



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102028499 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 31

(21) 申请号 201010603305. 3

CN 101858972 A, 2010. 10. 13, 全文.

(22) 申请日 2010. 12. 24

郑驰超等. 基于编码发射与自适应波束形成的超声成像. 《电子与信息学报》. 2010, 第 32 卷 (第 4 期), 第 959-962 页.

(73) 专利权人 飞依诺科技(苏州)有限公司
地址 215123 江苏省苏州市工业园区星湖街
218 号 C8 座 5 楼

审查员 温博

(72) 发明人 田园

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有
限公司 32103

代理人 孙仿卫 赵艳

(51) Int. Cl.

A61B 8/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101209211 A, 2008. 07. 02, 全文.

US 2009/0054780 A1, 2009. 02. 26, 全文.

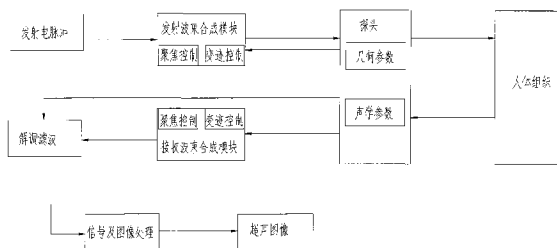
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

超声探头自适应成像系统

(57) 摘要

本发明公开了超声探头自适应成像系统, 该成像系统根据探头中每一个基元的几何参数和声学参数进行自适应成像, 具体来说, 在发射波束合成模块或接收波束合成模块中, 根据每个基元的几何参数和声学参数, 来计算每个基元的发射延时值或接收延时值和变迹系数, 通过针对每个基元的发射延时或接收延时的控制, 使得发射波束合成或接收波束合成的聚焦的焦点更集中, 焦点处的信号更强, 提高图像质量; 通过针对每个基元的变迹系数的控制, 抑制发射波束或接收波束的旁瓣, 优化图像效果; 解调滤波模块中解调中心频率与解调带宽与探头中存储的中心频率、带宽相匹配, 进一步提高图像质量, 综上, 通过成像系统中发射波束合成模块、接收波束合成模块、解调滤波模块与探头的较好的匹配, 提高了超声图像质量, 使用该超声探头自适应成像系统, 也减少了探头的控制成本和次品率。



CN 102028499 B

1. 超声探头自适应成像系统,其特征在于:所述成像系统包括探头,所述探头具有多个基元,所述探头中存储有所述多个基元的几何参数和声学参数,所述几何参数包括每个基元的几何位置,所述声学参数包括每个基元的脉冲响应或频率响应,以及每个基元的中心频率和带宽;

可与所述探头相通信的发射波束合成模块,所述发射波束合成模块用于从所述探头中调用所述多个基元的几何参数和声学参数后,计算每个基元的发射延时值和变迹系数,然后对发射信号进行波束合成,并将合成好的发射波束施加到所述探头;

可与所述探头相通信的接收波束合成模块,所述接收波束合成模块用于从所述探头中调用所述多个基元的几何参数和声学参数后,计算每个基元的接收延时值和变迹系数,然后对所述探头接收的回波信号进行接收波束合成;

设置在所述接收波束合成模块下游的解调滤波模块,所述解调滤波模块用于从所述探头中调用所述中心频率和带宽来对所述接收波束合成模块输出的接收波束信号进行解调滤波,

设置笛卡尔坐标系,坐标原点(0,0,0)定于所述探头的表面的中心位置,x轴定义为所述探头的表面的切线方向,y轴定义为所述探头的高度方向,z轴定义为所述探头的扫描深度方向,

基元j的几何位置设定为 (x_j, y_j, z_j) ,发射或接收焦点位置 (foc_x, foc_y, foc_z) ,扫描线顶点到焦点的距离R,则

$$D(j) = R + offset - \sqrt{(x_j - foc_x)^2 + (y_j - foc_y)^2 + (z_j - foc_z)^2}$$

其中,D(j)为所述发射延时值或所述接收延时值,offset为设定的发射延时偏移值或接收延时偏移值,

对基元j施加一个带宽远大于探头带宽的脉冲,利用示波器记录水槽中水听器获取的回波信号即为该基元的脉冲响应 $h_j(n)$,所述示波器的采样频率为探头带宽的10倍以上,对该基元的脉冲响应 $h_j(n)$ 进行频域表达即可获得该基元的频率响应 $w_j(f)$,

