



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102920480 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 22

(21) 申请号 201210486012. 0

(22) 申请日 2012. 11. 26

(73) 专利权人 重庆理工大学

地址 400054 重庆市巴南区李家沱红光大道
69 号

(72) 发明人 崔少国 彭彩碧 黄贤英

(74) 专利代理机构 重庆博凯知识产权代理有限公司 50212

代理人 穆祥维

(51) Int. Cl.

A61B 8/08 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1586408 A, 2005. 03. 02,

CN 102525568 A, 2012. 07. 04,

CN 102626327 A, 2012. 08. 08,

CN 102764141 A, 2012. 11. 07,

CN 101530334 A, 2009. 09. 16,

US 2008/0019609 A1, 2008. 01. 24,

US 2007/0154069 A1, 2007. 07. 05,

崔少国等. 基于先验估计和相关相位的实时

超声弹性成像. 《中国生物医学工程学报》. 2011, 第 30 卷 (第 4 期),

崔少国等. 弹性成像中不同频率子图像
的相关性与频率复合. 《中国生物医学工程学
报》. 2010, 第 29 卷 (第 5 期),Andreas Pesavento 等. A Time-Efficient
and Accurate Strain. 《IEEE transactions on
ultrasonics, ferroelectrics, and frequency
control》. 1999, 第 46 卷 (第 5 期),崔少国等. 使用二维小波收缩法去除弹性成
像蠕虫噪声. 《生物医学工程学报》. 2011, 第
28 卷 (第 3 期),Joel E. Lindop 等. Phase-Based
Ultrasonic Deformation. 《IEEE transactions
on ultrasonics, ferroelectrics, and
frequency control》. 2008, 第 55 卷 (第 1 期),崔少国等. 基于相位的 2D 超声弹性成像形变
估计. 《北京生物医学工程》. 2010, 第 29 卷 (第
6 期),

审查员 田文文

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种超声弹性成像性能增强方法

(57) 摘要

本发明公开了一种超声弹性成像性能增强方法,选择高质量的可靠的相邻已估计位移作为当前窗的初始迭代位移;使用二维相位根搜索位移估计改进算法进行迭代产生位移估计值并计算对应相关系数;使用二维窗位移位置估计改进算法估计位移对应的位置,然后通过线性插值法将位移估计值修正到追踪窗中心点;使用梯度法进行纵向应变估计;对应变估计矩阵进行下采样和灰度映射,扫描转换生成弹性图像。该超声弹性成像性能增强方法可以避免错误位移的传播,减少组织横向运动及信号解相关对轴向位移估计的影响,抑制信号幅度随机波动引起的幅度调制噪声,提高成像品质,增强图像性能,使图像更加连续、平滑、清晰。

$d'_{21,20} = d_{22,19}$... $d_{21,20}(0.92)$	$d'_{22,20} = d_{22,19}$... $d_{22,20}(0.75)$	$d'_{23,20} = d_{23,19}$... $d_{23,20}(0.87)$
$d'_{21,21} = d_{21,20}$... $d_{21,21}(0.85)$	$d'_{22,21} = d_{21,20}$... $d_{22,21}(0.96)$	$d'_{23,21} = d_{23,20}$... $d_{23,21}(0.89)$
$d'_{21,22} = d_{22,21}$... $d_{21,22}(0.81)$	$d'_{22,22} = d_{22,21}$... $d_{22,22}(0.97)$	$d'_{23,22} = d_{22,21}$... $d_{23,22}(0.99)$
$d'_{21,23} = d_{20,22}$... $d_{21,23}(0.91)$	$d'_{22,23} = d_{23,22}$... $d_{22,23}(0.98)$	$d'_{23,23} = d_{23,22}$... $d_{23,23}(0.94)$

1. 一种超声弹性成像性能增强方法,该方法包括如下步骤:

(1)、在准静态压缩组织过程中,超声探头发射超声波,取压缩前后两帧 RF 回波,转换成基带 IQ 信号;

(2)、对压缩前信号,以位移估计点为中心取二维运动追踪窗;

