



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110507355 A
(43)申请公布日 2019. 11. 29

(21)申请号 201910893370.5

(22)申请日 2019.09.20

(71)申请人 青岛海信医疗设备股份有限公司
地址 266100 山东省青岛市崂山区松岭路
169号软件园外包中心三层北侧

(72)发明人 马克涛 王琦 宋昊

(74)专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理
有限公司 11291
代理人 王春波

(51) Int. Cl.
A61B 8/00(2006.01)
G06F 17/50(2006.01)

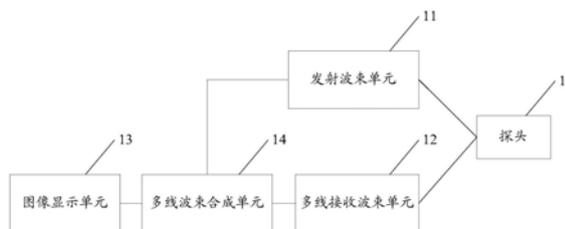
权利要求书3页 说明书19页 附图2页

(54)发明名称

一种超声成像系统、方法、设备及介质

(57)摘要

本发明公开了一种超声成像系统、方法、设备及介质,根据每一条第一接收线对应的第一接收点同一轴向上,与第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点,将接收点划分为多个组,其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点,每个组中包含的所述接收点完全不同;确定每个组对应的相干系数权重值,根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和,对所述第一接收线的幅值进行修正;合并修正后的每条第一接收线,生成对应的图像数据,并发送给所述图像显示单元生成对应的图像,提高了并行波束合成的帧频与准确性,解决了现有技术中接收线数据在不可信的情况下对修正结果造成误差的问题。



1. 一种超声成像系统,所述系统包括探头、发射波束单元、多线接收波束单元以及图像显示单元,其特征在于,还包括:多线波束合成单元;

所述多线波束合成单元与所述图像显示单元连接,用于针对每条第一接收线,确定该第一接收线对应的第一接收点同一轴向距离上,与所述第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点,将接收点划分为多个组,其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点,每个组中包含的所述接收点完全不同;确定每个组对应的相干系数权重值,根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和,对所述第一接收线的幅值进行修正;合并修正后的每条第一接收线,生成对应的图像数据,并发送给所述图像显示单元生成对应的图像。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述多线波束合成单元,还用于在确定第二接收点之前,根据预先确定的相位差和/或幅度差,对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和/或幅度进行修正。

3. 根据权利要求2所述的系统,其特征在于,所述多线波束合成单元在同时对相位和幅度进行修正时,具体用于根据 $S_{\text{corr}}(x_t, z_t, x_r, z_r) = A e^{j\phi} = A \cdot \Delta A e^{j\phi + \Delta\phi}$, 对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和幅度进行修正,其中,

$$\Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)},$$

$$\Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

其中A为所述发射聚焦、接收聚焦得到的信号的幅值, $A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为幅度的参考点, $\phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为相位的参考点,

且

$$A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{abs}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

$$\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{angle}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

其中, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的幅度, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的相位, IQ代表正交解调, abs代表复数取模, angle代表复数取角度,

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i Q_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P\left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{Y_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{Y_j(x_r, z_r)}{c}\right) e^{-\mu Y_i(x_t, z_t)} e^{-\mu Y_j(x_r, z_r)},$$

其中, x_t 是发射聚焦点的横向坐标, z_t 是发射聚焦点的纵向坐标, x_r 是接收聚焦点的横向坐标, z_r 是接收聚焦点的纵向坐标, t是时间, $\Psi_i(\theta_{x_t, z_t})$ 是探头发射时第i个阵元对坐标 (x_t, z_t) 的指向性函数, $\Psi_j(\theta_{x_r, z_r})$ 代表探头发射时第j个阵元对坐标 (x_r, z_r) 的指向性函数, ξ_i 是探头发射时第i个阵元的敏感系数, η_j 是探头发射时第j个阵元的敏感系数, Q_i 代表发射时第i个阵元的变迹系数, B_j 代表发射时第j个阵元的变迹系数, P代表发射信号, $Y_i(x, z)$ 代表第i个阵元距离坐标 (x, z) 的距离, c是声速, μ 是声传播时的衰减因子, $\tau_i(x, z)$ 代表第i个阵元在坐标 (x, z) 上的延迟。

4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述多线波束合成单元,具体用于根据

$$\gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n}(x_i, z) = \beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} \beta_{j_1, j_2, j_3, \dots, j_n}^2(x_i, z),$$

确定每个组对应的相干系数权重值,其中, a 为并行波束合成倍数的二分之一, $\beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \dots \times \alpha(x_{j_n}, z)$ 为每个组对应的可信度, $\alpha(x_{j_n}, z)$ 为接收线 Rx_{j_n} 的相干系数。

5. 根据权利要求4所述的系统,其特征在于,所述多线波束合成单元,具体用于根据以下公式,确定第一接收线本身的能量,

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n} \left(b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + \dots \dots + b_{i, j_n} SE_{Rx_{j_n}} \right),$$

其中, $SE_{Rx_{j_n}}$ 为接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量, b_{i, j_n} 是计算接收线 Rx_{j_n} 本身的能量 $E_{Rx_{j_n}}$ 时,对接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 参与合成 E_{Rx_i} 时的比例系数。

6. 一种超声成像方法,其特征在于,所述方法包括:

针对每条第一接收线,确定该第一接收线对应的第一接收点同一轴向距离上,与所述第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点,将接收点划分为多个组,其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点,每个组中包含的所述接收点完全不同;

确定每个组对应的相干系数权重值,根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和,对所述第一接收线的幅值进行修正;

合并修正后的每条第一接收线,生成对应的图像数据,并发送给所述图像显示单元生成对应的图像。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,在确定第二接收点之前,根据预先确定的相位差和/或幅度差,对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和/或幅度进行修正。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,在同时对相位和幅度进行修正时,根据 $S_{corr}(x_t, z_t, x_r, z_r) = A e^{j\phi} = A \cdot \Delta A e^{j\phi + \Delta\phi}$,对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和幅度进行修正,其中,

$$\Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)},$$

$$\Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

其中 A 为所述发射聚焦、接收聚焦得到的信号的幅值, $A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为幅度的参考点, $\phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为相位的参考点,

且

$$A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{abs}(\text{IQ}(\text{H}(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

$$\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{angle}(\text{IQ}(\text{H}(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

其中, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻 t 得到的信号的幅度, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻 t 得到的信号的相位,IQ代表正交解调,abs代表复数取模,angle代表复数取角度,

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i Q_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P \left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{Y_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{Y_j(x_r, z_r)}{c} \right) e^{-\mu Y_i(x_t, z_t)} e^{-\mu Y_j(x_r, z_r)},$$

其中, x_t 是发射聚焦点的横向坐标, z_t 是发射聚焦点的纵向坐标, x_r 是接收聚焦点的横向坐标, z_r 是接收聚焦点的纵向坐标, t 是时间, $\Psi_i(\theta_{x_t, z_t})$ 是探头发射时第 i 个阵元对坐标 (x_t, z_t) 的指向性函数, $\Psi_j(\theta_{x_r, z_r})$ 代表探头发射时第 j 个阵元对坐标 (x_r, z_r) 的指向性函数, ξ_i 是探头发射时第 i 个阵元的敏感系数, η_j 是探头发射时第 j 个阵元的敏感系数, Q_i 代表发射时第 i 个阵元的变迹系数, B_j 代表发射时第 j 个阵元的变迹系数, P 代表发射信号, $Y_i(x, z)$ 代表第 i 个阵元距离坐标 (x, z) 的距离, c 是声速, μ 是声传播时的衰减因子, $\tau_i(x, z)$ 代表第 i 个阵元在坐标 (x, z) 上的延迟。

9. 根据权利要求6所述的方法, 其特征在于, 所述确定每个组对应的相干系数权重值, 包括:

$$\text{根据 } \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n}(x_i, z) = \beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} i-a \beta_{j_1, j_2, j, \dots, n}^2(x_i, z),$$

