



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102920482 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 13

(21) 申请号 201210486119. 5

(22) 申请日 2012. 11. 26

(71) 申请人 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 黄贤英 彭彩碧 张金鹏

(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 8/00 (2006. 01)

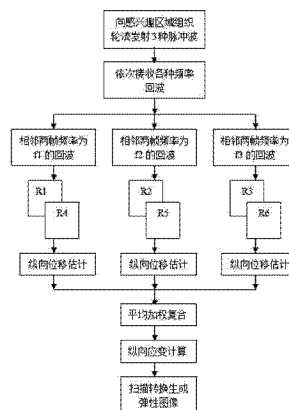
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

多频率轮流发射实时超声弹性成像方法

(57) 摘要

本发明公开了一种多频率轮流发射实时超声弹性成像方法,步骤为:(1)徒手挤压组织过程中,超声波探头轮流发射 N 种频率超声波;(2)取相邻的同一频率回波使用二维加权相位分离算法进行位移估计;(3)将连续 N 帧不同频率位移图像进行平均加权产生复合位移图像;(4)将复合后的位移图像进行梯度操作产生应变图像;(5)将应变图像进行下采样并进行灰度映射,扫描转换成弹性图像。该方法使用不同发射频率产生不同噪声模式的位移图像,通过位移图像的复合,减小位移估计误差,抑制由散斑噪声引起的弹性成像伪像噪声。复合图像产生的弹性图像比复合前任一频率子位移图像产生的弹性图像具有更高信噪比,从而提高了弹性成像的性能与品质。



1. 多频率轮流发射实时超声弹性成像方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

(1)、在徒手挤压组织过程中,超声波探头轮流发射 N 种不同频率超声波;

(2)、在依次聚焦的回波中,取相邻的同一频率回波使用如下的二维加权相位分离算法进行位移估计,进而产生位移图像;

$$d(m,n)_{k+1} = d(m,n)_k + \frac{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x,y)(\phi_g(x,y+d(m,n)_k) - \phi_f(x,y))}{\omega_0 \sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x,y)}$$

上式中: $d(m,n)_k$ 为第 m 列轴向第 n 个估计窗的位移, k 为迭代次数, X 为侧向窗宽, Y 为轴向窗长, Δx 和 Δy 分别是侧向和轴向相邻估计窗之间的间隔, ϕ_g 为压缩后信号的相位角, ϕ_f 为压缩前信号的相位角, ω_0 为中心角频率, $W(x,y)$ 是权值, $W(x,y) = W_A(x,y)W_P(x,y)$, 其中 $W_A(x,y) = f(x,y)g(x,y+d(m,n)_k)$, $f(x,y)$ 和 $g(x,y+d(m,n)_k)$ 分别表示压缩前与压缩后信号的包络,

$$W_P(x,y) = \left| \frac{\pi - |\phi_g(x,y+d(m,n)_k) - \phi_f(x,y)|}{\pi} \right|^r, r \text{ 是相位解权因子};$$

(3)、将连续 N 帧不同频率位移图像进行平均加权产生复合位移图像;

(4)、将复合后的位移图像进行梯度操作产生应变图像;

(5)、将应变图像进行下采样并进行灰度映射,扫描转换成可在监视器上显示的弹性图像。

2. 根据权利要求 1 所述的多频率轮流发射实时超声弹性成像方法,其特征在于:还包括基于帧内平均位移值大小的操作状态显示及反馈方法的步骤,该操作状态显示及反馈方法的步骤包括如下子步骤:

(1)、求帧内位移平均值 d :取权利要求 1 步骤(2)产生的最近时刻位移图像,计算该图像的平均值:

$$d = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N d(m,n)$$

其中, M 和 N 是位移图像的维数;

(2)、根据位移均值的正负性确定组织运动方向,并将位移的大小映射成压力大小;

(3)、设计带刻度和指示方向的界面显示操作状态。

多频率轮流发射实时超声弹性成像方法

技术领域

[0001] 本发明属于医学成像的超声弹性成像技术领域,具体涉及一种多频率轮流发射实时超声弹性成像方法,主要用于但不限于徒手压缩乳腺超声弹性成像领域,主要涉及技术包括医学超声信号处理与数字图像处理。

