



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107518918 B

(45)授权公告日 2020.06.26

(21)申请号 201710954146.3

G06T 5/50(2006.01)

(22)申请日 2017.10.13

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107518918 A

US 2009292205 A1,2009.11.26,
CN 106373166 A,2017.02.01,
JP 2010119630 A,2010.06.03,
CN 102423264 A,2012.04.25,
CN 106923864 A,2017.07.07,
CN 104783835 A,2015.07.22,
CN 104739451 A,2015.07.01,
Jingfeng Jiang;T.J. Hall;A.M.

(43)申请公布日 2017.12.29

(73)专利权人 无锡祥生医疗科技股份有限公司
地址 214028 江苏省无锡市新吴区新区硕放工业园五期51、53号地块长江东路228号

Sommer.A novel performance descriptor for ultrasonic strain imaging: a preliminary study.《IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control》.2006,第53卷(第6期),1088-1102.

(72)发明人 严凯 王勇 陆坚 王铨

(74)专利代理机构 无锡市大为专利商标事务所
(普通合伙) 32104

代理人 曹祖良 刘海

审查员 董晓彤

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

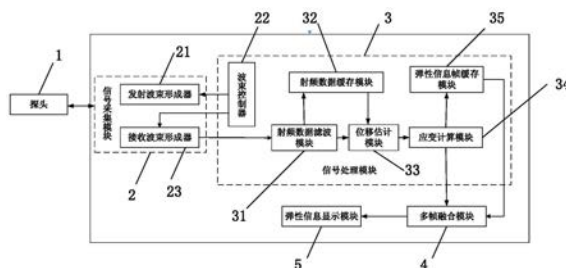
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

超声弹性成像方法及其系统

(57)摘要

本发明涉及一种超声弹性成像方法及其系统,包括:探头、信号采集模块、信号处理模块和多帧融合模块,信号采集模块用于采集目标区域目标物的射频数据;信号处理模块根据当前帧的射频数据与缓存的预设相邻帧的射频数据通过互相关运算处理获取当前帧的位移值,将当前帧的位移值通过梯度计算转算成当前帧的应变力;多帧融合模块读取与当前应变力帧相邻的若干应变力帧,通过多帧融合处理,获得目标区域对周围背景区域的相对弹性信息。本发明采用具有多帧融合处理的超声弹性成像方式,利用弹性超声成像过程中组织在连续多帧图像里具有运动方向一致性的特点,提高应变力估计的可靠性和准确度。



1. 一种超声弹性成像系统,包括:

探头 (1);

信号采集模块 (2),用于通过所述探头 (1) 采集目标区域目标物反射的射频数据;

信号处理模块 (3),用于根据采集的所述射频数据计算当前帧的应变力;以及,

多帧融合模块 (4),所述多帧融合模块 (4) 与信号处理模块 (3) 连接,用于读取与当前应变力帧相邻的若干应变力帧,通过多帧融合获得目标区域相对周围背景区域的弹性信息;

所述读取与当前应变力帧相邻的若干应变力帧,通过多帧融合获得目标区域相对周围背景区域的弹性信息,具体包括:

获取包含当前像素 (x0,y0) 应变力帧信息的连续相邻N帧,设定阈值threshold_N,当连续相邻N帧中该像素应变力信息大于0或小于0的统计个数statistics_N大于阈值threshold_N时,标记当前像素为有效像素,计算该像素的有效应变力信息:

$$strain(x0, y0, z0) = \frac{\sum_{i=1}^{statistics_N} (Q((z(i)-z(1))^2)*strain(x0,y0,z(i)))}{\sum_{i=1}^{statistics_N} Q((z(i)-z(1))^2)},$$

其中,z (1) 表示与当前帧时间距离最短的有效帧,Q(*) 为与时间距离相关的反函数。

2. 如权利要求1所述的超声弹性成像系统,其特征是:所述信号处理模块 (3) 包括:

射频数据滤波模块 (31);

射频数据缓存模块 (32),用于缓存所述射频数据滤波模块 (31) 滤波处理的所述射频数据;