确定每个组对应的相干系数权重值, 其中, a 为并行波束合成倍数的二分之一, $\beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \dots \times \alpha(x_{j_n}, z)$ 为每个组对应的可信度, $\alpha(x_{j_n}, z)$ 为接收线 Rx_{j_n} 的相干系数。

10. 根据权利要求9所述的方法, 其特征在于, 所述确定每个组对应的相干系数权重值之后, 还包括:

根据以下公式, 确定第一接收线本身的能量,

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} i-a \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n} \left(b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + \dots \dots + b_{i, j_n} SE_{Rx_{j_n}} \right),$$

其中, $SE_{Rx_{j_n}}$ 为接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量, b_{i, j_n} 是计算接收线 Rx_{j_n} 本身的能量 $E_{Rx_{j_n}}$ 时, 对接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 参与合成 E_{Rx_i} 时的比例系数。

11. 一种超声成像设备, 其特征在于, 所述超声成像设备包括处理器, 所述处理器用于执行存储器中存储的计算机程序时实现如权利要求6-10中任一所述方法的步骤。

12. 一种计算机可读存储介质, 其特征在于, 其存储有计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求6-10中任一所述方法的步骤。

一种超声成像系统、方法、设备及介质

技术领域

[0001] 本发明涉及数字图像处理领域,尤其涉及一种超声成像系统、方法、设备及介质。

背景技术

[0002] 在超声系统中,为了提供帧频,也就是时间分辨率,往往需要进行并行波束合成。即发射一条线,接收多条线来进行波束合成。但是因为发射线和接收线无法在几何位置上重合,所以往往会在图像中呈现一些问题。具体表现在图像中会出现较为明显的栅格。这是由于接收线与发射线没有重合,导致能量发散,采集回来的数据包含了较多的其他邻近线的信息所造成的。因此需要对接收线进行修正,这是并行波束合成的核心部分。

[0003] 现有技术中为了实现并行波束合成,许多超声设备公司提出了自己的并行波束合成的实现方法。其中,有些并行波束合成的实现方法是依据某条接收线周围多条接收线的信息,对该条接收线进行修正,但如果其中某条线不可靠,会对修正产生影响。

[0004] 现有技术中还有的并行波束合成的实现方法是利用回顾式相加的方法,即先对相位进行修正,再对相应的接收线进行相加,去除误差。该实现方法是比较容易实现,但是其对接收线的处理还是比较简单。因为传统的波束合成方案中,每次发射和接收都是同一条线,这样往往造成帧频较低的问题,在某些情况下无法满足实时性的要求。此外,由于发射是一个从探头到探测组织的物理过程,故发射一条线的时间是固定的,而接收是在FPGA或者PC中对回波数据处理的,是一个计算过程,也是可以很快的完成。所以,为了节省发射时间,提高帧频。可以发射N条线,接收回来M条线, $M>N$ 。当 $M/N=2$ 时,则称该并行波束合成为2倍并行波束合成;当 $M/N=4$ 时,则称该并行波束合成为4倍并行波束合成。但是,如果在4倍并行波束合成时采用上述的回顾式相加的方法,则有一半接收线是重叠的,此时4倍并行波束合成的帧频和2倍并行波束合成的帧频一致,因此只能达到2倍并行波束合成的帧频,无法再提高,所以采用回顾式相加的方法还是有很大的局限性。

发明内容

[0005] 本发明实施例提供了一种超声成像系统、方法、设备及介质,用以解决现有技术中接收线在不可信的情况下对修正结果造成误差的问题,提高并行波束合成的帧频与准确性。

[0006] 本发明实施例提供了一种超声成像系统,所述系统包括探头、发射波束单元、多线接收波束单元以及图像显示单元,还包括:多线波束合成单元;

[0007] 所述多线波束合成单元与所述图像显示单元连接,用于针对每条第一接收线,确定该第一接收线对应的第一接收点同一轴向距离上,与所述第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点,将接收点划分为多个组,其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点,每个组中包含的所述接收点完全不同;确定每个组对应的相干系数权重值,根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和,对所述第一接收线的幅值进行修正;合并修正后的每条第一接收线,生成对应的图

像数据,并发送给所述图像显示单元生成对应的图像。

[0008] 进一步地,所述多线波束合成单元,还用于在确定第二接收点之前,根据预先确定的相位差和/或幅度差,对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和/或幅度进行修正。

[0009] 进一步地,所述多线波束合成单元在同时对相位和幅度进行修正时,具体用于根据 $S_{\text{corr}}(x_t, z_t, x_r, z_r) = Ae^{j\phi} = A \cdot \Delta Ae^{j\phi + \Delta\phi}$,对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和幅度进行修正,其中,

$$[0010] \quad \Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)},$$

$$[0011] \quad \Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

[0012] 其中A为所述发射聚焦、接收聚焦得到的信号的幅值, $A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为幅度的参考点, $\phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为相位的参考点,

[0013] 且

$$[0014] \quad A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{abs}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

$$[0015] \quad \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{angle}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

[0016] 其中, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的幅度, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的相位, IQ代表正交解调, abs代表复数取模, angle代表复数取角度,

[0017]

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i Q_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P \left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{Y_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{Y_j(x_r, z_r)}{c} \right) e^{-\mu Y_i(x_t, z_t)} e^{-\mu Y_j(x_r, z_r)},$$

[0018] 其中, x_t 是发射聚焦点的横向坐标, z_t 是发射聚焦点的纵向坐标, x_r 是接收聚焦点的横向坐标, z_r 是接收聚焦点的纵向坐标, t 是时间, $\Psi_i(\theta_{x_t, z_t})$ 是探头发射时第i个阵元对坐标 (x_t, z_t) 的指向性函数, $\Psi_j(\theta_{x_r, z_r})$ 代表探头发射时第j个阵元对坐标 (x_r, z_r) 的指向性函数, ξ_i 是探头发射时第i个阵元的敏感系数, η_j 是探头发射时第j个阵元的敏感系数, Q_i 代表发射时第i个阵元的变迹系数, B_j 代表发射时第j个阵元的变迹系数, P代表发射信号, $Y_i(x, z)$ 代表第i个阵元距离坐标 (x, z) 的距离, c是声速, μ 是声传播时的衰减因子, $\tau_i(x, z)$ 代表第i个阵元在坐标 (x, z) 上的延迟。

[0019] 进一步地,所述多线波束合成单元,具体用于根据 $\gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n}(x_i, z) =$

$$\beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} \beta_{j_1, j_2, j_3, \dots, j_n}^2(x_i, z),$$

[0020] 确定每个组对应的相干系数权重值,其中, a为并行波束合成倍数的二分之一, $\beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \dots \times \alpha(x_{j_n}, z)$ 为每个组对应的可信度, $\alpha(x_{j_n}, z)$ 为接收线 Rx_{j_n} 的相干系数。

[0021] 进一步地,所述多线波束合成单元,具体用于根据以下公式,确定第一接收线本身的能量,

[0022]

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{\substack{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n \\ i-a}}^{i+a} \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n} \left(b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + \dots \dots + b_{i, j_n} SE_{Rx_{j_n}} \right),$$

[0023] 其中, $SE_{Rx_{j_n}}$ 为接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量, b_{i, j_n} 是计算接收线 Rx_{j_n} 本身的能量 $E_{Rx_{j_n}}$ 时, 对接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 参与合成 E_{Rx_i} 时的比例系数。

[0024] 本发明实施例还提供了一种超声成像方法, 所述方法包括:

[0025] 针对每条第一接收线, 确定该第一接收线对应的第一接收点同一轴向距离上, 与所述第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点, 将接收点划分为多个组, 其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点, 每个组中包含的所述接收点完全不同;

[0026] 确定每个组对应的相干系数权重值, 根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和, 对所述第一接收线的幅值进行修正;

