

(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
2015 年 3 月 12 日 (12.03.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/032064 A1

(51) 国际专利分类号:

A61B 8/08 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2013/083049

(22) 国际申请日:

2013 年 9 月 6 日 (06.09.2013)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 郑海荣 (ZHENG, Hairong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 冯歌 (FENG, Ge); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 王丛知 (WANG, Congzhi); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 曾成志 (ZENG, Chengzhi); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 杨戈 (YANG,

Ge); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 曾博 (ZENG, Bo); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 广州华进联合专利商标代理有限公司 (ADVANCE CHINA IP LAW OFFICE); 中国广东省广州市天河区花城大道 85 号 3901 房, Guangdong 510623 (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, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,

[见续页]

(54) Title: ACOUSTIC RADIATION FORCE IMPULSE IMAGING ESTIMATION METHOD AND SYSTEM, AND COMPUTER STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 声辐射力脉冲成像估算方法和系统、计算机存储介质

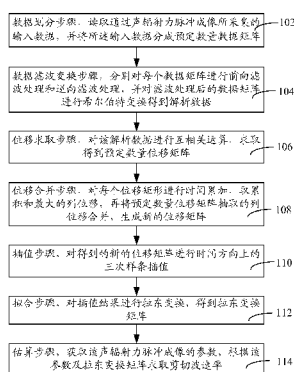


图 1 / Fig. 1

102 Data dividing step: reading input data collected via acoustic radiation force impulse (ARFI) imaging, and dividing the input data into a predetermined number of data matrixes

104 Data filter transforming step: respectively conducting forward filter processing and reverse filter processing on each data matrix, and conducting a Hilbert transform on the filter-processed data matrixes to obtain parsed data

106 Displacement calculating step: conducting cross-correlation calculation on the parsed data to obtain a predetermined number of displacement matrixes

108 Displacement merging step: conducting time accumulation on each displacement matrix, choosing a column displacement of maximum accumulative sum, and merging the column displacement chosen from the predetermined number of displacement matrixes to generate a new displacement matrix

110 Interpolation step: conducting spline interpolation on the newly obtained displacement matrix in a time direction three times

112 Matching step: conducting a Radon transform on the interpolation result to obtain a Radon transform matrix

114 Estimation step: acquiring the parameter of the ARFI imaging, and calculating shear wave velocity according to the parameter and the Radon transform matrix

(57) Abstract: The present invention relates to an acoustic radiation force impulse (ARFI) imaging estimation method and system, and computer storage medium, the method comprising: reading input data, and dividing the input data into a predetermined number of data matrixes; respectively conducting forward filter processing and reverse filter processing on each data matrix, and conducting a Hilbert transform on the filter-processed data matrixes to obtain parsed data; conducting cross-correlation calculation on the parsed data to obtain a predetermined number of displacement matrixes; accumulating each displacement matrix, and choosing a column displacement of maximum accumulative sum to generate a new displacement matrix; conducting spline interpolation on the newly obtained displacement matrix in a time direction three times; conducting a Radon transform on the interpolation result to obtain a Radon transform matrix; and acquiring the parameter of the ARFI imaging, and calculating shear wave velocity according to the parameter and the Radon transform matrix. The present invention has a more accurate calculation result because of error reduction in conducting cross-correlation calculation on displacement, and improves sensitivity due to precise estimation of minute displacement.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2015/032064 A1



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))。

本发明涉及一种声辐射力脉冲成像估算方法和系统、计算机存储介质。所述方法包括:读取输入数据,并将所述输入数据分成预定数量数据矩阵;分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理,并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据;对所述解析数据进行互相关运算,求取得到预定数量位移矩阵;对每个位移矩阵累加,取累积和最大的列位移,生成新的位移矩阵;对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值;对插值结果进行拉东变换,得到拉东变换矩阵;获取所述声辐射力脉冲成像的参数,根据所述参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。减小了互相关计算位移时产生的误差,计算结果更加准确,且对微小位移能精确估算,提高了灵敏度。

说明书

发明名称：声辐射力脉冲成像估算方法和系统、计算机存储介质

【技术领域】

本发明涉及医学影像领域，特别是涉及一种声辐射力脉冲成像估算方法和系统、计算机存储介质。

【背景技术】

声辐射力脉冲成像（Acoustic Radiation Force Impulse, ARFI）是通过利用医学超声功率范围内的聚焦超声波束产生的辐射力，使生物粘弹性组织局部区域产生微小变形并形成沿侧向传播的剪切波，利用超声成像技术对微小形变进行追踪并计算出剪切波的侧向传播速度，最后利用弹性重构算法由剪切波速度估算出组织的弹性分布的一种成像技术。

声辐射力脉冲成像计算是指估算组织内部剪切波的位移，后期通过对位移的判断了解组织情况。位移估算方法有多种，例如基于通用 GPU（Graphics Process Unit，图形处理器）编程的实时超声成像监测方法，步骤包括：1）展开数据；2）加窗数据；3）互相关处理数据；4）估计位移；5）在整个时间深度上重复步骤 3 和 4；6）中值滤波；7）估计速率。该监测方法使用了普通的基于时域互相关算法，针对微小位移的估算灵敏度不高，准确度低。

【发明内容】

基于此，有必要针对微小位移估算灵敏度低的问题，提供一种灵敏度高的声辐射力脉冲成像估算方法。

此外，还有必要提供一种灵敏度高的声辐射力脉冲成像估算系统。

一种声辐射力脉冲成像估算方法，包括：

数据划分步骤，读取通过声辐射力脉冲成像所采集的输入数据，并将所述输入数据分成预定数量数据矩阵；

数据滤波变换步骤，分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理，并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据；

位移求取步骤，对所述解析数据进行互相关运算，求取得到预定数量位移矩阵；

位移合并步骤，对每个位移矩形进行时间累加，取累积和最大的列位移，再将预定数量位移矩阵抽取的列位移合并，生成新的位移矩阵；

插值步骤，对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值；

拟合步骤，对插值结果进行拉东变换，得到拉东变换矩阵；

估算步骤，获取所述声辐射力脉冲成像的参数，根据所述参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。

一种声辐射力脉冲成像估算系统，包括：

数据划分模块，用于读取通过声辐射力脉冲成像所采集的输入数据，并将所述输入数据分成预定数量矩阵；

数据滤波变换模块，用于分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理，并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据；

位移求取模块，用于对所述解析数据进行互相关运算，求取得到预定数量位移矩阵；

位移合并模块，用于对每个位移矩形进行时间累加，取累积和最大的列位移，再将预定数量位移矩阵抽取的列位移合并，生成新的位移矩阵；

插值模块，用于对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值；

拟合模块，用于对插值结果进行拉东变换，得到拉东变换矩阵；

估算模块，用于获取所述声辐射力脉冲成像的参数，根据所述参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。

此外，还提供一种计算机存储介质。

一个或多个包含计算机可执行指令的计算机存储介质，所述计算机可执行指令用于执行一种声辐射力脉冲成像估算方法，其特征在于，所述方法包括以下步骤：

数据划分步骤，读取通过声辐射力脉冲成像所采集的输入数据，并将所

述输入数据分成预定数量数据矩阵;

数据滤波变换步骤, 分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理, 并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据;

位移求取步骤, 对所述解析数据进行互相关运算, 求取得到预定数量位移矩阵;

位移合并步骤, 对每个位移矩形进行时间累加, 取累积和最大的列位移, 再将预定数量位移矩阵抽取的列位移合并, 生成新的位移矩阵;

插值步骤, 对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值;

拟合步骤, 对插值结果进行拉东变换, 得到拉东变换矩阵;

估算步骤, 获取所述声辐射力脉冲成像的参数, 根据所述参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。

上述声辐射力脉冲成像估算方法和系统、计算机存储介质, 通过对输入数据进行前向滤波处理和逆向滤波处理, 消除了滤波造成的相对偏移, 并对滤波结果进行希尔伯特变换, 减小了后续互相关计算位移时产生的误差, 使得计算结果更加准确, 且对微小位移能精确估算, 提高了灵敏度。

另外, 估算过程中采用 CUDA 并行计算实现, 提高了效率, 且在并行实现上, 不增加重复计算量, 不使用线程同步和共享内存, 实现线程高度并行, 提高了处理效率。

【附图说明】

图 1 为一个实施例中声辐射力脉冲成像估算方法的流程图;

图 2 为该位移求取步骤的流程图;

图 3 为拉动变换示意图;

图 4 为一个实施例中声辐射力脉冲成像估算系统的结构框图。

图 5 为该位移求取模块的内部结构示意图;

图 6 为执行声辐射力脉冲成像估算方法的终端的结构示意图。

【具体实施方式】

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

如图 1 所示，为一个实施例中声辐射力脉冲成像估算方法的流程图。该声辐射力脉冲成像估算方法可运行于计算机上。该声辐射力脉冲成像估算方法，包括：

步骤 102，数据划分步骤，读取通过声辐射力脉冲成像所采集的输入数据，并将所述输入数据分成预定数量数据矩阵。

具体的，将输入数据按侧向采集位置分为 m 个数据矩阵。 m 为侧向采集位置的条数。每个数据矩阵大小为 $row \times col$ ，表示包含 row 帧数据（时间方向），每帧有 col 个元素（深度方向）。

步骤 104，数据滤波变换步骤，分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理，并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据。

具体的，对数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理，可消除滤波造成的相对偏移。

本实施例中，1) 该数据滤波变换步骤中前向滤波处理的公式为：

当 $i \leq iParalen$ 时：

$$tOutPut(k,i) = \sum_{j=0}^i (param[j] * input(k,i-j)) + \sum_{j=i+1}^{iParalen-2} (param[j] * input(k,0)) \quad (1)$$