位移估计模块 (33),用于根据所述射频数据滤波模块 (31) 滤波处理的当前帧射频数据与缓存在射频数据缓存模块 (32) 中的相邻帧的射频数据通过互相关运算处理获取当前帧的位移值;

应变计算模块 (34),用于根据获取的当前帧的位移值通过梯度计算转算成当前帧的应变力;以及,

弹性信息缓存模块 (35),与所述应变计算模块 (34) 连接。

3. 如权利要求1所述的超声弹性成像系统,其特征是:所述信号处理模块 (3) 还包括波束控制器 (22),所述波束控制器 (22) 与所述信号采集模块 (2) 连接,用于控制信号采集模块 (2) 对目标区域发射聚焦超声波以及控制信号采集模块 (2) 对目标区域接收回波射频数据。

4. 如权利要求1所述的超声弹性成像系统,其特征是:所述信号采集模块 (2) 包括发射波束形成器 (21) 和接收波束形成器 (23),发射波束形成器 (21) 对目标区域发射一定载波的聚焦超声波,接收波束形成器 (23) 获取从目标区域反射的回波射频数据。

5. 如权利要求1所述的超声弹性成像系统,其特征是:还包括弹性信息显示模块 (5),所述弹性信息显示模块 (5) 与多帧融合模块 (4) 连接,用于显示所述多帧融合模块 (4) 传输至所述弹性信息显示模块 (5) 的弹性信息。

6. 一种超声弹性成像方法,其特征是,包括以下步骤:

S1、采集目标区域目标物反射的射频数据;

S2、根据采集的所述射频数据计算当前帧的应变力;

S3、读取与当前应变力帧相邻的若干应变力帧,通过多帧融合获得目标区域相对周围背景区域的弹性信息,具体包括:

获取包含当前像素(x0,y0)应变力帧信息的连续相邻N帧,设定阈值threshold_N,当连续相邻N帧中该像素应变力信息大于0或小于0的统计个数statistics_N大于阈值threshold_N时,标记当前像素为有效像素,计算该像素的有效应变力信息:

$$\text{strain}(x_0, y_0, z_0) = \frac{\sum_{i=1}^{\text{statistics_N}} (Q((z(i)-z(1))^2) * \text{strain}(x_0, y_0, z(i)))}{\sum_{i=1}^{\text{statistics_N}} Q((z(i)-z(1))^2)},$$

其中,z(1)表示与当前帧时间距离最短的有效帧,Q(*)为与时间距离相关的反函数。

7.如权利要求6所述的超声弹性成像方法,其特征是:所述步骤S2的具体步骤为:

S21、缓存射频数据滤波模块(31)处理的射频数据;

S22、根据射频数据滤波模块(31)滤波处理的当前帧射频数据与缓存在射频数据缓存单元模块(32)中的相邻帧的射频数据通过互相关运算处理获取当前帧的位移值;

S23、根据获取的当前帧的位移值通过梯度计算转算成当前帧的应变力。

8.如权利要求7所述的超声弹性成像方法,其特征是:所述步骤S22中的互相关运算为:

$$R_{ab}(t, \tau) = \int_{t-n/2}^{t+n/2} f_a(x) f_b(x + \tau) dx,$$

$$Q_{ab}(t) = \max_{-m/2 \leq \tau \leq m/2} R_{ab}(t, \tau),$$

其中,n为互相关计算积累区间长度,取值范围为正整数;m为互相关计算结果搜索区间长度,取值范围为正整数;\tau为互相关计算结果搜索区间内的搜索位置值,\tau取值范围为正整数;R_{ab}(t,\tau)为某空间位置t、搜索位置\tau的互相关计算结果,Q_{ab}(t)为当前位置的位移值,t为正整数。

