并且包括128个压电超声换能器。

[0033] S2:利用步骤S1中所获取的第一组数据和第二组数据,采用合成孔径的方法,进行反射成像,该方法示意图如图1(a)、图1(b)所示,由此得到分辨率相对较高的反射图像,据此获取介质水所占据的区域的位置。在本实施例中,介质水所占据的区域的位置位于反射图像轮廓的外部,如图2所示。

[0034] S3:分别提取各压电超声换能器接收第一组数据和第二组数据的最早接收时间,通过对应作差,获得行程时间差异图。如图3所示,横轴代表发射器的编号,纵轴代表接收器的编号,图中的灰度则代表了对应路径下两种介质中的行程时间差异值。

[0035] S4:将目标体的待测区域离散化为 $N \times N$ 个网格(例如 N 取128),每个网格内的声速视为已知,利用双线性插值法得到系数投影矩阵 L ,矩阵的元素 L_{ij} 代表第 j 个像素对第 i 条路径上各点的声速值的贡献。建立含 $N \times N$ 个未知数的线性方程组模型 $Ls = T$,其中, T 由步骤S3中获得的行程时间差异图得到,例如,图3中是按 128×128 的矩阵排布,其中 T 是一个 16384×1 的列向量; s 为待测介质的待求声速的倒数值。

[0036] S5:利用全变差正则化方法对步骤S4中建立的模型进行求解,得到待测区域的声速的重建结果,如图4所示。

[0037] 具体为,将线性方程组模型转化为一个最优化问题,并利用伪牛顿法进行求解,公式如下:

$$[0038] \quad F(s) = \|Ls - T\|_2^2 + \lambda TV(s)$$

$$[0039] \quad TV(s) = \sum_i \sum_j \sqrt{|(\nabla_x s)_{ij}|^2 + |(\nabla_y s)_{ij}|^2}$$

[0040] 其中, $F(s)$ 为该最优化问题的目标函数, λ 是可以人为调整的正则化参数, $TV(s)$ 为全变差正则化项, i 代表行, j 代表列, $\nabla_x s$ 为横向的梯度值, $\nabla_y s$ 为纵向的梯度值。此步骤需结合步骤S2中所获取的介质水所占据的区域的位置,对介质水所在区域直接设定其声速值(对于仿真数据,例如设为1540m/s,应该理解,水声速会根据温度不同而变化)。调整正则化参数 λ ,使待测区域的声速的重建结果较优。

[0041] 对真实的乳房MRI图像进行分割,按照已有文献的结果,对其中的各组织赋予声速值,得到声速图像,如图5所示。由图6可见,本发明重建的声速分布图像是较为准确的。

[0042] 以上申请的仅为本申请的一些实施方式。对于本领域的普通技术人员来说,在不

脱离本申请创造构思的前提下,还可以做出若干变型和改进,这些 都属于本申请的保护范围。

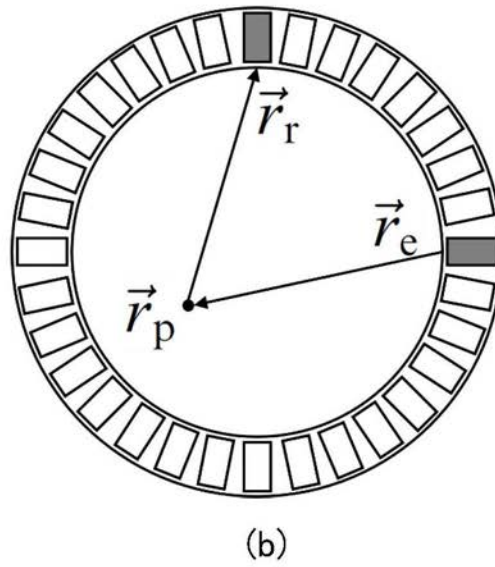
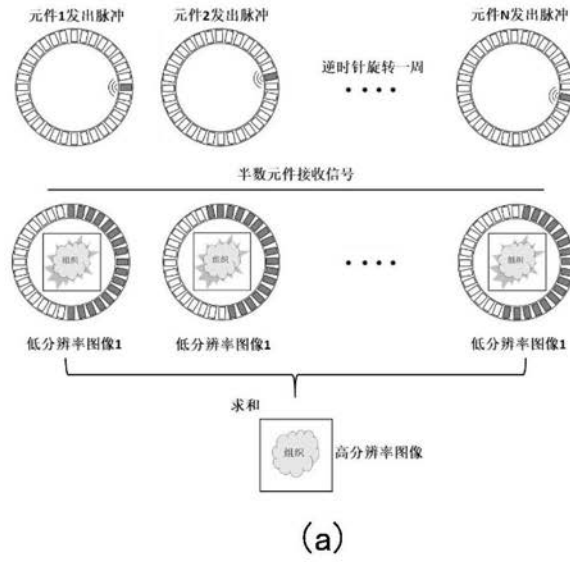