当 $i > iParalen$ 时：

$$tOutPut(k,i) = \sum_{j=0}^{iParalen-2} (param[j] * input(k,i-j)) \quad (2)$$

其中， $param$ 是滤波器， $iParalen$ 是滤波器长度， $input$ 为待滤波矩阵， k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列， $tOutPut$ 是滤波结果矩阵， $*$ 表示乘法。

该前向滤波处理采用图形处理器（GPU，Graphics Process Unit）并行处理。该前向滤波处理的内核函数 `Bandpass_front`（即图形处理器调用的内核函数）调用的线程数设计：`Bandpass_front<<< blocks, threads>>>(input, aram,`

iParaLen , tOutPut) , 此处 $\text{blocks} = \text{dim3}(\text{input} \rightarrow \text{rows})$; $\text{threads} = \text{dim3}(\text{input} \rightarrow \text{cols})$; 其中, $\text{input} \rightarrow \text{rows}$ 是输入数据矩阵的行数, $\text{input} \rightarrow \text{cols}$ 是输入数据矩阵的列数。该输入数据矩阵即为待滤波矩阵。前向滤波器参数由 Matlab 等工具计算求得。其中, $\lll, \ggg$ 是 CUDA 语法符号, 表示 GPU 执行内核需要启动的线程数, 使用方式: $\lll$ 表示启动的 block 数量, 表示 1 个 block 里面的线程数 $\ggg$ 。input 为一个结构类型, $\rightarrow$ 表示取结构的一个元素。

GPU 为面向计算密集型处理, 适用数据并行化计算, GPU 与 CPU (Central Processing Unit, 中央处理器) 相比具有更多的计算单元晶体管和处理器核心, 可实现高度并行化计算, 如 Kepler GK110 由 71 亿个晶体管组成, 拥有 15 个流处理器核心, 每个核心有 196 个流处理器, 提供每秒超过 1 万亿次双精度浮点计算的吞吐量。

2) 该数据滤波变换步骤中逆向滤波处理的公式为:

当 $i \geq i\text{ParaLen}$ 时:

$$\text{output}(k, \text{Width} - 1 - i) = \sum_{j=0}^{i\text{ParaLen}-1} (\text{param}[j] * \text{input}(k, \text{Width} - 1 + j - i)) \quad (3)$$

其中, input 为待滤波矩阵, k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列, output 为逆向滤波的滤波结果矩阵, Width 为滤波器宽度, $*$ 表示乘法。 output 的初始内容与 input 相同。

该逆向滤波处理采用图形处理器处理。该逆向滤波处理的内核函数 Bandpass_back (即图形处理器调用的内核函数) 调用的线程数设计: $\text{Bandpass_back} \lll \text{blocks}, \text{threads} \ggg ()$, 其中, $\text{blocks} = \text{dim3}(\text{input} \rightarrow \text{rows})$; $\text{threads} = \text{dim3}(\text{input} \rightarrow \text{cols})$, 滤波器和前向滤波器相同, $\text{input} \rightarrow \text{rows}$ 是输入数据矩阵的行数, $\text{input} \rightarrow \text{cols}$ 是输入数据矩阵的列数。该输入数据矩阵即为待滤波矩阵。内核函数 Bandpass_back 将一个元素按照公式 (3) 处理, 将获取的结果存放在 output 对应的位置。

3) 该数据滤波变换步骤中希尔伯特变换的公式为:

$$r^{\wedge}(m, t) = r(m, t) * (1/(\pi t)) \quad (4)$$

式 (4) 中, $r^{\wedge}(m, t)$ 为信号 $r(m, t)$ 的希尔伯特变换, m 为采样点的坐标,

t 是时间， $*$ 是卷积运算。

在算法上采用傅里叶变换和逆变换来实现希尔伯特变换，具体为：对初始的数据矩阵进行傅里叶变换，将变换结果的实部乘-1后和虚部交换，再进行傅里叶归一化逆变换，再交换实虚部，再和初始的矩阵相加得到解析数据。其中，归一化是指变换结果除以变换元素个数。

希尔伯特变换采用GPU优化设计，其中，傅里叶变换和逆变换均使用CUDA（即CPU+GPU编程模型）的CUFFT库函数cufftExecC2C。

其中，两次实虚部交换以及矩阵相加用2个内核函数来实现，第一个内核函数kernel_1实现第一次的傅里叶变换前的实部虚部交换，第二个内核函数kernel_2实现第二次实部虚部交换，并且交换后相加，因cufftExecC2C结果没有归一化处理，在第二次实虚部交换时候处理。

内核函数调用顺序：1）cufftExecC2C（正变换）；2）kernel_1；3）cufftExecC2C（逆变换）；4）kernel_2。

两次内核函数的blocks数量和threads数量相同，均为blocks = dim3(input->rows); threads = dim3(input->cols), input->rows是输入数据矩阵的行数，input->cols是输入数据矩阵的列数。

在一个实施例，该数据滤波变换步骤中，采用多个流按顺序依次对预定数量数据矩阵进行前向滤波处理、逆向滤波处理和希尔伯特变换处理。具体的，因GPU计算的一个特点是待处理数据需要从内存传送到显存，结果数据需要从显存传回内存这两个数据传输过程。由CPU调用GPU函数接口把待处理数据传输到显存，GPU通过显存读取数据，计算数据，把结果存放显存，CPU再调用数据传输函数接口将显存数据传回内存，进行下一步逻辑处理。数据在CPU和GPU之间的传输过程可与GPU计算过程并行。可使用多个流（stream）实现数据传输与GPU计算过程并行处理。流与流之间是并行运行的，因此虽然GPU一次只能处理一个内核函数，而当多个流存在时，GPU在处理内核函数的同时，显存可以传输数据，从而提高设备的利用率。

步骤106，位移求取步骤，对该解析数据进行互相关运算，求取得到预定数量位移矩阵。

如图 2 所示, 该位移求取步骤包括:

步骤 202, 选取窗口, 该窗口长度为预定值。

具体的, 需要选取合适的窗口, 窗口太小会导致计算距离不准确, 太大会增加不必要的计算量。本实施例中, 窗口长度为 M , M 为正数。

步骤 204, 根据该窗口长度按步长滑动的方式对该解析数据计算每个窗口的互相关系数, 并形成互相关系数矩阵。

本实施例中, 采用加窗互相关求取位移, 加窗互相关是指一次只针对长度为窗口长度的一段求互相关, 窗口位置随步长滑动, 直到数据末位为止。

每个窗口的互相关系数计算公式为:

$$k(q, s) = \sum_{u=M/2}^{M/2-1} \overline{r^{\wedge}(m+u, s)} r^{\wedge}(m+u+q, s+1) \quad (5)$$

式 (5) 中, $k(q, s)$ 是互相关系数, $r^{\wedge}(m+u, s)$ 是解析数据, $\overline{r^{\wedge}(m+u+q, s+1)}$ 是解析数据 $r^{\wedge}(m+u+q, s+1)$ 求复共轭, s 是采样时间, q 为 $[-M, M]$ 。

q 每一次变化称一个 lag (即变化间隔参数), lag 的范围 $[-M, M]$ 。当估算位移比较小时, lag 取一个范围 $[-N, N]$, $N < M$ 。

采用内核函数 ComputeXcross 计算所有窗 (WinNum 个) 中一次 lag 的互相关系数。WinNum=(InputWidth - WindowHW)/Step+1, 其中, WindowHW 是窗口宽度, 步长为 Step, InputWidth 为输入数据矩阵的列数, 为了减少重复计算提高时间效率, WinNum 个互相关系数计算方法如下: 计算数据矩阵相邻两行 Row(i), Row(i+1) 互相关系数, 则先计算第 0 个窗口的互相关系数。第 n 个窗口的互相关系数计算为: 第 n-1 个窗口的互相关系数减去第 n-1 个窗口前 Step 个元素的互相关系数, 加上第 n 个窗口最后 Step 个元素的互相关系数。例如, 第一个窗口的互相关系数为: 第 0 个窗口的互相关系数减去第 0 个窗口前 Step 个元素的互相关系数, 加上第一个窗口最后 Step 个元素的互相关系数; 第二个窗口的互相关系数: 第一个窗口的互相关系数减去第一个窗口前 Step 个元素的互相关系数, 加上第二个窗口最后 Step 个元素的互相关系数, 依次计算到最后一个窗口为止。

内核函数 ComputeXcross 计算 1 个 lag 互相关系数, 设计 1 个 block 的线程数等于 lag 总数, 可以计算出相邻两行所有窗口的互相关系数。一个矩阵需要计

算 (rows - 1) 次加窗互相关 (rows 为矩阵行数), 则由 (rows - 1) 个 block 实现, 每个 block 计算一个相邻两行的互相关系数。因此内核函数线程数如下:
 内核函数的线程数 $\text{ComputeXcross} \lll \text{blocks}, \text{threads} \ggg ()$, 其中, $\text{blocks} = \text{dim3}(\text{rows} - 1)$; $\text{threads} = \text{dim3}(\text{lagNum})$; lagNum 是 lag (变化间隔参数) 总数。

假设一个窗口的互相关系数 (有 lagNum 个互相关系数) 用 C_{ij} 表示, 通过上述互相关计算后, 得到互相关系数矩阵包含 $(\text{rows} - 1) * \text{WinNum}$ 个 C_{ij} , $i = 0, 1, \dots, \text{rows} - 2$, $j = 0, 1, \dots, \text{WinNum} - 1$ 。

步骤 206, 获取该互相关系数矩阵中最大互相关系数对应的变化间隔参数值。

具体的, 采用内核函数 MatDelay 对互相关系数矩阵求极值和位移。求一个 C_{ij} 内最大相关系数对应的 lag 值 lag_max。

步骤 208, 根据该变化间隔参数值求取位移。

具体的, 由 lag_max 求位移 delay。delay 的求取方法如公式 (6):

$$\text{delay} = (\text{lag_max} + \text{delta_t}) * \text{factor} \quad (6)$$

其中, delta_t 采用公式 (7) 获取。 $\text{factor} = c / (2 * \text{fs})$, c 是声速 1540m/s, fs 采样频率, * 表示乘法。