背景技术

[0002] 超声(Ultrasound)弹性成像(Strain Imaging)利用超声波探测人体组织的相对硬度信息,是一种经济、无损、方便、快捷的新型医学成像模式。该成像方法已成为疾病早期筛查、准确诊断、精确治疗和预后评估的重要方法之一,尤其对肿瘤的早期检测具有重要意义。该成像方法通常为:对组织施加静态或准静态激励,通过对组织压缩前后回波信号分析,估计出组织在激励状态下的位移(Displacement)分布,然后通过梯度操作产生组织内部的应变(Strain)分布,将应变值映射成灰度图像显示出来。

[0003] 以“现代女性头号杀手”的乳腺癌为例,虽然危害巨大,但只要在早期确诊,治愈率就可达90%以上。以前,乳腺癌诊断主要依据的手段是触诊、乳房X线照片和病理切片。然而,触摸到硬块时可能已是中晚期,乳房X线和病理切片具有辐射和损伤性。超声弹性成像因其具有安全、无损和方便等优良特性,已成为乳腺癌早期检测的重要手段。

[0004] 乳腺超声弹性成像通常采用徒手压缩准静态方式,该方式采用手持超声探头挤压乳腺进行检查与成像。当前该成像技术存在以下缺陷与不足:

1、乳腺组织结构的复杂性致使回波信号幅度随机波动剧烈,由于受信号幅度波动影响基于一维窗的加权相位分离位移估计算法所产生的位移将存在较大误差,这种误差使弹性图像产生较强噪声,严重影响了图像质量和医生诊断。现有去噪方法与技术对此种噪声去噪效果不明显,在保持病灶区域边界清晰的情况下很难取得理想的去噪效果。

[0005] 2、徒手压缩成像时,乳腺组织存在一定的横向运动,使用一维窗在一条扫描线上进行位移估计会产生明显的误差,甚至产生错误位移传播。这些误差或错误的存在使图像噪声进一步增大,严重时会使图像左右不连续,使最终图像产生“纵向条纹”。

[0006] 3、徒手压缩弹性成像对医师的操作方法与水准要求较高,然而现有弹性成像方法通常没有操作状态显示及反馈模块。徒手压缩成像过程中需要知道当前组织运动方向和大小,并将该信息反馈给操作医师;操作医师根据反馈信息及时调整操作状态,以获得更加清晰精准的弹性图像。

发明内容

[0007] 针对现有技术中存在的上述不足,本发明提供了一种多频率轮流发射实时超声弹性成像方法。该方法既可以降低图像噪声,提高图像信噪比;又可以减小组织横向运动对轴向应变估计的影响,产生更加精确的位移估计,从而消除图像不连续现象。

[0008] 为了解决上述技术问题,本发明采用了如下技术方案:

多频率轮流发射实时超声弹性成像方法,该方法包括如下步骤:

(1)、在徒手挤压组织过程中,超声波探头轮流发射 N 种不同频率超声波;

(2)、在依次聚焦的回波中,取相邻的同一频率回波使用如下的二维加权相位分离算法进行位移估计,进而产生位移图像;

$$d(m, n)_{k+1} = d(m, n)_k + \frac{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x, y)(\phi_g(x, y + d(m, n)_k) - \phi_f(x, y))}{\omega_0 \sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x, y)}$$

上式中: $d(m, n)_k$ 为第 m 列轴向第 n 个估计窗的位移, k 为迭代次数, X 为窗宽, Y 为窗长, Δx 和 Δy 分别是侧向和轴向相邻估计窗之间的间隔, ϕ_g 为压缩后信号的相位角, ϕ_f 为压缩前信号的相位角, ω_0 为中心角频率, $W(x, y)$ 是权值, $W(x, y) = W_A(x, y)W_P(x, y)$, 其中 $W_A(x, y) = f(x, y)g(x, y + d(m, n)_k)$, $f(x, y)$ 和 $g(x, y + d(m, n)_k)$ 分别表示压缩前

