

(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
2012 年 12 月 20 日 (20.12.2012)



(10) 国际公布号
WO 2012/171388 A1

- (51) 国际专利分类号:
A61B 8/08 (2006.01) *G01N 29/07* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/073135
- (22) 国际申请日: 2012 年 3 月 27 日 (27.03.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201110159194.6 2011 年 6 月 14 日 (14.06.2011) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司 (SHENZHEN MINDRAY BIO-MEDICAL ELECTRONICS CO., LTD)** [CN/CN]; 中国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, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): **李双双 (LI, Shuangshuang)** [CN/CN]; 中国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, Guang-

dong 518057 (CN)。 **樊睿 (FAN, Rui)** [CN/CN]; 中国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, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: **广州华进联合专利商标代理有限公司 (ADVANCE CHINA I.P. LAW OFFICE)**; 中国广东省广州市先烈中路 69 号东山广场 918-920 室吴平, Guangdong 510095 (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, 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, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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。

[见续页]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING DISPLACEMENT IN ELASTOGRAPHY

(54) 发明名称: 一种弹性成像中的位移检测方法及装置

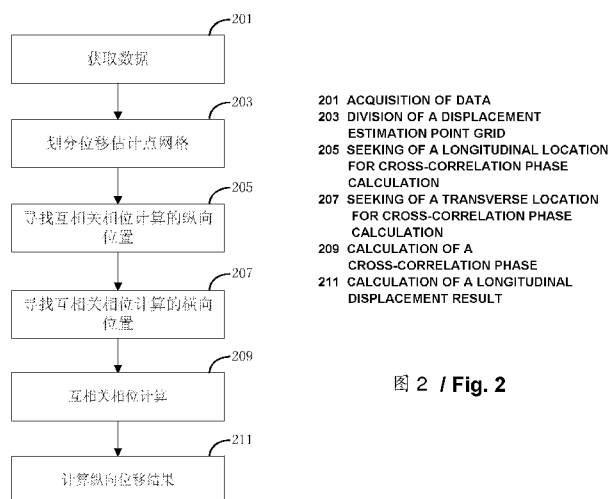


图 2 / Fig. 2

(57) Abstract: Disclosed are a method and a device for detecting displacement in elastography. The method comprises: acquiring a target point, acquiring a cross-correlation phase calculation location of the target point in a second frame image; calculating a cross-correlation phase according to the cross-correlation phase calculation location; calculating a longitudinal displacement result according to the cross-correlation phase; and calculating a gradient of the displacement result to obtain a strain result. Through the elastography method and device, I/Q-channel echo base band signals, obtained by downsampling, of two frames before and after compression are acquired, displace information between the two frames is rapidly detected by guiding phase estimation, and axial gradient calculation is performed to obtain strain information, which can not only obtain a strain image of high quality but also reduce the calculation amount, thereby satisfying the clinical real-time requirement.

(57) 摘要: 一种弹性成像中的位移检测方法和装置, 该方法包括: 获取目标点; 获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置; 根据所述互相关相位计算位置计算互相关相位; 根据所述互相关相位计算纵向位移结果; 对所述位移结果求梯度得到应变结果。通过该弹性成像方法和装置, 获取压缩前后两帧降采样后的 I/Q 两路回波基带信号采用引导式相位估计快速检测两帧之间位移信息, 再进行轴向梯度计算得到应变信息, 不仅可获得较高质量的应变图像, 而且大大降低了计算量, 满足临床实时要求。

WO 2012/171388 A1



(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, BY, KG, KZ, MD, 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, 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))。

一种弹性成像中的位移检测方法及装置

技术领域

本发明涉及弹性成像技术，尤其涉及一种弹性成像中的位移检测方法及装置。

背景技术

超声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。超声弹性成像主要是通过超声成像手段，获取目标组织的超声回波信息，再通过特定的算法检测出组织弹性信息，并以图像形式直观显示出来，以辅助医生诊断或治疗。

传统的超声弹性成像方法需要探头轻微压缩组织或者借助人体自身的呼吸、血管搏动等过程，获取先后两帧超声回波信号，然后通过特定的位移检测方法，获得两帧信号之间的位移（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，即可得到组织的轴向应变（strain）信息。该应变信息即可反映组织的弹性。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。将目标组织区域的应变信息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，即为应变图像（strain image）。这种方式又叫做应变成像（strain imaging）。

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）、是否能实时实现、帧率是否满足临床需求等。传统的位移检测方法一般分为三类：基于互相关（cross-correlation）的时域检测方法、基于相移（phase-shift）的方法、以及基于组织多普勒（TDI）的方法。基于互相关的方法所得图像质量好，但计算量较大，且对回波数据采样率有一定要求；基于相移的方法计算快速，但存在相位混叠问题，主要适用于位移较小的情况，且通常忽略其侧向（lateral）位移量，图像质量相对较差；基于组织多普勒的方法实现最简单，但依赖于多普勒（Doppler）信号的信噪比和处理方法，同样存在混叠问题，且忽略其侧向（lateral）位移量，图像质量相对较差。

