



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104739442 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201310726398. 2

(22) 申请日 2013. 12. 25

(71) 申请人 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南十二路迈瑞大厦

(72) 发明人 袁宇辰 樊睿 李双双

(74) 专利代理机构 深圳鼎合诚知识产权代理有限公司 44281

代理人 郭燕 彭愿洁

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006. 01)

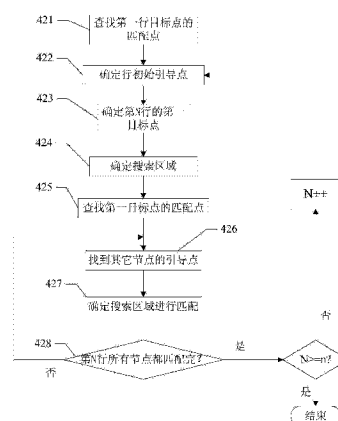
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

压力弹性成像位移检测方法、装置和超声成像设备

(57) 摘要

本申请公开了一种弹性成像中的位移检测方法,在对目标图像数据中节点进行位移检测时,以上一行中匹配度最高的节点作为该行节点的引导点,根据引导点的偏移量来确定节点的初始偏移量,在基于引导点确定的范围内搜索匹配点,从而减少了计算错误的累积效应。此外,还提出一种适用于该方法的压力弹性成像中位移检测装置,并公开了一种超声成像设备。



1. 一种压力弹性成像中位移检测方法，其特征在于包括：
获取两帧图像数据，分别作为压缩前的目标图像数据和压缩后的被匹配图像数据；
将目标图像数据中第一行的节点作为目标点，分别在被匹配图像数据中找到对应的匹配点；
根据第一行的目标点及其匹配点计算第一行各节点的位移结果；
计算目标图像数据中第 N 行各节点的位移结果，其中 N 为依次从 2 到 n 的整数， n 为一帧图像划分的行数，包括：
在第 $N-1$ 行的各节点的匹配结果中查找出匹配度最高的节点作为行初始引导点；
基于行初始引导点查找第 N 行的各节点在被匹配图像数据中的匹配点；
根据第 N 行的各节点及其匹配点计算第 N 行各节点的位移结果。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，每帧图像被划分为 m 列 n 行的网格，每一格为一个节点，在对目标点进行匹配时采用块匹配。
3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述图像数据为接收的超声回波数据经处理后的超声图像数据。
4. 如权利要求 1-3 中任一项所述的方法，其特征在于，所述匹配点为与目标点最相关的节点。
5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，采用节点的质量因子评判该节点的匹配度，质量因子越高，匹配度越高。
6. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，节点的质量因子为该节点与其匹配点的相关系数。
7. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，各节点位移结果的计算包括：基于该节点及其匹配点的超声射频复信号计算该节点的互相关相位，基于互相关相位计算该节点的最终位移结果。
8. 如权利要求 1-7 中任一项所述的方法，其特征在于，基于行初始引导点查找第 N 行的各节点在被匹配图像数据中的匹配点包括：
基于第 $N-1$ 行中匹配度最高的节点确定目标图像数据中第 N 行的第一目标点；
获取初始引导点的位移偏移量；
将行初始引导点的位移偏移量作为第 N 行第一目标点的初始偏移量；
在被匹配图像数据中，以第 N 行第一目标点的位置偏移初始偏移量后的位置为核心搜索位置，基于核心搜索位置确定搜索区域，在搜索区域内对目标图像数据中的第 N 行第一目标点进行匹配，并得到目标图像数据中的第 N 行第一目标点的匹配点；
计算完第 N 行第一目标点后，依次以第 N 行第一目标点同行两侧的节点为目标点，在被匹配图像数据中查找目标点的匹配点。
9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，第 N 行第一目标点为与第 $N-1$ 行的匹配度最高的节点靠近的节点。
10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，第 N 行第一目标点为与第 $N-1$ 行的匹配度最高的节点同列的节点。
11. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，依次以两侧的节点为目标点，在被匹配图像数据中查找目标点的匹配点的步骤包括：

在目标点周围的已经计算出位移偏移量的节点中选择匹配度最高的节点作为引导点；

获取引导点的位移偏移量；

将引导点的位移偏移量作为目标点的初始偏移量；

在被匹配图像数据中，以目标点的位置偏移初始偏移量后的位置为核心搜索位置，基于核心搜索位置确定搜索区域，在搜索区域内对目标图像数据中目标点进行匹配，并得到目标图像数据中的第 N 行目标点的匹配点。

12. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，搜索区域为从核心搜索位置到核心搜索位置纵向向下偏移设定值后形成的区域，或者搜索区域为以核心搜索位置为中心向周边偏移设定值后形成的区域。

13. 一种压力弹性成像中位移检测装置，其特征在于包括：

图像获取模块，用于获取两帧图像数据，分别作为压缩前的目标图像数据和压缩后的被匹配图像数据；

第一匹配模块，用于将目标图像数据中第一行的节点作为目标点，分别在被匹配图像数据中找到对应的匹配点；

查找模块，用于在第 N-1 行的各节点的匹配结果中查找出匹配度最高的节点作为行初始引导点，其中 N 为需要查找匹配点的当前行，N 为依次从 2 到 n 的整数，n 为一帧图像划分的行数；

第二匹配模块，用于基于行初始引导点查找第 N 行的各节点在被匹配图像数据中的匹配点；

位移计算模块，用于根据第一行的目标点及其匹配点计算第一行各节点的位移结果，并根据第 N 行的各节点及其匹配点计算第 N 行各节点的位移结果。

14. 如权利要求 13 所述的装置，其特征在于，所述图像数据为接收的超声回波数据经处理后的超声图像数据。

15. 如权利要求 13 所述的装置，其特征在于，采用节点的质量因子评判该节点的匹配度，质量因子越高，匹配度越高。

16. 如权利要求 13-15 中任一项所述的装置，其特征在于，所述匹配点为与目标点最相关的节点。

17. 如权利要求 16 所述的装置，其特征在于，位移计算模块计算包括：

互相关相位计算单元，用于基于该节点及其匹配点的超声射频复信号计算该节点的互相关相位；

位移计算单元，用于基于互相关相位计算该节点的最终位移结果。

18. 如权利要求 13-17 中任一项所述的装置，其特征在于，第二匹配模块包括：

第一目标点确定单元(341)，用于基于第 N-1 行中匹配度最高的节点确定目标图像数据中第 N 行的第一目标点；

第一偏移量获取单元(342)，用于获取初始引导点的位移偏移量；

第一搜索区域确定单元(343)，用于将行初始引导点的位移偏移量作为第 N 行第一目标点的初始偏移量，在被匹配图像数据中，以第 N 行第一目标点的位置偏移初始偏移量后的位置为核心搜索位置，基于核心搜索位置确定搜索区域；