设定所述探头中多个基元的平均脉冲响应 $h(n)$ 或平均频率响应 $w(f)$,该平均脉冲响应 $h(n)$ 或平均频率响应 $w(f)$ 是对多个基元的脉冲响应 $h_j(n)$ 或频率响应 $w_j(f)$ 通过统计取平均获取的,设定施加到所述探头的发射波束信号频谱 $H_{xmit}(f)$,该发射波束信号在被检测组织中传播时的衰减和散射在频域表达为 $H_{att}(f, r)$ 和 $H_{scatter}(f, r)$,则所述探头接收的回波信号频谱 $H_{rx}(f, r)$

$$H_{rx}(f, r) = H_{xmit}(f)w(f)H_{att}(f, r)w(f)H_{scatter}(f, r)$$

其中r为深度,f为回波信号的中心频率

设定所述发射波束或所述接收波束的孔径为A,则

$$A = \frac{R}{F_{num}(f)}$$

其中R为扫描线顶点到焦点的距离, $F_{num}(f)$ 是所述回波信号的中心频率f的函数,

$$F_{num}(f) = \frac{1}{2 \tan \alpha(f)} + \frac{1}{2R' \sin \alpha(f)} \cdot F$$

其中 $\alpha(f)$ 为基元的接收角,R'为探头的半径,F为焦距,

设定 s_j 为基元 j 在探头表面的坐标, 孔径 A 中工作的基元为第 L 号基元到第 M 号基元, 设定 A' 为修正后的孔径, 那么

$$A' = \sum_{j=L+1}^M |s_j - s_{j-1}|$$

对于线阵探头或相控阵探头, $s_j = x_j$; 对于弧阵探头, 则

$$s_j = \frac{x_j^2 + z_j^2}{2z_j} \tan^{-1}\left(\frac{z_j}{2x_j}\right)$$

设定变迹窗 $W(n)$, 窗长为 T , 变迹窗可以采用任何的窗函数, 则基元 j 的变迹系数 $w(j)$

$$w(j) = \begin{cases} W[\text{round}(\frac{s_j}{A'} * T)] & s_j \geq 0 \\ W[\text{round}(\frac{s_j}{A'} * T) + T] & s_j < 0 \end{cases}$$

2. 超声探头自适应成像系统, 其特征在于: 所述成像系统包括探头, 所述探头具有多个基元, 所述探头中存储有所述多个基元的几何参数和声学参数, 所述几何参数包括每个基元的几何位置, 所述声学参数包括每个基元的脉冲响应或频率响应, 以及每个基元的中心频率和带宽;

可与所述探头相通信的发射波束合成模块, 所述发射波束合成模块用于从所述探头中调用所述多个基元的几何参数和声学参数后, 计算每个基元的发射延时值和变迹系数, 然后对发射信号进行波束合成, 并将合成好的发射波束施加到所述探头;

可与所述探头相通信的解调滤波模块, 所述解调滤波模块用于从所述探头中调用所述中心频率和带宽来对所述探头接收的每一基元的回波信号进行解调滤波;

设置在所述解调滤波模块下游的接收波束合成模块, 所述接收波束合成模块用于从所述探头中调用所述多个基元的几何参数和声学参数后, 计算每个基元的接收延时值和变迹系数, 然后对所述解调滤波模块输出的信号进行接收波束合成,

设置笛卡尔坐标系, 坐标原点 $(0, 0, 0)$ 定于所述探头的表面的中心位置, x 轴定义为所述探头的表面的切线方向, y 轴定义为所述探头的高度方向, z 轴定义为所述探头的扫描深度方向,

基元 j 的几何位置设定为 (x_j, y_j, z_j) , 发射或接收焦点位置 $(\text{foc}_x, \text{foc}_y, \text{foc}_z)$, 扫描线顶点到焦点的距离 R , 则

$$D(j) = R + \text{offset} - \sqrt{(x_j - \text{foc}_x)^2 + (y_j - \text{foc}_y)^2 + (z_j - \text{foc}_z)^2}$$

其中, $D(j)$ 为所述发射延时值或所述接收延时值, offset 为设定的发射延时偏移值或接收延时偏移值,

对基元 j 施加一个带宽远大于探头带宽的脉冲, 利用示波器记录水槽中水听器获取的回波信号即为该基元的脉冲响应 $h_j(n)$, 所述示波器的采样频率为探头带宽的 10 倍以上, 对该基元的脉冲响应 $h_j(n)$ 进行频域表达即可获得该基元的频率响应 $w_j(f)$, 设定施加到所述探头的发射波束信号频谱 $H_{\text{xmit}}(f)$, 该发射波束信号在被检测组织中传播时的衰减和散射在频域表达为 $H_{\text{att}}(f, r)$ 和 $H_{\text{scatter}}(f, r)$, 则所述基元 j 接收的回波信号频谱 $H_{\text{rx}(j)}(f, r)$

$$H_{\text{rx}(j)}(f, r) = H_{\text{xmit}}(f) w_j(f) H_{\text{att}}(f, r) w_j(f) H_{\text{scatter}}(f, r)$$

其中 r 为深度, f 为回波信号的中心频率,

根据基元 j 的回波信号的频谱, 对每一基元的回波进行解调滤波, 之后再对每一基元解调后的回波进行接收波束合成;

设定所述发射波束或所述接收波束的孔径为 A , 则

$$A = \frac{R}{F_{num}(f)}$$

其中 R 为扫描线顶点到焦点的距离, $F_{num}(f)$ 是所述回波信号的中心频率 f 的函数,

$$F_{num}(f) = \frac{1}{2 \tan \alpha(f)} + \frac{1}{2R' \sin \alpha(f)} \cdot F$$