发明内容

本发明要解决的主要技术问题是，提供一种弹性成像中的位移检测方法及装置，可以降低成像过程的计算量。

为解决上述技术问题，本发明提供了一种弹性成像中的位移检测方法，包括：

获取目标点；

获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置；

根据所述互相关相位计算位置计算互相关相位；

根据所述互相关相位计算纵向位移结果；

对所述位移结果求梯度得到应变结果。

本发明还提供了一种弹性成像中的位移检测装置，包括：

目标点获取装置，用于获取目标点；

搜索装置，用于获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置；

互相关相位计算装置，用于根据所述互相关相位计算位置计算互相关相位；

纵向位移结果计算装置，用于根据所述互相关相位计算纵向位移结果；

应变结果计算装置，用于对所述位移结果求梯度得到应变结果。

本发明的有益效果是：通过本发明实施例提出的弹性成像方法和装置，获取压缩前后两帧降采样后的 I/Q 两路回波基带信号采用引导式相位估计快速检测两帧之间位移信息，再进行轴向梯度计算得到应变信息，不仅可获得较高质量的应变图像，而且大大降低了计算量，满足临床实时要求。

附图说明

图 1 为本发明一种弹性成像系统的一实施例的简图；

图 2 为本发明一种弹性成像中的位移检测方法的一实施例的流程图；

图 3 为本发明实施例中的帧数据网格化示意图；

图 4 为本发明实施例中的位移搜索策略示意图；

图 5 为本发明一种弹性成像中的位移检测装置的一实施例的模块图。

具体实施方式

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。

如图 1 为本发明一种弹性成像系统的一实施例的简图。弹性成像模式下，超声探头以系统预先设定好的扫描规则进行超声发射并接收回波信息，经过波束合成环节后输出射频（radio frequency, RF）信号，再经过正交解调阶段，生成 I/Q 两路基带信号，同时进行降采样过程，使得 I/Q 信号的采样率下降，降采样率由系统预先设定，接着经过引导零相位估计（GPZE, guided phase zero estimation）算法位移检测环节，每次利用一对 I/Q 信号帧计算出一帧位移结果，然后经过应变计算环节，基于位移数据计算得到目标组织的应变信号。此后，再经过后处理环节对其进行错误校正、平滑等操作，最后显示输出一幅应变图像。

GPZE 算法主要通过引导搜索的思维来更准确快速的检测出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。

假设前后两帧信号分别表示为：

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

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

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。

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：

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

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

于是，基带信号之间的互相关函数表示为：

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

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。

将上述等式两边同时乘以 $e^{-jn\pi}$, 则有:

$$\begin{aligned}
R'(u_0, x_0) &= R_b(u_0, x_0) e^{-jn\pi} \\
&= (-1)^n R_b(u_0, x_0) \\
&= R_{eb}(u_0, x_0) e^{j\omega_c\tau}
\end{aligned}$$

于是, 只要找到令包络互相关函数 $R_{eb}(u_0, x_0)$ 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, 即可利用前后两帧相应偏移位置的基带数据计算出互相关函数 $R_b(u_0, x_0)$, 由于互相关函数与 R' 函数之间只相差 $(-1)^n$ 关系, 从而可以进一步计算得到上述互相关相位 $\varphi = \omega_c\tau$, 最终得到两帧信号间的时移量或纵向位移量表达为:

$$u_y = nT_c/2 + \tau = nT_c/2 + \varphi/\omega_c$$

注意: 由于时移量 (时间单位) 与纵向位移量 (长度单位) 是一一对应的, 所以本发明实施例的描述中, “纵向位移量” 也即表达是 “时移量” 的意思, 不刻意加以区别。

本发明所提供的一种弹性成像中的位移检测方法, 包括:

获取目标点;

获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置;

根据互相关相位计算位置计算互相关相位;

根据互相关相位计算纵向位移结果。

具体的, 在一个实施例中, 获取目标点之前, 可获取基带信号数据, 在该基带信号数据划分网格, 网格的节点为位移检测估计点, 而目标点则来自位移检测估计点。

在一个实施例中，获取目标点在第二帧图片中的互相关相位计算位置可包括互相关相位计算的数据纵向位置。则获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤包括：获取目标点的较前计算点的纵向位移结果；在第二帧图像中，在以目标点的位置与较前计算点的纵向位移结果的和为中心的区域搜索与该核数据相关性最大的点，该点的纵向位置即为目标点在第二帧图像中的互相关相位计算的纵向位置。

在一个实施例中，获取目标点在第二帧图片中的互相关相位计算位置还可包括互相关相位计算的数据横向位置。则获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤包括：在互相关相位计算的纵向位置附近横向搜索数据相关性最大的点，该点的横向位置为互相关相位计算的数据横向位置。

在一个实施例中，在互相关相位计算的纵向位置附近横向搜索数据相关性最大的点的步骤是每间隔一定数量的点计算一次。

在另一个实施例中，获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤中获取的位置包括互相关相位计算的数据纵向位置与互相关相位计算的数据横向位置；则获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤包括：

在第二帧图像中，以目标点为中心，在预置的横向搜索范围内搜索两帧包络数据互相关最大的点，该点的横向位置为互相关计算的横向位置；

在第二帧图像中，以目标点的位置与目标点的较前计算点的纵向位移结果的和为中心的区域搜索与该核数据相关性最大的点，该点的纵向位置即为目标点在第二帧图像中的互相关相位计算的纵向位置。

如图 2 所示为本发明一种弹性成像中的位移检测方法的一实施例的流程图，包括：

201、获取数据；

具体地，获取一对 I/Q 基带信号帧数据。

每一帧位移数据计算需要利用两帧 I/Q 基带信号数据，所得位移数据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。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。

每一帧基带信号数据,都分为 I、Q 两路数据。基带信号的采样率可能与 RF 数据的采样率不同,降采样率由系统预先设定。降采样率越大,后面的计算量会越小,但会影响位移估计的质量以及最终图像的空间分辨率。