第一搜索单元(344),用于在搜索区域内搜索目标图像数据中的第N行第一目标点的匹配点;

第二目标点确定单元(345),用于在计算完第N行第一目标点后,依次以第N行第一目标点同行两侧的节点为目标点;

引导点确定单元(346),用于在目标点周围的已经计算出位移偏移量的节点中选择匹配度最高的节点作为引导点;

第二偏移量获取单元(347),用于获取引导点的位移偏移量;

第二搜索区域确定单元(348),用于将引导点的位移偏移量作为目标点的初始偏移量,在被匹配图像数据中,以目标点的位置偏移初始偏移量后的位置为核心搜索位置,基于核心搜索位置确定搜索区域;

第二搜索单元(349),用于在搜索区域内对目标图像数据中目标点进行匹配,并得到目标图像数据中的第N行目标点的匹配点。

19. 如权利要求18所述的装置,其特征在于,第N行第一目标点为与第N-1行的匹配度最高的节点靠近的节点。

20. 如权利要求19所述的装置,其特征在于,第N行第一目标点为与第N-1行的匹配度最高的节点同列的节点。

21. 如权利要求18所述的装置,其特征在于,搜索区域为从核心搜索位置到核心搜索位置纵向向下偏移设定值后形成的区域,或者搜索区域为以核心搜索位置为中心向周边偏移设定值后形成的区域。

22. 一种超声成像设备,其特征在于包括:

探头,用于向扫描目标发射超声波并接收超声回波;

信号处理器,用于对超声回波进行处理,生成超声图像数据;

图像处理器,用于对超声图像数据进行处理,并生成弹性图像,所述图像处理器包括:

如权利要求13-21中任一项所述的位移检测装置;

基于位移检测装置检测的各节点的位移结果生成弹性图像的弹性图像生成装置。

压力弹性成像位移检测方法、装置和超声成像设备

技术领域

[0001] 本申请涉及一种医疗设备,具体涉及一种压力弹性成像位移检测方法及其装置和一种超声成像设备。

背景技术

[0002] 医用超声弹性成像主要指以显示组织弹性差异为目的的一系列成像和信号处理技术。目前已有的几大分类包括压力弹性成像、声辐射力弹性成像(Acoustic Radiation Force Imaging, ARFI)、剪切波弹性成像(Shear Wave Elastography, SWE)等。其中压力弹性成像发展的时间最长,技术也最为成熟。压力弹性成像作为癌症检测,尤其是乳腺癌良性恶性判别中,对B模式声像图检测的重要辅助手段,快速应用于临床。

[0003] 压力弹性成像主要是通过手持超声探头对目标组织施加压力(pressure),获取目标组织被压缩前后两帧超声回波信息,再通过特定的算法计算出压缩前后对应位置发生的位移(displacement),即为目标组织在两个不同时刻空间位置变化信息,通过对位移求轴向(axial)梯度,进而得到目标组织区域各点的应变值(strain),在相同外力压缩下,应变越大,表示组织越软,应变越小,则表示组织越硬。根据目标组织区域各点的应变值以图像形式表现出来,可直观反映不同组织间的软硬差别或弹性差别。

[0004] 在上述处理过程中,位移检测是否准确、计算是否快速,共同影响着最终应变图像的对比度噪声比(contrast-noise-ratio, CNR)、图像的实时性、临床帧率等。申请号为201110159110.9的中国专利《一种弹性成像中的位移检测方法、装置及系统》提出了引导零相位估计(Guided Phase Zero Estimation, GPZE)算法,这种GPZE位移检测算法,一方面使用最优的缺省位移结果来引导下一行位移计算,减少了搜索量;另一方面使用相位估计的方法来计算位移,对原始数据采样率要求不高,大大降低了计算量。但是GPZE算法仍有以下不足之处:

[0005] 现有GPZE算法在计算一帧弹性图像时,采用逐行引导计算方式,由于引导位置过于固定,当上一行某点出现计算错误导致坏点时,由于引导的存在,会导致错误延续至之后的每一行的该点位置,在图像上表现为纵向的线状误差。

发明内容

[0006] 本申请提供一种压力弹性成像位移检测方法及其装置和一种超声成像设备,减少引导点向下传导误差的几率。

[0007] 根据本申请的第一方面,本申请提供一种压力弹性成像位移检测方法,包括:

[0008] 获取两帧图像数据,分别作为压缩前的目标图像数据和压缩后的被匹配图像数据;

[0009] 将目标图像数据中第一行的节点作为目标点,分别在被匹配图像数据中找到对应的匹配点;

[0010] 根据第一行的目标点及其匹配点计算第一行各节点的位移结果;

- [0011] 计算目标图像数据中第 N 行各节点的位移结果,其中 N 为依次从 2 到 n 的整数, n 为一帧图像划分的行数,包括:
- [0012] 在第 N-1 行的各节点的匹配结果中查找出匹配度最高的节点作为行初始引导点;
- [0013] 基于行初始引导点查找第 N 行的各节点在被匹配图像数据中的匹配点;
- [0014] 根据第 N 行的各节点及其匹配点计算第 N 行各节点的位移结果。
- [0015] 根据本申请的第二方面,本申请提供一种压力弹性成像中位移检测装置,包括:
- [0016] 图像获取模块,用于获取两帧图像数据,分别作为压缩前的目标图像数据和压缩后的被匹配图像数据;
- [0017] 第一匹配模块,用于将目标图像数据中第一行的节点作为目标点,分别在被匹配图像数据中找到对应的匹配点;
- [0018] 查找模块,用于在第 N-1 行的各节点的匹配结果中查找出匹配度最高的节点作为行初始引导点,其中 N 为需要查找匹配点的当前行, N 为依次从 2 到 n 的整数, n 为一帧图像划分的行数;
- [0019] 第二匹配模块,用于基于行初始引导点查找第 N 行的各节点在被匹配图像数据中的匹配点;
- [0020] 位移计算模块,用于根据第一行的目标点及其匹配点计算第一行各节点的位移结果,并根据第 N 行的各节点及其匹配点计算第 N 行各节点的位移结果。
- [0021] 根据本申请的第三方面,本申请提供一种超声成像设备,包括:
- [0022] 探头,用于向扫查目标发射超声波并接收超声回波;
- [0023] 信号处理器,用于对超声回波进行处理,生成超声图像数据;
- [0024] 图像处理器,用于对超声图像数据进行处理,并生成弹性图像,图像处理器包括:上述的位移检测装置和基于位移检测装置检测的各节点的位移结果生成弹性图像的弹性图像生成装置。
- [0025] 本申请的有益效果是:改进了引导方式,将现有固定的引导方式,改为由匹配度最高的节点作为引导点,从而减少引导点向下传导误差的几率,提高了引导的可靠性,避免了计算错误的累积效应。