其中 $\alpha(f)$ 为基元的接收角, R' 为探头的半径, F 为焦距,

设定 s_j 为基元 j 在探头表面的坐标, 孔径 A 中工作的基元为第 L 号基元到第 M 号基元, 设定 A' 为修正后的孔径, 那么

$$A' = \sum_{j=L+1}^M |s_j - s_{j-1}|$$

对于线阵探头或相控阵探头, $s_j = x_j$; 对于弧阵探头, 则

$$s_j = \frac{x_j^2 + z_j^2}{2z_j} \tan^{-1}\left(\frac{z_j}{2x_j}\right)$$

设定变迹窗 $W(n)$, 窗长为 T , 变迹窗可以采用任何的窗函数, 则基元 j 的变迹系数 $w(j)$

$$w(j) = \begin{cases} W[\text{round}(\frac{s_j}{A'} * T)] & s_j \geq 0 \\ W[\text{round}(\frac{s_j}{A'} * T) + T] & s_j < 0 \end{cases} .$$

超声探头自适应成像系统

技术领域

[0001] 本发明涉及超声探头自适应成像系统。

背景技术

[0002] 医学超声成像集成了超声物理学、现代电子学、信息学和生物医学等多学科的原理和技术手段,是继 X 线成像技术后,在医学中发展最迅速,应用最广泛的技术之一。影响超声图像质量的因素很多,包括换能器,主机系统以及显示器等等。其中,换能器(或称为探头)是超声成像关键因素之一,是超声图像之源。再好的主机,如果换能器的性能不好,也不会得到好的超声图像。探头生产厂商将探头的设计参数控制在一定的误差范围之内就算合格。越好的探头厂商,这个误差范围控制的越好。超声成像系统和超声探头参数性能如果没有很好的匹配,就得不到最优的图像,甚至得不到好的图像。超声成像系统根据探头的统计均值来进行设计,而不会根据每一个探头的实际测量参数进行设计。这样就会导致用户接收到的主机系统和探头工作在一起的时候不能获得最优的图像质量。

[0003] 影响超声图像质量的关键因素包括探头的几何参数、声学参数。这些参数直接和探头生产的工艺水平相关。好的工艺水平和严格的筛选标准可以将探头的几何参数和声学参数控制在小的误差范围之类,但是这样会大大增加探头的生产成本,从而提高用户的购买成本。其中,几何参数会影响到成像链路上的发射和接收的波束合成。声学参数则影响整个成像链路上的信号质量。如果探头的实际几何参数和声学参数与主机系统设计所依据的均值参数有较大偏离,就会导致图像质量下降。

[0004] 目前业内的现状就是,好的探头生产厂商对于几何参数和声学参数的控制筛选较为严格,图像质量较好,但生产成本高,卖给用户的价格也相对较高;而相对弱一些的探头生产厂商对于几何参数和声学参数的控制筛选要求较低,图像质量会相对差一些,生产成本较低,卖给用户的价格较低。不论是好的探头生产厂商还是弱一些的探头生产厂商,都没有给出一个好的主机系统与探头最优匹配问题的解决方案,因为生产厂商不可能生产出与目标值零偏差的探头。

[0005] 目前,探头出厂前,会测试每一个探头的几何参数和声学参数,在误差范围之内就算合格,否则就是次品。探头生产厂商能够提供给超声成像系统生产厂商的是探头的设计规格书,里面会给出探头的几何参数和声学参数的统计平均值和统计方差。因此,超声成像设备厂商无法得到每一个探头的实际几何参数和声学参数。即便探头生产厂商能够提供每一个探头以及每一个探头所有基元的几何参数和声学参数的测试报告,超声成像设备厂商目前也无法把每一个探头的测试参数录入成像系统。即便能够录入,也得保证所有的探头出厂在成像系统设计之前完成。这在实际的系统设计中是不现实的。

[0006] 当前,有些探头生产厂商将有些探头的一些信息如基元的传播时间 TOF,基元的灵敏度,存入到探头中,系统根据探头来做一些设计补偿来提高成像质量,但是这些是远远不够的。出于提高图像质量的考虑,申请人对超声探头成像进行了相关研究,诞生了本发明。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种基于探头的几何参数和声学参数来进行整个成像链路的自适应优化以达到较优的图像质量的成像系统。

[0008] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:超声探头自适应成像系统,所述成像系统包括

[0009] 探头,所述探头具有多个基元,所述探头中存储有所述多个基元的几何参数和声学参数,所述几何参数包括每个基元的几何位置,所述声学参数包括每个基元的脉冲响应或频率响应、中心频率、带宽;

[0010] 可与所述探头相通信的发射波束合成模块,所述发射波束合成模块用于从所述探头中调用所述多个基元的几何参数和声学参数后,计算每个基元的发射延时值和变迹系数,然后对发射信号进行波束合成,并将合成好的发射波束施加到所述探头;