当微小位移引起的超声回波信号时移 δt 小于采样周期时, 可以通过互相关系数求出, 公式如下:

$$\delta t = \frac{2 \angle k^{\wedge}(n_{\max}, s)}{\angle k^{\wedge}(n_{\max} + 1, s) - \angle k^{\wedge}(n_{\max} - 1, s)} \quad (7)$$

式 (7) 中, $n_{\max}$ 是最大互相关系数对应的坐标, $\angle$ 是角度运算, 即 $\angle(a + jb) = \arctan(b/a)$, 得到了时移值 δt 。本实施例中, delta_t 即为时移 δt 可通过式 (7) 计算得到。

通过上述计算得到位移矩阵。输入数据矩阵大小为 $\text{row} \times \text{col}$, 则得到的位移矩阵为 $(\text{row} - 1) \times \text{WinNum}$, WinNum 为窗口数。

此外, 微小位移 $d(m, s)$ 可通过超声波速 c 求得:

$$d(m,s) = \delta t \frac{c}{2} \quad (8)$$

本实施例中，内核函数线程数：blocks=dim3(rows-1)，threads=dim3(WinNum)，MatDelay <<< blocks, threads >>>(...)，其中 WinNum 窗个数，通过这些线程一次计算后，所有窗都计算了位移 delay。

互相关系数求位移可采用 CUDA 的流方式求取。该 CUDA 的流方式可以隐藏数据传输时间，进一步缩短程序运行时间。例如在求位移的流处理示例如下：

```
//数据由内存输入显存，这里是4个矩阵，M=4，这里代码并不完整。
cudaMemcpyAsync(d_data1,h_data1,...,cudaMemcpyHostToDevice,stream[
0]);

cudaMemcpyAsync(d_data2,h_data2,...,cudaMemcpyHostToDevice,stream[1]);

cudaMemcpyAsync(d_data3,h_data3,...,cudaMemcpyHostToDevice,stream[2]);

cudaMemcpyAsync(d_data4,h_data4,...,cudaMemcpyHostToDevice,stream[3]);

//GPU计算互相关
ComputeXcross<<<dBlock,dThread,0,stream[0]>>>( data1 , ...);
ComputeXcross<<<dBlock,dThread,0,stream[1]>>>( data2...);
ComputeXcross<<<dBlock,dThread,0,stream[2]>>>( data3...);
ComputeXcross<<<dBlock,dThread,0,stream[3]>>>( data4...);
//GPU计算移位
MatDelay<<<blockForDelay,threadForDelay,0,stream[0]>>>();
MatDelay<<<blockForDelay,threadForDelay,0,stream[1]>>>();
MatDelay<<<blockForDelay,threadForDelay,0,stream[2]>>>();
MatDelay<<<blockForDelay,threadForDelay,0,stream[3]>>>();

// 结果从显存拷贝回内存
```

```

        cudaMemcpyAsync(h_data1,
d_data1...,cudaMemcpyDeviceToHost,stream[0]);
        cudaMemcpyAsync(h_data2,
d_data2...,cudaMemcpyDeviceToHost,stream[1]);
        cudaMemcpyAsync(h_data3,
d_data3...,cudaMemcpyDeviceToHost,stream[2]);
        cudaMemcpyAsync(h_data4,
d_data4...,cudaMemcpyDeviceToHost,stream[3]);
        // 释放 stream
        for (int i = 0 ; i < 4; ++i)
        {
            cudaStreamDestroy(stream[i]);
        }

```

同样，可采用该流的方式进行前向滤波处理、逆向滤波处理和希尔伯特变换。

此外，还可对得到的预定数量位移矩阵进行平滑处理，当信号噪音比较大时，可多次进行平滑处理。

步骤 108，位移合并步骤，对每个位移矩形进行时间累加，取累积和最大的列位移，再将预定数量位移矩阵抽取的列位移合并，生成新的位移矩阵。

具体的，对得到的 m 个位移矩阵分别进行处理：进行时间（列方向）累加，取累积和最大的列位移，再将 m 个位移矩阵抽取的列位移合并，生成新的位移矩阵，即 $m \times (row-1)$ 。

步骤 110，插值步骤，对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值。

该插值步骤包括：采用中央处理器求取每个插值段之间的三次样条插值函数的系数，再采用图形处理器根据该三次样条插值函数并行计算每段的插值倍数减 1 个插值点的值，其中，图形处理器所调用的内核函数的 blocks 数

量为待插值矩阵的行数，threads 数量为待插值矩阵的列数。三次样条插值倍数可根据需要设定。用三次样条插值方法在相邻两点间补充 p 个点。本实施例中，采用的插值倍数为 20，即相邻两点中间补充 19 个点，p=19。

具体的，插值段 $[x_i, x_{i+1}]$ 的三次样条插值函数 $s_i(x)$ 如下：

$$s_i(x) = a_i(x - x_i)^3 + b_i(x - x_i)^2 + c_i(x - x_i) + d_i \quad (9)$$

式(9)中， a_i 、 b_i 、 c_i 、 d_i 为插值函数系数，可通过解线性方程获得，因线性方程是不定解方程，可以采用自然插值(Natural splines)确定方程解。

求插值系数的线性方程矩阵为三对角矩阵，直接 LU 分解求解。由于 LU 直接分解是不断迭代过程，采用 CPU 计算出全部插值函数系数，再用 GPU 并行计算出所有插值点的值。

设计内核函数 spline_kern 计算一个 $[x_i, x_{i+1}]$ 插值段的所有值。对输入数据矩阵每行插值，需要线程数如下：spline_kern<<<blocks, threads>>>(), 其中，blocks=dim3(inputMat->rows); threads=dim3(inputMat->cols-1), inputMat->rows 是待插值矩阵行数，inputMat->cols 是待插值矩阵的列数。

步骤 112，拟合步骤，对插值结果进行拉东变换，得到拉东变换矩阵。

如图3所示，为拉动变换示意图。图3可知，依次求一点到对端一点的累加和，考虑实际应用，终点的序号不能小于起点的序号。假设矩阵宽度为Q，需要计算 $Q*(Q+1)/2$ 次斜对角线的和。为了存取数据方便，通常grid和block的维数直接用矩阵的长宽相关值，这里经过插值后的输入矩阵，Q的值通常较大比如1960，那么拉东变换矩阵大小为1960*1960，而计算能力为3.5的GPU支持block内部最大线程数是1024，因此block内部线程数不能用Q定义。

定义grid (X*X)，block (Y*Y)。其中，Y取16或者32，Y取满足 $X*Y \geq Q$ 最小值即可。索引值按如下计算：

index_start = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;

index_end = blockIdx.y * blockDim.y + threadIdx.y;

其中，*表示乘法。

即grid的x维和block的x维组合表示起始端点的序号index_start (0到1959)，grid的y维和block的y维组合表示终点端的序号index_end。

内核函数实现一个斜对角求和（从初始点 `index_start`，到终点 `index_end` 的对角连线上的数据求和）功能，得到的结果 `Sum(index_start, index_end)` 保存到输出数据中。

步骤 114，估算步骤，获取该声辐射力脉冲成像的参数，根据该参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。

该估算步骤中该声辐射力脉冲成像的参数包括探头中两个阵元的间距、探头个数、输入数据矩阵的行数、帧频和采样倍数。

该估算步骤中求取剪切波速率的公式为：

$$vs = pitch * pitchNum * (dataRow - 1) / (L * fs * spline)$$

其中， vs 为剪切波速率， $pitch$ 是探头中两个阵元的间距， $pitchNum$ 是探头个数， $dataRow$ 是输入数据矩阵的行数， fs 是帧频， $spline$ 是采样倍数， $*$ 表示乘法， $L = (Rmax).y - (Rmax).x$ ， L 是位移， $Rmax$ 是拉东变换矩阵最大值， L 是最大值对应的 y 坐标减去最大值对应的 x 坐标。

上述声辐射力脉冲成像估算方法，通过对输入数据进行前向滤波处理和逆向滤波处理，消除了滤波造成的相对偏移，并对滤波结果进行希尔伯特变换，减小了后续互相关计算位移时产生的误差，使得计算结果更加准确，且对微小位移能精确估算，提高了灵敏度。

另外，估算过程中采用 CUDA 并行计算实现，提高了效率，且在并行实现上，不增加重复计算量，不使用线程同步和共享内存，实现线程高度并行，提高了处理效率。

如图 4 所示，为一个实施例中声辐射力脉冲成像估算系统的结构框图。该声辐射力脉冲成像估算系统中未详尽描述的细节，可参考上述对应的方法实施例描述。该声辐射力脉冲成像估算系统，包括数据划分模块 410、数据滤波变换模块 420、位移求取模块 430、位移合并模块 440、插值模块 450、拟合模块 460 和估算模块 470。其中：

数据划分模块 410 用于读取通过声辐射力脉冲成像所采集的输入数据，并将该输入数据分成预定数量矩阵。

具体的，将输入数据按侧向采集位置分为 m 个数据矩阵。 m 为侧向采集位置的条数。每个数据矩阵大小为 $row \times col$ ，表示包含 row 帧数据（时间方向），每帧有 col 个元素（深度方向）。

数据滤波变换模块 420 用于分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理，并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据。

本实施例中，1) 该数据滤波变换模块 420 进行前向滤波处理的公式为：

当 $i \leq iParalen$ 时：

$$tOutPut(k,i) = \sum_{j=0}^i (param[j] * input(k,i-j)) + \sum_{j=i+1}^{iParalen-2} (param[j] * input(k,0))$$

当 $i > iParalen$ 时：

$$tOutPut(k,i) = \sum_{j=0}^{iParalen-2} (param[j] * input(k,i-j))$$

其中， $param$ 是滤波器， $iParalen$ 是滤波器长度， $input$ 为待滤波矩阵， k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列， $tOutPut$ 是滤波结果矩阵， $*$ 表示乘法。