(3)、第一行追踪窗初始迭代位移均设为 0,即 $d_{m,1,0} = 0$,其中下标 m 表示列号,1 表示第一行,0 表示初始迭代;

(4)、使用二维相位根搜索位移估计算法,迭代产生第一行轴向位移估计值,方法如下:

$$d_{m,n,l} = d_{m,n,l-1} + \frac{1}{\omega_0} \arg(e^{j\omega_0 d_{m,n,l-1}} \int_{m\Delta x}^{m\Delta x+X} \left(\int_{n\Delta y}^{n\Delta y+Y} s_{1b}(x,y) s_{2b}^*(x,y+d_{m,n,l-1}) dy \right) dx) \quad (4)$$

上式中: $d_{m,n,1}$ 表示第 m 列第 n 行追踪窗进行 1 次迭代后的位移估计值; X 为侧向窗宽; Y 为轴向窗长; Δx 和 Δy 分别是相邻估计窗之间侧向和轴向的间隔; m,n 表示估计窗的位置下标; s_{1b} 和 s_{2b} 分别表示压缩前和压缩后的基带信号; ω_0 表示中心角频率;* 代表共轭; j 是复信号; $\arg$ 是求反正切操作;

其特征在于,该方法还包括如下步骤:

(5)、计算该位移对应的相关系数 $\rho_{m,n}$,为下一行初始迭代位移选择做准备;使用复相关归一化相关系数法;

$$\rho_{m,n} = \frac{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} S_{1b}(x,y)^* S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})}{\sqrt{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} S_{1b}(x,y)^* S_{1b}(x,y)} \sqrt{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})^* S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})}} \quad (5)$$

上式中: N 是常数,是设定的位移估计迭代次数;其它参数涵义与步骤 (4) 中公式 (4) 的参数涵义相同;

(6)、对于第二行位移估计,先从它相邻上一行中以它为轴左右各取 L 列的 $2L+1$ 个已估计位移中选择相关系数最高对应的位移作为它的初始位移, $0 \leq L \leq 2$, 即:

$$d_{m,2,0} = d_{m+b,1,N} \quad (6)$$

其中: b 满足 $\rho_{m+b,1} = \text{Max}(\rho_{m-L,1}, \rho_{m-L+1,1}, \dots, \rho_{m,1}, \dots, \rho_{m+L-1,1}, \rho_{m+L,1})$, 其中 $0 \leq b \leq L$, $m+b$ 是上一行 $2L+1$ 范围内已估计位移对应相关系数最高的列号, $\text{Max}(\rho_{m-L,1}, \rho_{m-L+1,1}, \dots, \rho_{m,1}, \dots, \rho_{m+L-1,1}, \rho_{m+L,1})$ 表示求最大值函数;

(7)、使用步骤 (4) 中的二维相位根搜索位移估计算法迭代产生第二行轴向位移估计值;

(8)、同第二行轴向位移估计方法一样,估计出第三行到最后一行的轴向位移;

(9)、对于步骤 (3) ~ 步骤 (8) 产生的位移值,使用二维窗位移位置估计改进算法估计其对应的轴向位置;该二维窗位移位置估计改进算法如下:

$$y'_{m,n} = \frac{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x,y,d_{m,n,N})y}{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x,y,d_{m,n,N})} \quad (7)$$

式中, $y'_{m,n}$ 表示第 m 列第 n 行追踪窗对应位移的轴向位置坐标, Δx 和 Δy 分别是侧向和轴向相邻追踪窗之间的间隔, X 和 Y 分别是追踪窗的侧向窗宽和轴向窗长, $d_{m,n,N}$ 是追踪窗的轴向位移, $W(x,y,d_{m,n,N})$ 是权值, $W(x,y,d_{m,n,N}) = |S_{1b}(x,y)| |S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})|$, 其中 $|S_{1b}(x,y)|$ 和 $|S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})|$ 分别是压缩前和压缩后信号的包络;