[0011] 可与所述探头相通信的接收波束合成模块,所述接收波束合成模块用于从所述探头中调用所述多个基元的几何参数和声学参数后,计算每个基元的接收延时值和变迹系数,然后对所述探头接收的回波信号进行接收波束合成;

[0012] 设置在所述接收波束合成模块下游的解调滤波模块,所述解调滤波模块用于从所述探头中调用所述中心频率、带宽来对所述接收波束合成模块输出的接收波束信号进行解调滤波。

[0013] 超声探头自适应成像系统,所述成像系统包括

[0014] 探头,所述探头具有多个基元,所述探头中存储有所述多个基元的几何参数和声学参数,所述几何参数包括每个基元的几何位置,所述声学参数包括每个基元的脉冲响应或频率响应、中心频率、带宽;

[0015] 可与所述探头相通信的发射波束合成模块,所述发射波束合成模块用于从所述探头中调用所述多个基元的几何参数和声学参数后,计算每个基元的发射延时值和变迹系数,然后对发射信号进行波束合成,并将合成好的发射波束施加到所述探头;

[0016] 可与所述探头相通信的解调滤波模块,所述解调滤波模块用于从所述探头中调用所述中心频率、带宽来对所述探头接收的每一基元的回波信号进行解调滤波;

[0017] 设置在所述解调滤波模块下游的接收波束合成模块,所述接收波束合成模块用于从所述探头中调用所述多个基元的几何参数和声学参数后,计算每个基元的接收延时值和变迹系数,然后对所述解调滤波模块输出的信号进行接收波束合成。

[0018] 设置笛卡尔坐标系,坐标原点 $(0, 0, 0)$ 定于所述探头表面的中心位置, x 轴定义为所述探头表面的切线方向, y 轴定义为所述探头的高度方向, z 轴定义为所述探头的扫描深度方向,

[0019] 基元的几何位置设定为 (x_j, y_j, z_j) , 发射或接收焦点位置 (foc_x, foc_y, foc_z) , 扫描线顶点到焦点的距离 R , 则

$$[0020] \quad D(j) = R + offset - \sqrt{(x_j - foc_x)^2 + (y_j - foc_y)^2 + (z_j - foc_z)^2}$$

[0021] 其中, $D(j)$ 为所述发射延时值或所述接收延时值, $offset$ 为设定的发射延时偏移值或所述接收延时偏移值。

[0022] 对基元 j 施加一个带宽远大于探头带宽的脉冲,利用示波器记录水槽中水听器获取的回波信号即为该基元的脉冲响应 $h_j(n)$,所述示波器的采样频率为探头带宽的 10 倍以

上,对该基元的脉冲响应 $h_j(n)$ 进行频域表达即可获得该基元的频率响应 $w_j(f)$,

[0023] 设定所述探头中多个基元的平均脉冲响应 $h(n)$ 或平均频率响应 $w(f)$,该平均脉冲响应 $h(n)$ 或平均频率响应 $w(f)$ 是对多个基元的脉冲响应 $h_j(n)$ 或频率响应 $w_j(f)$ 通过统计取平均获取的,设定施加到所述探头的发射波束信号频谱 $H_{xmit}(f)$,该发射波束信号在被检测组织中传播时的衰减和散射在频域表达为 $H_{att}(f, r)$ 和 $H_{scatter}(f, r)$,则所述探头接收的回波信号频谱 $H_{rx}(f, r)$

$$[0024] \quad H_{rx}(f, r) = H_{xmit}(f)w(f)H_{att}(f, r)w(f)H_{scatter}(f, r)$$

[0025] 其中 r 为深度, f 为频率,

[0026] 设定所述发射波束或所述接收波束的孔径为 A ,则

$$[0027] \quad A = \frac{R}{F_{num}(f)}$$

[0028] 其中 R 为扫描线顶点到焦点的距离, $F_{num}(f)$ 是所述回波信号的中心频率 f 的函数,

$$[0029] \quad F_{num}(f) = \frac{1}{2 \tan \alpha(f)} + \frac{1}{2R \sin \alpha(f)} \cdot F$$

[0030] 其中 $\alpha(f)$ 为基元的接收角, R 为探头的半径, F 为焦距,

[0031] 设定 s 为基元在探头表面的坐标,孔径 A 中工作的基元为第 L 号基元到第 M 号基元,那么

$$[0032] \quad A = \sum_{j=L+1}^M |s_j - s_{j-1}|$$

[0033] 对于线阵探头或相控阵探头, $s_j = x_j$;对于弧阵探头,则

$$[0034] \quad s_j = \frac{x_j^2 + z_j^2}{2z_j} \tan^{-1}\left(\frac{z_j}{2x_j}\right)$$

[0035] 设定变迹窗 $W(n)$,窗长为 T ,变迹窗可以采用任何的窗函数,则基元的变迹系数 $w(j)$

$$[0036] \quad w(j) = \begin{cases} W[\text{round}(\frac{s_j}{A} * T)] & s_j \geq 0 \\ W[\text{round}(\frac{s_j}{A} * T) + T] & s_j < 0 \end{cases} .$$