该前向滤波处理采用 GPU 并行处理。该前向滤波处理的内核函数 Bandpass_front（即图形处理器调用的内核函数）调用的线程数设计：Bandpass_front<<< blocks, threads>>>(input, aram, iParaLen, tOutPut)，此处 blocks = dim3(input->rows); threads = dim3(input->cols); 其中，input->rows 是输入数据矩阵的行数，input->cols 是输入数据矩阵的列数。该输入数据矩阵即为待滤波矩阵。

2) 该数据滤波变换模块 420 进行逆向滤波处理的公式为：

当 $i \geq iParalen$ 时：

$$output(k,Width-1-i) = \sum_{j=0}^{iParalen-1} (param[j] * input(k,Width-1+j-i))$$

其中， $input$ 为待滤波矩阵， k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列， $output$ 为逆向滤波的滤波结果矩阵， $Width$ 为滤波器宽度， $*$ 表示乘法。

该逆向滤波处理采用图形处理器处理。该逆向滤波处理的内核函数 Bandpass_back（即图形处理器调用的内核函数）调用的线程数设计：

Bandpass_back<<< blocks, threads>>>(), 其中, blocks = dim3(input->rows); threads = dim3(input->cols), 滤波器和前向滤波器相同, input->rows是输入数据矩阵的行数, input->cols是输入数据矩阵的列数。该输入数据矩阵即为待滤波矩阵。内核函数Bandpass_back将一个元素按照公式(3)处理, 将获取的结果存放在 *output* 对应的位置。

3) 该数据滤波变换模块 420 进行希尔伯特变换公式为:

$$r^{\wedge}(m,t) = r(m,t) * (1/(\pi t)) \quad (4)$$

式(4)中, $r^{\wedge}(m,t)$ 为信号 $r(m,t)$ 的希尔伯特变换, m 为采样点的坐标, t 是时间, $*$ 是卷积运算。

在算法上采用傅里叶变换和逆变换来实现希尔伯特变换, 具体为: 对初始的矩阵进行傅里叶变换, 将变换结果的实部乘-1 后和虚部交换, 再进行傅里叶归一化逆变换, 再交换实虚部, 再和初始的矩阵相加得到解析数据。

希尔伯特变换采用GPU优化设计, 其中, 傅里叶变换和逆变换均使用CUDA (即CPU+GPU编程模型) 的CUFFT库函数cufftExecC2C。

其中, 两次实虚部交换以及矩阵相加用2个内核函数来实现, 第一个内核函数kernel_1实现第一次的傅里叶变换前的实部虚部交换, 第二个内核函数kernel_2实现第二次实部虚部交换, 并且交换后相加, 因cufftExecC2C结果没有归一化处理, 在第二次实虚部交换时候处理。

内核函数调用顺序: 1) cufftExecC2C (正变换); 2) kernel_1; 3) cufftExecC2C (逆变换); 4) kernel_2。

两次内核函数的 blocks 数量和 threads 数量相同, 均为 blocks = dim3(input->rows); threads = dim3(input->cols), input->rows 是输入数据矩阵的行数, input->cols 是输入数据矩阵的列数。

在一个实施例中, 该数据滤波变换模块 420 还采用多个流按顺序依次对预定数量数据矩阵进行前向滤波处理、逆向滤波处理和希尔伯特变换处理。具体的, 因 GPU 计算的一个特点是待处理数据需要从内存传送到显存, 结果数据需要从显存传回内存这两个数据传输过程。由 CPU 调用 GPU 函数接口把待处理数据传输到显存, GPU 通过显存读取数据, 计算数据, 把结果存放

显存, CPU 再调用数据传输函数接口将显存数据传回内存, 进行下一步逻辑处理。数据在 CPU 和 GPU 之间的传输过程可与 GPU 计算过程并行。可使用多个流 (stream) 实现数据传输与 GPU 计算过程并行处理。流与流之间是并行运行的, 因此虽然 GPU 一次只能处理一个内核函数, 而当多个流存在时, GPU 在处理内核函数的同时, 显存可以传输数据, 从而提高设备的利用率。

位移求取模块 430 用于对该解析数据进行互相关运算, 求取得到预定数量位移矩阵。

如图 5 所示, 该位移求取模块 430 包括选取子模块 432、互相关系数计算子模块 434、比较子模块 436 和位移计算子模块 438。其中:

选取子模块 432 用于选取窗口, 该窗口长度为预定值。本实施例中, 窗口长度为 M , M 为正数。

互相关系数计算子模块 434 用于根据该窗口长度按步长滑动的方式对该解析数据计算每个窗口的互相关系数, 并形成互相关系数矩阵。

本实施例中, 采用加窗互相关求取位移, 加窗互相关是指一次只针对长度为窗口长度的一段求互相关, 窗口位置随步长滑动, 直到数据末位为止。

每个窗口的互相关系数计算公式为:

$$k(q, s) = \sum_{u=M/2}^{M/2-1} r^{\wedge}(m+u, s) \overline{r^{\wedge}(m+u+q, s+1)} \quad (5)$$

式 (5) 中, $k(q, s)$ 是互相关系数, $r^{\wedge}(m+u, s)$ 是解析数据, $\overline{r^{\wedge}(m+u+q, s+1)}$ 是解析数据 $r^{\wedge}(m+u+q, s+1)$ 求复共轭, s 是采样时间, q 为 $[-M, M]$ 。

q 每一次变化称一个 lag (即变化间隔参数), lag 的范围 $[-M, M]$ 。当估算位移比较小时, lag 取一个范围 $[-N, N]$, $N < M$ 。

采用内核函数 ComputeXcross 计算所有窗 (WinNum 个) 中一次 lag 的互相关系数。WinNum=(InputWidth - WindowHW)/Step+1, 其中, WindowHW 是窗口宽度, 步长为 Step, InputWidth 为输入数据矩阵的列数, 为了减少重复计算提高时间效率, WinNum 个互相关系数计算方法如下: 计算数据矩阵相邻两行 Row(i), Row(i+1)互相关系数, 则先计算第 0 个窗口的互相关系数。第 n 个窗口的互相关系数计算为: 第 n-1 个窗口的互相关系数减去第 n-1 个窗口前 Step 个元素的互相关系数, 加上第 n 个窗口最后 Step 个元素的互相关系

数。例如，第一个窗口的互相关系数为：第 0 个窗口的互相关系数减去第 0 个窗口前 Step 个元素的互相关系数，加上第一个窗口最后 Step 个元素的互相关系数；第二个窗口的互相关系数：第一个窗口的互相关系数减去第一个窗口前 Step 个元素的互相关系数，加上第二个窗口最后 Step 个元素的互相关系数，依次计算到最后一个窗口为止。

内核函数ComputeXcross计算1个lag互相关系数，设计1个block的线程数等于lag总数，可以计算出相邻两行所有窗口的互相关系数。一个矩阵需要计算 $(rows - 1)$ 次加窗互相关（rows为矩阵行数），则由 $(rows - 1)$ 个block实现，每个block计算一个相邻两行的互相关系数。因此内核函数线程数如下：内核函数的线程数ComputeXcross<<< blocks, threads >>>(), 其中，blocks = dim3(rows - 1); threads = dim3(lagNum); lagNum是lag（变化间隔参数）总数。

假设一个窗口的互相关系数（有lagNum个互相关系数）用 C_{ij} 表示，通过上述互相关计算后，得到互相关系数矩阵包含 $(rows - 1) * WinNum$ 个 C_{ij} ， $i = 0, 1 \dots rows - 2$, $j = 0, 1 \dots WinNum - 1$ 。

比较子模块436用于获取该互相关系数矩阵中最大互相关系数对应的变化间隔参数值。具体的，采用内核函数MatDelay对互相关系数矩阵求极值和位移。求一个 C_{ij} 内最大相关系数对应的lag值lag_max。

位移计算子模块 438 用于根据该变化间隔参数值求取位移。

具体的，由lag_max求位移delay。delay的求取方法如公式（6）：

$$delay = (lag_max + delta_t) * factor \quad (6)$$

其中，delta_t采用公式（7）获取。 $factor = c / (2 * fs)$ ，c是声速 1540m/s，fs 采样频率，*表示乘法。

当微小位移引起的超声回波信号时移 δt 小于采样周期时，可以通过互相关系数求出，公式如下：

$$\delta t = \frac{2\angle k^{\wedge}(n_{\max}, s)}{\angle k^{\wedge}(n_{\max} + 1, s) - \angle k^{\wedge}(n_{\max} - 1, s)} \quad (7)$$

式（7）中， $n_{\max}$ 是最大互相关系数对应的坐标， $\angle$ 是角度运算，即

$\angle(a + jb) = \arctan(b/a)$ ，得到了时移值 δt 。本实施例中， delta_t 即为时移 δt 可通过式 (7) 计算得到。

通过上述计算得到位移矩阵。输入数据矩阵大小为 $\text{row} \times \text{col}$ ，则得到的位移矩阵为 $(\text{row}-1) \times \text{WinNum}$ ， WinNum 为窗口数。

此外，微小位移 $d(m,s)$ 可通过超声波速 c 求得：

$$d(m,s) = \delta t \frac{c}{2} \quad (8)$$

本实施例中，内核函数线程数： $\text{blocks} = \text{dim3}(\text{rows}-1)$ ， $\text{threads} = \text{dim3}(\text{WinNum})$ ， $\text{MatDelay} \lll \text{blocks}, \text{threads} \ggg()$ ，其中 WinNum 窗个数，通过这些线程一次计算后，所有窗都计算了位移 delay 。

互相关系数求位移可采用 CUDA 的流方式求取。

位移合并模块 440 用于对每个位移矩形进行时间累加，取累积和最大的列位移，再将预定数量位移矩阵抽取的列位移合并，生成新的位移矩阵。具体的，对得到的 m 个位移矩阵分别进行处理：进行时间（列方向）累加，取累积和最大的列位移，再将 m 个位移矩阵抽取的列位移合并，生成新的位移矩阵，即 $m \times (\text{row}-1)$ 。