(10)、根据位移位置估计, 使用线性插值法将位移估计值修正到追踪窗中心点, 方法如下:

$$\text{当 } y'_{m,n} < y_{m,n} \text{ 时, } d'_{m,n} = d_{m,n,N} + \frac{d_{m,n+1,N} - d_{m,n,N}}{y_{m,n+1} - y_{m,n}} (y_{m,n} - y'_{m,n}) \quad (8)$$

$$\text{当 } y'_{m,n} > y_{m,n} \text{ 时, } d'_{m,n} = d_{m,n-1,N} + \frac{d_{m,n,N} - d_{m,n-1,N}}{y_{m,n} - y_{m,n-1}} (y_{m,n} - y'_{m,n-1}) \quad (9)$$

上式中, $d'_{m,n}$ 表示第 m 列第 n 行追踪窗修正后的位移, $d_{m,n,N}$ 表示该窗由步骤 (4) 得到修正前的位移, $y'_{m,n}$ 是位移 $d_{m,n}$ 对应的轴向位置坐标, $y_{m,n}$ 是追踪窗中心点的纵坐标;

(11)、使用梯度法进行纵向应变估计;

(12)、对应变估计矩阵进行下采样和灰度映射, 扫描转换生成弹性图像。

一种超声弹性成像性能增强方法

技术领域

[0001] 本发明属于医学超声弹性成像技术领域,具体涉及一种超声弹性成像性能增强方法,主要包括位移估计及位移修正技术。

背景技术

[0002] 超声 (Ultrasound) 弹性成像 (Strain Imaging) 是医学超声成像的新模式,主要是利用超声对组织力学特性参数进行检测并进行成像。当人体组织发生病变时,通常表现为其力学参数发生改变。如乳腺癌、前列腺癌和肝纤维化等疾病发生时,其对应的弹性模量(硬度)发生改变。弹性成像为临床上多种疾病尤其肿瘤的检测与诊断提供重要手段。

[0003] 准静态压缩法是超声弹性成像常用的成像方法,该方法通过对组织施加静态或准静态激励,然后通过对组织压缩前后回波信号(/或图像)分析估计出组织的位移(Displacement)分布;再然后通过对位移分布进行梯度操作产生组织内部的应变(Strain)分布。在相同应力下,组织的不同应变反映了组织的弹性(硬度)信息,将应变分布映射成灰度图像就是反映组织弹性特征的弹性图像。

[0004] 位移估计和应变估计是弹性成像过程的两大核心环节,算法的特性直接影响成像质量。相位根搜索(Phase Root Seeking)法是弹性成像位移估计常采用的算法之一,该算法简单高效且具有较高的实时性。其基本原理:对压缩前的一维估计窗,在压缩后信号中使用牛顿迭代法搜索与之互相关函数的相位过零点的信号窗,两信号窗的时移即为所求位移。第一行估计窗初始迭代位移设为0,其它各行的初始迭代位移使用同一列上一个已估计位移。

[0005] 该算法在实际应用中存在以下缺陷:(1)会出现错误位移传播。该算法将扫描线上上一个已估计位移作为当前追踪窗的初始迭代位移,如果上一个位移恰好是错误的,这个错误位移将会继续向下传播,尤其当对复杂组织成像或帧间应变较大时该现象较明显;(2)当组织存在横向运动时,图像出现横向不连续性。算法使用一维信号窗进行轴向位移估计,如果在压缩时组织产生横向运动(这在准静态压缩超声弹性成像中常会发生),压缩前后信号解相关增强,一维窗进行轴向位移估计时常出现图像不连续性,严重时会产生条纹状弹性图像。

[0006] 弹性成像中应变估计通常采用梯度法,通过对位移场进行轴向梯度操作产生轴向应变场。该方法的原理是基于位移估计值是追踪窗中心点位移的假设。实际上相位根搜索位移估计法由于受信号幅度随机波动的影响,该算法产生的位移估计值并不是窗中心点的真正位移。此时仍以传统梯度法进行应变估计将产生显著的幅度调制噪声。

发明内容

[0007] 针对现有技术中存在的上述不足,本发明提供了一种主要为了避免错误位移传播和产生更高精度位移估计和应变估计值,从而提高弹性质量,获得高品质弹性图像的超声弹性成像性能增强方法。