得到 I、Q 两路数据后,还需要进一步计算出其包络数据,以用于后面包络偏移量的搜索计算。包络的计算对 I/Q 数据的每个采样点都要进行,采样点 i 处的包络数据计算为:

$$envelop(i) = \sqrt{I^2(i) + Q^2(i)}$$

203、划分位移估计点网格;

由于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。因此,位移估计不一定要对基带信号数据的每个采样点位置进行计算,预先划分好位移检测估计点的位置,可以有效避免或减少冗余计算量。

如图 3 所示为本发明实施例中的帧数据网格化示意图,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第一帧的数据采样点位置为基准。

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,该纵向间隔数量由系统预先设定。

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,该横向间隔数量由系统预先设定。

本发明中偏移量搜索、相移检测、位移计算、应变估计等过程,优选地,都是以上述网格中的各节点(即位移检测估计点)为目标来进行。

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。

205、寻找互相关相位计算的数据纵向位置;

为了获得互相关相位计算位置,所以要寻找目标点在第二帧图像中的互相关相位计算的数据纵向位置,即就是确定互相关相位计算的数据纵向

偏移量，也就是找到令两帧数据之间的包络互相关函数最大时的纵向偏移量。

该纵向偏移量的搜索以块匹配 (block-matching) 的思路为基础，针对包络数据进行搜索。每次搜索以包络数据网格划分后的第一帧中某个节点位置为目标点，以此为中心选择核数据，在第二帧数据中沿纵向搜索与该核数据相关性最大的位置，该位置与目标点之间的偏移量就是所求的纵向偏移量。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。

搜索时，本发明在 block-matching 的基础上还加入了引导的思维，以提高计算速度。在用户选定了感兴趣的区域 (ROI, region of interest) 之后，引导搜索又可以有两种不同的实现方法，区别在于数据计算开始的深度不同，相应的计算量也有所不同

方法一：无论用户选定的 ROI (region of interest) 深度是多少，计算总是从探头表面的数据 (即深度为 0 或者最接近 0 的节点) 开始，每次以上一个深度的节点的纵向位移结果作为当前节点的纵向数据位置偏移量的搜索初始值，在这个初始值的基础上设定一个小的纵向搜索范围进行搜索，从而得到令上述包络互相关函数最大的纵向偏移量。

对于最浅深度的节点，由于实际上该节点没有“上一个深度的节点”了，系统设置其对应的“上一深度节点”的纵向位移结果固定为 0。

对于其他深度的节点，假设当前节点深度位置为 t ，而上一个深度的节点所得最终纵向位移结果为 u_y ，则当前节点对应的包络纵向偏移量搜索初始位置是 $t+u_y$ ，即需要在第二帧包络数据以深度 $t+u_y$ 为中心设置一个小的纵向搜索范围，找到该范围中令两者相关性最大的位置，即为当前节点对应的包络纵向偏移量。该纵向搜索范围由系统预先设定，范围越小，计算量越小。

方法二：计算总是从用户选定的 ROI 中的最浅深度的节点开始，每次以上一个深度的节点的位移结果作为当前深度的节点的纵向数据位置偏移量的搜索初始值，在这个初始值的基础上设定一个小的纵向搜索范围进行搜索，从而得到令上述包络互相关函数最大的纵向偏移量。

对于 ROI 中最浅深度的节点, 由于其“上一深度的节点”的最终纵向位移结果不可知, 因此需要特殊处理。假设其深度位置为 t_1 , 搜索时需要在第二帧数据中纵向位置 t_1 上下设置一个较大的纵向搜索范围, 找到相关性最大的位置作为该节点对应的包络纵向偏移量。该纵向搜索范围由系统预先设定, 一般需要比有引导搜索时 (即有搜索初始值时) 的搜索范围设置得更大, 如果设置太小则可能导致搜索结果不准确。

对于 ROI 中其他深度的节点, 假设上一个深度的节点所得位移结果为 u_y , 当前节点深度位置为 t , 则当前节点对应的包络纵向偏移量搜索初始位置是 $t + u_y$, 即需要在第二帧包络数据以深度 $t + u_y$ 为中心设置一个小的纵向搜索范围, 找到该范围中令两者相关性最大的位置, 即为当前节点对应的包络纵向偏移量。该纵向搜索范围由系统预先设定, 范围越小, 计算量越小。假设当前节点所得包络纵向偏移量结果为 u_0 , 则当前节点在互相关相位计算时对应的第一帧和第二帧中的数据纵向位置分别是 t 和 $t + u_0$ 。

207、寻找互相关相位计算的数据横向位置;

确定好纵向位置后, 优选地, 还可以继续寻找横向位置, 即寻找令两帧数据包络互相关函数最大时的横向偏移量。

横向位置的搜索在上述纵向位置的结果上引导进行, 即得到上述纵向位置后, 在第二帧中找到该纵向位置, 以该纵向位置为中心, 设置一定的横向搜索范围 (或叫搜索区域), 在该范围内两帧包络数据互相关最大的位置相对于原位置的横向偏移量即为所求。最终互相关相位计算时第二帧数据的横向位置即根据该横向偏移量来选取。该横向搜索范围由系统预先设定。搜索范围越小, 计算量越小。搜索中的相关性判别依据类似纵向位置的搜索, 可以采用 SAD、NCC 或其他判别方法。