与压缩后信号的包络, $W_P(x, y) = \left| \frac{\pi - |\phi_g(x, y + d(m, n)_k) - \phi_f(x, y)|}{\pi} \right|^r$, r 是相位解权因子;

(3)、将连续 N 帧不同频率位移图像进行平均加权产生复合位移图像;

(4)、将复合后的位移图像进行梯度操作产生应变图像;

(5)、将应变图像进行下采样并进行灰度映射,扫描转换成可在监视器上显示的弹性图像。

[0009] 作为本发明的一种优选方案,还包括基于帧内平均位移值大小的操作状态显示及反馈方法的步骤,该操作状态显示及反馈方法的步骤包括如下子步骤:

(1)、求帧内位移平均值 d :取权利要求 1 步骤(2)产生的最近时刻位移图像,计算该图像的平均值:

$$d = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N d(m, n)$$

其中, M 和 N 是位移图像的维数;

(2)、根据位移均值的正负性确定组织运动方向,并将位移的大小映射成压力大小;

(3)、设计带刻度和指示方向的界面显示操作状态。

[0010] 与现有技术相比,本发明的多频率轮流发射实时超声弹性成像方法具有以下优点:

1、该方法使用不同发射频率可以产生不同噪声模式的位移图像,通过位移图像的复合,减小位移估计误差,抑制由散斑噪声引起的弹性成像伪像噪声。复合图像产生的弹性图像比复合前任一频率子位移图像产生的弹性图像具有更高信噪比,从而提高了弹性成像和性能与品质。

[0011] 2、基于二维窗的加权相位分离位移估计改进算法可以减小组织横向运动对轴向应变估计的影响,产生更加精确的位移估计,抑制错误位移传播,从而避免横向不连续的条

纹状弹性图像的出现；

3、通过对帧内位移求均值，根据均值的正负性和大小对操作状态进行显示和反馈，辅助医师进行操作，提高徒手压缩弹性成像的效率与质量。

附图说明

[0012] 图 1 为多频率轮流发射实时超声弹性成像平均加权复合示意图；

图 2 为多频率回波队列处理与成像示意图；

图 3 为操作状态信息反馈界面设计示意图。

具体实施方式

[0013] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步说明。

[0014] 多频率轮流发射实时超声弹性成像方法，该方法包括如下步骤：

(1)、在徒手挤压组织过程中，超声波探头轮流发射 N 种不同频率超声波，频率在 3MHz ~ 9MHz 内；

(2)、在依次聚焦的回波中，取相邻的同一频率回波使用如下的二维加权相位分离算法进行位移估计，进而产生位移图像；

$$d(m, n)_{k+1} = d(m, n)_k + \frac{\sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x, y)(\phi_g(x, y + d(m, n)_k) - \phi_f(x, y))}{\omega_0 \sum_{x=m\Delta x}^{m\Delta x+X} \sum_{y=n\Delta y}^{n\Delta y+Y} W(x, y)}$$

上式中： $d(m, n)_k$ 为第 m 列轴向第 n 个估计窗的位移， k 为迭代次数， X 为窗宽， Y 为窗长， Δx 和 Δy 分别是侧向和轴向相邻估计窗之间的间隔， ϕ_g 为压缩后信号的相位角， ϕ_f 为压缩前信号的相位角， ω_0 为中心角频率， $W(x, y)$ 是权值， $W(x, y) = W_A(x, y)W_P(x, y)$ ，其中 $W_A(x, y) = f(x, y)g(x, y + d(m, n)_k)$ ， $f(x, y)$ 和 $g(x, y + d(m, n)_k)$ 分别表示压缩前

与压缩后信号的包络， $W_P(x, y) = \left| \frac{\pi - |\phi_g(x, y + d(m, n)_k) - \phi_f(x, y)|}{\pi} \right|^r$ ， r 是相位解权因子；