9.如权利要求8所述的超声弹性成像方法,其特征是:所述步骤S23中的梯度计算为:

$$\text{Strain}(x, y, z) = (Q_{ab}(t-s/2) - Q_{ab}(t+s/2)) / s,$$

其中,strain(x,y,z)为当前位置的应变力;S为梯度计算间隔长度,取值为正整数;x为图像横轴坐标,取值范围1至X;y为图像纵轴坐标,取值范围1至Y;z为图像时间轴坐标,取值范围1至Z;strain(x,y,z)为有符号数。

超声弹性成像方法及其系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声弹性成像方法及其系统,尤其是一种具有多帧融合处理的超声弹性成像方法及其系统,属于超声成像技术领域。

背景技术

[0002] 生物组织的弹性或硬度与病灶的生物学特性紧密相关,生物组织的硬度或弹性的变化往往暗示着病变的发生,这很大程度上跟生物组织的分子构成和组合形式有关,对于疾病的诊断具有重要的参考价值。临床上使用较多的检测生物组织的硬度和弹性的方法就是触诊,通过临床医生直接用于对待测部位进行挤压,通过手指的触感来判定组织的硬化程度进行检测和诊断,容易侵犯病人隐私且极易造成误诊。

[0003] 目前,基于检测生物组织的硬度和弹性的超声弹性成像技术在疾病检测方面扮演着重要的角色。其原理是通过探头轻微压缩目标组织或者借助人体自身的呼吸、血管搏动等过程对组织形成一定的压力,获取压缩前、后的两帧超声回波信号。根据两帧超声回波信号采用位移估计算法计算出待测组织在受挤压后的位移值并转化为应变信息传输至显示界面并以图像形式直观显示出来,以辅助医生诊断或治疗。然而,现有技术主要采用基于单帧处理的方式,或基于简单的多帧线性滤波的方式,这些方案没有充分利用弹性成像过程中多帧图像里组织表现出的运动特性。

发明内容

[0004] 本发明的目的是克服现有技术中存在的不足,提供一种超声弹性成像方法及其系统,采用具有多帧融合处理的超声弹性成像方式,利用弹性超声成像过程中组织在连续多帧图像里具有运动方向一致性的特点,提高应变力估计的可靠性和准确度。

[0005] 按照本发明提供的技术方案,所述超声弹性成像系统,包括:

[0006] 探头;

[0007] 信号采集模块,用于通过所述探头采集目标区域目标物反射的射频数据;

[0008] 信号处理模块,用于根据采集的所述射频数据计算当前帧的应变力;以及,

[0009] 多帧融合模块,所述多帧融合模块与信号处理模块连接,用于读取与当前应变力帧相邻的若干应变力帧,通过多帧融合获得目标区域相对周围背景区域的弹性信息。

[0010] 进一步的,所述信号处理模块包括:

[0011] 射频数据滤波模块;

[0012] 射频数据缓存模块,用于缓存所述射频数据滤波模块滤波处理的所述射频数据;

[0013] 位移估计模块,用于根据所述射频数据滤波模块滤波处理的当前帧射频数据与缓存在射频数据缓存模块中的相邻帧的射频数据通过互相关运算处理获取当前帧的位移值;

[0014] 应变计算模块,用于根据获取的当前帧的位移值通过梯度计算转算成当前帧的应变力;以及,

[0015] 弹性信息缓存模块,与所述应变计算模块连接。

[0016] 进一步的,所述信号处理模块还包括波束控制器,所述波束控制器与所述信号采集模块连接,用于控制信号采集模块对目标区域发射聚焦超声波以及控制信号采集模块对目标区域接收回波射频数据。

[0017] 进一步的,所述信号采集模块包括发射波束形成器和接收波束形成器,发射波束形成器对目标区域发射一定载波的聚焦超声波,接收波束形成器获取从目标区域反射的回波射频数据。

[0018] 进一步的,还包括弹性信息显示模块,所述弹性信息显示模块与多帧融合模块连接,用于显示所述多帧融合模块传输至所述弹性信息显示模块的弹性信息。

[0019] 所述超声弹性成像方法,包括以下步骤:

[0020] S1、采集目标区域目标物反射的射频数据;

[0021] S2、根据采集的所述射频数据计算当前帧的应变力;