[0037] 对基元 j 施加一个带宽远大于探头带宽的脉冲,利用示波器记录水槽中水听器获取的回波信号即为该基元的脉冲响应 $h_j(n)$,所述示波器的采样频率为探头带宽的 10 倍以上,对该基元的脉冲响应 $h_j(n)$ 进行频域表达即可获得该基元的频率响应 $w_j(f)$,设定施加到所述探头的发射波束信号频谱 $H_{xmit}(f)$,该发射波束信号在被检测组织中传播时的衰减和散射在频域表达为 $H_{att}(f, r)$ 和 $H_{scatter}(f, r)$,则所述基元 j 接收的回波信号频谱 $H_{rx(j)}(f, r)$

$$[0038] \quad H_{rx(j)}(f, r) = H_{xmit}(f)w_j(f)H_{att}(f, r)w_j(f)H_{scatter}(f, r)$$

[0039] 其中 r 为深度, f 为频率,

[0040] 根据基元 j 的回波信号的频谱,对每一基元的回波进行解调滤波,之后再对每一基元解调后的回波进行接收波束合成;

[0041] 设定所述发射波束或所述接收波束的孔径为 A ,则

$$[0042] \quad A = \frac{R}{F_{num}(f)}$$

[0043] 其中 R 为扫描线顶点到焦点的距离, $F_{num}(f)$ 是所述回波信号的中心频率 f 的函数,

$$[0044] \quad F_{num}(f) = \frac{1}{2 \tan \alpha(f)} + \frac{1}{2R \sin \alpha(f)} \cdot F$$

[0045] 其中 $\alpha(f)$ 为基元的接收角, R 为探头的半径, F 为焦距,

[0046] 设定 s 为基元在探头表面的坐标, 孔径 A 中工作的基元为第 L 号基元到第 M 号基元, 那么

$$[0047] \quad A = \sum_{j=L+1}^M |s_j - s_{j-1}|$$

[0048] 对于线阵探头或相控阵探头, $s_j = x_j$; 对于弧阵探头, 则

$$[0049] \quad s_j = \frac{x_j^2 + z_j^2}{2z_j} \tan^{-1}\left(\frac{z_j}{2x_j}\right)$$

[0050] 设定变迹窗 $W(n)$, 窗长为 T, 变迹窗可以采用任何的窗函数, 则基元的变迹系数 $w(j)$

$$[0051] \quad w(j) = \begin{cases} W[\text{round}(\frac{s_j}{A} * T)] & s_j \geq 0 \\ W[\text{round}(\frac{s_j}{A} * T) + T] & s_j < 0 \end{cases} .$$

[0052] 由于上述技术方案的运用, 本发明与现有技术相比具有下列优点: 在发射波束合成模块或接收波束合成模块中, 根据每个基元的几何参数和声学参数, 来计算每个基元的发射延时值或接收延时值和变迹系数, 通过针对每个基元的发射延时或接收延时的控制, 使得发射波束合成或接收波束合成的聚焦的焦点更集中, 焦点处的信号更强, 提高图像质量; 通过针对每个基元的变迹系数的控制, 抑制发射波束或接收波束的旁瓣, 优化图像效果; 解调滤波模块中解调中心频率与解调带宽与探头中存储的中心频率、带宽相匹配, 进一步提高图像质量, 综上, 该成像系统根据探头中每一个基元的几何参数和声学参数进行自适应成像, 具体来说, 成像系统中发射波束合成模块、接收波束合成模块均引入探头中每一个基元的几何参数和声学参数来进行聚焦控制和变迹控制, 解调滤波模块也引入探头的声学参数进行解调滤波, 实现成像系统中发射波束合成模块、接收波束合成模块、解调滤波模块与探头的较好的匹配, 提高了超声图像质量, 使用该超声探头自适应成像系统, 也减少了探头的控制成本和次品率。

附图说明

[0053] 附图 1 为采用笛卡尔坐标系来表示本发明中探头的几何参数的示意图;

[0054] 附图 2 为本发明的流程示意图, 其中解调滤波模块设置在接收波束合成模块的下游;

[0055] 附图 3 为本发明的流程示意图, 其中接收波束合成模块设置在解调滤波模块的下游。

具体实施方式

[0056] 下面结合附图来进一步阐述本发明的结构。

[0057] 在图 2 中, 超声探头自适应成像系统, 包括探头、可与探头相通信的发射波束合成模块和接收波束合成模块、设置在接收波束合成模块下游的解调滤波模块, 探头具有多个基元, 探头中存储有多个基元的几何参数和声学参数, 几何参数包括每个基元的几何位置, 声学参数包括每个基元的脉冲响应或频率响应、中心频率、带宽; 发射波束合成模块用于从探头中调用多个基元的几何参数和声学参数后, 计算每个基元的发射延时值和变迹系数, 然后对发射信号进行波束合成, 并将合成好的发射波束施加到探头; 接收波束合成模块用于从探头中调用多个基元的几何参数和声学参数后, 计算每个基元的接收延时值和变迹系数, 然后对探头接收的回波信号进行接收波束合成; 解调滤波模块用于从探头中调用中心频率、带宽来对接收波束合成模块输出的接收波束信号进行解调滤波, 经解调滤波的信号再经过信号及图像处理, 得到最终的超声图像。