附图说明

- [0026] 图 1 为本申请实施例超声成像设备结构图;
- [0027] 图 2 为本申请实施例位移检测装置结构图;
- [0028] 图 3 为本申请实施例第二匹配模块结构图;
- [0029] 图 4 为本申请实施例各节点位移检测流程图;
- [0030] 图 5 为本申请实施例图像数据块划分示意图;
- [0031] 图 6 为本申请实施例查找各节点的匹配点的流程图;
- [0032] 图 7 为本申请实施例确定搜索区域的一种策略示意图。

具体实施方式

- [0033] 下面通过具体实施方式结合附图对本发明作进一步详细说明。
- [0034] 医用弹性成像主要指以显示组织弹性差异为目的的一系列成像和信号处理技术。

以医用超声成像技术为例,请参考图 1,图 1 所示为超声成像设备的结构,包括探头 1、信号处理器 2、图像处理器 3 和显示器 4。其中:

[0035] 探头 1 用于向扫描目标发射超声波并接收超声回波。超声波发生电路 11 产生波形数据,通过发射通道 12 接通探头 1 的阵元,向被探测组织发射超声波,超声波经组织反射和吸收后形成超声回波,探头 1 接收超声回波,通过接收通道 13 输出至信号处理器 2。

[0036] 信号处理器 2 用于对超声回波进行处理,生成超声图像数据。信号处理器 2 首先将接收通道 13 接收到的超声回波通过波束合成环节得到射频(radio frequency, RF)信号;再经过正交解调后得到正交解调的基带信号。在处理过程中,还可以在波束合成后,对射频信号进行升采样,增加 RF 信号的采样率,然后在正交解调后再经过降采样。通过升采样可以增加位移检测精度,升采样率由系统预先设定。处理后的超声图像数据输出到图像处理器。

[0037] 图像处理器 3 用于对超声图像数据进行处理,并生成弹性图像。图像处理器 3 包括位移检测装置和弹性图像生成装置,位移检测装置对信号处理器 2 输出的超声图像数据进行处理得到各节点的位移结果,而后弹性图像生成装置基于位移检测装置检测的各节点的位移结果生成弹性图像。

[0038] 显示器 4 用于显示图像处理器 3 生成的弹性图像。

[0039] 本申请的改进点为图像处理器 3 中的位移检测装置,如图 2 所示为位移检测装置的结构,包括图像获取模块 301、第一匹配模块 302、查找模块 303、第二匹配模块 304 和位移计算模块 305。图像获取模块 301 用于获取两帧图像数据,分别作为压缩前的目标图像数据和压缩后的被匹配图像数据;第一匹配模块 302 用于将目标图像数据中第一行的节点作为目标点,分别在被匹配图像数据中找到对应的匹配点;查找模块 303 用于在第 N-1 行的各节点的匹配结果中查找出匹配度最高的节点作为行初始引导点,其中 N 为需要查找匹配点的当前行, N 为依次从 2 到 n 的整数, n 为一帧图像划分的行数;第二匹配模块 304 用于基于行初始引导点查找第 N 行的各节点在被匹配图像数据中的匹配点;位移计算模块 305 用于根据第一行的目标点及其匹配点计算第一行各节点的位移结果,并根据第 N 行的各节点及其匹配点计算第 N 行各节点的位移结果。在一种具体实例中,位移计算模块 305 包括互相关相位计算单元和位移计算单元,互相关相位计算单元,用于基于该节点及其匹配点的超声射频复信号计算该节点的互相关相位;位移计算单元用于基于互相关相位计算该节点的最终位移结果。

[0040] 在一具体实施例中,第二匹配模块 304 结构如图 3 所示,包括第一目标点确定单元 341、第一偏移量获取单元 342、第一搜索区域确定单元 343、第一搜索单元 344、第二目标点确定单元 345、引导点确定单元 346、第二偏移量获取单元 347、第二搜索区域确定单元 348 和第二搜索单元 349。第一目标点确定单元 341 用于基于第 N-1 行中匹配度最高的节点确定目标图像数据中第 N 行的第一目标点;第一偏移量获取单元 342 用于获取初始引导点的位移偏移量;第一搜索区域确定单元 343 用于将行初始引导点的位移偏移量作为第 N 行第一目标点的初始偏移量,在被匹配图像数据中,以第 N 行第一目标点的位置偏移初始偏移量后的位置为核心搜索位置,基于核心搜索位置确定搜索区域;第一搜索单元 344 用于在搜索区域内搜索目标图像数据中的第 N 行第一目标点的匹配点;第二目标点确定单元 345 用于在找到第 N 行第一目标点的匹配点后,依次以第 N 行第一目标点同行两侧的节点为目

标点 ; 引导点确定单元 346 用于在目标点周围的已经计算出位移偏移量的节点中选择匹配度最高的节点作为引导点 ; 第二偏移量获取单元 347 用于获取引导点的位移偏移量 ; 第二搜索区域确定单元 348 用于将引导点的位移偏移量作为目标点的初始偏移量, 在被匹配图像数据中, 以目标点的位置偏移初始偏移量后的位置为核心搜索位置, 基于核心搜索位置确定搜索区域 ; 第二搜索单元 349 用于在搜索区域内对目标图像数据中目标点进行匹配, 并得到目标图像数据中的第 N 行目标点的匹配点。