[0008] 为了解决上述技术问题,本发明采用了如下技术方案:

[0009] 一种超声弹性成像性能增强方法,该方法包括如下步骤:

[0010] (1)、在准静态压缩组织过程中,超声探头发射超声波,取压缩前后两帧 RF 回波,转换成基带 IQ 信号;

[0011] (2)、对压缩前信号,以位移估计点为中心取二维运动追踪窗;

[0012] (3)、第一行追踪窗初始迭代位移均设为 0,即 $d_{m,1,0} = 0$,其中下标 m 表示列号,1 表示第一行,0 表示初始迭代(第 0 次);

[0013] (4)、使用二维相位根搜索位移估计算法,迭代产生第一行轴向位移估计值,方法如下:

[0014]

$$d_{m,n,l} = d_{m,n,l-1} + \frac{1}{\omega_0} \arg(e^{j\omega_0 d_{m,n,l-1}} \int_{m\Delta x}^{m\Delta x+X} \left(\int_{n\Delta y}^{n\Delta y+Y} s_{1b}(x,y) s_{2b}^*(x,y+d_{m,n,l-1}) dy \right) dx)$$

④

[0015] 上式中: $d_{m,n,1}$ 表示第 m 列第 n 行追踪窗进行 1 次迭代后的位移估计值; X 为侧向窗宽; Y 为轴向窗长; Δx 和 Δy 分别是相邻估计窗之间侧向和轴向的间隔; m, n 表示估计窗的位置下标; S_{1b} 和 S_{2b} 分别表示压缩前和压缩后的基带信号; ω_0 表示中心角频率;*代表共轭; j 是复信号; $\arg$ 是求反正切操作;

[0016] (5)、计算该位移对应的相关系数 $\rho_{m,n}$,为下一行初始迭代位移选择做准备;使用复相关归一化相关系数法;

[0017]

$$\rho_{m,n} = \frac{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} S_{1b}(x,y)^* S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})}{\sqrt{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} S_{1b}(x,y)^* S_{1b}(x,y)} \sqrt{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})^* S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})}}$$

⑤

[0018] 上式中: N 是常数,是设定的位移估计迭代次数;其它参数涵义与步骤(4)中公式④的参数涵义相同;

[0019] (6)、对于第二行位移估计,先从它相邻上一行中以它轴左右各取 L 列的 $2L+1$ 个已估计位移中选择相关系数最高对应的位移作为它的初始位移, $0 \leq L \leq 2$,即:

$$d_{m,2,0} = d_{m+b,1,N} \quad \text{⑥}$$

[0021] 其中: b 满足 $\rho_{m+b,1} = \text{Max}(\rho_{m-L,1}, \rho_{m-L+1,1}, \dots, \rho_{m,1}, \dots, \rho_{m+L-1,1}, \rho_{m+L,1})$,其中 $0 \leq b \leq L$, $m+b$ 是上一行 $2L+1$ 范围内已估计位移对应相关系数最高的列号, $\text{Max}(\rho_{m-L,1}, \rho_{m-L+1,1}, \dots, \rho_{m,1}, \dots, \rho_{m+L-1,1}, \rho_{m+L,1})$ 表示求最大值函数;

[0022] (7)、使用步骤(4)中的二维相位根搜索位移估计算法迭代产生第二行轴向位移估计值;

[0023] (8)、同第二行轴向位移估计方法一样,估计出第三行到最后一行的轴向位移;

[0024] (9)、对于步骤(3)~步骤(8)产生的位移值,使用二维窗位移位置估计改进算法估计其对应的轴向位置;该二维窗位移位置估计改进算法如下:

$$[0025] \quad y'_{m,n} = \frac{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x,y,d_{m,n,N}) y}{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x,y,d_{m,n,N})} \quad (7)$$