[0022] S3、读取与当前应变力帧相邻的若干应变力帧,通过多帧融合获得目标区域相对周围背景区域的弹性信息。

[0023] 进一步的,所述步骤S2的具体步骤为:

[0024] S21、缓存射频数据滤波模块处理的射频数据;

[0025] S22、根据射频数据滤波模块滤波处理的当前帧射频数据与缓存在射频数据缓存单元模块中的相邻帧的射频数据通过互相关运算处理获取当前帧的位移值;

[0026] S23、根据获取的当前帧的位移值通过梯度计算转算成当前帧的应变力。

[0027] 进一步的,所述步骤S22中的互相关运算为:

$$[0028] \quad R_{ab}(t, \tau) = \int_{t-n/2}^{t+n/2} f_a(x) f_b(x + \tau) dx,$$

$$[0029] \quad Q_{ab}(t) = \max_{-m/2 \leq \tau \leq m/2} R_{ab}(t, \tau),$$

[0030] 其中, n 为互相关计算积累区间长度,取值范围为正整数; m 为互相关计算结果搜索区间长度,取值范围为正整数; τ 为互相关计算结果搜索区间内的搜索位置值, τ 取值范围为正整数; $R_{ab}(t, \tau)$ 为某空间位置 t 、搜索位置 τ 的互相关计算结果, $Q_{ab}(t)$ 为当前位置的位移值, t 为正整数。

[0031] 进一步的,所述步骤S23中的梯度计算为:

$$[0032] \quad \text{Strain}(x, y, z) = (Q_{ab}(t-s/2) - Q_{ab}(t+s/2)) / s,$$

[0033] 其中, $\text{Strain}(x, y, z)$ 为当前位置的应变力; s 为梯度计算间隔长度,取值为正整数; x 为图像横轴坐标,取值范围1至 X ; y 为图像纵轴坐标,取值范围1至 Y ; z 为图像时间轴坐标,取值范围1至 Z ; $\text{Strain}(x, y, z)$ 为有符号数,正数代表当前像素相较上一帧往靠近探头表面运动,负数代表当前像素相较上一帧往远离探头表面运动。

[0034] 进一步的,所述步骤S3具体为:

[0035] 获取包含当前像素 (x_0, y_0) 应变力帧信息的连续相邻 N 帧,设定阈值 threshold_N ,当连续相邻 N 帧中该像素应变力信息大于0或小于0的统计个数 statistics_N 大于阈值 threshold_N 时,标记当前像素为有效像素,计算该像素的有效应变力信息:

$$[0036] \quad \text{Strain}(x_0, y_0, z_0) = \frac{\sum_{i=1}^{\text{statistics_N}} \left(Q((z(i) - z(1))^2) \right) * \text{strain}(x_0, y_0, z(i))}{\sum_{i=1}^{\text{statistics_N}} \left(Q((z(i) - z(1))^2) \right)},$$

[0037] 其中, $z(1)$ 表示与当前帧时间距离最短的有效帧, $Q(*)$ 为与时间距离相关的反函数。

[0038] 本发明所述超声弹性成像方法及其系统, 采用多帧融合处理的超声弹性成像方式, 利用弹性超声成像过程中组织在连续多帧图像里具有运动方向一致性的特点, 提高应变力估计的可靠性和准确度。

附图说明

[0039] 图1为本发明所述超声弹性成像系统的示意图。

[0040] 图2为本发明所述超声弹性成像系统位移方向示意图。

[0041] 附图标记说明: 1-探头、2-信号采集模块、3-信号处理模块、21-发射波束形成器、22-波束控制器、23-接收波束形成器、31-射频数据滤波模块、32-射频数据缓存模块、33-位移估计模块、34-应变计算模块、35-弹性信息帧缓存模块、4-多帧融合模块、5-弹性信息显示模块。