[0041] 本实施例还公开了一种压力弹性成像中位移检测方法, 该方法适用于上述超声成像设备, 尤其是图像处理器 3 中的位移检测装置。该方法的思路是 : 在位移检测环节, 基于压缩前后两帧图像数据, 利用引导零相位估计(guided phase zero estimation, GPZE) 算法计算位移结果时, 将匹配度最高的节点作为初始引导点。GPZE 算法可参见申请号为 201110159110.9 的中国专利《一种弹性成像中的位移检测方法、装置及系统》。

[0042] GPZE 算法主要通过引导搜索的思维来更准确快速的检测出压缩前后两帧信号间的互相关函数的相位, 并推导该相位与纵向位移量之间的对应关系, 计算得到两帧信号间的纵向位移量, 在大大降低了计算量的同时保证了位移估计的质量。此外, 位移检测的范围也得以拓展, GPZE 算法不仅适用于小位移情况, 也适用于大位移的情况。

[0043] 假设压缩前的目标图像和压缩后的被匹配图像信号分别表示为 :

$$[0044] \quad f_u(t, x) = A_u(t, x)e^{j(\omega_c t + \theta)}$$

$$[0045] \quad f_c(t, x) = A_c(t - u_y, x - u_x)e^{j[\omega_c(t - u_y) + \theta]} = A_c(t - u_y, x - u_x)e^{j[\omega_c(t - nT_c/2 - \tau) + \theta]}$$

[0046] 其中, ω_c 是信号中心频率, θ 为信号初始相位, T_c 为信号周期, 与中心频率 ω_c 相对应。 u_x 为压缩导致的空间横向偏移量, u_y 为压缩所导致的纵向偏移量。 u_y 总是可表示为 $u_y = \tau + nT_c/2$ 的形式, 其中 n 为整数, τ 总是分布于 $-T_c/2 \sim T_c/2$ 范围内。

[0047] 经过正交解调以后成为基带信号, 基带信号的复数形式可表示为 :

$$[0048] \quad f_{ub}(t, x) = A_u(t, x)e^{j\theta}$$

$$[0049] \quad f_{cb}(t, x) = A_c(t - u_y, x - u_x)e^{j(-\omega_c \tau - \omega_c nT_c/2 + \theta)}$$

[0050] 或者,

$$[0051] \quad S_u = I_u + jQ_u$$

$$[0052] \quad S_c = I_c + jQ_c$$

[0053] 于是, 基带信号之间的互相关函数表示为 :

$$\begin{aligned}
 R_b(u_0, x_0) &= \int_{t_0 - \Delta t}^{t_0 + \Delta t} f_{ub}(t, x) \cdot f_{cb}^*(t + u_0, x + x_0) dt \\
 &= \int_{t_0 - \Delta t}^{t_0 + \Delta t} A_u(t, x)e^{j\theta} \cdot A_c(t - u_y + u_0, x - u_x + x_0)e^{-j[\omega_c(-nT_c/2 - \tau) + \theta]} dt \\
 &= e^{jn\pi} \left(\int_{t_0 - \Delta t}^{t_0 + \Delta t} A_u(t, x) \cdot A_c(t - u_y + u_0, x - u_x + x_0) dt \right) e^{j\omega_c \tau} \\
 &= e^{jn\pi} R_{eb}(u_0, x_0) e^{j\omega_c \tau}
 \end{aligned}$$

[0055] 其中, u_0 和 x_0 代表计算互相关函数时的两帧目标数据之间的纵向与横向偏移量,

R_{eb} 是两帧数据的包络信号之间的互相关函数。

[0056] 只要找到令包络互相关函数 $R_b(u_0, x_0)$ 最大时的 u_0 和 x_0 , 即找到两帧包络数据之间的纵向、横向偏移量, 利用纵向和横向偏移量即可查找到压缩前的目标图像中的目标点在压缩后图像中的匹配点, 从而根据目标点和匹配点计算出互相关相位, 并进一步计算出最终位移结果。

[0057] 各节点位移检测流程如图 4 所示, 包括以下步骤:

[0058] 步骤 410. 获取图像数据

[0059] 本实施例的位移检测基于获得的数据进行计算。获得的两帧图像数据, 分别作为压缩前的目标图像数据和压缩后的被匹配图像数据。

[0060] 具体地, 获取一对 I/Q 基带信号帧数据:

[0061] $S_u = I_u + iQ_u$

[0062] $S_c = I_c + iQ_c$

[0063] 其中, S_u 为压缩前的目标图像数据, S_c 为压缩后的被匹配图像数据; I_u 和 Q_u 以及 I_c 和 Q_c 分别为目标图像数据和被匹配图像数据的信号参数。

[0064] 每一帧位移结果的计算需要利用两帧 I/Q 基带信号数据, 所得位移结果是指两帧信号之间的空间相对位移。上述两帧基带信号数据, 可以是连续两帧数据, 可以是有一定帧间隔的两帧数据, 帧间隔数量由系统预先设定, 或根据用户的选择确定。使用一定间隔的两帧数据, 可以有效调整用于计算的两帧数据间的位移量大小, 使得最终获得的应变图像质量更好。

[0065] 步骤 420. 找到目标图像数据各节点的匹配点

[0066] 将步骤 410 获得的目标图像数据中第一行的节点作为目标点, 分别在被匹配图像数据中找到对应的匹配点; 对于目标图像数据中其它各行的节点, 以上一行各节点匹配度最高的节点作为初始引导点, 而后基于初始引导点找到本行各节点在被匹配图像数据中的匹配点。

[0067] 本领域技术人员应该清楚, 即便经过降采样, 基带信号的采样率仍然较高, 而位移一般较小, 相邻采样点之间的位移差别非常微小。为了使得减少计算量, 预先划分好位移检测估计点(节点)的位置, 譬如, 可以将图像等间隔划分若干连续且不重叠的块, 以块为节点来进行匹配及位移检测, 可以有效避免或减少冗余计算量。如图 5 所示为本申请实施例中的图像数据网格化示意图, 共划分 n 行, 黑点(即网格节点处)即为可能进行位移估计的位置, 图中黑线表示基带信号数据或包络数据, 网格划分以两帧信号中目标图像帧中的数据采样点位置为基准。

[0068] 纵向, 从最浅深度的数据开始, 每隔一定数量的数据采样点(或者每隔一定深度)后取点, 该点所在位置需要进行位移估计的节点或目标点, 该纵向间隔数量由系统预先设定。