[0026] 式中, $y'_{m,n}$ 表示第 m 列第 n 行追踪窗对应位移的轴向位置坐标, Δx 和 Δy 分别是侧向和轴向相邻追踪窗之间的间隔, X 和 Y 分别是追踪窗的侧向窗宽和轴向窗长, $d_{m,n,N}$ 是追踪窗的轴向位移, $W(x,y,d_{m,n,N})$ 是权值, $W(x,y,d_{m,n,N}) = |S_{1b}(x,y)| |S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})|$, 其中 $|S_{1b}(x,y)|$ 和 $|S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})|$ 分别是压缩前和压缩后信号的包络;

[0027] (10)、根据位移位置估计, 使用线性插值法将位移估计值修正到追踪窗中心点, 方法如下:

$$[0028] \quad \text{当 } y'_{m,n} < y_{m,n} \text{ 时, } d'_{m,n} = d_{m,n,N} + \frac{d_{m,n+1,N} - d_{m,n,N}}{y_{m,n+1} - y_{m,n}} (y_{m,n} - y'_{m,n}) \quad (8)$$

$$[0029] \quad \text{当 } y'_{m,n} > y_{m,n} \text{ 时, } d'_{m,n} = d_{m,n-1,N} + \frac{d_{m,n,N} - d_{m,n-1,N}}{y_{m,n} - y_{m,n-1}} (y_{m,n} - y'_{m,n-1}) \quad (9)$$

[0030] 上式中, $d'_{m,n}$ 表示第 m 列第 n 行追踪窗修正后的位移, $d_{m,n,N}$ 表示该窗修正前的位移 (步骤 (4) 得到的位移), $y'_{m,n}$ 是位移 $d_{m,n}$ 对应的轴向位置坐标, $y_{m,n}$ 是追踪窗中心点的纵坐标;

[0031] (11)、使用梯度法进行纵向应变估计;

[0032] (12)、对应变估计矩阵进行下采样和灰度映射, 扫描转换生成弹性图像。

[0033] 本发明的有益效果是: 初始迭代位移选择方法的基本思想是选择上一行与当前位置相邻的已估计位移中质量最高的位移作为其初始迭代位移, 此方法可以有效避免错误位移传播。基于二维信号窗的轴向位移估计方法可以减少组织横向运动及信号解相关对位移估计的影响, 使图像更加连续平滑。基于位移位置估计的位移修正方法的基本思想是使用位移位置估计将已估计的位移使用插值法修正到追踪窗中心点, 可以抑制信号幅度随机波动引起的弹性图像噪声, 提高成像品质, 增强超声弹性成像性能。

附图说明

[0034] 图 1 为初始迭代位移选择方法示意图。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步说明。

[0036] 一种超声弹性成像性能增强方法, 该方法包括如下步骤:

[0037] (1)、在准静态压缩组织过程中, 超声探头发射超声波, 取压缩前后两帧 RF 回波, 转换成基带 IQ 信号;

[0038] (2)、对压缩前信号, 以位移估计点为中心取二维运动追踪窗;

[0039] (3)、第一行追踪窗初始迭代位移均设为 0, 即 $d_{m,1,0} = 0$, 其中下标 m 表示列号, 1 表示第一行, 0 表示初始迭代 (第 0 次);

[0040] (4)、使用二维相位根搜索位移估计算法, 迭代产生第一行轴向位移估计值, 方法

如下：

[0041]

$$d_{m,n,l} = d_{m,n,l-1} + \frac{1}{\omega_0} \arg(e^{j\omega_0 d_{m,n,l-1}} \int_{m\Delta x}^{m\Delta x+X} \left(\int_{n\Delta y}^{n\Delta y+Y} s_{1b}(x,y) s_{2b}^*(x,y+d_{m,n,l-1}) dy \right) dx)$$

④

[0042] 上式中： $d_{m,n,l}$ 表示第 m 列第 n 行追踪窗进行 l 次迭代后的位移估计值； X 为侧向窗宽； Y 为轴向窗长； Δx 和 Δy 分别是相邻估计窗之间侧向和轴向的间隔； m, n 表示估计窗的位置下标； S_{1b} 和 S_{2b} 分别表示压缩前和压缩后的基带信号； ω_0 表示中心角频率； $*$ 代表共轭； j 是复信号； $\arg$ 是求反正切操作；