具体实施方式

[0042] 下面结合具体附图对本发明作进一步说明。

[0043] 如图1所示, 本发明所述超声弹性成像系统包括探头1、信号采集模块2、信号处理模块3、多帧融合模块4和弹性信息显示模块5。信号采集模块2用于通过所述探头1采集目标区域目标物反射的射频数据。信号处理模块3用于根据采集的所述射频数据计算当前帧的应变力。多帧融合模块4, 所述多帧融合模块4与信号处理模块3连接, 用于读取与当前应变力帧相邻的若干应变力帧, 通过多帧融合获得目标区域相对周围背景区域的弹性信息, 弹性信息主要是目标区域对周围背景区域的相对硬度, 较硬目标区域的应变比值较大, 较软目标区域的应变比值较小。

[0044] 本发明的信号处理模块3包括射频数据滤波模块31、射频数据缓存模块32、位移估计模块33、应变计算模块34和弹性信息缓存模块35。射频数据缓存模块32用于缓存所述射频数据滤波模块31滤波处理的所述射频数据。例如, 射频数据缓存模块32缓存有T0时的射频数据信息, 此时, 射频数据滤波模块31中为T1时的射频数据信息, 然后T1时的射频数据信息缓存到射频数据缓存模块32中, 代替T0时的射频数据信息。位移估计模块33用于根据所述射频数据滤波模块31滤波处理的当前帧 T_{n+1} 的射频数据 f_a 与缓存在射频数据缓存模块32中的相邻帧 T_n 的射频数据 f_b , 通过互相关运算处理获取当前帧的位移值。如图2所示, 位移值为有符号数, 正数代表当前像素相较上一帧往靠近探头表面运动, 负数代表当前像素相较上一帧往远离探头表面运动, 像素是空间采样点的概念, 应变力是空间采样点的特性, 帧包含了很空间像素。应变计算模块34用于根据获取的当前帧的位移值通过梯度计算转算成当前帧的应变力。弹性信息缓存模块35与所述应变计算模块34连接。

[0045] 本发明的信号处理模块3还包括波束控制器22, 所述波束控制器22与所述信号采

集模块2连接,用于控制信号采集模块2对目标区域发射聚焦超声波以及控制信号采集模块2对目标区域接收回波射频数据。信号采集模块2包括发射波束形成器21和接收波束形成器23,发射波束形成器21对目标区域发射一定载波的聚焦超声波,接收波束形成器23获取从目标区域反射的回波射频数据。本发明还包括弹性信息显示模块5,所述弹性信息显示模块5与多帧融合模块4连接,用于显示所述多帧融合模块4传输至所述弹性信息显示模块5的弹性信息。

[0046] 所述超声弹性成像方法,包括以下步骤:

[0047] S1、采集目标区域目标物反射的射频数据;

[0048] S2、根据采集的所述射频数据计算当前帧的应变力;

[0049] S3、读取与当前应变力帧相邻的若干应变力帧,通过多帧融合获得目标区域相对周围背景区域的弹性信息。

[0050] 进一步的,所述步骤S2的具体步骤为:

[0051] S21、缓存射频数据滤波模块处理的射频数据;

[0052] S22、根据射频数据滤波模块滤波处理的当前帧射频数据与缓存在射频数据缓存单元模块中的相邻帧的射频数据通过互相关运算处理获取当前帧的位移值;根据射频数据滤波模块31滤波处理的当前帧 T_{n+1} 的射频数据 f_a 与缓存在射频数据缓存模块32中的相邻帧 T_n 的射频数据 f_b ,通过互相关运算处理获取当前帧的位移值。当前帧的位移值为有符号数,正数代表当前像素相较上一帧往靠近探头表面运动,负数代表当前像素相较上一帧往远离探头表面运动,像素是空间采样点的概念,应变力是空间采样点的特性,帧包含了很多空间像素;