[0058] 在图 3 中的超声探头自适应成像系统中, 接收波束合成模块设置在解调滤波模块的下游, 其余与图 2 相同, 这样在图 3 中, 解调滤波模块用于从探头中调用中心频率、带宽来对探头接收的每一基元或通道的回波信号进行解调滤波; 接收波束合成模块用于从探头中调用多个基元的几何参数和声学参数后, 计算每个基元的接收延时值和变迹系数, 然后对解调滤波模块输出的信号进行接收波束合成, 再经过信号及图像处理, 得到最终的超声图像。

[0059] 在图 2 和图 3 中, 在发射波束合成模块或接收波束合成模块中, 根据每个基元的几何参数和声学参数, 来计算每个基元的发射延时值或接收延时值和变迹系数, 通过针对每个基元的发射延时或接收延时的控制, 使得发射波束合成或接收波束合成的聚焦的焦点更集中, 焦点处的信号更强, 提高图像质量; 通过针对每个基元的变迹系数的控制, 抑制发射波束或接收波束的旁瓣, 优化图像效果; 解调滤波模块中解调中心频率与解调带宽与探头中存储的中心频率、带宽相匹配, 进一步提高图像质量, 综上, 该成像系统根据探头中每一个基元的几何参数和声学参数进行自适应成像, 具体来说, 成像系统中发射波束合成模块、接收波束合成模块均引入探头中每一个基元的几何参数和声学参数来进行聚焦控制和变迹控制, 解调滤波模块也引入探头的声学参数进行解调滤波, 实现成像系统中发射波束合成模块、接收波束合成模块、解调滤波模块与探头的较好的匹配, 提高了超声图像质量, 使用该超声探头自适应成像系统, 也减少了探头的控制成本和次品率。

[0060] 对于探头中基元的几何参数, 建立空间坐标系并给出探头的每个基元在坐标系中的空间坐标。坐标系可以定义为任何的坐标系, 如笛卡尔坐标系 (x, y, z) 或者是极坐标系 (R, Φ, θ) 。探头可以是任何形状的探头, 如弧阵探头、线阵探头、相控阵探头。坐标系的原点可以任意选取。在图 1 中, 坐标系采用笛卡尔坐标系, 坐标原点 $(0, 0, 0)$ 定于换能器表面的中心位置, x 轴定义为探头表面的切线方向, y 轴定义为探头的高度方向, z 轴定义为探头的扫描深度方向。设探头共有 N 个基元, 这样将探头的每个基元的坐标 (x_j, y_j, z_j) ($1 \leq j \leq N$) 存入到探头的存储器中。超声成像系统识别到探头时, 可以读取每一基元 j 的几何坐标 (x_j, y_j, z_j) , 这样系统发射和接收部分可以针对不同的探头有不同波束合成控制, 而不像现在的系统设计中假设基元的排布是均匀并且对所有探头的几何参数都是相同的。对

于声学参数,将每个基元 j 的脉冲响应 $h_j(n)$ 或者频率响应 $w_j(f)$ 存入到探头的存储器中。基元的脉冲响应按如下方法测得:依次对探头的每一个基元 j 施加一个窄脉冲(脉冲带宽远大于探头带宽),利用示波器依次记录水槽中水听器获取的回波信号即为基元 j 的脉冲响应 $h_j(n)$,示波器的采样频率须在探头带宽的 10 倍以上;对获取的基元脉冲响应 $h_j(n)$ 进行频域表达即可获得基元 j 的频率响应 $w_j(f)$ 。当成像系统识别到探头时,可以读入探头存储器中每一基元 j 的脉冲响应 $h_j(n)$ 或频率响应 $w_j(f)$,参与到整个信号链路上的频率控制和信号处理。

[0061] 基元的几何位置设定为 (x_j, y_j, z_j) ,发射或接收焦点位置 (foc_x, foc_y, foc_z) ,扫描线顶点到焦点的距离 R ,则

$$[0062] \quad D(j) = R + offset - \sqrt{(x_j - foc_x)^2 + (y_j - foc_y)^2 + (z_j - foc_z)^2}$$