假设第一帧数据中当前目标节点的二维位置为 (t, x) , 其中 t 是时移量, x 是扫描线位置。设上一步中所得包络纵向偏移量为 u_0 , 则搜索时, 以 $t + u_0$ 位置为中心设置一个小的横向搜索区域, 寻找该区域中两帧包络数据互相关最大的位置, 其相对于原位置的偏移量即为所求横向偏移量。假设该横向偏移量结果为 x_0 , 则当前节点在互相关相位计算时对应的第一帧与第二帧的数据位置分别是 (t, x) 和 $(t + u_0, x + x_0)$ 。

由于组织的横向位移相对较小, 随着深度的变化其改变也较小, 因此,

对上述横向位置的搜索操作不需要沿着每个深度的节点连续进行,可以每间隔几个深度的节点后再横向搜索以更新横向位置。这样可以在保证图像质量不发生明显变化的情况下进一步减少计算量。该横向位置更新的深度间隔的大小由系统预先设定,间隔太小则更新较频繁,可能会增加冗余计算量,间隔太大则更新较少,可能会影响互相关相位估计质量。

还可以根本不进行横向位置的搜索,只进行纵向位置的搜索,横向位置默认不变,则计算会进一步简化。当组织实际横向位移不大时,对互相关相位估计质量影响不大;不过当组织实际横向位移较大时,估计质量会有所降低。

209、互相关相位计算;

得到互相关相位计算的数据位置后,可以进行互相关相位估计。互相关相位计算利用前后两帧 I/Q 数据进行。计算时,以该位置为中心(或者为基准),取出附近或周围一块数据进行计算,如图 4 所示。该块数据的大小由系统预先设定,数据块的大小对互相关相位估计结果有影响。

参与计算的数据块称作核(kernel),可以是一维的,也可以是二维的。在图 4 中,假设当前目标点(即当前节点)在第一帧数据里的位置坐标是 (t, x) ,而前两步搜索出来的包络纵向和横向偏移量分别为 u_0 和 x_0 ,则其对应第二帧数据里的位置坐标就是 $(t+u_0, x+x_0)$,图 4 中分别以 (t, x) 与 $(t+u_0, x+x_0)$ 为中心或基准点向纵向和横向附近延伸一定距离后得到图中的区域,这个区域内的数据就是核数据。目标点在两帧图像中产生核的方法有多种,可以以该点作为基准点向各方向延伸一定的点数得到,也可以用其他方式得到,但是在两帧图像中产生核的方法是一样的,所以两帧图像中的核数据大小相同,用于计算的每个点都在另一帧图像中的核区域中有对应的点。

相位计算使用 I、Q 数据。将第一帧和第二帧中相应位置的 I、Q 核数据取出,则求得相位为:

$$\varphi = \arctan[(-1)^n \cdot \sum_{i,j} \frac{I_2(i,j)Q_1(i,j) - I_1(i,j)Q_2(i,j)}{I_1(i,j)I_2(i,j) + Q_1(i,j)Q_2(i,j)}]$$

其中, I_1 与 Q_1 是第一帧的数据, I_2 与 Q_2 是第二帧的数据, (i, j) 表示核中各个数据采样点在核中的相对坐标或位置,同一 (i, j) 在两帧数据中表示的相对位置相同,例如假设 $(0, 0)$ 在第一帧的核数据中表示核数据左下角的点,

那么 $(0, 0)$ 在第二帧的核数据中也表示核数据左下角的点。

上式中, n 的计算方法与上一深度节点的最终位移估计结果有关, 假设上一深度节点的最终纵向位移结果为 u_y , 则:

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

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)。

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 $(-1)^n \cdot \sum_{i,j} \frac{I_2(i,j)Q_1(i,j) - I_1(i,j)Q_2(i,j)}{I_1(i,j)I_2(i,j) + Q_1(i,j)Q_2(i,j)}$ 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。

211、计算纵向位移结果;

经过上述计算后, 对于当前节点 (或位移估计点), 最终两帧之间的纵向位移结果为:

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

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, 从而使得本算法即适用于小位移的情况, 也适用于大位移的情况。

上述纵向位移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。

得到网格中所有节点 (或位移估计点) 处的纵向位移结果后, 对位移数据沿着纵向求梯度, 即可得到应变结果, 即应变值。

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。

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。

GPZE 位移检测算法，一方面由于使用了上一深度的位移结果来引导下一深度的位移计算，减少了搜索计算量；另一方面使用相位估计的方法来计算位移，对原始数据采样率的要求不高，从而大大降低了计算量。

同时，还可以引入横向搜索，提高了纵向位移量的估计质量，使得最终的图像信噪比更高。

此外，还补偿了相位混叠带来的干扰，从而扩展了位移估计的适用范围。

在上述实施例中，首先寻找互相关相位计算的数据纵向位置，然后再寻找横向位置，实际上，也可以先寻找横向位置，然后再寻找纵向位置；或者，上述对横向位置与纵向位置的搜索可以无确定的时间先后关系，可以分别独立进行；寻找的方法同上述实施例的相应的方法。具体地，例如横向位置的搜索方法可以是以目标点为中心，设置一定的横向搜索范围，在该范围内两帧包络数据互相关最大的位置相对于原位置的横向偏移量即为所求。纵向位置的寻找方法例如可以是：以目标点的位置与所述较前计算点的纵向位移结果的和为中心的区域搜索与该核数据相关性最大的点，该点的纵向位置即为目标点在第二帧图像中的互相关相位计算的纵向位置。