子；

(3)、将连续 N 帧不同频率位移图像进行平均加权产生复合位移图像；

(4)、将复合后的位移图像进行梯度操作产生应变图像；

(5)、将应变图像进行下采样并进行灰度映射，扫描转换成可在监视器上显示的弹性图像。

[0015] 下面以 3.5MHz、5MHz 和 7.5MHz 三种频率为例，三种频率分别用 f1, f2, f3 表示，并结合图 1 和图 2 做具体说明。

[0016] (1) 多频率发射与接收：超声波探头轮流发射三种频率信号帧：T1(f1)，T2(f2)，T3(f3)，T4(f1)，T5(f2)，T6(f3)，T7(f1)，...，接收背向散射回波信号帧依次为：R1(f1)，R2(f2)，R3(f3)，R4(f1)，R5(f2)，R6(f3)，R7(f1)，...。

[0017] (2) 使用基于二维窗的加权相位分离改进算法(如上述步骤(2)中的公式)产生

子位移图像。取 $R1(f1)$ 和 $R4(f1)$ 同频率的两帧回波信号,将 $R1$ 做为压缩前信号 $f(x,y)$, $R4$ 做为压缩后信号 $g(x,y)$,使用上述步骤(2)中的公式进行位移估计产生子位移图像 $d1(f1)$;同理,取 $R2(f2)$ 和 $R5(f2)$ 产生子位移图像 $d2(f2)$,取 $R3(f3)$ 和 $R6(f3)$ 产生子位移图像 $d3(f3)$,取 $R4(f1)$ 和 $R7(f1)$ 产生子位移图像 $d4(f1)$, $\dots$ 。这样将产生子位移图像序列: $d1(f1), d2(f2), d3(f3), d4(f1), d5(f2), d6(f3), d7(f1), \dots$ 。

[0018] (3)将连续三个不同频率子位移图像平均加权复合产生复合位移图像。即 $d1(f1)$ 、 $d2(f2)$ 和 $d3(f3)$ 复合产生第 1 时刻的位移图像 I_1 , $d2(f2)$ 、 $d3(f3)$ 和 $d4(f1)$ 复合产生第 2 时刻的位移图像 I_2 , $d3(f3)$ 、 $d4(f1)$ 和 $d5(f2)$ 用来复合产生第 3 时刻的位移图像 I_3 ,依此类推。即:

$$I_1 = [d1(f1) + d2(f2) + d3(f3)]/3,$$

$$I_2 = [d2(f2) + d3(f3) + d4(f1)]/3,$$

$$I_3 = [d3(f3) + d4(f1) + d5(f2)]/3,$$

$\dots\dots$ 。

[0019] (4)对复合位移图像 $I_1, I_2, I_3, \dots$ 进行梯度操作依次产生应变图像序列: $S_1, S_2, S_3, \dots$ 。

[0020] (5)将各应变图像进行下采样和灰度映射,扫描转换成适合于显示器显示的弹性图像序列。

[0021] 多频率轮流发射实时超声弹性成像方法,该方法还包括基于帧内平均位移值大小的操作状态显示及反馈方法的步骤,该操作状态显示及反馈方法的步骤包括如下子步骤:

(1)、求帧内位移平均值 d :取权利要求 1 步骤(2)产生的最近时刻位移图像,计算该图像的平均值:

$$d = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N d(m,n)$$

其中, M 和 N 是位移图像的维数。

[0022] (2)、根据 d 值的正负号确定组织运动状态(是压缩还是释放),如果为正,组织向上运动,即处于压缩状态;如果为负,则组织向下运动,即处于释放状态。将位移的大小映射成压力大小。

[0023] (3)、设计带刻度和指示方向的界面显示操作状态。图 3 为操作状态信息反馈界面设计示意图,左则显示的是弹性图像,右则显示的是操作状态显示器。将位移平均值的绝对值 $|d|$ 显示在刻度指示条上, $0 - Max$ 表示徒手压缩频率复合乳腺弹性成像允许的压力范围, Max 为最大允许的压力。位移均值 d 如果为正,组织处于压缩态,向下箭头亮起;如果为负,组织处于释放态,向上箭头亮起。