插值模块 450 用于对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值。

本实施例中，该插值模块 450 还用于采用中央处理器求取每个插值段之间的三次样条插值函数的系数，再采用图形处理器根据该三次样条插值函数并行计算每段的插值倍数减 1 个插值点的值，其中，图形处理器所调用的内核函数的 blocks 数量为待插值矩阵的行数， threads 数量为待插值矩阵的列数。三次样条插值倍数可根据需要设定。用三次样条插值方法在相邻两点间补充 p 个点。本实施例中，采用的插值倍数为 20，即相邻两点中间补充 19 个点， $p=19$ 。

具体的，插值段 $[x_i, x_{i+1}]$ 的三次样条插值函数 $s_i(x)$ 如下：

$$s_i(x) = a_i(x - x_i)^3 + b_i(x - x_i)^2 + c_i(x - x_i) + d_i \quad (9)$$

式 (9) 中， a_i 、 b_i 、 c_i 、 d_i 为插值函数系数，可通过解线性方程获得，

因线性方程是不定解方程，可以采用自然插值（Natural splines）确定方程解。

求插值系数的线性方程矩阵为三对角矩阵，直接 LU 分解求解。由于 LU 直接分解是不断迭代过程，采用 CPU 计算出全部插值函数系数，再用 GPU 并行计算出所有插值点的值。

设计内核函数 spline_kern 计算一个 $[x_i, x_{i+1}]$ 插值段的所有值。对输入数据矩阵每行插值，需要线程数如下：spline_kern<<<blocks, threads>>>(), 其中，blocks=dim3(inputMat->rows) ; threads=dim3(inputMat->cols -1) , inputMat->rows 是待插值矩阵行数，inputMat->cols 是待插值矩阵的列数。

拟合模块 460 用于对插值结果进行拉东变换，得到拉东变换矩阵。

如图3所示，为拉动变换示意图。图3可知，依次求一点到对端一点的累加和，考虑实际应用，终点的序号不能小于起点的序号。假设矩阵宽度为Q，需要计算 $Q*(Q+1)/2$ 次斜对角线的和。为了存取数据方便，通常grid和block的维数直接用矩阵的长宽相关值，这里经过插值后的输入矩阵，Q的值通常较大比如1960，那么拉东变换矩阵大小为1960*1960，而计算能力为3.5的GPU支持block内部最大线程数是1024，因此block内部线程数不能用Q定义。

定义grid (X*X)，block (Y*Y)。其中，Y取16或者32，Y取满足 $X*Y \geq Q$ 最小值即可。索引值按如下计算：

index_start = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;

index_end = blockIdx.y * blockDim.y + threadIdx.y;

其中，*表示乘法。即grid的x维和block的x维组合表示起始端点的序号index_start（0到1959），grid的y维和block的y维组合表示终点端的序号index_end。

内核函数实现一个斜对角求和（从初始点 index_start，到终点 index_end 的对角连线上的数据求和）功能，得到的结果 Sum（index_start，index_end）保存到输出数据中。

估算模块 470 用于获取该声辐射力脉冲成像的参数，根据该参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。

本实施例中，该声辐射力脉冲成像的参数包括探头中两个阵元的间距、

探头个数、输入数据矩阵的行数、帧频和采样倍数；

该估算模块用于求取剪切波速率的公式为：

$$v_s = \text{pitch} * \text{pitchNum} * (\text{dataRow} - 1) / (L * f_s * \text{spline})$$

其中， v_s 为剪切波速率， pitch 是探头中两个阵元的间距， pitchNum 是探头个数， dataRow 是输入数据矩阵的行数， f_s 是帧频， spline 是采样倍数， $*$ 表示乘法， $L = (R_{\max})_y - (R_{\max})_x$ ， L 是位移， $R_{\max}$ 是拉东变换矩阵最大值， L 是最大值对应的 y 坐标减去最大值对应的 x 坐标。

上述声辐射力脉冲成像估算系统，通过对输入数据进行前向滤波处理和逆向滤波处理，消除了滤波造成的相对偏移，并对滤波结果进行希尔伯特变换，减小了后续互相关计算位移时产生的误差，使得计算结果更加准确，且对微小位移能精确估算，提高了灵敏度。

另外，估算过程中采用 CUDA 并行计算实现，提高了效率，且在并行实现上，不增加重复计算量，不使用线程同步和共享内存，实现线程高度并行，提高了处理效率。

上述声辐射力脉冲成像估算方法和系统，模拟结果：实验中给定仿体的剪切波速度为 3m/s（米/秒），计算结果为 3.002m/s，误差仅为 0.002m/s。

GPU 优化效果：本估算方法以 4 组 100*512 的采集数据作为一组输入数据，设置窗口长度 100，lag 总数为 81，一次计算耗时为 80ms。该耗时时间包括了 GPU 与 CPU 之间数据传输时间和 GPU 计算时间，不包括 GPU 申请显存时间。由于 GPU 申请显存比较慢（申请足够的内存用时大约 500ms），考虑到申请的显存可以重复使用，可在系统启动时一次性申请足够显存，在系统关闭时释放；申请内存时间不作为运行时间计算是合理的。对比 GPU 优化前，利用配置为双核主频 3.3G、3.29G 内存 2G 的个人计算机运行算法，耗时为 2000ms 左右。

请参考图 6，为本发明的声辐射力脉冲成像估算方法和系统所运行的终端的结构示意图，该终端可以用于实施上述实施例中提供的声辐射力脉冲成像估算方法。具体来讲：

终端 1200 可以包括有一个或一个以上计算机可读存储介质的存储器

110、输入单元 120、显示单元 130、音频电路 140、包括有一个或者一个以上处理核心的处理器 150（处理器 140 包括中央处理器（CPU）和图形处理器（GPU））、以及电源 160 等部件。本领域技术人员可以理解，图 6 中示出的终端结构并不构成对终端的限定，可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件布置。其中：

存储器 110 可用于存储软件程序以及模块，处理器 150 通过运行存储在存储器 110 的软件程序以及模块，从而执行各种功能应用以及数据处理。存储器 110 可主要包括存储程序区和存储数据区，其中，存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需的应用程序（比如声音播放功能、图像播放功能等）等；存储数据区可存储根据终端 1200 的使用所创建的数据（比如声辐射力脉冲成像数据）等。此外，存储器 110 可以包括高速随机存取存储器，还可以包括非易失性存储器，例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。相应地，存储器 110 还可以包括存储器控制器，以提供处理器 150 和输入单元 120 对存储器 110 的访问。

输入单元 120 可用于接收输入的数字或字符信息，以及产生与用户设置以及功能控制有关的键盘、鼠标、操作杆、光学或者轨迹球信号输入。具体地，输入单元 120 可包括触敏表面 121 以及其他输入设备 122。触敏表面 121，也称为触摸显示屏或者触控板，可收集用户在其上或附近的触摸操作（比如用户使用手指、触笔等任何适合的物体或附件在触敏表面 121 上或在触敏表面 121 附近的操作），并根据预先设定的程式驱动相应的连接装置。可选的，触敏表面 121 可包括触摸检测装置和触摸控制器两个部分。其中，触摸检测装置检测用户的触摸方位，并检测触摸操作带来的信号，将信号传送给触摸控制器；触摸控制器从触摸检测装置上接收触摸信息，并将它转换成触点坐标，再送给处理器 150，并能接收处理器 150 发来的命令并加以执行。此外，可以采用电阻式、电容式、红外线以及表面声波等多种类型实现触敏表面 121。除了触敏表面 121，输入单元 120 还可以包括其他输入设备 122。具体地，其他输入设备 122 可以包括但不限于物理键盘、功能键（比如音量控制按键、开关按键等）、轨迹球、鼠标、操作杆等中的一种或多种。

显示单元 130 可用于显示由用户输入的信息或提供给用户的信息以及终端 1200 的各种图形用户接口，这些图形用户接口可以由图形、文本、图标、视频和其任意组合来构成。显示单元 130 可包括显示面板 131，可选的，可

以采用 LCD(Liquid Crystal Display, 液晶显示器)、OLED(Organic Light-Emitting Diode, 有机发光二极管)等形式来配置显示面板 131。进一步的, 触敏表面 121 可覆盖显示面板 131, 当触敏表面 121 检测到在其上或附近的触摸操作后, 传送给处理器 150 以确定触摸事件的类型, 随后处理器 150 根据触摸事件的类型在显示面板 131 上提供相应的视觉输出。虽然在图 6 中, 触敏表面 121 与显示面板 131 是作为两个独立的部件来实现输入和输入功能, 但是在某些实施例中, 可以将触敏表面 121 与显示面板 131 集成而实现输入和输出功能。

音频电路 140、扬声器 141, 传声器 142 可提供用户与终端 1200 之间的音频接口。音频电路 140 可将接收到的音频数据转换后的电信号, 传输到扬声器 141, 由扬声器 141 转换为声音信号输出; 另一方面, 传声器 142 将收集的声音信号转换为电信号, 由音频电路 140 接收后转换为音频数据, 再将音频数据输出处理器 150 处理。音频电路 140 还可能包括耳塞插孔, 以提供外设耳机与终端 1200 的通信。

处理器 150 是终端 1200 的控制中心, 利用各种接口和线路连接整个计算机的各个部分, 通过运行或执行存储在存储器 110 内的软件程序和/或模块, 以及调用存储在存储器 110 内的数据, 执行终端 1200 的各种功能和处理数据。可选的, 处理器 150 可包括一个或多个处理核心; 优选的, 处理器 150 可集成应用处理器和调制解调处理器, 其中, 应用处理器主要处理操作系统、用户界面和应用程序等, 调制解调处理器主要处理无线通信。可以理解的是, 上述调制解调处理器也可以不集成到处理器 150 中。