如图 5 所示，本发明实施例还提出了一种弹性成像中的位移检测装置，包括：

目标点获取装置 501，用于获取目标点；

搜索装置 503，用于获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置；

互相关相位计算装置 505，用于根据所述互相关相位计算位置计算互相关相位；

纵向位移结果计算装置 507，用于根据所述互相关相位计算纵向位移结果；

应变结果计算装置 509，用于对所述位移结果求梯度得到应变结果。

优选地,还包括:

基带信号获取装置,用于获取基带信号数据;

网格划分装置,用于在所述基带信号数据划分网格,网格的节点为位移检测估计点,所述目标点来自位移检测估计点。

优选地,所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置包括互相关相位计算的数据纵向位置;

所述搜索装置具体用于:

获取所述目标点的较前计算点的纵向位移结果;在第二帧图像中,在以所述目标点的位置与所述较前计算点的纵向位移结果的和为中心的区域搜索与该核数据相关性最大的点,该点的纵向位置即为目标点在第二帧图像中的互相关相位计算的纵向位置。

优选地,所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置还包括互相关相位计算的数据横向位置;

所述搜索装置还用于:

在所述互相关相位计算的纵向位置附近横向搜索数据相关性最大的点,所述点的横向位置为互相关相位计算的数据横向位置。

优选地,所述搜索装置在互相关相位计算的纵向位置附近横向搜索数据相关性最大的点时,每间隔一定数量的点计算一次。

优选地,所述互相关相位计算装置具体用于:

以目标点在第一帧的位置以及第二帧中的互相关相位计算位置分别为中心位置得到第一核与第二核,

所述互相关相位 φ 为:

$$\varphi = \arctan[(-1)^n \cdot \sum_{i,j} \frac{I_2(i,j)Q_1(i,j) - I_1(i,j)Q_2(i,j)}{I_1(i,j)I_2(i,j) + Q_1(i,j)Q_2(i,j)}]$$

其中, I_1 与 Q_1 是第一帧的数据, I_2 与 Q_2 是第二帧的数据, (i,j) 表示核中各个数据采样点在核中的相对位置;

其中,

$$n = \text{round}(\frac{u_y}{T_c / 2})$$

其中, T_c 为信号周期, 与信号中心角频率 ω_c 相对应; u_y 为较前计算点的纵向位移结果。

优选地, 所述纵向位移结果计算装置具体用于:

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

其中, u' 为所述纵向位移结果, φ 为所述互相关相位;

优选地, 还包括:

校正装置, 用于对所述应变结果进行错误校正;

或,

平滑处理装置, 用于对所述应变结果进行空间平滑处理;

或,

映射装置, 用于对所述应变结果使用不同的灰阶或彩色图谱进行映射。

本发明实施例提出的弹性成像方法和装置, 获取压缩前后两帧降采样后的 I/Q 两路回波基带信号 (baseband signal) 采用引导式相位估计 (GPZE, guided phase zero estimation) 快速检测两帧之间位移信息, 再进行轴向梯度计算得到应变信息, 不仅可获得较高质量的应变图像, 而且大大降低了计算量, 满足临床实时要求。

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, 都应当视为属于本发明的保护范围。

权利要求书

1、一种弹性成像中的位移检测方法，其特征在于，包括：

获取目标点；

获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置；

根据所述互相关相位计算位置计算互相关相位；

根据所述互相关相位计算纵向位移结果。

2、如权利要求 1 所述的弹性成像中的位移检测方法，其特征在于：

获取目标点之前还包括：

获取基带信号数据；

在所述基带信号数据划分网格，网格的节点为位移检测估计点；

所述目标点来自位移检测估计点。

3、如权利要求 1 所述的弹性成像中的位移检测方法，其特征在于：

所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤中获取的位置包括互相关相位计算的数据纵向位置；

所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤包括：

获取所述目标点的较前计算点的纵向位移结果；

在第二帧图像中，在以所述目标点的位置与所述较前计算点的纵向位移结果的和为中心的区域搜索与该核数据相关性最大的点，该点的纵向位置即为目标点在第二帧图像中的互相关相位计算的纵向位置。

4、如权利要求 3 所述的弹性成像中的位移检测方法，其特征在于：

所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤中获取的位置还包括互相关相位计算的数据横向位置；

所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤还包括：

在所述互相关相位计算的纵向位置附近横向搜索数据相关性最大的点，所述点的横向位置为互相关相位计算的数据横向位置。

5、如权利要求 4 所述的弹性成像中的位移检测方法，其特征在于：

所述在互相关相位计算的纵向位置附近横向搜索数据相关性最大的点的步骤是每间隔一定数量的点计算一次。

6、如权利要求 1 所述的弹性成像中的位移检测方法，其特征在于：

所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤中获取的位置包括互相关相位计算的数据纵向位置与互相关相位计算的数据横向位置；

所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤包括：

在第二帧图像中，以目标点为中心，在预置的横向搜索范围内搜索两帧包络数据互相关最大的点，该点的横向位置为互相关计算的横向位置；

在第二帧图像中，以目标点的位置与目标点的较前计算点的纵向位移结果的和为中心的区域搜索与该核数据相关性最大的点，该点的纵向位置即为目标点在第二帧图像中的互相关相位计算的纵向位置。