[0027] 合并修正后的每条第一接收线, 生成对应的图像数据, 并发送给所述图像显示单元生成对应的图像。

[0028] 进一步地, 在确定第二接收点之前, 根据预先确定的相位差和/或幅度差, 对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和/或幅度进行修正。

[0029] 进一步地, 在同时对相位和幅度进行修正时, 根据 $S_{corr}(x_t, z_t, x_r, z_r) = Ae^{j\phi} = A \cdot \Delta Ae^{j\phi + \Delta\phi}$, 对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和幅度进行修正, 其中,

$$[0030] \quad \Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)},$$

$$[0031] \quad \Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

[0032] 其中 A 为所述发射聚焦、接收聚焦得到的信号的幅值, $A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为幅度的参考点, $\phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为相位的参考点,

[0033] 且

$$[0034] \quad A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{abs}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

$$[0035] \quad \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{angle}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

[0036] 其中, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻 t 得到的信号的幅度, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻 t 得到的信号的相位, IQ 代表正交解调, abs 代表复数取模, angle 代表复数取角度,

[0037]

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i Q_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P \left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{Y_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{Y_j(x_r, z_r)}{c} \right) e^{-\mu Y_i(x_t, z_t)} e^{-\mu Y_j(x_r, z_r)},$$

[0038] 其中, x_t 是发射聚焦点的横向坐标, z_t 是发射聚焦点的纵向坐标, x_r 是接收聚焦点

的横向坐标, z_r 是接收聚焦点的纵向坐标, t 是时间, $\Psi_i(\theta_{x_t, z_t})$ 是探头发射时第 i 个阵元对坐标 (x_t, z_t) 的指向性函数, $\Psi_j(\theta_{x_r, z_r})$ 代表探头发射时第 j 个阵元对坐标 (x_r, z_r) 的指向性函数, ξ_i 是探头发射时第 i 个阵元的敏感系数, η_j 是探头发射时第 j 个阵元的敏感系数, Q_i 代表发射时第 i 个阵元的变迹系数, B_j 代表发射时第 j 个阵元的变迹系数, P 代表发射信号, $Y_i(x, z)$ 代表第 i 个阵元距离坐标 (x, z) 的距离, c 是声速, μ 是声传播时的衰减因子, $\tau_i(x, z)$ 代表第 i 个阵元在坐标 (x, z) 上的延迟。

[0039] 进一步地, 所述确定每个组对应的相干系数权重值, 包括:

[0040] 根据
$$Y_{j_1, j_2, \dots, j_n}(x_i, z) = \beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} i-a \beta_{j_1, j_2, j_3, \dots, n}^2(x_i, z),$$

[0041] 确定每个组对应的相干系数权重值, 其中, a 为并行波束合成倍数的二分之一, $\beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \dots \times \alpha(x_{j_n}, z)$ 为每个组对应的可信度, $\alpha(x_{j_n}, z)$ 为接收线 Rx_{j_n} 的相干系数。

[0042] 进一步地, 所述确定每个组对应的相干系数权重值之后, 还包括:

[0043] 根据以下公式, 确定第一接收线本身的能量,

[0044]

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} i-a \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n} (b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + \dots \dots + b_{i, j_n} SE_{Rx_{j_n}}),$$

[0045] 其中, $SE_{Rx_{j_n}}$ 为接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量, b_{i, j_n} 是计算接收线 Rx_{j_n} 本身的能量 $E_{Rx_{j_n}}$ 时, 对接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 参与合成 E_{Rx_i} 时的比例系数。

[0046] 本发明实施例还提供了一种超声成像设备, 所述超声成像设备包括处理器, 所述处理器用于执行存储器中存储的计算机程序时实现如上述任一所述方法的步骤。

[0047] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质, 其存储有计算机程序, 所述计算机程序被处理器执行时实现如上述任一所述方法的步骤。

[0048] 由于在本发明实施例中, 根据每一条第一接收线对应的第一接收点同一轴向上, 与第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点, 将接收点划分为多个组, 其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点, 每个组中包含的所述接收点完全不同; 根据每个组对应的相干系数权重值与该组包含的接收点对第一接收点的相干能量和的乘积的和, 对第一接收线的幅值进行修正, 提高了并行波束合成的准确性, 解决了现有技术中接收线数据在不可信的情况下对修正结果造成误差的问题。

附图说明

[0049] 图1为本发明实施例提供的一种超声成像系统的结构示意图;

[0050] 图2为本发明实施例提供的2倍并行波束合成示意图;

[0051] 图3为本发明实施例提供的一种超声成像的过程示意图；

[0052] 图4为本发明实施例还提供一种超声成像设备结构示意图。

具体实施方式

[0053] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明作进一步地详细描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本发明保护的范围。

[0054] 为了避免接收线数据在不可信的情况下对修正结果造成的误差，提高并行波束合成的帧频与准确性，本发明实施例提供了一种超声成像系统、方法、设备及介质。

[0055] 实施例1：

[0056] 图1为本发明实施例提供的一种超声成像系统的结构示意图，该系统包括：包括探头10、发射波束单元11、多线接收波束单元12以及图像显示单元13，还包括：多线波束合成单元14；

[0057] 所述多线波束合成单元14与所述图像显示单元13连接，用于针对每条第一接收线，确定该第一接收线对应的第一接收点同一轴向距离上，与所述第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点，将接收点划分为多个组，其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点，每个组中包含的所述接收点完全不同；确定每个组对应的相干系数权重值，根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和，对所述第一接收线的幅值进行修正；合并修正后的每条第一接收线，生成对应的图像数据，并发送给所述图像显示单元13生成对应的图像。

[0058] 该超声成像系统的探头10，其中包括有阵列换能器，用于将电信号转换成对应的超声波或者将接收到的超声波转换成对应的电信号。

[0059] 发射波束单元11耦合在该阵列换能器上，用于发射波束。

[0060] 多线接收波束单元12耦合在该阵列换能器上，用于根据需要响应的波束产生对应的多条接收线。

[0061] 其中，探头10、发射波束单元11、多线接收波束单元12的工作方式与现有技术相同，这里不再赘述。

[0062] 第一接收线是接收线中的任意一条接收线。因为发射线和接收线在几何位置上不重合，且两者本身就会有扩散，所以发射线和接收线并非是一条直线，即发射发射线时，发射线的能量会扩散到其他线的位置，而得到接收线时，接收线会将其他线的能量接收过来。因此，每条接收线实际上包含了许多其他线的能量，并将这些其他线的能量理解成相干能量，在得到某一接收线时，就需要把这些相干能量删除。而根据预先确定的相位差和/或幅度差，对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和/或幅度进行修正后得到的该接收线，是不能保证该接收线所包含的总能量都是可靠的，其中有一些接收线受到一些相干而不可信，这时就需要根据各个相干能量的相干系数确定该接收线可信的程度，对该接收线进一步的修正。

[0063] 其中，一般对第一接收线上需要修正的接收点相干比较大的接收点，为该待修正的接收点相邻的同一轴向距离上的接收点，即第一接收线对应的接收点同一轴向距离上，

与该第一接收点相邻的第二接收点,所以在对该第一接收线对应的第一接收点进行修正时,只需考虑与该第一接收点相邻的,且与该第一接收点在同一轴向距离的第二接收点对该第一接收点的影响即可。因此,在得到第一接收线之后,根据该第一接收线对应的第一接收点的横、纵坐标,确定与该第一接收线相邻的,且与该第一接收点在同一轴向距离上设定数量的第二接收点。

[0064] 例如,当前第一接收线对应的第一接收点的坐标为 (x_i, z) , 设定数量为4, 则确定该第一接收点同一轴向距离上的相邻的4个点作为第二接收点, 即该第一接收点附近的四个第二接收点为 (x_{i-2}, z) 、 (x_{i-1}, z) 、 (x_{i+1}, z) 、 (x_{i+2}, z) 。