[0063] 其中, $D(j)$ 为发射延时值或接收延时值, $offset$ 为设定的发射延时偏移值或接收延时偏移值。

[0064] 设定探头中多个基元的平均脉冲响应 $h(n)$ 或平均频率响应 $w(f)$,该平均脉冲响应 $h(n)$ 或平均频率响应 $w(f)$ 是对多个基元 j 的脉冲响应 $h_j(n)$ 或频率响应 $w_j(f)$ 通过统计取平均获取的,设定施加到探头的发射波束信号频谱 $H_{xmit}(f)$,该发射波束信号在被检测组织中传播时的衰减和散射在频域表达为 $H_{att}(f, r)$ 和 $H_{scatter}(f, r)$,则在图 2 中,探头接收的回波信号频谱 $H_{rx}(f, r)$

$$[0065] \quad H_{rx}(f, r) = H_{xmit}(f)w(f)H_{att}(f, r)w(f)H_{scatter}(f, r)$$

[0066] 在图 3 中,探头接收的每一基元 j 的回波信号频谱 $H_{rx(j)}(f, r)$

$$[0067] \quad H_{rx(j)}(f, r) = H_{xmit}(f)w_j(f)H_{att}(f, r)w_j(f)H_{scatter}(f, r)$$

[0068] 其中 r 为深度, f 为频率,

[0069] 根据基元 j 的回波信号的频谱,对每一基元的回波进行解调滤波,之后再对每一基元解调后的回波进行接收波束合成;

[0070] 设定所述发射波束或所述接收波束的孔径为 A ,则

$$[0071] \quad A = \frac{R}{F_{num}(f)}$$

[0072] 其中 R 为扫描线顶点到焦点的距离, $F_{num}(f)$ 是所述回波信号的中心频率 f 的函数,

$$[0073] \quad F_{num}(f) = \frac{1}{2 \tan \alpha(f)} + \frac{1}{2R \sin \alpha(f)} \cdot F$$

[0074] 其中 $\alpha(f)$ 为基元的接收角, R 为探头的半径, F 为焦距,

[0075] 设定 s 为基元在探头表面的坐标,孔径 A 中工作的基元为第 L 号基元到第 M 号基元,那么

$$[0076] \quad A = \sum_{j=L+1}^M |s_j - s_{j-1}|$$

[0077] 对于线阵探头或相控阵探头, $s_j = x_j$;对于弧阵探头,则

$$[0078] \quad s_j = \frac{x_j^2 + z_j^2}{2z_j} \tan^{-1} \left(\frac{z_j}{2x_j} \right)$$

[0079] 设定变迹窗 $W(n)$,窗长为 T ,变迹窗可以采用任何的窗函数,如汉明窗或高斯窗

等, 则基元的变迹系数 $w(j)$

$$[0080] \quad w(j) = \begin{cases} W[\text{round}(\frac{s_j}{A} * T)] & s_j \geq 0 \\ W[\text{round}(\frac{s_j}{A} * T) + T] & s_j < 0 \end{cases} .$$