7、如权利要求 1 所述的弹性成像中的位移检测方法，其特征在于：

根据所述互相关相位计算位置计算互相关相位的步骤包括：

以目标点在第一帧的位置以及第二帧中的互相关相位计算位置分别为中心位置得到第一核与第二核，

所述互相关相位 φ 为：

$$\varphi = \arctan[(-1)^n \cdot \sum_{i,j} \frac{I_2(i,j)Q_1(i,j) - I_1(i,j)Q_2(i,j)}{I_1(i,j)I_2(i,j) + Q_1(i,j)Q_2(i,j)}]$$

其中， I_1 与 Q_1 是第一帧的数据， I_2 与 Q_2 是第二帧的数据， (i,j) 表示核中各个数据采样点在核中的相对位置；

其中，

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

其中， T_c 为信号周期，与信号中心角频率 ω_c 相对应； u_y 为较前计算点的纵向位移结果。

8、如权利要求 7 所述的弹性成像中的位移检测方法，其特征在于：

根据所述互相关相位计算纵向位移结果的步骤包括：

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

其中， u'_y 为所述纵向位移结果， φ 为所述互相关相位；

9、如权利要求 1 所述的弹性成像中的位移检测方法，其特征在于，还包括：
对所述应变结果进行错误校正；

或，

对所述应变结果进行空间平滑处理；

或，

对所述应变结果使用不同的灰阶或彩色图谱进行映射。

10、一种弹性成像中的位移检测装置，其特征在于，包括：

目标点获取装置，用于获取目标点；

搜索装置，用于获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置；

互相关相位计算装置，用于根据所述互相关相位计算位置计算互相关相位；

纵向位移结果计算装置，用于根据所述互相关相位计算纵向位移结果；

应变结果计算装置，用于对所述位移结果求梯度得到应变结果。

11、如权利要求 10 所述的弹性成像中的位移检测装置，其特征在于，还包括：

基带信号获取装置，用于获取基带信号数据；

网格划分装置，用于在所述基带信号数据划分网格，网格的节点为位移检测估计点，所述目标点来自位移检测估计点。

12、如权利要求 10 所述的弹性成像中的位移检测装置，其特征在于：

所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置包括互相关相位计算的数据纵向位置；

所述搜索装置用于：

获取所述目标点的较前计算点的纵向位移结果；在第二帧图像中，在以所述目标点的位置与所述较前计算点的纵向位移结果的和为中心的区域搜索与该核数据相关性最大的点，该点的纵向位置即为目标点在第二帧图像中的互相关相位计算的纵向位置。

13、如权利要求 12 所述的弹性成像中的位移检测装置，其特征在于：

所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置还包括互相关相位计算的数据横向位置；

所述搜索装置还用于：

在所述互相关相位计算的纵向位置附近横向搜索数据相关性最大的点，所

述点的横向位置为互相关相位计算的数据横向位置。

14、如权利要求 13 所述的弹性成像中的位移检测装置，其特征在于：
所述搜索装置在互相关相位计算的纵向位置附近横向搜索数据相关性最大的点时，每间隔一定数量的点计算一次。

15、如权利要求 10 所述的弹性成像中的位移检测装置，其特征在于：
所述获取目标点在第二帧图像中的互相关相位计算位置的步骤中获取的位置包括互相关相位计算的数据纵向位置与互相关相位计算的数据横向位置；

所述搜索装置用于：

在第二帧图像中，以目标点为中心，在预置的横向搜索范围内搜索两帧包络数据互相关最大的点，该点的横向位置为互相关计算的横向位置；

在第二帧图像中，以目标点的位置与目标点的较前计算点的纵向位移结果的和为中心的区域搜索与该核数据相关性最大的点，该点的纵向位置即为目标点在第二帧图像中的互相关相位计算的纵向位置。

16、如权利要求 10 所述的弹性成像中的位移检测装置，其特征在于：

所述互相关相位计算装置用于：

以目标点在第一帧的位置以及第二帧中的互相关相位计算位置分别为中心位置得到第一核与第二核，

所述互相关相位 φ 为：

$$\varphi = \arctan[(-1)^n \cdot \sum_{i,j} \frac{I_2(i,j)Q_1(i,j) - I_1(i,j)Q_2(i,j)}{I_1(i,j)I_2(i,j) + Q_1(i,j)Q_2(i,j)}]$$

其中， I_1 与 Q_1 是第一帧的数据， I_2 与 Q_2 是第二帧的数据， (i,j) 表示核中各个数据采样点在核中的相对位置；

其中，

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

其中， T_c 为信号周期，与信号中心角频率 ω_c 相对应； u_y 为较前计算点的纵向位移结果。

17、如权利要求 16 所述的弹性成像中的位移检测装置，其特征在于：

所述纵向位移结果计算装置用于：

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

其中, u'_y 为所述纵向位移结果, φ 为所述互相关相位;

18、如权利要求 10 所述的弹性成像中的位移检测装置, 其特征在于, 还包括:

校正装置, 用于对所述应变结果进行错误校正;

或,

平滑处理装置, 用于对所述应变结果进行空间平滑处理;