[0065] 确定了设定数量的第二接收点所在的第二接收线之后,将该第一接收点与

[0066] 第二接收点随机划分成多个组,每个组中都包含了第二设定数量的接收点,且每个组内包含的接收点均不相同。其中,第二设定数量小于等于第一设定数量。

[0067] 假设进行4倍并行波束合成,第二设定数量为4,第一接收点为 (x_i, z) , 根据公式

$$\gamma_{j_1, j_2, j_3, j_4}(x_i, z) = \beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}^2(x_i, z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4}^{i+2} \beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}^2(x_i, z),$$

确定每个组对应的相干系数权重值。

[0068] 其中, $\beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \alpha(x_{j_3}, z) \times \alpha(x_{j_4}, z)$,

$\beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}(x_i, z)$ 为每个组对应的可信度, $\alpha(x_{j_n}, z)$ 为接收点 (x_{j_n}, z) 所在的接收线 Rx_{j_n} 的相干系数。

[0069] 而相干系数 $\alpha(x_{j_n}, z)$ 可以采用下面这种相干系数的算法:

$$[0070] \quad \alpha(x_{j_n}, z) = \frac{|\sum_{m=1}^M S(x_{j_n}, z, m)|^2}{M \sum_{m=1}^M |S(x_{j_n}, z, m)|^2}$$

[0071] 其中, $S(x_{j_n}, z, m)$ 代表第 m 帧的接收线 Rx_{j_n} 的回波信号强度, (x_{j_n}, z, m) 代表第 m 帧的图像中该点的具体位置, m 代表是第 m 帧图像, M 为包含有接收线 Rx_{j_n} 的图像的帧数。

[0072] 需要说明的是,相干系数的计算不限于上面的形式,其他的相干系数计算方式还有 GCF、SCF、GSCF、STF 等。

[0073] 其中,

[0074] $j_1 = i-2, i-1, \dots, i+2$

[0075] $j_2 = i-2, i-1, \dots, i+2$

[0076] $j_3 = i-2, i-1, \dots, i+2$

[0077] $j_4 = i-2, i-1, \dots, i+2$

[0078] $j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4$

[0079] j_1, j_2, j_3, j_4 代表该组内的4个接收点,其值为该组内对应位置处接收点的位置标识值。

[0080] 进一步的,该组包含的接收点对第一接收点的相干能量和是指每个组内确定的对应的每个接收点所包含的总能量以及该接收点所在的接收线本身的能量与第一接收线总能量的比例系数的乘积的和。

[0081] 具体的,确定第一接收线修正的幅值的公式为:

[0082]

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4}^{i+2} \gamma_{j_1, j_2, j_3, j_4} (b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + b_{i, j_3} SE_{Rx_{j_3}} + b_{i, j_4} SE_{Rx_{j_4}}),$$

[0083] 其中, $SE_{Rx_{j_n}}$ 为接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量, b_{i, j_n} 是计算接收线 Rx_{j_n} 本身的能量 $E_{Rx_{j_n}}$ 时, 对接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 所采取的一个比例系数, 即不同的 $SE_{Rx_{j_n}}$ 在参与合成 E_{Rx_i} 时的比例系数。

[0084] 需要说明的是, b_{i, j_n} 与纵向距离 r 有关, 需要在实际操作中通过调试确定, 具体的相信本领域技术人员能够基于本发明实施例的描述确定具体的 b_{i, j_n} 确定过程, 在此不再赘述。

[0085] 按照上述的方式, 对该第一接收线进行幅值上的修正之后, 合并每条修正后的第一接收线, 生成对应的图像数据, 并发送给所述图像显示单元生成对应的图像。

[0086] 图像显示单元接收到多线波束合成单元发送的图像数据后, 生成对应的图像。

[0087] 由于在本发明实施例中, 根据每一条第一接收线对应的第一接收点同一轴向上, 与第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点, 将接收点划分为多个组, 其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点, 每个组中包含的所述接收点完全不同; 根据每个组对应的相干系数权重值与该组包含的接收点对第一接收点的相干能量和的乘积的和, 对第一接收线的幅值进行修正, 提高了并行波束合成的准确性, 解决了现有技术中接收线数据在不可信的情况下对修正结果造成误差的问题。

[0088] 实施例2:

[0089] 为了提高并行波束合成的准确性, 在上述实施例的基础上, 在本发明实施例中, 所述多线波束合成单元, 还用于在确定第二接收点之前, 根据预先确定的相位差和/或幅度差, 对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和/或幅度进行修正。

[0090] 进行修正时, 可以只对相位进行修正, 也可以只对幅度进行修正, 较佳地, 是同时对相位和幅度进行修正。

[0091] 图2为本发明实施例提供的一种2倍并行波束合成示意图。在并行波束合成中, 因为发射线和接收线在几何上并不重合, 所以接收的接收线和发射线往往会有相位差和幅度差, 如图2中弧线所示。因此在确定第二接收点之前, 必须要将这个相位差和/或幅度差去除。

[0092] 多线波束合成单元在同时对相位和幅度进行修正时, 具体用于根据 $S_{corr}(x_t, z_t, x_r, z_r) = Ae^{j\phi} = A \cdot \Delta Ae^{j\phi + \Delta\phi}$, 对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和幅度进行修正, 其中,

$$[0093] \quad \Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)},$$

$$[0094] \quad \Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

[0095] 其中A为所述发射聚焦、接收聚焦得到的信号的幅值, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 为幅度的参考点, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 为相位的参考点,

[0096] 且

$$[0097] \quad A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{abs}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

$$[0098] \quad \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{angle}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

[0099] 其中, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的幅度, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的相位, IQ代表正交解调, abs代表复数取模, angle代表复数取角度,

[0100]

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i Q_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P \left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{Y_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{Y_j(x_r, z_r)}{c} \right) e^{-\mu Y_i(x_t, z_t)} e^{-\mu Y_j(x_r, z_r)},$$

[0101] 其中, x_t 是发射聚焦点的横向坐标, z_t 是发射聚焦点的纵向坐标, x_r 是接收聚焦点的横向坐标, z_r 是接收聚焦点的纵向坐标, t是时间, $\Psi_i(\theta_{x_t, z_t})$ 是探头发射时第i个阵元对

坐标 (x_t, z_t) 的指向性函数, $\Psi_j(\theta_{x_r, z_r})$ 代表探头发射时第j个阵元对坐标 (x_r, z_r) 的指向性函数, ξ_i 是探头发射时第i个阵元的敏感系数, η_j 是探头发射时第j个阵元的敏感系数, Q_i 代表发射时第i个阵元的变迹系数, B_j 代表发射时第j个阵元的变迹系数, P代表发射信号, $Y_i(x, z)$ 代表第i个阵元距离坐标 (x, z) 的距离, c是声速, μ 是声传播时的衰减因子, $\tau_i(x, z)$ 代表第i个阵元在坐标 (x, z) 上的延迟。

[0102] 在本发明实施例中,采用的声场仿真数学模型是:

[0103]

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i A_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P \left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{R_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{R_j(x_r, z_r)}{c} \right) e^{-\mu R_i(x_t, z_t)} e^{-\mu R_j(x_r, z_r)},$$

[0104] 根据该模型中所需要的参数在超声成像系统中采集对应的各项参数,通过仿真,确定 $H(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 后,对该 $H(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 进行正交解调,对正交解调的结果分别进行复数取模和复数取角度,得到一个幅值 $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 和角度 $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 。

[0105] 进一步地,为了确定对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号进行修正的相位差和幅度差,还需要选取一个点作为进行幅度和相位校正的参考点。在选取过程中,可以选取距离发射聚焦点在设定范围内的点,在本申请中选取 (x_t, z_r) 作为参考点,取 $A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 作为幅度调整的参考点, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 作为相位调整的参考点。