终端 1200 还包括给各个部件供电的电源 160 (比如电池), 优选的, 电源可以通过电源管理系统与处理器 150 逻辑相连, 从而通过电源管理系统实现管理充电、放电、以及功耗管理等功能。电源 160 还可以包括一个或一个以上的直流或交流电源、再充电系统、电源故障检测电路、电源转换器或者逆变器、电源状态指示器等任意组件。

尽管未示出, 终端 1200 还可以包括摄像头、蓝牙模块等, 在此不再赘述。该终端 1200 为计算机。

本发明还提供了一个或多个包含计算机可执行指令的计算机存储介质, 该计算机可执行指令包含一个或一个以上程序, 所述一个或一个以上程序被一个或一个以上的终端的处理器用来执行一种声辐射力脉冲成像估算方法,

所述方法包括以下步骤:

数据划分步骤, 读取通过声辐射力脉冲成像所采集的输入数据, 并将所述输入数据分成预定数量数据矩阵;

数据滤波变换步骤, 分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理, 并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据;

位移求取步骤, 对所述解析数据进行互相关运算, 求取得到预定数量位移矩阵;

位移合并步骤, 对每个位移矩阵进行时间累加, 取累积和最大的列位移, 再将预定数量位移矩阵抽取的列位移合并, 生成新的位移矩阵;

插值步骤, 对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值;

拟合步骤, 对插值结果进行拉东变换, 得到拉东变换矩阵;

估算步骤, 获取所述声辐射力脉冲成像的参数, 根据所述参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。

在其中一个实施例中, 所述数据滤波变换步骤中, 采用多个流按顺序依次对预定数量数据矩阵进行前向滤波处理、逆向滤波处理和希尔伯特变换处理。

在其中一个实施例中, 所述数据滤波变换步骤中前向滤波处理的公式为:

当 $i \leq iParalen$ 时:

$$tOutPut(k, i) = \sum_{j=0}^i (param[j] * input(k, i-j)) + \sum_{j=i+1}^{iParalen-2} (param[j] * input(k, 0))$$

当 $i > iParalen$ 时:

$$tOutPut(k, i) = \sum_{j=0}^{iParalen-2} (param[j] * input(k, i-j))$$

其中, $param$ 是滤波器, $iParalen$ 是滤波器长度, $input$ 为待滤波矩阵, k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列, $tOutPut$ 是滤波结果矩阵, $*$ 表示乘法;

所述数据滤波变换步骤中逆向滤波处理的公式为:

当 $i \geq iParalen$ 时:

$$output(k, Width-1-i) = \sum_{j=0}^{iParalen-1} (param[j] * input(k, Width-1+j-i))$$

其中, $input$ 为待滤波矩阵, k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列, $output$ 为逆向滤波的滤波结果矩阵, $Width$ 为滤波器宽度, $*$ 表示乘法;

所述前向滤波处理的内核函数和逆向滤波处理均采用图形处理器并行处理, 所述图形处理器调用的内核函数的 blocks 数量和 threads 数量相同, 所述 blocks 数量为待滤波矩阵的行数, 所述 threads 数量为待滤波矩阵的列数。

在其中一个实施例中, 所述数据滤波变换步骤中希尔伯特变换包括:

对初始的数据矩阵进行傅里叶变换, 将变换结果的实部乘-1 后和虚部交换, 再进行傅里叶归一化逆变换, 再交换实虚部, 再和初始的数据矩阵相加得到解析数据。

在其中一个实施例中, 所述位移求取步骤包括:

选取窗口, 所述窗口长度为预定值;

根据所述窗口长度按步长滑动的方式对所述解析数据计算每个窗口的互相关系数, 并形成互相关系数矩阵;

获取所述互相关系数矩阵中最大互相关系数对应的变化间隔参数值;

根据所述变化间隔参数值求取位移。

在其中一个实施例中, 所述插值步骤包括:

采用中央处理器求取每个插值段之间的三次样条插值函数的系数, 再采用图形处理器根据所述三次样条插值函数并行计算每段的插值倍数减 1 个插值点的值, 其中, 图形处理器所调用的内核函数的 blocks 数量为待插值矩阵的行数, threads 数量为待插值矩阵的列数。

在其中一个实施例中, 所述估算步骤中所述声辐射力脉冲成像的参数包括探头中两个阵元的间距、探头个数、输入数据矩阵的行数、帧频和采样倍数;

所述估算步骤中求取剪切波速率的公式为:

$$vs = pitch * pitchNum * (dataRow - 1) / (L * fs * spline)$$

其中, vs 为剪切波速率, $pitch$ 是探头中两个阵元的间距, $pitchNum$ 是探头个数, $dataRow$ 是输入数据矩阵的行数, fs 是帧频, $spline$ 是采样倍数, $*$ 表示乘法, $L = (Rmax).y - (Rmax).x$, L 是位移, $Rmax$ 是拉东变换矩阵最大值, L

是最大值对应的 y 坐标减去最大值对应的 x 坐标。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的程序可存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，所述的存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体(Read-Only Memory, ROM)或随机存储记忆体(Random Access Memory, RAM)等。

以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。因此，本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

1、一种声辐射力脉冲成像估算方法，运行于计算机上，其特征在于，包括：

数据划分步骤，读取通过声辐射力脉冲成像所采集的输入数据，并将所述输入数据分成预定数量数据矩阵；

数据滤波变换步骤，分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理，并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据；

位移求取步骤，对所述解析数据进行互相关运算，求取得到预定数量位移矩阵；

位移合并步骤，对每个位移矩形进行时间累加，取累积和最大的列位移，再将预定数量位移矩阵抽取的列位移合并，生成新的位移矩阵；

插值步骤，对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值；

拟合步骤，对插值结果进行拉东变换，得到拉东变换矩阵；

估算步骤，获取所述声辐射力脉冲成像的参数，根据所述参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。

2、根据权利要求1所述的声辐射力脉冲成像估算方法，其特征在于，所述数据滤波变换步骤中，采用多个流按顺序依次对预定数量数据矩阵进行前向滤波处理、逆向滤波处理和希尔伯特变换处理。

3、根据权利要求1所述的声辐射力脉冲成像估算方法，其特征在于，所述数据滤波变换步骤中前向滤波处理的公式为：

当 $i \leq iParalen$ 时：

$$tOutPut(k,i) = \sum_{j=0}^i (param[j] * input(k,i-j)) + \sum_{j=i+1}^{iParalen-2} (param[j] * input(k,0))$$

当 $i > iParalen$ 时：

$$tOutPut(k,i) = \sum_{j=0}^{iParalen-2} (param[j] * input(k,i-j))$$

其中， $param$ 是滤波器， $iParalen$ 是滤波器长度， $input$ 为待滤波矩阵， k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列， $tOutPut$ 是滤波结果矩阵， $*$ 表示乘法；

所述数据滤波变换步骤中逆向滤波处理的公式为：

当 $i \geq iParalen$ 时:

$$output(k, Width-1-i) = \sum_{j=0}^{iParalen-1} (param[j] * input(k, Width-1+j-i))$$

其中, $input$ 为待滤波矩阵, k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列, $output$ 为逆向滤波的滤波结果矩阵, $Width$ 为滤波器宽度, $*$ 表示乘法;

所述前向滤波处理的内核函数和逆向滤波处理均采用图形处理器并行处理, 所述图形处理器调用的内核函数的 blocks 数量和 threads 数量相同, 所述 blocks 数量为待滤波矩阵的行数, 所述 threads 数量为待滤波矩阵的列数。

4、根据权利要求 1 所述的声辐射力脉冲成像估算方法, 其特征在于, 所述数据滤波变换步骤中希尔伯特变换包括:

对初始的数据矩阵进行傅里叶变换, 将变换结果的实部乘-1 后和虚部交换, 再进行傅里叶归一化逆变换, 再交换实虚部, 再和初始的数据矩阵相加得到解析数据。

5、根据权利要求 1 所述的声辐射力脉冲成像估算方法, 其特征在于, 所述位移求取步骤包括:

选取窗口, 所述窗口长度为预定值;

根据所述窗口长度按步长滑动的方式对所述解析数据计算每个窗口的互相关系数, 并形成互相关系数矩阵;

获取所述互相关系数矩阵中最大互相关系数对应的变化间隔参数值;

根据所述变化间隔参数值求取位移。

6、根据权利要求 1 所述的声辐射力脉冲成像估算方法, 其特征在于, 所述插值步骤包括:

采用中央处理器求取每个插值段之间的三次样条插值函数的系数, 再采用图形处理器根据所述三次样条插值函数并行计算每段的插值倍数减 1 个插值点的值, 其中, 图形处理器所调用的内核函数的 blocks 数量为待插值矩阵的行数, threads 数量为待插值矩阵的列数。

7、根据权利要求 1 所述的声辐射力脉冲成像估算方法, 其特征在于, 所述估算步骤中所述声辐射力脉冲成像的参数包括探头中两个阵元的间距、探头个数、输入数据矩阵的行数、帧频和采样倍数;

所述估算步骤中求取剪切波速率的公式为:

$$vs = pitch * pitchNum * (dataRow - 1) / (L * fs * spline)$$

其中, vs 为剪切波速率, $pitch$ 是探头中两个阵元的间距, $pitchNum$ 是探头个数, $dataRow$ 是输入数据矩阵的行数, fs 是帧频, $spline$ 是采样倍数, $*$ 表示乘法, $L = (Rmax)_y - (Rmax)_x$, L 是位移, $Rmax$ 是拉东变换矩阵最大值, L 是最大值对应的 y 坐标减去最大值对应的 x 坐标。

8、一种声辐射力脉冲成像估算系统, 运行于计算机上, 其特征在于, 包括:

数据划分模块, 用于读取通过声辐射力脉冲成像所采集的输入数据, 并将所述输入数据分成预定数量矩阵;

数据滤波变换模块, 用于分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理, 并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据;