[0043] (5)、计算该位移对应的相关系数 $\rho_{m,n}$ ，为下一行初始迭代位移选择做准备；使用复相关归一化相关系数法；

[0044]

$$\rho_{m,n} = \frac{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} S_{1b}(x,y)^* S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})}{\sqrt{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} S_{1b}(x,y)^* S_{1b}(x,y)} \sqrt{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})^* S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})}}$$

⑤

[0045] 上式中： N 是常数，是设定的位移估计迭代次数；其它参数涵义与步骤 (4) 中公式④的参数涵义相同；

[0046] (6)、对于第二行位移估计，先从它相邻上一行中以它轴左右各取 L 列的 $2L+1$ 个已估计位移中选择相关系数最高对应的位移作为它的初始位移， $0 \leq L \leq 2$ ，即：

$$d_{m,2,0} = d_{m+b,1,N} \quad \text{⑥}$$

[0048] 其中： b 满足 $\rho_{m+b,1} = \text{Max}(\rho_{m-L,1}, \rho_{m-L+1,1}, \dots, \rho_{m,1}, \dots, \rho_{m+L-1,1}, \rho_{m+L,1})$ ，其中 $0 \leq b \leq L$ ， $m+b$ 是上一行 $2L+1$ 范围内已估计位移对应相关系数最高的列号， $\text{Max}(\rho_{m-L,1}, \rho_{m-L+1,1}, \dots, \rho_{m,1}, \dots, \rho_{m+L-1,1}, \rho_{m+L,1})$ 表示求最大值函数；

[0049] (7)、使用步骤 (4) 中的二维相位根搜索位移估计算法迭代产生第二行轴向位移估计值；

[0050] (8)、同第二行轴向位移估计方法一样，估计出第三行到最后一行的轴向位移；

[0051] (9)、对于步骤 (3) ~ 步骤 (8) 产生的位移值，使用二维窗位移位置估计改进算法估计其对应的轴向位置；该二维窗位移位置估计改进算法如下：

$$y'_{m,n} = \frac{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x,y,d_{m,n,N}) y}{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x,y,d_{m,n,N})} \quad \text{⑦}$$

[0053] 式中， $y'_{m,n}$ 表示第 m 列第 n 行追踪窗对应位移的轴向位置坐标， Δx 和 Δy 分别是侧向和轴向相邻追踪窗之间的间隔， X 和 Y 分别是追踪窗的侧向窗宽和轴向窗长， $d_{m,n,N}$ 是追踪窗的轴向位移， $W(x,y,d_{m,n,N})$ 是权值， $W(x,y,d_{m,n,N}) = |S_{1b}(x,y)| |S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})|$ ，其中 $|S_{1b}(x,y)|$ 和 $|S_{2b}(x,y+d_{m,n,N})|$ 分别是压缩前和压缩后信号的包络；

[0054] (10)、根据位移位置估计，使用线性插值法将位移估计值修正到追踪窗中心点，方

法如下：

$$[0055] \quad \text{当 } y'_{m,n} < y_{m,n} \text{ 时, } d'_{m,n} = d_{m,n,N} + \frac{d_{m,n+1,N} - d_{m,n,N}}{y'_{m,n+1} - y'_{m,n}} (y_{m,n} - y'_{m,n}) \quad (8)$$

$$[0056] \quad \text{当 } y'_{m,n} > y_{m,n} \text{ 时, } d'_{m,n} = d_{m,n-1,N} + \frac{d_{m,n,N} - d_{m,n-1,N}}{y'_{m,n} - y'_{m,n-1}} (y_{m,n} - y'_{m,n-1}) \quad (9)$$

[0057] 上式中, $d'_{m,n}$ 表示第 m 列第 n 行追踪窗修正后的位移, $d_{m,n,N}$ 表示该窗修正前的位移 (步骤 (4) 得到的位移), $y'_{m,n}$ 是位移 $d_{m,n}$ 对应的轴向位置坐标, $y_{m,n}$ 是追踪窗中心点的纵坐标；