[0069] 横向, 从探头中心扫描数据线开始, 每隔一定数量的采样线(或者每隔一定宽度)后取点, 该点所在位置需要进行位移估计的节点或目标点, 该横向间隔数量由系统预先设定。

[0070] 划分网格之后, 获取应变图像所需的计算量将会大大减少, 特别是当横向和纵向间隔很大的时候。但是间隔太大对成像质量有一定的影响, 会影响位移估计结果以及最终

图像的空间分辨力。

[0071] 目标图像数据节点在被匹配图像数据中的匹配点为与该节点最相关的节点,可通过相关性算法在压缩后图像中计算出与该节点最相关的节点,并将其作为目标点的匹配点。

[0072] 步骤 430. 计算互相关相位

[0073] 在找到目标图像数据中节点的匹配点后,即可计算该节点与匹配点的互相关相位。相位计算使用 I、Q 数据。

[0074] 将目标图像和被匹配图像中相应位置的参数 I 和 Q 取出,则求得相位为:

[0075]

$$\varphi = \arctan \left[(-1)^n \sum_{i,j} \frac{I_c(i,j)Q_u(i,j) - I_u(i,j)Q_c(i,j)}{I_u(i,j)I_c(i,j) + Q_u(i,j)Q_c(i,j)} \right]$$

[0076] 其中, (i, j) 表示数据节点的相对坐标或位置,同一 (i, j) 在两帧数据中表示的相对位置相同,例如假设 (0,0) 在目标图像中表示核数据左下角的点,那么 (0,0) 在被匹配图像中也表示核数据左下角的点。

[0077] 上式中, n 的计算方法与上一行节点的最终位移估计结果有关,假设上一行节点的最终纵向位移结果为 u_y , 则:

[0078]
$$n = \text{round} \left(\frac{u_y}{T_c/2} \right)$$

[0079] 其中, round 表示四舍五入取整(也可以采用向上取整或向下取整的方式)。

[0080] 此外,由于 arctan 函数计算的结果范围在 $-\frac{\pi}{2} \sim \frac{\pi}{2}$ 之间,还需要根据其上式

$(-1)^n \sum_{i,j} \frac{I_c(i,j)Q_u(i,j) - I_u(i,j)Q_c(i,j)}{I_u(i,j)I_c(i,j) + Q_u(i,j)Q_c(i,j)}$ 中分子分母的正负情况将结果校正到 $-\pi \sim \pi$ 范围

中去。按三角函数的相位分布规律,上述分子的符号与 $\sin \varphi$ 对应,分母的符号与 $\cos \varphi$ 对应。

[0081] 步骤 440. 计算位移结果

[0082] 经过上述计算后,当前节点(或位移估计点)的位移结果为:

[0083]

$$u'_y = nT_c/2 + \varphi/\omega_c$$

[0084] 其中, T_c 为信号周期,与信号中心角频率 ω_c 相对应。 $nT_c/2$ 项的引入,补偿了相位计算的混叠性,从而使得本算法既适用于小位移的情况,也适用于大位移的情况。

[0085] 上述位移结果均以采样时间为单位的方式来表示,也可以换算成物理长度单位来表示,二者是一一对应的。

[0086] 本实施例中,在步骤 420 中,在被匹配图像中查找目标图像中各节点的匹配点时采用基于初始引导点找到本行各节点在被匹配图像数据中的匹配点的方法,请参考图 6,包括以下步骤:

[0087] 步骤 421. 查找第一行目标点的匹配点

[0088] 将目标图像数据中第一行的节点作为目标点,分别在被匹配图像数据中找到对应的匹配点当每帧图像被划分为 m 列 n 行的网格时,每一格为一个节点,在对目标点进行匹配

时采用块匹配。。匹配点为与目标点最相关的节点,同时也可获得目标点和匹配点的位移偏移量,即目标点和匹配点的位置坐标变化量。

[0089] 第一行目标点的匹配点确定后,一方面执行步骤 430,根据目标点和匹配点计算互相关相位,另一方面执行以下步骤,查找目标图像数据中第二行及其后面各行的各节点的匹配点。

[0090] 步骤 422. 确定第 N 行的行初始引导点

[0091] 从第二行开始,在查找目标点的匹配点时采用引导点的方法,假设查找第 N 行各节点的匹配点,N 为依次从 2 到 n 的整数,n 为一帧图像划分的行数。此时,第 N-1 行中各节点已经找到匹配点,因此首先在第 N-1 行的各节点的匹配结果中查找出匹配度最高的节点作为第 N 行的行初始引导点,基于行初始引导点查找第 N 行的各节点在被匹配图像数据中的匹配点。在一种具体实例中,可采用节点的质量因子(QF)来评判该节点的匹配度,质量因子越高,匹配度越高。

[0092] 在一具体实施例中,质量因子可以通过对 S_u 和 S_c 使用统计学的相关系数来计算得出,也可以采用绝对差求和(Sum-Absolute Difference, SAD)、平方差求和(Sum-Square Difference, SSD)等来求得,一种优选的计算方式为:

$$[0093] \quad QF = \frac{|\sum S_u \overline{S_c}|}{\sqrt{\sum |S_u|^2 \sum |S_c|^2}}$$

[0094] 其中 $\overline{S_c} = I_c - iQ_c$,表示复数取共轭。质量因子 QF 的取值在 [0, 1] 之间,实际使用时可以根据习惯量化到一个其他数值范围来进行判断,例如乘以 100 并取整,使得质量因子变为 0-100 之间的整数。

[0095] 在其他的具体实例中,也可采用其他的方式来评判该节点的匹配度,例如采用平均应变大小或节点空间位置的方式来评判该节点的匹配度。

[0096] 将第 N-1 行中匹配度最高的节点作为初始引导点,从而确定目标图像数据中第 N 行的第一目标点。所称第一目标点是指在第 N 行所有节点中,第一个用以作为目标点在被匹配图像数据中搜索匹配点的节点。