位移求取模块, 用于对所述解析数据进行互相关运算, 求取得到预定数量位移矩阵;

位移合并模块, 用于对每个位移矩形进行时间累加, 取累积和最大的列位移, 再将预定数量位移矩阵抽取的列位移合并, 生成新的位移矩阵;

插值模块, 用于对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值;

拟合模块, 用于对插值结果进行拉东变换, 得到拉东变换矩阵;

估算模块, 用于获取所述声辐射力脉冲成像的参数, 根据所述参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。

9、根据权利要求 8 所述的声辐射力脉冲成像估算系统, 其特征在于, 所述数据滤波变换模块还用于采用多个流按顺序依次对预定数量数据矩阵进行前向滤波处理、逆向滤波处理和希尔伯特变换处理。

10、根据权利要求 8 所述的声辐射力脉冲成像估算系统, 其特征在于, 所述数据滤波变换模块进行前向滤波处理的公式为:

当 $i \leq iParalen$ 时:

$$tOutPut(k, i) = \sum_{j=0}^i (param[j] * input(k, i - j)) + \sum_{j=i+1}^{iParalen-2} (param[j] * input(k, 0))$$

当 $i > iParalen$ 时:

$$tOutPut(k,i) = \sum_{j=0}^{iParalen-2} (param[j] * input(k,i-j))$$

其中, $param$ 是滤波器, $iParalen$ 是滤波器长度, $input$ 为待滤波矩阵, k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列, $tOutPut$ 是滤波结果矩阵, $*$ 表示乘法;

所述数据滤波变换模块进行逆向滤波处理的公式为:

当 $i \geq iParalen$ 时:

$$output(k,Width-1-i) = \sum_{j=0}^{iParalen-1} (param[j] * input(k,Width-1+j-i))$$

其中, $input$ 为待滤波矩阵, k 、 i 分别表示待滤波矩阵的第 k 行和第 i 列, $output$ 为逆向滤波的滤波结果矩阵, $Width$ 为滤波器宽度, $*$ 表示乘法;

所述前向滤波处理的内核函数和逆向滤波处理均采用图形处理器并行处理, 所述图形处理器调用的内核函数的 blocks 数量和 threads 数量相同, 所述 blocks 数量为待滤波矩阵的行数, 所述 threads 数量为待滤波矩阵的列数。

11、根据权利要求 8 所述的声辐射力脉冲成像估算系统, 其特征在于, 所述数据滤波变换模块进行希尔伯特变换包括:

对初始的数据矩阵进行傅里叶变换, 将变换结果的实部乘-1 后和虚部交换, 再进行傅里叶归一化逆变换, 再交换实虚部, 再和初始的数据矩阵相加得到解析数据。

12、根据权利要求 8 所述的声辐射力脉冲成像估算系统, 其特征在于, 所述位移求取模块包括:

选取子模块, 用于选取窗口, 所述窗口长度为预定值;

互相关系数计算子模块, 用于根据所述窗口长度按步长滑动的方式对所述解析数据计算每个窗口的互相关系数, 并形成互相关系数矩阵;

比较子模块, 用于获取所述互相关系数矩阵中最大互相关系数对应的变化间隔参数值;

位移计算子模块, 用于根据所述变化间隔参数值求取位移。

13、根据权利要求 8 所述的声辐射力脉冲成像估算系统, 其特征在于, 所述插值模块还用于采用中央处理器求取每个插值段之间的三次样条插值函数的系数, 再采用图形处理器根据所述三次样条插值函数并行计算每段的插

值倍数减 1 个插值点的值，其中，图形处理器所调用的内核函数的 block 数为待插值矩阵的行数，thread 数为待插值矩阵的列数。

14、根据权利要求 8 所述的声辐射力脉冲成像估算系统，其特征在于，所述声辐射力脉冲成像的参数包括探头中两个阵元的间距、探头个数、输入数据矩阵的行数、帧频和采样倍数；

所述估算模块用于求取剪切波速率的公式为：

$$vs = pitch * pitchNum * (dataRow - 1) / (L * fs * spline)$$

其中， vs 为剪切波速率， $pitch$ 是探头中两个阵元的间距， $pitchNum$ 是探头个数， $dataRow$ 是输入数据矩阵的行数， fs 是帧频， $spline$ 是采样倍数， $*$ 表示乘法， $L = (Rmax).y - (Rmax).x$ ， L 是位移， $Rmax$ 是拉东变换矩阵最大值， L 是最大值对应的 y 坐标减去最大值对应的 x 坐标。