[0058] (11)、使用梯度法进行纵向应变估计；

[0059] (12)、对应变估计矩阵进行下采样和灰度映射, 扫描转换生成弹性图像。

[0060] 图 1 为初始迭代位移选择方法示意图, 图中 d' 表示初始迭代位移, d 表示使用 d' 作为初始迭代位移估计出来的位移 (根据步骤 (4)), 下标表示追踪窗所在位置坐标, d 后面括号里的数值表示该位移对应的相关系数 (根据步骤 (5))。空心箭头表示初始位移的来源, 实心箭头表示位移估计方向。以图 1 中第 4 行第 2 列方格为例, 当前预求第 22 列 23 行追踪窗的位移, 而上一行已估计的 3 个相邻位移 (这里 $L = 1$) $d_{21,22}$ 、 $d_{22,22}$ 和 $d_{23,22}$ 中, 右上侧窗 (第 23 列 22 行) 对应位移 $d_{23,22}$ 有最大相关系数 0.99, 因此使用该位移作为当前窗 (第 22 列 23 行) 的初始迭代位移, 即: $d'_{22,23} = d_{23,22}$ 。然后使用步骤 (4) 进行迭代产生最终的位移 $d_{22,23}$ (0.98)。括号里 0.98 表示该位移对应的相关系数为 0.98, 使用步骤 (5) 计算得到。

[0061] 通过本发明的方法产生的弹性图像, 可以有效避免错误位移传播, 减少横向运动对位移估计的影响以及抑制弹性成像幅度调制噪声, 可显著提高成像品质, 增强超声弹性成像性能。

[0062] 最后说明的是, 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制, 尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明, 本领域的普通技术人员应当理解, 可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换, 而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围, 其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

$d'_{21,20} = d_{22,19}$ $\dots d_{21,20}(0.92)$	$d'_{22,20} = d_{22,19}$ $\dots d_{22,20}(0.75)$	$d'_{23,20} = d_{23,19}$ $\dots d_{23,20}(0.87)$
$d'_{21,21} = d_{21,20}$ $\dots d_{21,21}(0.85)$	$d'_{22,21} = d_{21,20}$ $\dots d_{22,21}(0.96)$	$d'_{23,21} = d_{23,20}$ $\dots d_{23,21}(0.89)$
$d'_{21,22} = d_{22,21}$ $\dots d_{21,22}(0.81)$	$d'_{22,22} = d_{22,21}$ $\dots d_{22,22}(0.97)$	$d'_{23,22} = d_{22,21}$ $\dots d_{23,22}(0.99)$
$d'_{21,23} = d_{20,22}$ $\dots d_{21,23}(0.91)$	$d'_{22,23} = d_{23,22}$ $\dots d_{22,23}(0.98)$	$d'_{23,23} = d_{23,22}$ $\dots d_{23,23}(0.94)$

图 1

专利名称(译)	一种超声弹性成像性能增强方法		
公开(公告)号	CN102920480B	公开(公告)日	2014-10-22
申请号	CN201210486012.0	申请日	2012-11-26
[标]申请(专利权)人(译)	重庆理工大学		
申请(专利权)人(译)	重庆理工大学		
当前申请(专利权)人(译)	重庆理工大学		
[标]发明人	崔少国 彭彩碧 黄贤英		
发明人	崔少国 彭彩碧 黄贤英		
IPC分类号	A61B8/08		
审查员(译)	田文文		
其他公开文献	CN102920480A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种超声弹性成像性能增强方法，选择高质量的可靠的相邻已估计位移作为当前窗的初始迭代位移；使用二维相位根搜索位移估计改进算法进行迭代产生位移估计值并计算对应相关系数；使用二维窗位移位置估计改进算法估计位移对应的位置，然后通过线性插值法将位移估计值修正到追踪窗中心点；使用梯度法进行纵向应变估计；对应应变估计矩阵进行下采样和灰度映射，扫描转换生成弹性图像。该超声弹性成像性能增强方法可以避免错误位移的传播，减少组织横向运动及信号解相关对轴向位移估计的影响，抑制信号幅度随机波动引起的幅度调制噪声，提高成像品质，增强图像性能，使图像更加连续、平滑、清晰。