[0053] S23、根据获取的当前帧的位移值通过梯度计算转算成当前帧的应变力。

[0054] 进一步的,所述步骤S22中的互相关运算为:

$$[0055] \quad R_{ab}(t, \tau) = \int_{t-n/2}^{t+n/2} f_a(x) f_b(x + \tau) dx ,$$

$$[0056] \quad Q_{ab}(t) = \max_{-m/2 \leq \tau \leq m/2} R_{ab}(t, \tau) ,$$

[0057] 其中, n 为互相关计算积累区间长度,取值范围为正整数; m 为互相关计算结果搜索区间长度,取值范围为正整数; τ 为互相关计算结果搜索区间内的搜索位置值, τ 取值范围为正整数; $R_{ab}(t, \tau)$ 为某空间位置 t 、搜索位置 τ 的互相关计算结果, $Q_{ab}(t)$ 为当前位置的位移值, t 为正整数。

[0058] 进一步的,所述步骤S23中的梯度计算为:

$$[0059] \quad \text{Strain}(x, y, z) = (Q_{ab}(t-s/2) - Q_{ab}(t+s/2)) / s,$$

[0060] 其中, $\text{strain}(x, y, z)$ 为当前位置的应变力; s 为梯度计算间隔长度,取值为正整数; x 为图像横轴坐标,取值范围1至 X ; y 为图像纵轴坐标,取值范围1至 Y ; z 为图像时间轴坐标,取值范围1至 Z ; $\text{Strain}(x, y, z)$ 为有符号数,正数代表当前像素相较上一帧往靠近探头表面运动,负数代表当前像素相较上一帧往远离探头表面运动。

[0061] 所述步骤S3具体为:

[0062] 获取包含当前像素 (x_0, y_0) 应变力帧信息的连续相邻 N 帧,设定阈值 threshold_N ,当连续相邻 N 帧中该像素应变力信息大于0或小于0的统计个数 statistics_N 大于阈值 threshold_N 时,标记当前像素为有效像素(这一步的目的是筛选出有效像素,只有当过去 N

帧中表现出一致方向性特性的像素才是有效像素), 计算该像素的有效应变力信息:

$$[0063] \quad \text{Strain}(x_0, y_0, z_0) = \frac{\sum_{i=1}^{\text{statistics_N}} \left(Q((z(i) - z(1))^2) * \text{strain}(x_0, y_0, z(i)) \right)}{\sum_{i=1}^{\text{statistics_N}} \left(Q((z(i) - z(1))^2) \right)},$$

[0064] 其中, $z(1)$ 表示与当前帧时间距离最短的有效帧, $Q(*)$ 为与时间距离相关的反函数, 例如 $Q(\text{distant}) = e^{-\text{distant}/\text{theta}}$, $e(*)$ 为指数函数, theta 为控制多帧应变力信息平滑处理的参数, 取值范围为正整数。这种多帧融合处理利用了准静态超声弹性成像原理, 通过多样本统计方法和时间轴方向的平滑处理, 抑制某些帧中错误的应变力信息, 从而提高计算结果的鲁棒性。通过多帧融合处理计算出的应变力信息为有符号数, 通过求取绝对值, 换成无符号数, 更进一步通过对数压缩, 扫描变换, 灰阶映射等进行处理得到弹性信息。

[0065] 以上只是本发明特定实施例的描述, 应当理解成在本领域的技术人员不脱离本发明的真实精神和范围下, 通过其他各种简单变化和等同物进行取代修改, 达到本发明所述目的, 这样的修改都被所附权利要求的范围内。