[0097] 步骤 423. 确定第 N 行的第一目标点

[0098] 在确定第 N-1 行中匹配度最高的节点作为初始引导点后,通常在第 N 行中选取与初始引导点靠近的点作为第一目标点。优选的方式为,选取第 N 行中与初始引导点同列的节点作为第一目标点,因同列的相邻点最容易相互影响,如假设初始引导点的坐标为 (t-1, x),则第一目标点可选择 (t, x)。第一目标点的选择也可以是在第 N 行中与初始引导点相邻列的节点,但这种方式的弊端是,初始引导点在首列或者末列时,有可能导致第 N 行无法选择第一目标点;譬如,若选择初始引导点的前一列的节点作为第一目标点,当初始引导点位于首列时,在第 N 行便无法选择第一目标点;若选择初始引导点的后一列的节点作为第一目标点,当初始引导点位于末列时,在第 N 行便无法选择第一目标点。

[0099] 步骤 424. 确定第一目标点的搜索区域

[0100] 本申请的引导思路是,根据上一行匹配度最高的节点的位移偏移量为引导来确定本行第一目标点的搜索区域。因此,应先获取行初始引导点的位移偏移量。在本实施例中,

分别获取行初始引导点的纵向偏移量和横向偏移量,在其它实施例中,也可以只获取初始引导点的纵向偏移量。假设第一目标点的坐标为 (t, x) , 初始引导点的纵向和横向的偏移量分别为 u_0 和 x_0 , 则设定第一目标点的初始偏移量为 u_0 和 x_0 (纵向和横向), 即第一目标点在被匹配图像数据中的匹配点的核心搜索位置为 $(t+u_0, x+x_0)$ 。

[0101] 在确定第一目标点初始位移偏移量得到第一目标点的核心搜索位置后,便可以确定搜索区域。在被匹配图像帧数据中,以该核心搜索位置为中心(或者为基准),取出附近或周围一块数据进行计算。

[0102] 如图 7 所示,假设第一目标点在被匹配图像帧数据中的核心搜索位置为 $(t+u_0, x+x_0)$, 该块数据的大小由系统预先设定,譬如在核心搜索位置的横向向左设定 x_1 , 向右设定 x_2 ; 纵向向上设定 u_1 , 向下设定 u_2 。设定之后,第一目标点在被匹配图像帧数据中的搜索区域即可由纵向区间和横向区间来确定,其中,纵向区间为 $[t+u_0-u_1, t+u_0+u_2]$, 横向区间为 $[x+x_0-x_1, x+x_0+x_2]$, 如图 7 黑色线所框的区域。

[0103] 根据临床经验,目标组织越深,其弹性系数越小,即更柔软,表现出来的纵向位移偏移量会更大。因此本实施例还公开了一种搜索区域的确定方案:其中横向区间同上述方案,而对于纵向,向上不再设定搜索范围,即在核心搜索位置的横向向左设定 x_1 , 向右设定 x_2 ; 纵向向下设定 u_3 。设定之后,第一目标点在被匹配图像帧数据中的搜索区域为:纵向区间为 $[t+u_0, t+u_0+u_3]$, 横向区间为 $[x+x_0-x_1, x+x_0+x_2]$ 。

[0104] 搜索区域设定越小,计算量越小。

[0105] 步骤 425. 查找第一目标点的匹配点

[0106] 在搜索区域搜索出相关性最大的点即为匹配点,以块匹配(block-matching)的思路为基础,在被匹配图像数据中搜索与第一目标点相关性最大的位置。搜索中相关性最大的判别依据可以采用 SAD 法、NCC 法等。SAD 最小的位置或者 NCC 最大的位置即为相关性最大的位置。也可以采用其他类似的判别依据。

[0107] 找到第一目标点的匹配点之后即可进行步骤 430 和 440, 计算互相关相位和位移结果。

[0108] 步骤 426. 查找第 N 行其它节点的引导点

[0109] 在找到第 N 行的第一目标点的匹配点之后,依次以第 N 行第一目标点同行两侧的节点为目标点,在被匹配图像数据中查找目标点的匹配点。对于选定的目标点,在被匹配图像数据中查找其匹配点的具体方法包括:

[0110] 在选定的目标点周围的已经计算出位移偏移量的节点中选择匹配度最高的节点作为引导点。目标点周围是指靠近目标点的其它节点,可以是上一行的节点,也可以是本行的节点,例如依次以第一目标点左侧的点为目标点进行匹配,则在目标点的右侧、上方、右上方的节点中查找匹配度最高的节点作为引导点。被选择作为引导点的节点应该满足的条件是:已经计算出位移偏移量。在其它实施例中,也可以设置优先级,如设定匹配度阈值,当某一节点的匹配度达不到要求时,即使该节点离目标点最近,也可以直接放弃该节点,而选择离目标点更远的但是匹配度高的节点作为引导点。

[0111] 步骤 427. 确定第 N 行其他目标点的搜索区域,进行匹配

[0112] 在确定引导点之后,获取引导点的位移偏移量,并将引导点的位移偏移量作为目标点的初始偏移量。在被匹配图像数据中,以目标点的位置偏移初始偏移量后的位置为核

心搜索位置,基于核心搜索位置确定搜索区域,在搜索区域内对目标图像数据中目标点进行匹配,并得到目标图像数据中的第N行目标点的匹配点。具体方法可参照上述方案,在此不再赘述。

[0113] 找到选定节点的匹配点之后即可进行步骤 430 和 440,计算互相关相位和位移结果。

[0114] 步骤 428. 判断是否第N行所有节点都匹配完,如果是,则执行步骤 429,否则继续执行步骤 426。

[0115] 步骤 429. 当第N行所有节点的位移结果都计算完毕时,需要判断第N行是否为最后一行,如果是,则结束;否则进行下一行的计算。

[0116] 本实施例中,在对第二行及其后面行的节点进行位移检测时,由于每次匹配都选择与该节点附近的匹配度最高的点作为引导点,因此可避免固定的引导点发生错误时将错误延续到后续的节点上,减少了计算错误的累积效应。

[0117] 得到目标图像数据中所有节点(或位移估计点)处的位移结果后,对位移结果数据沿着纵向求梯度,即可得到应变结果,即应变值。

[0118] 在应变后处理中,可以对所得的应变结果进行一定的错误校正,比如检测其中的异常跳变点或者明显错误点进行校正;还可以对其进行空间平滑,以改善图像显示效果;或者对其使用不同的灰阶或彩色图谱进行映射,以增强图像对比度。还可以进行其他增加图像质量的操作。