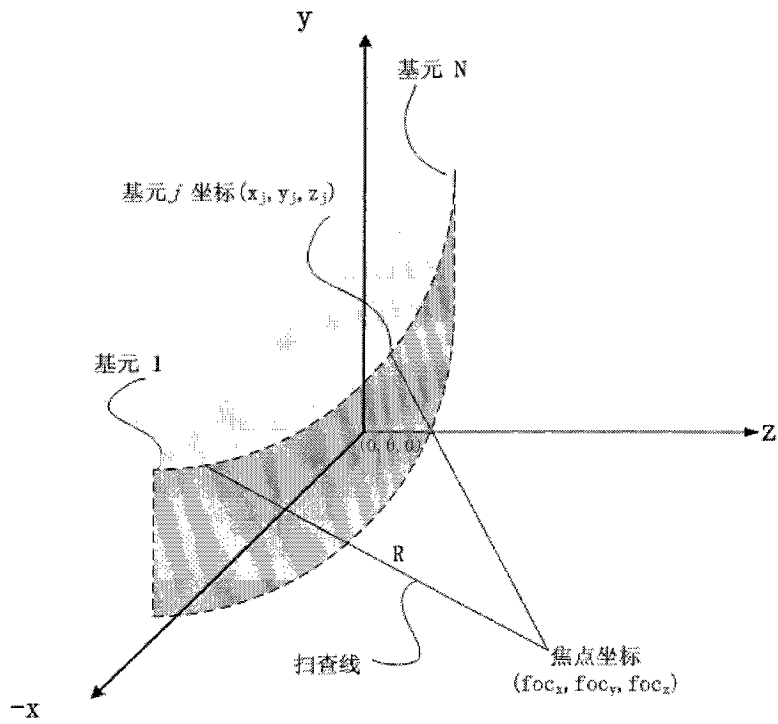


图 1

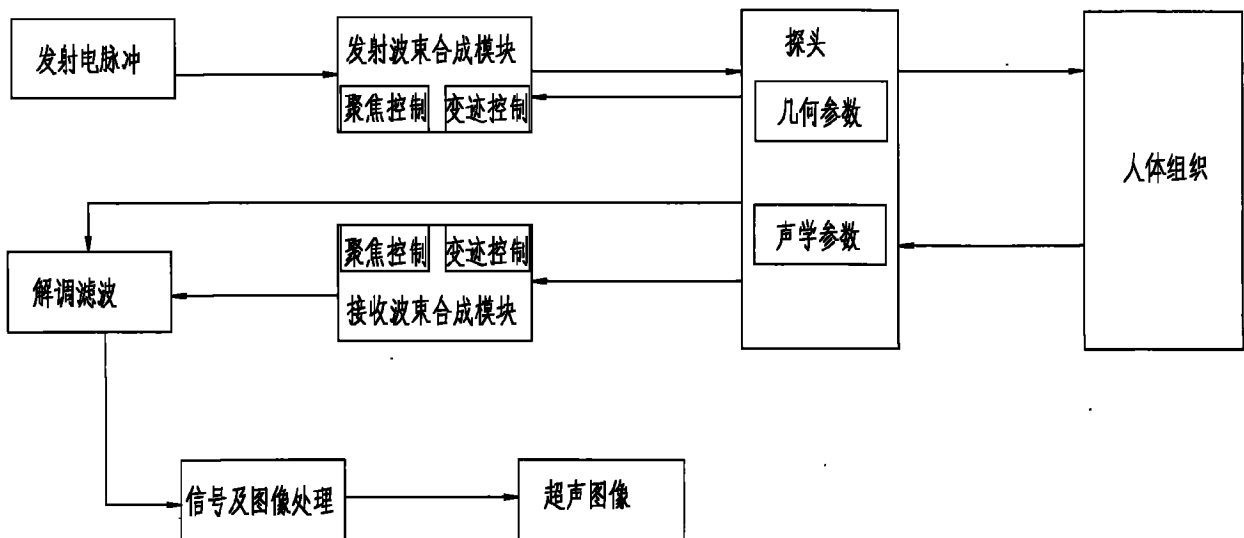


图 2

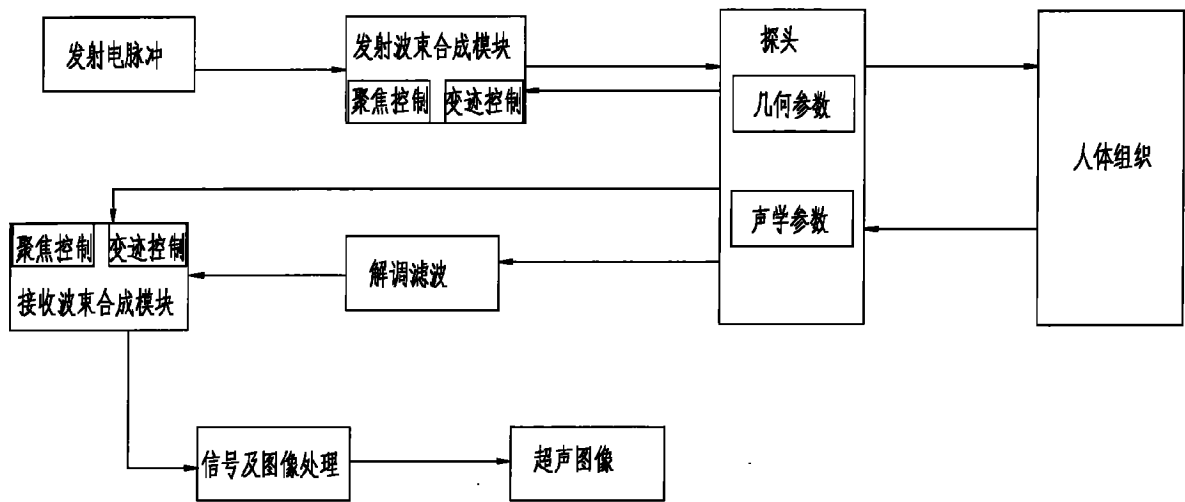


图 3

专利名称(译)	超声探头自适应成像系统		
公开(公告)号	CN102028499B	公开(公告)日	2012-10-31
申请号	CN201010603305.3	申请日	2010-12-24
[标]申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	飞依诺科技(苏州)有限公司		
[标]发明人	田园		
发明人	田园		
IPC分类号	A61B8/00		
代理人(译)	赵艳		
审查员(译)	温博		
其他公开文献	CN102028499A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了超声探头自适应成像系统，该成像系统根据探头中每一个基元的几何参数和声学参数进行自适应成像，具体来说，在发射波束合成模块或接收波束合成模块中，根据每个基元的几何参数和声学参数，来计算每个基元的发射延时值或接收延时值和变迹系数，通过针对每个基元的发射延时或接收延时的控制，使得发射波束合成或接收波束合成的聚焦的焦点更集中，焦点处的信号更强，提高图像质量；通过针对每个基元的变迹系数的控制，抑制发射波束或接收波束的旁瓣，优化图像效果；解调滤波模块中解调中心频率与解调带宽与探头中存储的中心频率、带宽相匹配，进一步提高图像质量，综上，通过成像系统中发射波束合成模块、接收波束合成模块、解调滤波模块与探头的较好的匹配，提高了超声图像质量，使用该超声探头自适应成像系统，也减少了探头的控制成本和次品率。