[0106] 然后将上述得到的幅值 $A(t, x_t, x_t, x_r, z_r)$ 、角度 $\phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 、幅度的参考点 $A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 、相位的参考点 $\phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 代入下式,确定的相位差和幅度差,

$$[0107] \quad \Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)},$$

$$[0108] \quad \Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

[0109] 由于考虑了发射和接收特性共同造成的相位差和/或幅度差,对发射聚焦、接收聚焦得到的信号进行相位和/或幅值上的修正,一定程度上提高了并行波束合成的准确性。

[0110] 实施例3:

[0111] 为了确定该第一接收线是否可靠,在上述各实施例的基础上,在本发明实施例中,所述多线波束合成单元,具体用于根据

$$[0112] \quad \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n}(x_i, z) = \beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} i-a \beta_{j_1, j_2, j_3, \dots, j_n}^2(x_i, z),$$

[0113] 确定每个组对应的相干系数权重值,其中,a为并行波束合成倍数的二分之一, $\beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \dots \times \alpha(x_{j_n}, z)$ 为每个组对应的可信度, $\alpha(x_{j_n}, z)$ 为接收线 Rx_{j_n} 的相干系数。

[0114] 这里为了便于说明该公式,采用具体的例子进行说明。

[0115] 假设对第一接收点为 (x_i, z) 进行修正,确定在其同一轴向距离上,与在该第一接收点附近的四个第二接收点为 (x_{i-2}, z) 、 (x_{i-1}, z) 、 (x_{i+1}, z) 、 (x_{i+2}, z) ,加上第一接收点 (x_i, z) 一共5个点。

[0116] 进一步地,令

$$[0117] \quad j_1 = i-2, i-1, \dots, i+2$$

$$[0118] \quad j_2 = i-2, i-1, \dots, i+2$$

$$[0119] \quad j_3 = i-2, i-1, \dots, i+2$$

$$[0120] \quad j_4 = i-2, i-1, \dots, i+2$$

$$[0121] \quad j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4$$

[0122] 这里 j_1, j_2, j_3, j_4 是在 $[x_{i-2}, x_{i+2}]$ 内的任意一个整数,且互不相等,即当前 i 为3,则 j_1 可能为 $[1, 5]$ 之间任意一个数,其值可能为1、2、3、4、5中的一个,若 j_1 为1,则 j_2 为剩下的四个数中的任意一个数,其值可能为2、3、4、5中的一个,同时以此类推 j_3, j_4 的值。按照上述方法确定 j_1, j_2, j_3, j_4 ,则可以确定5种不同的 j_1, j_2, j_3, j_4 值的组合,即可以确定5种不同的4个接收点的组合。

[0123] 具体的,根据当前 j_1, j_2, j_3, j_4 的值,确定对应的4个接收点,并可以通过相干系数的算法公式确定该4个接收点中每一个点所在的接收线的总能量与该4个接收点所在的接收线的总能量和之间的相干性,即确定 $\alpha(x_{j_1}, z)$ 、 $\alpha(x_{j_2}, z)$ 、 $\alpha(x_{j_3}, z)$ 和 $\alpha(x_{j_4}, z)$ 。

[0124] 例如,可以采用CF算法计算相干系数:

$$[0125] \quad \alpha(x_{j_n}, z) = \frac{|\sum_{m=1}^M S(x_{j_n}, z, m)|^2}{M \sum_{m=1}^M |S(x_{j_n}, z, m)|^2}$$

[0126] 其中, $S(x_{j_n}, z, m)$ 代表第 m 帧的接收线 Rx_{j_n} 的回波信号强度, (x_{j_n}, z, m) 代表第

m帧的图像中该点的具体位置,m代表是第m帧图像,M为包含有接收线 Rx_{j_n} 的图像的帧数。

[0127] 本发明实施例中 $\alpha(x_{j_n}, z)$ 相干系数是一种衡量接收线 Rx_{j_n} 的回波信号强度相干性的指标,其定义为接收线 Rx_{j_n} 中相干能量与接收线 Rx_{j_n} 中包含有相干能量和非相干能量的总能量的比值。相干系数代表了第一接收线的一种可信程度,相干系数越高,说明第一接收线越可信。

[0128] 需要说明的是,相干系数的计算不限于上面的形式,其他的相干系数计算方式还有GCF、SCF、GSCF、STF等。

[0129] 得到上述4个接收点对应的相干系数后进行相乘,确定当前 j_1 、 j_2 、 j_3 、 j_4 对应的 $\beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}(x_i, z)$,即

$$[0130] \quad \beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \alpha(x_{j_3}, z) \times \alpha(x_{j_4}, z),$$

[0131] 由于有5种不同的4个接收点之间的相干系数组合,则可以确定五个对应不同的4个接收点之间的相干系数组合的 $\beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}(x_i, z)$ 。

[0132] 其中,当 $\beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}$ 越小,这4个接收点组合的信息的可信度越低,其对 E_{Rx_i} 的影响力也越低,甚至完全没有影响力; $\beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}$ 越大,这4个接收点组合的信息的可信度越高,其对 E_{Rx_i} 的影响力也越高,所以需要得到到的五个 $\gamma_{j_1, j_2, j_3, j_4}(x_i, z)$ 进行加权,即

$$[0133] \quad \gamma_{j_1, j_2, j_3, j_4}(x_i, z) = \beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}^2(x_i, z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4}^{i+2} \beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}^2(x_i, z),$$

[0134] $\gamma_{j_1, j_2, j_3, j_4}$ 是对应当前的 $\beta_{j_1, j_2, j_3, j_4}$ 进行加权得到的。

[0135] 需要说明的是, $\gamma_{j_1, j_2, j_3, j_4}$ 也可以是另外的加权形式,并不限于上面的形式。

[0136] 由于将接收点划分为多个组,其中每个组中包含第二设定数量的接收点,每个组中包含的所述接收点完全不同,并确定每个组对应的相干系数权重值,帮助更好的确定第一接收线是否可靠,从而保证后续对该第一接收线修正的准确性。

[0137] 实施例4:

[0138] 为了进一步提高并行波束合成的帧频与准确性,在上述各实施例的基础上,在本发明实施例中,所述多线波束合成单元,具体用于根据以下公式,确定第一接收线本身的能量,

[0139]

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n} (b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + \dots \dots + b_{i, j_n} SE_{Rx_{j_n}}),$$

[0140] 其中, $SE_{Rx_{j_n}}$ 为接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量, b_{i, j_n} 是计算接收线 Rx_{j_n} 本身的能量 $E_{Rx_{j_n}}$ 时,对接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 所采取的一个比例系

数,即不同的 $SE_{Rx_{j_n}}$ 在参与合成 E_{Rx_i} 时的比例系数。

[0141] 根据 $SE_{Rx_i}(x_i, z) = abs(S_{corr}(x_t, z_t, x_i, z))$,确定该接收线 Rx_{j_n} 所包含各条接收线的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 。

[0142] 需要说明的是, b_{i,j_n} 需要在实际情况中确定,其实际与为纵向距离 r 有关的函数,需要在实际操作中通过调试确定,具体的相信本领域技术人员能够基于本发明实施例的描述确定具体的 b_{i,j_n} 确定过程,在此不再赘述。

[0143] 具体的,假设第二设定数量为4,有5种不同的包含有4个接收点的组合,确定每个组对应的相干系数权重值与该组包含的4个接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和,确定该第一接收线修正后的幅值,即

[0144]

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{\substack{i=2 \\ j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4}}^{i+2} \gamma_{j_1, j_2, j_3, j_4} (b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + b_{i, j_3} SE_{Rx_{j_3}} + b_{i, j_4} SE_{Rx_{j_4}}),$$

[0145] 其中, $E_{Rx_i}(x_i, z)$ 就是第一接收点 (x_i, z) 修正后的幅值。

[0146] 下面通过具体的实施例,对本发明实施例提供的超声成像系统进行详细说明。

[0147] 为了方便说明,以4倍并行波束合成为例,并以第一接收线 Rx_3 进行具体说明。

[0148] 当接收到第一接收线 Rx_3 后,根据本发明实施例采用的声场仿真模型:

[0149]

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i Q_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P \left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{Y_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{Y_j(x_r, z_r)}{c} \right) e^{-\mu Y_i(x_t, z_t)} e^{-\mu Y_j(x_r, z_r)},$$

[0150] 其中, x_t 是发射聚焦点的横向坐标, z_t 是发射聚焦点的纵向坐标, x_r 是接收聚焦点的横向坐标, z_r 是接收聚焦点的纵向坐标, t 是时间, $\Psi_i(\theta_{x_t, z_t})$ 是探头发射时第 i 个阵元对坐标 (x_t, z_t) 的指向性函数, $\Psi_j(\theta_{x_r, z_r})$ 代表探头发射时第 j 个阵元对坐标 (x_r, z_r) 的指向性函数, ξ_i 是探头发射时第 i 个阵元的敏感系数, η_j 是探头发射时第 j 个阵元的敏感系数, Q_i 代表发射时第 i 个阵元的变迹系数, B_j 代表发射时第 j 个阵元的变迹系数, P 代表发射信号, $Y_i(x, z)$ 代表第 i 个阵元距离坐标 (x, z) 的距离, c 是声速, μ 是声传播时的衰减因子, $\tau_i(x, z)$ 代表第 i 个阵元在坐标 (x, z) 上的延迟。

[0151] 并将上述采集的参数的值代入声场仿真数学模型中。

[0152] 根据得到的 $H(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 后,取

[0153] $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = abs(IQ(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r)))$,

[0154] $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = angle(IQ(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r)))$,

[0155] 其中, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻 t 得到的信号的幅度, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻

t得到的信号的相位,IQ代表正交解调,abs代表复数取模,angle代表复数取角度。

[0156] 选取参考点为 (x_t, z_t) ,则 $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 作为幅度的参考点, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 作为相位的参考点。

[0157] 则

$$[0158] \quad \Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)}$$

$$[0159] \quad \Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

[0160] 所以,假设在发射聚焦 (x_t, z_t) 、接收聚焦 (x_r, z_r) 处得到的信号是:

$$[0161] \quad S(x_t, z_t, x_r, z_r) = Ae^{j\phi}$$

[0162] 修正后的信号为:

$$[0163] \quad S_{\text{corr}}(x_t, z_t, x_r, z_r) = Ae^{j\phi} = A \cdot \Delta Ae^{j\phi + \Delta\phi}$$

[0164] 修正后得到第一接收线 Rx_3 。

[0165] 假设对第一接收线 Rx_3 上的第一接收点 (x_i, z) 进行修正,第一设定数量为4,第二设定数量也为4,确定在该第一接收点同一轴向距离上,且在该第一接收点相邻的4个接收点作为第二接收点,即该第一接收点的4个第二接收点为 (x_{i-2}, z) 、 (x_{i-1}, z) 、 (x_{i+1}, z) 、 (x_{i+2}, z) 。该第一接收点 (x_i, z) 加上上述4个第二接收点 (x_{i-2}, z) 、 (x_{i-1}, z) 、 (x_{i+1}, z) 、 (x_{i+2}, z) ,一共5个点,利用其中每4个接收点之间的相干系数进行修正。

[0166] 令

$$[0167] \quad j_1 = i-2, i-1, \dots, i+2$$

$$[0168] \quad j_2 = i-2, i-1, \dots, i+2$$

$$[0169] \quad j_3 = i-2, i-1, \dots, i+2$$

$$[0170] \quad j_4 = i-2, i-1, \dots, i+2$$

$$[0171] \quad j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4$$

[0172] 这里 j_1, j_2, j_3, j_4 是在 $[x_{i-2}, x_{i+2}]$ 内的任意一个整数,且互不相等,即当前 i 为3,则 j_1 可能为 $[1, 5]$ 之间任意一个数,其值可能为1、2、3、4、5中的一个,若 j_1 为1,则 j_2 为剩下的四个数中的任意一个数,其值可能为2、3、4、5中的一个,同时以此类推 j_3, j_4 的值。按照上述方法确定 j_1, j_2, j_3, j_4 ,则可以确定5种不同的 j_1, j_2, j_3, j_4 值的组合,即可以确定5种不同的4个接收点的组合。

[0173] 具体的,根据当前 j_1, j_2, j_3, j_4 的值,确定对应的4个接收点,并可以通过相干系数的算法公式确定该4个接收点中每一个点所在的接收线的总能量与该4个接收点所在的接收线的总能量和之间的相干性,即确定 $\alpha(x_{j_1}, z)$ 、 $\alpha(x_{j_2}, z)$ 、 $\alpha(x_{j_3}, z)$ 和 $\alpha(x_{j_4}, z)$ 。

[0174] 例如,采用CF算法计算相干系数:

$$[0175] \quad \alpha(x_{j_n}, z) = \frac{|\sum_{m=1}^M S(x_{j_n}, z, m)|^2}{M \sum_{m=1}^M |S(x_{j_n}, z, m)|^2}$$

[0176] 其中, $S(x_{j_n}, z, m)$ 代表第 m 帧的接收线 Rx_{j_n} 的回波信号强度, (x_{j_n}, z, m) 代表第 m 帧的图像中该点的具体位置, m 代表是第 m 帧图像, M 为包含有接收线 Rx_{j_n} 的图像的帧数。

[0177] 根据上式得到上述4个接收点对应的相干系数后进行相乘,确定当前 j_1 、 j_2 、 j_3 、 j_4 对应的 $\beta_{j_1,j_2,j_3,j_4}(x_i,z)$,即

$$[0178] \quad \beta_{j_1,j_2,j_3,j_4}(x_i,z) = \alpha(x_{j_1},z) \times \alpha(x_{j_2},z) \times \alpha(x_{j_3},z) \times \alpha(x_{j_4},z),$$

[0179] 由于有5种不同的四个接收点之间的相干系数组合,则可以确定五个对应不同的4个接收点之间的相干系数组合的 $\beta_{j_1,j_2,j_3,j_4}(x_i,z)$ 。

[0180] 其中,当 β_{j_1,j_2,j_3,j_4} 越小,这4个接收点组合的信息的可信度越低,其对 E_{Rx_i} 的影响力也越低,甚至完全没有影响力; β_{j_1,j_2,j_3,j_4} 越大,这4个接收点组合的信息的可信度越高,其对 E_{Rx_i} 的影响力也越高,所以需要得到的五个 $\gamma_{j_1,j_2,j_3,j_4}(x_i,z)$ 进行加权,即

$$[0181] \quad \gamma_{j_1,j_2,j_3,j_4}(x_i,z) = \beta_{j_1,j_2,j_3,j_4}^2(x_i,z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4}^{i+2} \beta_{j_1,j_2,j_3,j_4}^2(x_i,z),$$

[0182] γ_{j_1,j_2,j_3,j_4} 是对应当前的 β_{j_1,j_2,j_3,j_4} 进行加权得到的。

[0183] 需要说明的是, γ_{j_1,j_2,j_3,j_4} 也可以是另外的加权形式,并不限于上面的形式。

[0184] 最后,根据上述5种不同的包含有4个接收点的组合,确定每个组对应的相干系数权重值与该组包含的4个接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和,确定该第一接收线修正后的幅值,即

[0185]

$$E_{Rx_i}(x_i,z) = \sum_{j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4}^{i+2} \gamma_{j_1,j_2,j_3,j_4} (b_{i,j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i,j_2} SE_{Rx_{j_2}} + b_{i,j_3} SE_{Rx_{j_3}} + b_{i,j_4} SE_{Rx_{j_4}}),$$

[0186] 其中,

$$[0187] \quad SE_{Rx_j}(x_i,z) = \text{abs}(S_{\text{corr}}(x_t, z_t, x_i, z)),$$