[0119] 最终,将所需区域的应变结果进行输出显示成为应变图像,即可反映该区域组织弹性差异。

[0120] 整帧位移数据都算完后,还可以一并得到整帧各个节点的 QF 值。通过这些 QF 信息,可以在最终图像显示时为用户提供质量信息,一是可以把整帧 QF 绘制成图像,清楚了解到每个节点的质量分数,二是可以计算整帧 QF 的平均值,便于从整体上了解一幅弹性图像的优劣。

[0121] 本领域技术人员可以理解,上述实施方式中各种方法的全部或部分步骤可以通过程序来指令相关硬件完成,该程序可以存储于一计算机可读存储介质中,存储介质可以包括:只读存储器、随机存储器、磁盘或光盘等。

[0122] 以上内容是结合具体的实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换。

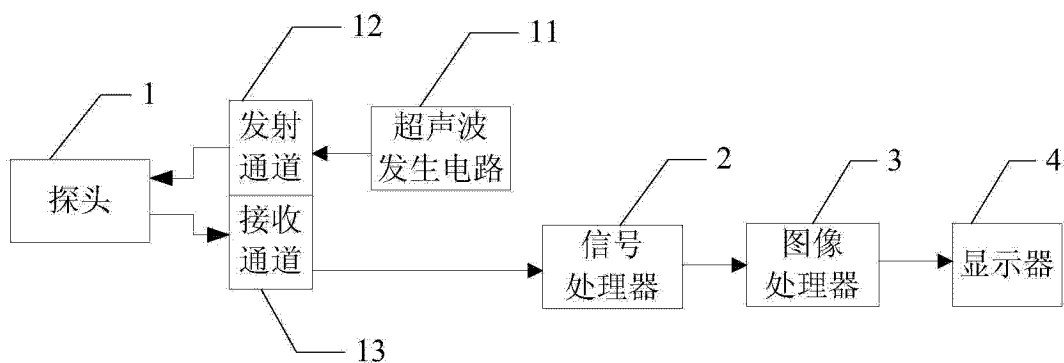


图 1

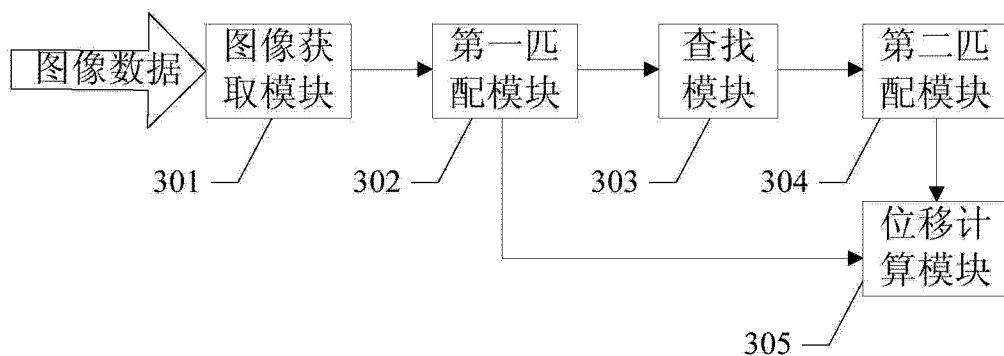


图 2

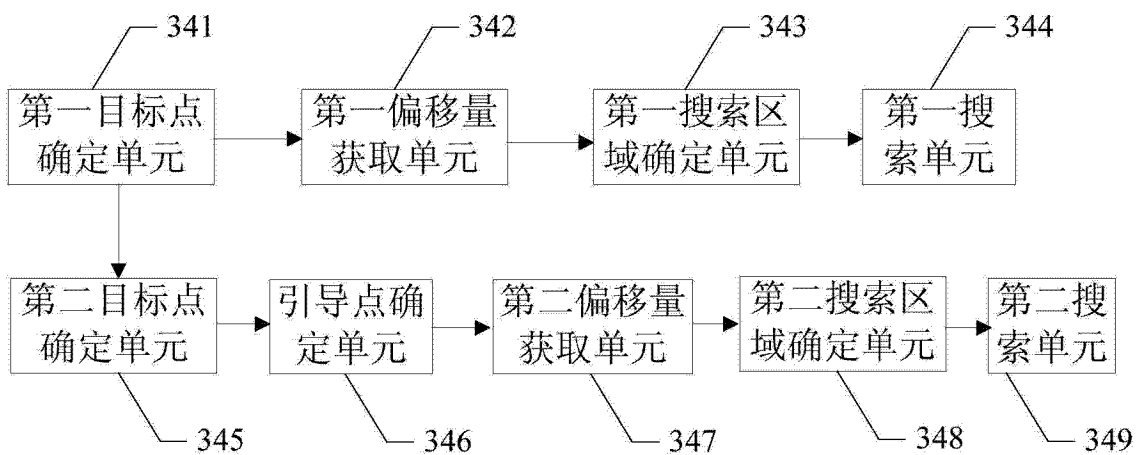


图 3

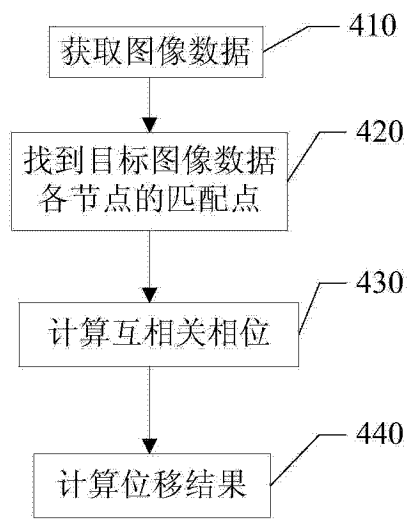


图 4

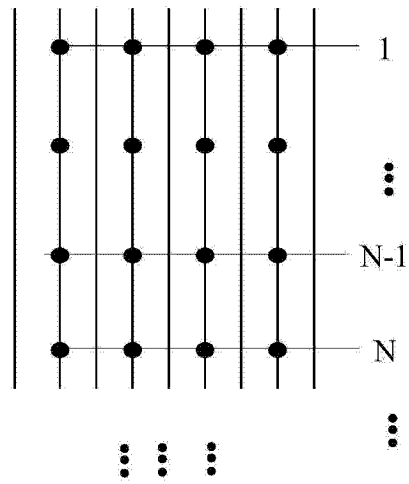


图 5

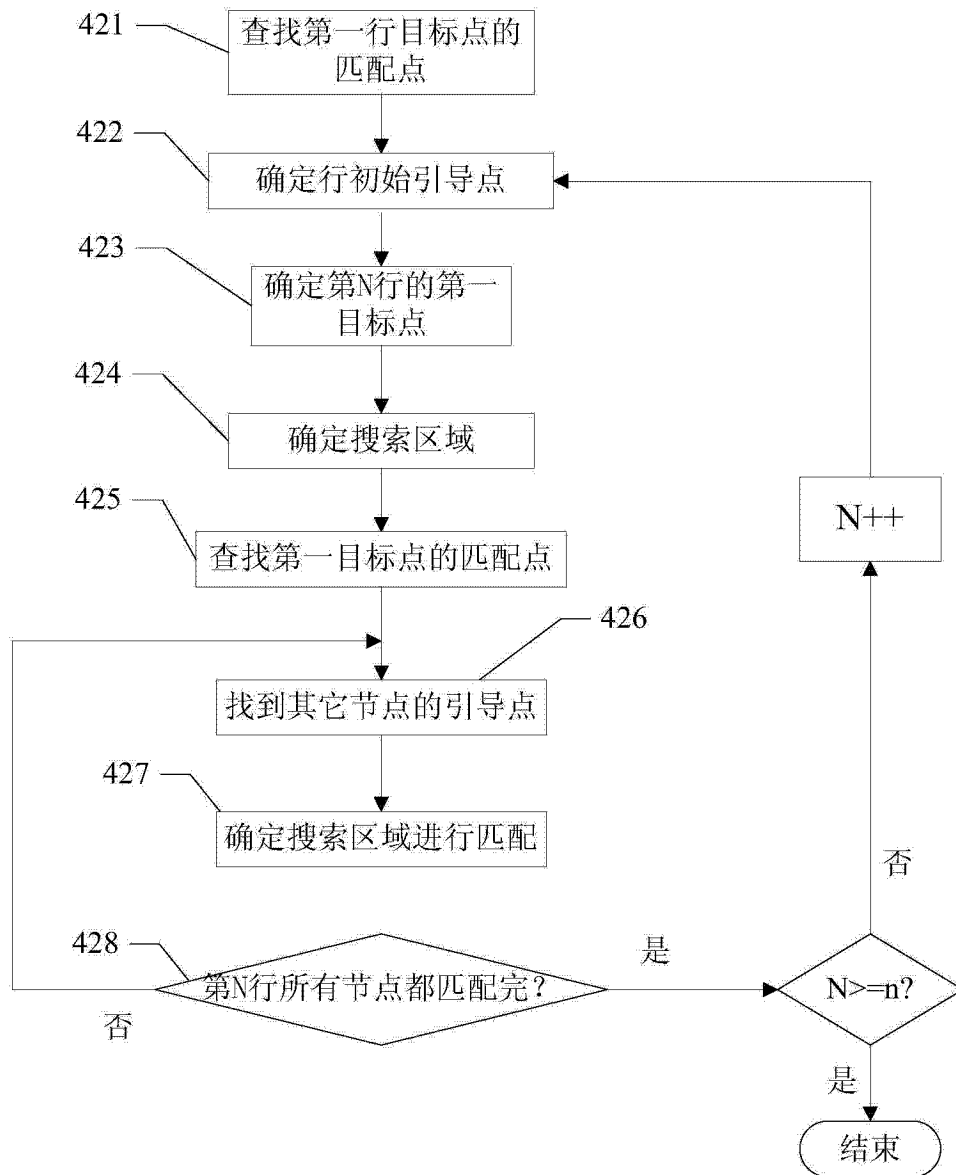


图 6