[0024] 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。

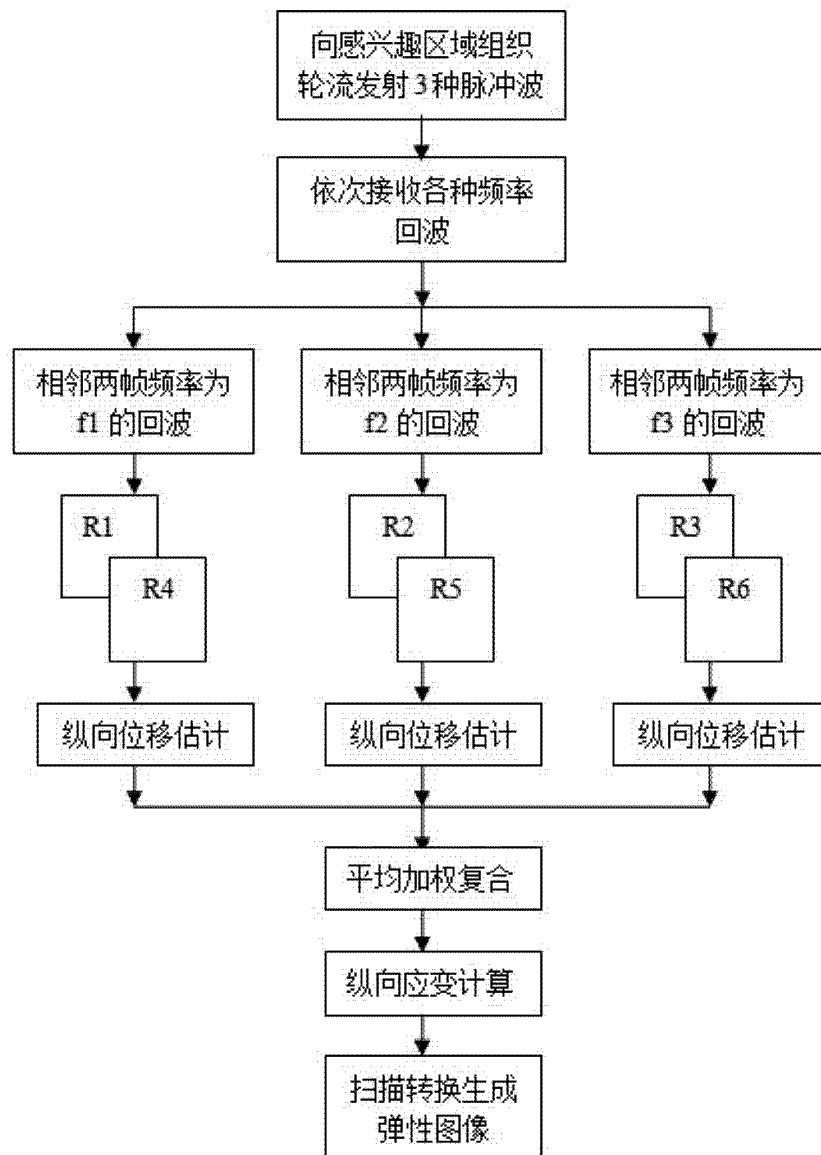


图 1

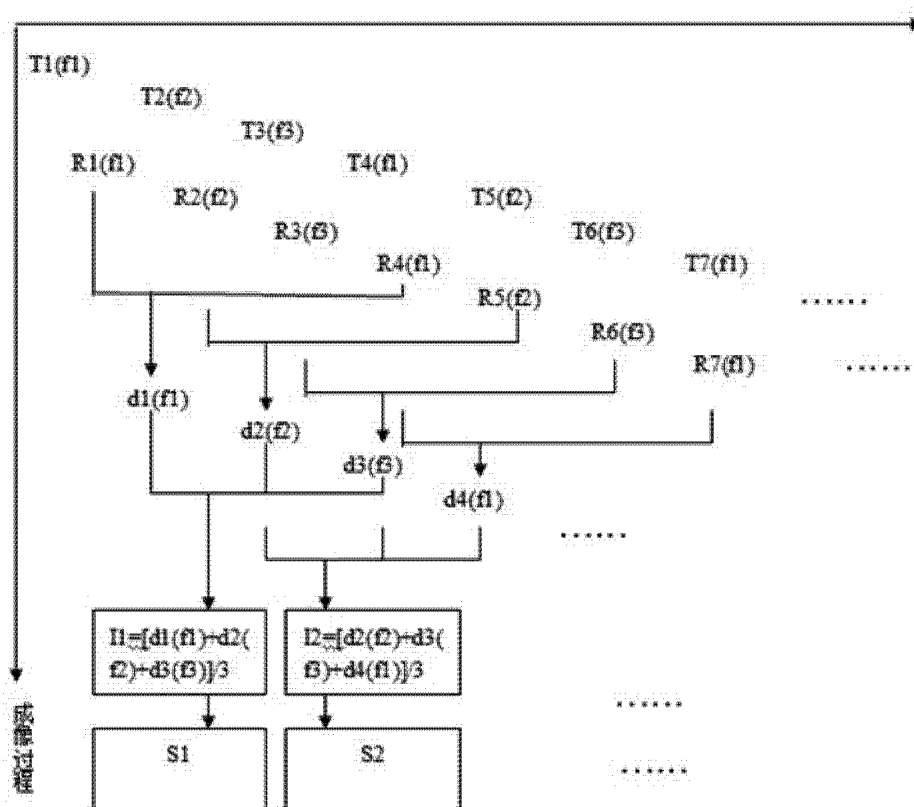


图 2

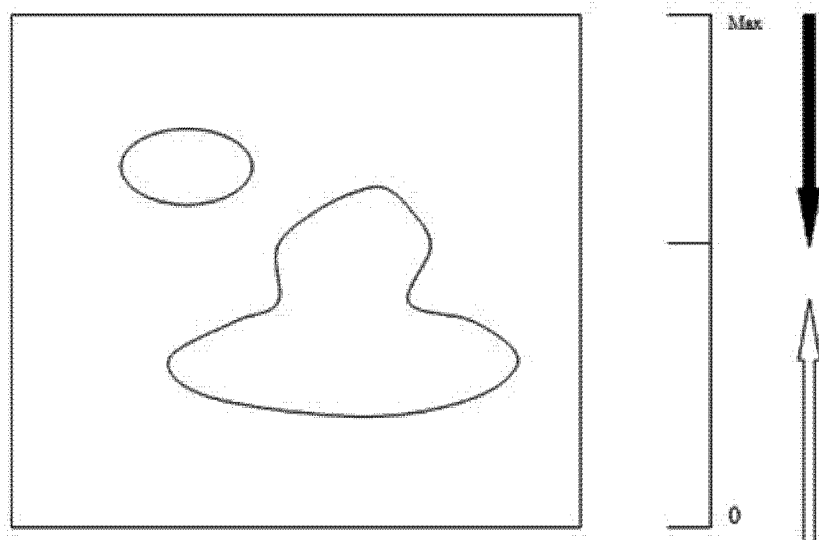


图 3

专利名称(译)	多频率轮流发射实时超声弹性成像方法		
公开(公告)号	CN102920482A	公开(公告)日	2013-02-13
申请号	CN201210486119.5	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 黄贤英 彭彩碧 张金鹏		
发明人	崔少国 黄贤英 彭彩碧 张金鹏		
IPC分类号	A61B8/00		
其他公开文献	CN102920482B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种多频率轮流发射实时超声弹性成像方法，步骤为：

- (1) 徒手挤压组织过程中，超声波探头轮流发射N种频率超声波；
- (2) 取相邻的同一频率回波使用二维加权相位分离算法进行位移估计；
- (3) 将连续N帧不同频率位移图像进行平均加权产生复合位移图像；
- (4) 将复合后的位移图像进行梯度操作产生应变图像；
- (5) 将应变图像进行下采样并进行灰度映射，扫描转换成弹性图像。该方法使用不同发射频率产生不同噪声模式的位移图像，通过位移图像的复合，减小位移估计误差，抑制由散斑噪声引起的弹性成像伪像噪声。复合图像产生的弹性图像比复合前任一频率子位移图像产生的弹性图像具有更高信噪比，从而提高了弹性成像的性能与品质。