[0188] 而 $E_{Rx_i}(x_i,z)$ 就是第一接收点(x_i,z)修正后的幅值。

[0189] 按照上述的方式,确定每一条第一接收线本身的能量,对相应的第一接收线进行幅值上的处理之后,合并每条第一接收线本身的能量,生成对应的图像数据,并发送给所述图像显示单元生成对应的图像。

[0190] 图像显示单元接收到多线波束合成单元发送的图像数据后,生成对应的图像。

[0191] 实施例5:

[0192] 图3为本发明实施例提供的一种超声成像的过程示意图,该过程包括以下步骤:

[0193] S301:针对每条第一接收线,确定该第一接收线对应的第一接收点同一轴向距离上,与所述第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点,将接收点划分为多个组,其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点,每个组中包含的所述接收点完全不同;

[0194] S302:确定每个组对应的相干系数权重值,根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和,对所述第一接收线的幅值进行修正;

[0195] S303:合并修正后的每条第一接收线,生成对应的图像数据,并发送给所述图像显示单元生成对应的图像。

[0196] 其中,在确定第二接收点之前,根据预先确定的相位差和/或幅度差,对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和/或幅度进行修正。

[0197] 具体地,在同时对相位和幅度进行修正时,具体用于根据 $S_{\text{corr}}(x_t, z_t, x_r, z_r) = Ae^{j\phi} = A \cdot \Delta Ae^{j\phi + \Delta\phi}$,对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和幅度进行修正,其中,

$$[0198] \quad \Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)},$$

$$[0199] \quad \Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

[0200] 其中A为所述发射聚焦、接收聚焦得到的信号的幅值,A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)为幅度的参考点, $\phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为相位的参考点,

[0201] 且

$$[0202] \quad A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{abs}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

$$[0203] \quad \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{angle}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

[0204] 其中,A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)是在时刻t得到的信号的幅度, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的相位,IQ代表正交解调,abs代表复数取模,angle代表复数取角度,

[0205]

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i Q_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P\left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{Y_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{Y_j(x_r, z_r)}{c}\right) e^{-\mu Y_i(x_t, z_t)} e^{-\mu Y_j(x_r, z_r)},$$

[0206] 其中, x_t 是发射聚焦点的横向坐标, z_t 是发射聚焦点的纵向坐标, x_r 是接收聚焦点的横向坐标, z_r 是接收聚焦点的纵向坐标,t是时间, $\Psi_i(\theta_{x_t, z_t})$ 是探头发射时第i个阵元对坐标(x_t, z_t)的指向性函数, $\Psi_j(\theta_{x_r, z_r})$ 代表探头发射时第j个阵元对坐标(x_r, z_r)的指向性函数, ξ_i 是探头发射时第i个阵元的敏感系数, η_j 是探头发射时第j个阵元的敏感系数, Q_i 代表发射时第i个阵元的变迹系数, B_j 代表发射时第j个阵元的变迹系数,P代表发射信号, $Y_i(x, z)$ 代表第i个阵元距离坐标(x, z)的距离,c是声速, μ 是声传播时的衰减因子, $\tau_i(x, z)$ 代表第i个阵元在坐标(x, y)上的延迟。

[0207] 其中,所述确定每个组对应的相干系数权重值,包括:

$$[0208] \quad \text{根据 } \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n}(x_i, z) = \beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) / \sum_{\substack{i=a \\ j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}}^{i+a} \beta_{j_1, j_2, j_3, \dots, j_n}^2(x_i, z),$$

[0209] 确定每个组对应的相干系数权重值,其中,a为并行波束合成倍数的二分之一,

$\beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \dots \times \alpha(x_{j_n}, z)$ 为每个组对应的可信度, $\alpha(x_{j_n}, z)$ 为接收线 Rx_{j_n} 的相干系数。

[0210] 进一步地,所述确定每个组对应的相干系数权重值之后,还包括:

[0211] 根据以下公式,确定第一接收线本身的能量,

[0212]

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{\substack{i+a \\ j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}} \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n} (b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + \dots + b_{i, j_n} SE_{Rx_{j_n}}),$$

[0213] 其中, $SE_{Rx_{j_n}}$ 为接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量, b_{i, j_n} 是计算接收线 Rx_{j_n} 本身的能量 $E_{Rx_{j_n}}$ 时, 对接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 参与合成 E_{Rx_i} 时的比例系数。

[0214] 由于在本发明实施例中, 根据每一条第一接收线对应的第一接收点同一轴向上, 与第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点, 将接收点划分为多个组, 其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点, 每个组中包含的所述接收点完全不同; 根据每个组对应的相干系数权重值与该组包含的接收点对第一接收点的相干能量和的乘积的和, 对第一接收线的幅值进行修正, 提高了并行波束合成的准确性, 解决了现有技术中接收线数据在不可信的情况下对修正结果造成误差的问题。

[0215] 实施例6:

[0216] 如图4为本发明实施例还提供一种超声成像设备结构示意图, 在上述各实施例的基础上, 本发明实施例还提供了一种超声成像设备, 所述超声成像设备包括: 处理器41和存储器42;

[0217] 处理器41用于执行存储器42中存储的计算机程序时实现上述跟踪聚焦的方法的步骤。

[0218] 可选的, 处理器41可以是CPU(中央处理器)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit, 专用集成电路)、FPGA(Field-Programmable Gate Array, 现场可编程门阵列)或CPLD(Complex Programmable Logic Device, 复杂可编程逻辑器件)。

[0219] 处理器41, 用于按照存储器42中存储的计算机程序时执行如下步骤:

[0220] 针对每条第一接收线, 确定该第一接收线对应的第一接收点同一轴向距离上, 与所述第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点, 将接收点划分为多个组, 其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点, 每个组中包含的所述接收点完全不同;

[0221] 确定每个组对应的相干系数权重值, 根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和, 对所述第一接收线的幅值进行修正;

[0222] 合并修正后的每条第一接收线, 生成对应的图像数据, 并发送给所述图像显示单元生成对应的图像。

[0223] 其中, 在确定第二接收点之前, 根据预先确定的相位差和/或幅度差, 对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和/或幅度进行修正。

[0224] 具体地, 在同时对相位和幅度进行修正时, 具体用于根据 $S_{corr}(x_t, z_t, x_r, z_r) = Ae^{j\phi} = A \cdot \Delta Ae^{j\phi + \Delta\phi}$, 对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和幅度进行修正, 其中,

$$[0225] \quad \Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)},$$

$$[0226] \quad \Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

[0227] 其中A为所述发射聚焦、接收聚焦得到的信号的幅值, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 为幅度的参考点, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 为相位的参考点,

[0228] 且

[0229] $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{abs}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r)))$,

[0230] $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{angle}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r)))$,

[0231] 其中, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的幅度, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的相位, IQ代表正交解调, abs代表复数取模, angle代表复数取角度,

[0232]

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i Q_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P\left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{Y_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{Y_j(x_r, z_r)}{c}\right) e^{-\mu Y_i(x_t, z_t)} e^{-\mu Y_j(x_r, z_r)},$$

[0233] 其中, x_t 是发射聚焦点的横向坐标, z_t 是发射聚焦点的纵向坐标, x_r 是接收聚焦点的横向坐标, z_r 是接收聚焦点的纵向坐标, t是时间, $\Psi_i(\theta_{x_t, z_t})$ 是探头发射时第i个阵元对坐标 (x_t, z_t) 的指向性函数, $\Psi_j(\theta_{x_r, z_r})$ 代表探头发射时第j个阵元对坐标 (x_r, z_r) 的指向性函数, ξ_i 是探头发射时第i个阵元的敏感系数, η_j 是探头发射时第j个阵元的敏感系数, Q_i 代表发射时第i个阵元的变迹系数, B_j 代表发射时第j个阵元的变迹系数, P代表发射信号, $Y_i(x, z)$ 代表第i个阵元距离坐标 (x, z) 的距离, c是声速, μ 是声传播时的衰减因子, $\tau_i(x, z)$ 代表第i个阵元在坐标 (x, z) 上的延迟。