图1

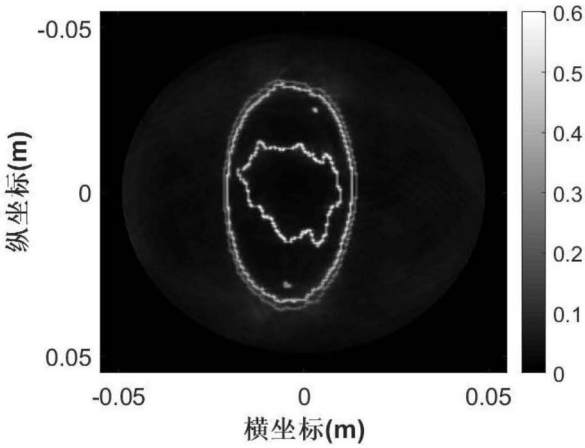


图2

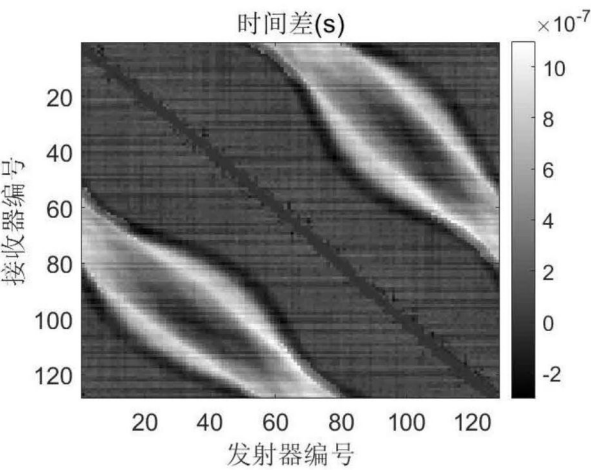


图3

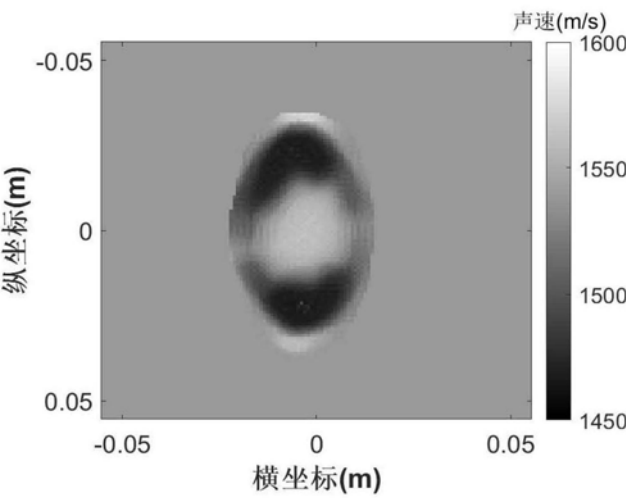


图4

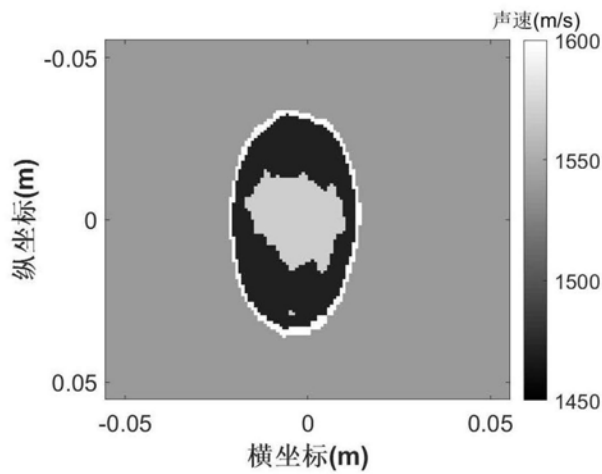


图5

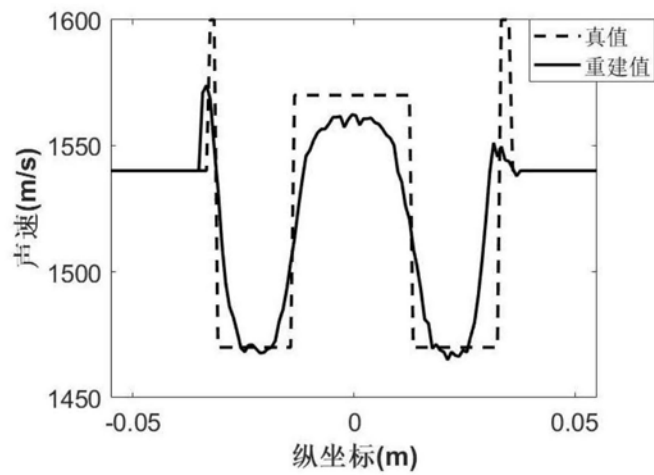


图6

专利名称(译)	基于先验反射成像的超声CT声速成像的方法		
公开(公告)号	CN109875606A	公开(公告)日	2019-06-14
申请号	CN201910056971.0	申请日	2019-01-22
[标]申请(专利权)人(译)	北京航空航天大学		
申请(专利权)人(译)	北京航空航天大学		
当前申请(专利权)人(译)	北京航空航天大学		
[标]发明人	姚子升 樊尚春		
发明人	屈晓磊 姚子升 樊尚春		
IPC分类号	A61B8/08 A61B6/03		
其他公开文献	CN109875606B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于先验反射成像的超声CT声速成像的方法，包括步骤：获取压电超声换能器阵列接收的原始数据；利用原始数据，采用合成孔径的方法进行反射成像，得到分辨率较高的反射图像，据此获取介质水所占据的区域的位置；获得行程时间差异图；将目标体的待测区域离散化为 $N \times N$ 个网格，利用双线性插值法得到系数投影矩阵，建立含 $N \times N$ 个未知数的线性方程组模型；利用全变差正则化方法对线性方程组模型进行求解，得到待测区域的声速的重建结果。本方法不仅使得重建区域大幅度减小，而且提高了超声CT声速成像技术中重建图像的质量，使之更接近于真实声速分布。