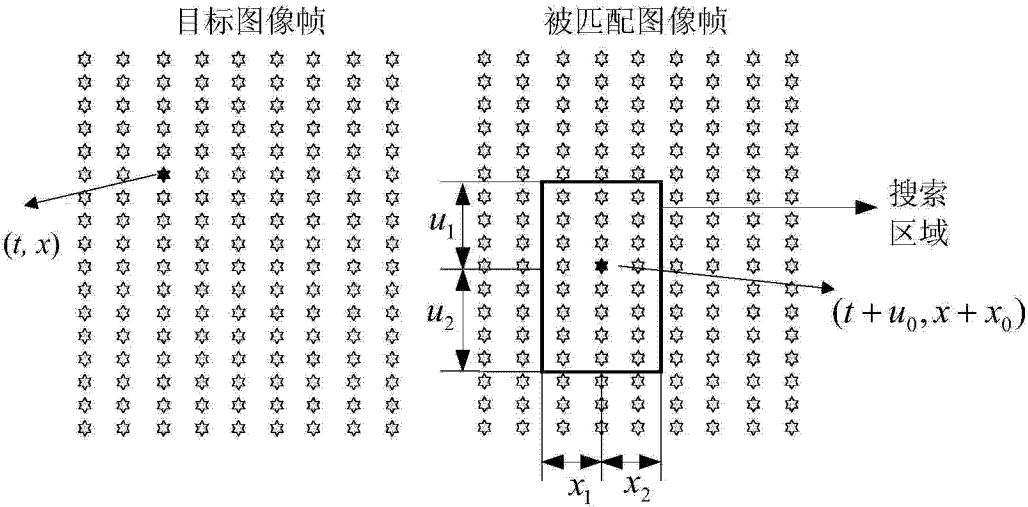


图 7

专利名称(译)	压力弹性成像位移检测方法、装置和超声成像设备		
公开(公告)号	CN104739442A	公开(公告)日	2015-07-01
申请号	CN201310726398.2	申请日	2013-12-25
[标]申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
[标]发明人	袁宇辰 樊睿 李双双		
发明人	袁宇辰 樊睿 李双双		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/00 A61B8/485 G01S7/52042 G06T7/0012 G06T7/32 G06T2207/10132 G06T2207/20021 G06T2207/20072 G06T2207/30004 A61B8/5207 A61B8/5215		
代理人(译)	郭燕		
其他公开文献	CN104739442B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本申请公开了一种弹性成像中的位移检测方法，在对目标图像数据中节点进行位移检测时，以上一行中匹配度最高的节点作为该行节点的引导点，根据引导点的偏移量来确定节点的初始偏移量，在基于引导点确定的范围内搜索匹配点，从而减少了计算错误的累积效应。此外，还提出一种适用于该方法的压力弹性成像中位移检测装置，并公开了一种超声成像设备。