或,

映射装置, 用于对所述应变结果使用不同的灰阶或彩色图谱进行映射。

19、一种超声成像系统, 其特征在于: 包括如权利要求 10-18 任一项所述的弹性成像中的位移检测装置。

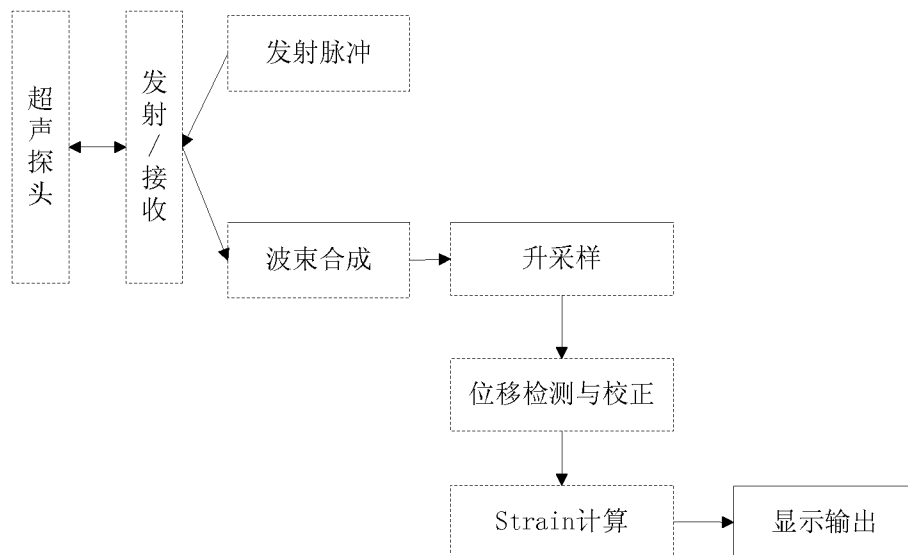


图 1

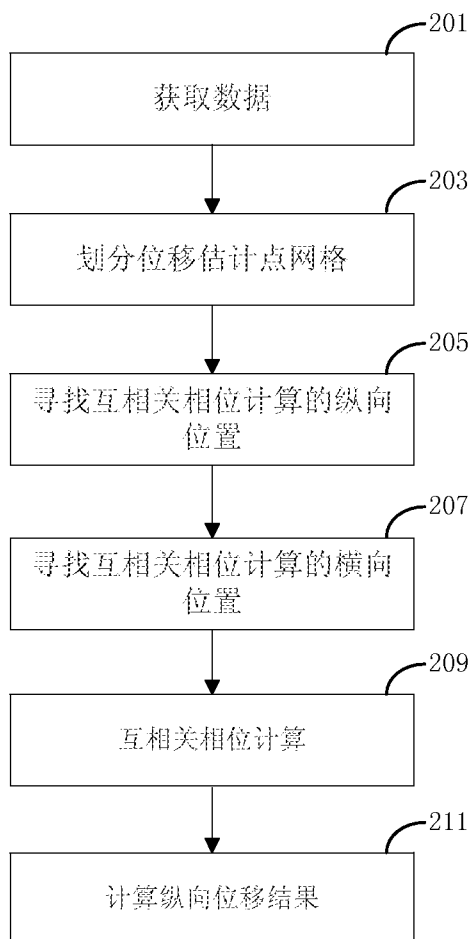


图 2

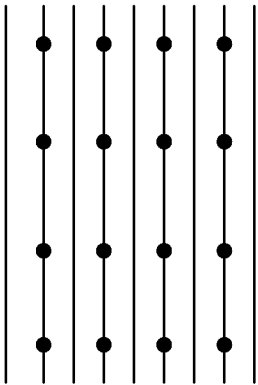


图 3

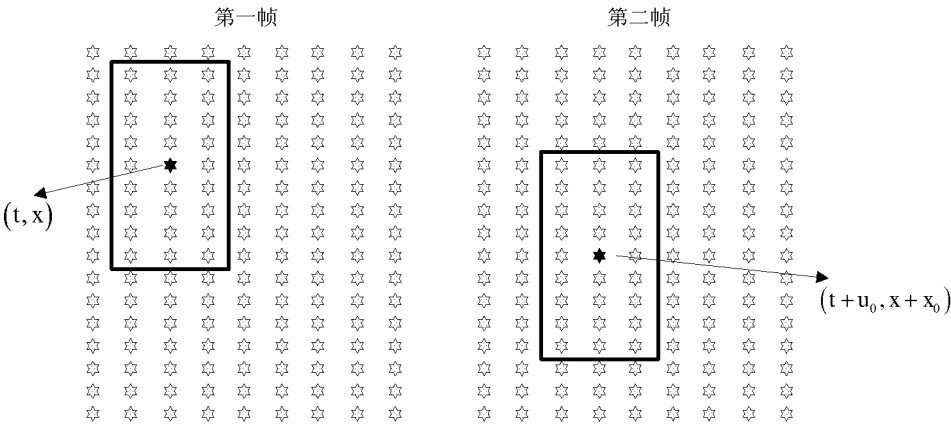


图 4

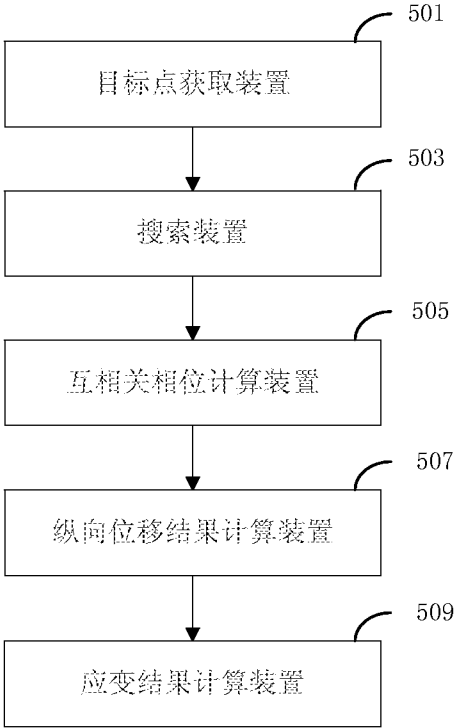


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/073135

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

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)