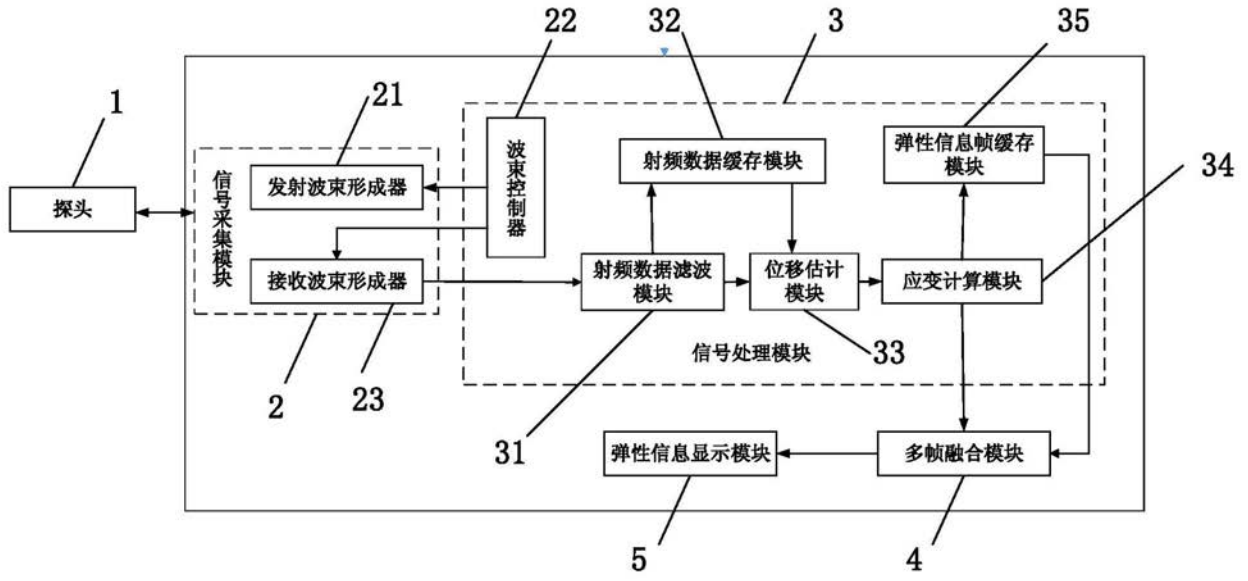


图1

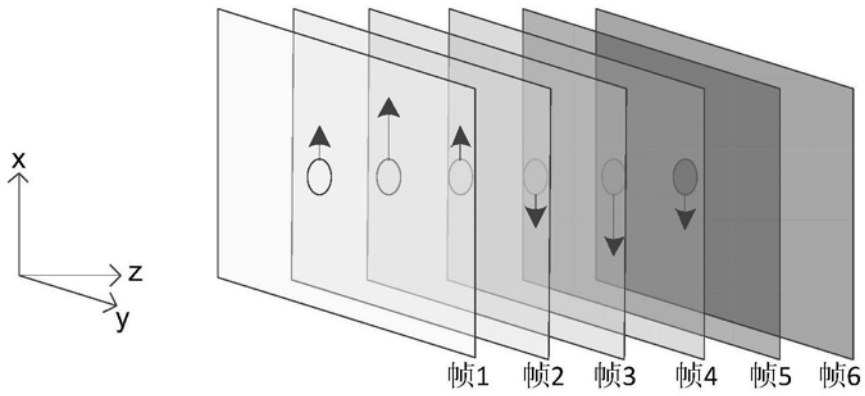


图2

专利名称(译)	超声弹性成像方法及其系统		
公开(公告)号	CN107518918B	公开(公告)日	2020-06-26
申请号	CN2017110954146.3	申请日	2017-10-13
[标]发明人	严凯 王勇 陆坚 王铓		
发明人	严凯 王勇 陆坚 王铓		
IPC分类号	A61B8/00 G06T5/50		
代理人(译)	刘海		
审查员(译)	董晓彤		
其他公开文献	CN107518918A		
外部链接	SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种超声弹性成像方法及其系统，包括：探头、信号采集模块、信号处理模块和多帧融合模块，信号采集模块用于采集目标区域目标物的射频数据；信号处理模块根据当前帧的射频数据与缓存的预设相邻帧的射频数据通过互相关运算处理获取当前帧的位移值，将当前帧的位移值通过梯度计算转算成当前帧的应变力；多帧融合模块读取与当前应变力帧相邻的若干应变力帧，通过多帧融合处理，获得目标区域对周围背景区域的相对弹性信息。本发明采用具有多帧融合处理的超声弹性成像方式，利用弹性超声成像过程中组织在连续多帧图像里具有运动方向一致性的特点，提高应变力估计的可靠性和准确度。