15、一个或多个包含计算机可执行指令的计算机存储介质，所述计算机可执行指令用于执行一种声辐射力脉冲成像估算方法，其特征在于，所述方法包括：

数据划分步骤，读取通过声辐射力脉冲成像所采集的输入数据，并将所述输入数据分成预定数量数据矩阵；

数据滤波变换步骤，分别对每个数据矩阵进行前向滤波处理和逆向滤波处理，并对滤波处理后的数据矩阵进行希尔伯特变换得到解析数据；

位移求取步骤，对所述解析数据进行互相关运算，求取得到预定数量位移矩阵；

位移合并步骤，对每个位移矩阵进行时间累加，取累积和最大的列位移，再将预定数量位移矩阵抽取的列位移合并，生成新的位移矩阵；

插值步骤，对得到的新的位移矩阵进行时间方向上的三次样条插值；

拟合步骤，对插值结果进行拉东变换，得到拉东变换矩阵；

估算步骤，获取所述声辐射力脉冲成像的参数，根据所述参数及拉东变换矩阵求取剪切波速率。

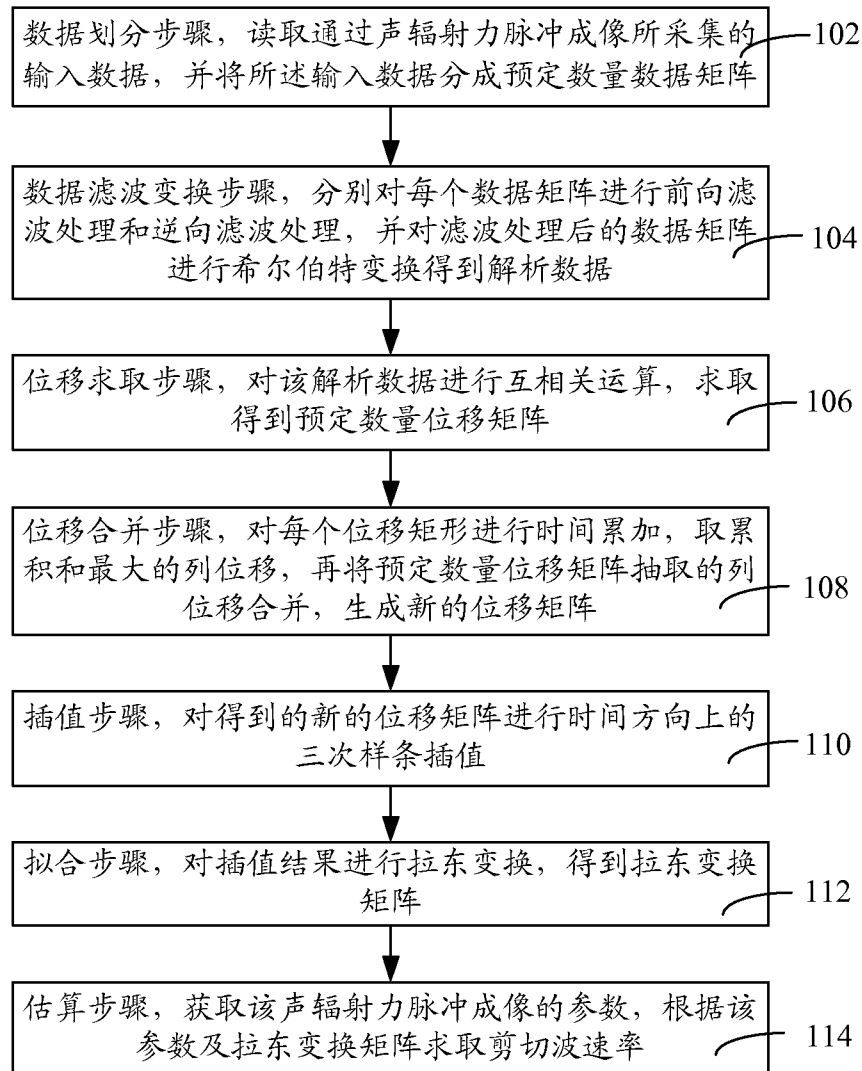


图 1

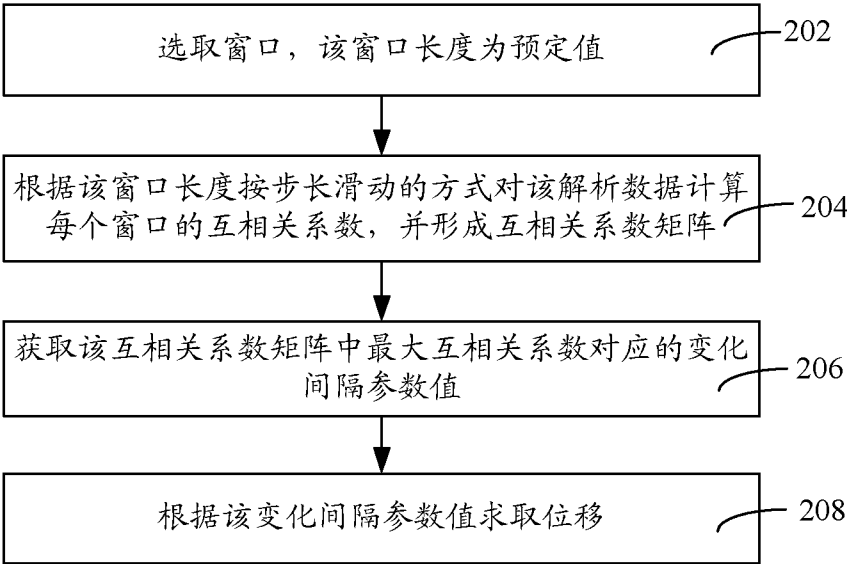


图 2

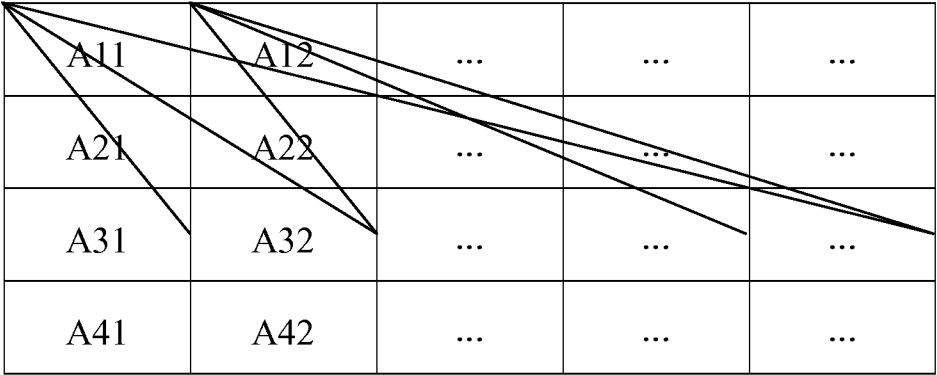


图 3

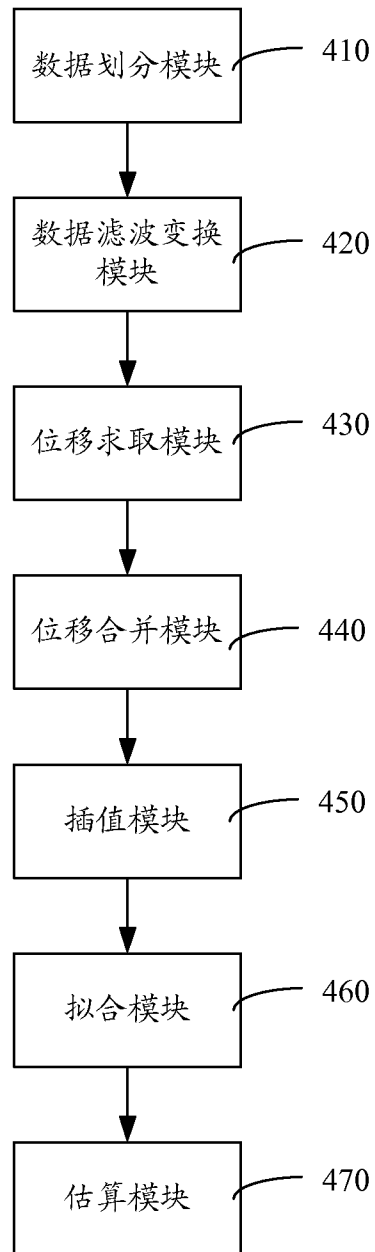


图 4

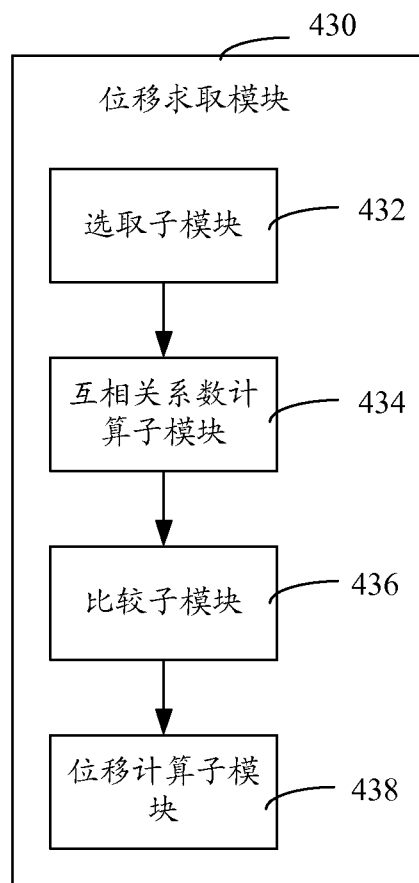


图 5

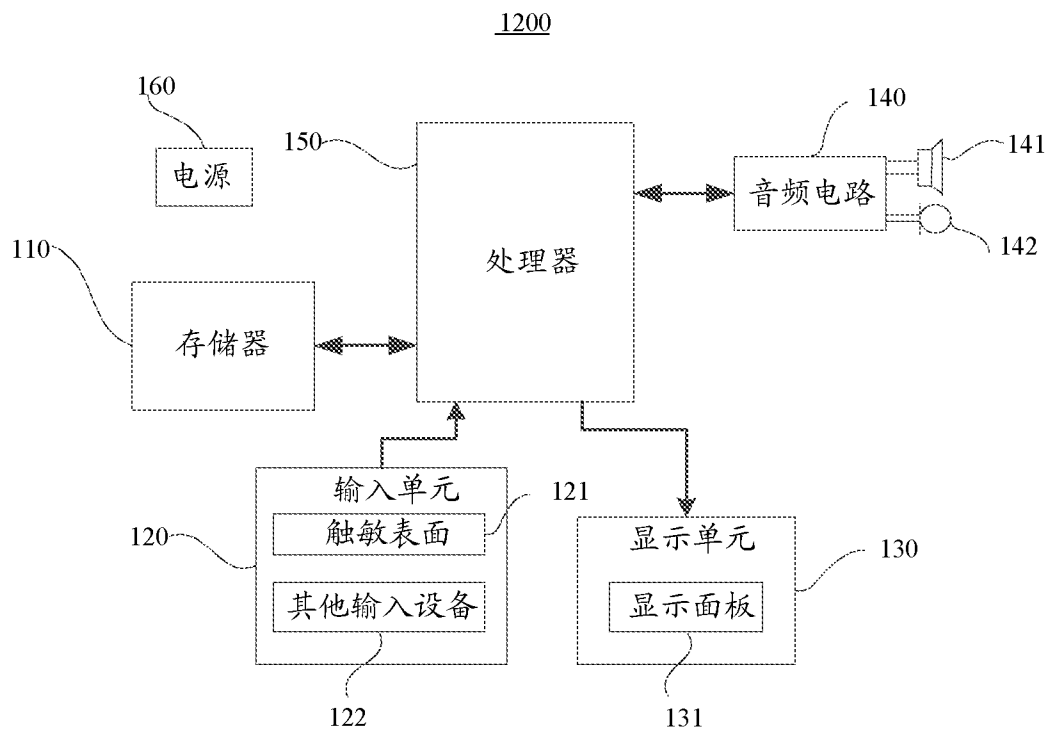


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/083049**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

A61B 8/08 (2006.01) 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

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: acoustic radiation force, pulse, imaging, relative offset, elasticity, shear wave, radon transform, ARFI, acoustic, radiation, force, forward, backward, filter, displacement, shear, wave, spline, interpolation, transform, hilbert, fit, radon

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN 103431874 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 11 December 2013 (11.12.2013), claims 1-14 and description, paragraph [0186]	1-15
Y	ROSENZWEIG, S. et al., "GPU-based Real-time Small Displacement Estimation with Ultrasound", IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, no. 2, vol. 58, 22 February 2011 (22.02.2011), ISSN: 0885-3010, pages 399-405	1-15
Y	XING, Yuanding et al., "Application of Zero-phase Filter in Dynamic Displacement Signal Processing Based on Laser Doppler Effect", ELECTRONIC MEASUREMENT TECHNOLOGY, no. 6, vol. 32, 30 June 2009 (30.06.2009), ISSN: 1002-7300, pages 48-50	1-15

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 16 May 2014 (16.05.2014)	Date of mailing of the international search report 10 June 2014 (10.06.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Weihua Telephone No.: (86-10) 62413676

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/083049

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	QIU, Guang; "Ultrasonic-based Tissue Elasticity Imaging Algorithm Study", CHINA MASTER'S THESES FULL-TEXT DATABASE, no. 1, MEDICINE & PUBLIC HEALTH, 15 January 2013 (15.01.2013), ISSN: 1674-0246, E060-18	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2013/083049

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103431874 A	11 December 2013	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2013/083049

A. 主题的分类

A61B 8/08(2006.01)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

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, EPODOC, WPI: 声辐射力, 脉冲, 成像, 前向, 逆向, 滤波, 相对偏移, 弹性, 位移, 剪切波, 插值, 希尔伯特, 拟合, 拉东变换, ARFI, acoustic, radiation, force, forward, backward, filter, displacement, shear, wave, spline, interpolation, transform, hilbert, fit, radon

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
E	CN 103431874A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 权利要求1-14和说明书第[0186]段	1-15
Y	ROSENZWEIG, S. et al. "GPU-Based Real-Time Small Displacement Estimation With Ultrasound" IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, 第2期卷, 第58卷期, 2011年 2月 22日 (2011 - 02 - 22), ISSN: ISSN 0885-3010, 第399~405页	1-15
Y	邢园丁等. "零相位滤波器在基于激光多普勒效应的动态位移信号处理中的应用" 电子测量技术, 第6期卷, 第32卷期, 2009年 6月 30日 (2009 - 06 - 30), ISSN: ISSN 1002-7300, 第48~50页	1-15

☒ 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

2014年 5月 16日

国际检索报告邮寄日期

2014年 6月 10日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

授权官员

李伟华

电话号码 (86-10)62413676

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
Y	邱广. “基于超声的组织弹性成像算法研究” 中国优秀硕士学位论文全文数据库, 第第1期卷, 第医药卫生科技辑期, 2013年 1月 15日 (2013 - 01 - 15), ISSN: ISSN 1674-0246, E060-18	1-15

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2013/083049

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 103431874A	2013年 12月 11日	无	