IPC: A61B G01N

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)

CPRSABS CNTXT CNKI VEN: elasticity imaging displacement baseband quadrature demodulation phase estimation elastography, elastic+ w imag+, elastographic w imag+, cross w correlate+, phase, estimate+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101530333 A (HITACHI MEDICAL CORPORATION, et al.), 16 September 2009 (16.09.2009), description, page 9, line 9 to page 41, line 17, and claims 1-8	1, 9
Y		2, 10, 11, 18, 19
A		3-8, 12-17
X	CN 1586408 A (TSINGHUA UNIVERSITY), 02 March 2005 (02.03.2005), description, page 4, line 1 to page 8, line 20, and figures 1-2	1
Y	US 2010106018 A1 (JIANG et al.), 29 April 2010 (29.04.2010), description, sections [0041]-[0042], and figure 1	2, 11
Y	CN 1964670 A (HITACHI MEDICAL CORPORATION), 16 May 2007 (16.05.2007), description, page 10, lines 6-12	10, 11, 18, 19
A	US 2009247871 A1 (VARGHESE, et al.), 01 October 2009 (01.10.2009), the whole document	1-19

☐ 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 13 June 2012 (13.06.2012)	Date of mailing of the international search report 28 June 2012 (28.06.2012)
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 ZHANG, Qingnan Telephone No.: (86-10) 62085610

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2012/073135

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101530333 A	16.09.2009	WO 2004010872 A1	05.02.2004
		JP 2004057652 A	26.02.2004
		JP 4258015 B2	30.04.2009
		EP 1541090 A1	15.06.2005
		CN 1678243 A	05.10.2005
		CN 100475154 C	08.04.2009
		US 2006052696 A1	09.03.2006
		US 8041415 B2	18.10.2011
		EP 2374413 A2	12.10.2011
		CN 101530333 B	31.08.2011
		CN 101530334 A	16.09.2009
		CN 101530334 B	13.07.2011
		EP 2201896 A1	30.06.2010
		US 2011125019 A1	26.05.2011
		JP 2004057653 A	26.02.2004
		JP 2008136880 A	19.06.2008
		JP 4221555 B2	12.02.2009
		JP 4389091 B2	24.12.2009
CN 1586408 A	02.03.2005	CN 1313054 C	02.05.2007
US 2010106018 A1	29.04.2010	None	
CN 1964670 A	16.05.2007	WO 2006041050 A	20.04.2006
		CN 1964670 B	15.09.2010
		EP 1803404 A	04.07.2007
		US 2008033295 A	07.02.2008
		CN 101564309 A	28.10.2009
		CN 101912275 A	15.12.2010
US 2009247871 A1	01.10.2009	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/073135

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:

A61B 8/08 (2006.01) i

G01N 29/07 (2006.01) i

A. 主题的分类

参见附加页

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)

IPC: A61B G01N

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))

CPRSABS CNTXT CNKI VEN

弹性 成像 位移 互相关 相位 估计 基带 正交解调 相位估计

elastography, elastic+ w imag+, elastographic w imag+, cross w correlate+, phase, estimate+

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
X	CN101530333A(株式会社日立医药,等), 16.9 月 2009(16.09.2009), 说明书第 9 页第 9 行至第 41 页第 17 行、权利要求 1-8。	1,9
Y		2,10,11,18,19
A		3-8,12-17
X	CN1586408A(清华大学), 02.3 月 2005(02.03.2005), 说明书第 4 页第 1 行至第 8 页第 20 行、图 1-2。	1
Y	US2010106018A1(Jiang 等), 29.4 月 2010(29.04.2010), 说明书第[0041]节至第[0042]节、图 1。	2,11
Y	CN1964670A(株式会社日立医药), 16.5 月 2007(16.05.2007), 说明书第 10 页第 6 行至第 12 行。	10,11,18,19
A	US2009247871A1(Varghese,等), 01.10 月 2009(01.10.2009), 全文。	1-19



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

13.6 月 2012 (13.06.2012)

国际检索报告邮寄日期

28.6 月 2012 (28.06.2012)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

张清楠

电话号码: (86-10) 62085610

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2012/073135

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN101530333A	16.09.2009	WO2004010872A1	05.02.2004
		JP2004057652A	26.02.2004
		JP4258015B2	30.04.2009
		EP1541090A1	15.06.2005
		CN1678243A	05.10.2005
		CN100475154C	08.04.2009
		US2006052696A1	09.03.2006
		US8041415B2	18.10.2011
		EP2374413A2	12.10.2011
		CN101530333B	31.08.2011
		CN101530334A	16.09.2009
		CN101530334B	13.07.2011
		EP2201896A1	30.06.2010
		US2011125019A1	26.05.2011
		JP2004057653A	26.02.2004
		JP2008136880A	19.06.2008
		JP4221555B2	12.02.2009
		JP4389091B2	24.12.2009
CN1586408A	02.03.2005	CN1313054C	02.05.2007
US2010106018A1	29.04.2010	无	
CN1964670A	16.05.2007	WO2006041050A	20.04.2006
		CN1964670B	15.09.2010
		EP1803404A	04.07.2007
		US2008033295A	07.02.2008
		CN101564309A	28.10.2009
		CN101912275A	15.12.2010
US2009247871A1	01.10.2009	无	

主题的分类:

A61B 8/08 (2006.01) i

G01N 29/07 (2006.01) i