[0234] 其中, 所述确定每个组对应的相干系数权重值, 包括:

[0235] 根据 $\gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n}(x_i, z) = \beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} \beta_{j_1, j_2, j_3, \dots, j_n}^2(x_i, z)$,

[0236] 确定每个组对应的相干系数权重值, 其中, a为并行波束合成倍数的二分之一, $\beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \dots \times \alpha(x_{j_n}, z)$ 为每个组对应的可信度, $\alpha(x_{j_n}, z)$ 为接收线 Rx_{j_n} 的相干系数。

[0237] 进一步地, 所述确定每个组对应的相干系数权重值之后, 还包括:

[0238] 根据以下公式, 确定第一接收线本身的能量,

[0239]

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n} (b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + \dots \dots + b_{i, j_n} SE_{Rx_{j_n}}),$$

[0240] 其中, $SE_{Rx_{j_n}}$ 为接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量, b_{i, j_n} 是计算接收线 Rx_{j_n} 本身的能量 $E_{Rx_{j_n}}$ 时, 对接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 参与合成 E_{Rx_i} 时的比例系数。

[0241] 由于在本发明实施例中, 根据每一条第一接收线对应的第一接收点同一轴向上, 与第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点, 将接收点划分为多个组, 其中每个组中

包含第二设定数量的所述接收点,每个组中包含的所述接收点完全不同;根据每个组对应的相干系数权重值与该组包含的接收点对第一接收点的相干能量和的乘积的和,对第一接收线的幅值进行修正,提高了并行波束合成的准确性,解决了现有技术中接收线数据在不可信的情况下对修正结果造成误差的问题。

[0242] 实施例7:

[0243] 在上述各实施例的基础上,本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质内存储有可由电子设备执行的计算机程序,当所述程序在所述电子设备上运行时,使得所述电子设备执行时实现如下步骤:

[0244] 针对每条第一接收线,确定该第一接收线对应的第一接收点同一轴向距离上,与所述第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点,将接收点划分为多个组,其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点,每个组中包含的所述接收点完全不同;

[0245] 确定每个组对应的相干系数权重值,根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和,对所述第一接收线的幅值进行修正;

[0246] 合并修正后的每条第一接收线,生成对应的图像数据,并发送给所述图像显示单元生成对应的图像。

[0247] 其中,在确定第二接收点之前,根据预先确定的相位差和/或幅度差,对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和/或幅度进行修正。

[0248] 具体地,在同时对相位和幅度进行修正时,具体用于根据 $S_{\text{corr}}(x_t, z_t, x_r, z_r) = A e^{j\phi} = A \cdot \Delta A e^{j\phi + \Delta\phi}$,对在发射聚焦、接收聚焦得到的信号的相位和幅度进行修正,其中,

$$[0249] \quad \Delta A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \frac{A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)}{A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)},$$

$$[0250] \quad \Delta \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r) - \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r),$$

[0251] 其中A为所述发射聚焦、接收聚焦得到的信号的幅值, $A(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为幅度的参考点, $\phi(t, x_t, z_r, x_r, z_r)$ 为相位的参考点,

[0252] 且

$$[0253] \quad A(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{abs}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

$$[0254] \quad \phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \text{angle}(\text{IQ}(H(t, x_t, z_t, x_r, z_r))),$$

[0255] 其中, $A(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的幅度, $\phi(t, x_t, z_t, x_r, z_r)$ 是在时刻t得到的信号的相位, IQ代表正交解调, abs代表复数取模, angle代表复数取角度,

[0256]

$$H(t, x_t, z_t, x_r, z_r) = \sum_i \sum_j \Psi_i(\theta_{x_t, z_t}) \xi_i Q_i \Psi_j(\theta_{x_r, z_r}) \eta_j B_j P\left(t - \tau_i(x_t, z_t) - \tau_j(x_r, z_r) - \frac{Y_i(x_t, z_t)}{c} - \frac{Y_j(x_r, z_r)}{c}\right) e^{-\mu Y_i(x_t, z_t)} e^{-\mu Y_j(x_r, z_r)},$$

[0257] 其中, x_t 是发射聚焦点的横向坐标, z_t 是发射聚焦点的纵向坐标, x_r 是接收聚焦点的横向坐标, z_r 是接收聚焦点的纵向坐标, t 是时间, $\Psi_i(\theta_{x_t, z_t})$ 是探头发射时第i个阵元对坐标 (x_t, z_t) 的指向性函数, $\Psi_j(\theta_{x_r, z_r})$ 代表探头发射时第j个阵元对坐标 (x_r, z_r) 的指向性

函数, ξ_i 是探头发射时第 i 个阵元的敏感系数, η_j 是探头发射时第 j 个阵元的敏感系数, Q_i 代表发射时第 i 个阵元的变迹系数, B_j 代表发射时第 j 个阵元的变迹系数, P 代表发射信号, $Y_i(x, z)$ 代表第 i 个阵元距离坐标 (x, z) 的距离, c 是声速, μ 是声传播时的衰减因子, $\tau_i(x, z)$ 代表第 i 个阵元在坐标 (x, z) 上的延迟。

[0258] 其中, 所述确定每个组对应的相干系数权重值, 包括:

[0259] 根据
$$\gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n}(x_i, z) = \beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) / \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} i-a \beta_{j_1, j_2, j, \dots, n}^2(x_i, z),$$

[0260] 确定每个组对应的相干系数权重值, 其中, a 为并行波束合成倍数的二分之一,

[0261] $\beta_{j_1, j_2, \dots, j_n}^2(x_i, z) = \alpha(x_{j_1}, z) \times \alpha(x_{j_2}, z) \times \dots \times \alpha(x_{j_n}, z)$ 为每个组对应的可信度, $\alpha(x_{j_n}, z)$ 为接收线 Rx_{j_n} 的相干系数。

[0262] 进一步地, 所述确定每个组对应的相干系数权重值之后, 还包括:

[0263] 根据以下公式, 确定第一接收线本身的能量,

[0264]

$$E_{Rx_i}(x_i, z) = \sum_{j_1 \neq j_2 \neq \dots \neq j_n}^{i+a} i-a \gamma_{j_1, j_2, \dots, j_n} (b_{i, j_1} SE_{Rx_{j_1}} + b_{i, j_2} SE_{Rx_{j_2}} + \dots \dots + b_{i, j_n} SE_{Rx_{j_n}}),$$

[0265] 其中, $SE_{Rx_{j_n}}$ 为接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量, b_{i, j_n} 是计算接收线 Rx_{j_n} 本身的能量 $E_{Rx_{j_n}}$ 时, 对接收线 Rx_{j_n} 所包含各条线数的总能量 $SE_{Rx_{j_n}}$ 参与合成 E_{Rx_i} 时的比例系数。

[0266] 上述计算机可读存储介质可以是电子设备中的处理器能够存取的任何可用介质或数据存储设备, 包括但不限于磁性存储器如软盘、硬盘、磁带、磁光盘 (MO) 等、光学存储器如 CD、DVD、BD、HVD 等、以及半导体存储器如 ROM、EPROM、EEPROM、非易失性存储器 (NAND FLASH)、固态硬盘 (SSD) 等。

[0267] 由于在本发明实施例中, 根据每一条第一接收线对应的第一接收点同一轴向上, 与第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点, 将接收点划分为多个组, 其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点, 每个组中包含的所述接收点完全不同; 根据每个组对应的相干系数权重值与该组包含的接收点对第一接收点的相干能量和的乘积的和, 对第一接收线的幅值进行修正, 提高了并行波束合成的准确性, 解决了现有技术中接收线数据在不可信的情况下对修正结果造成误差的问题。

[0268] 对于系统/装置实施例而言, 由于其基本相似于方法实施例, 所以描述的比较简单, 相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0269] 本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备 (系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器, 使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实

现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0270] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0271] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0272] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0273] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

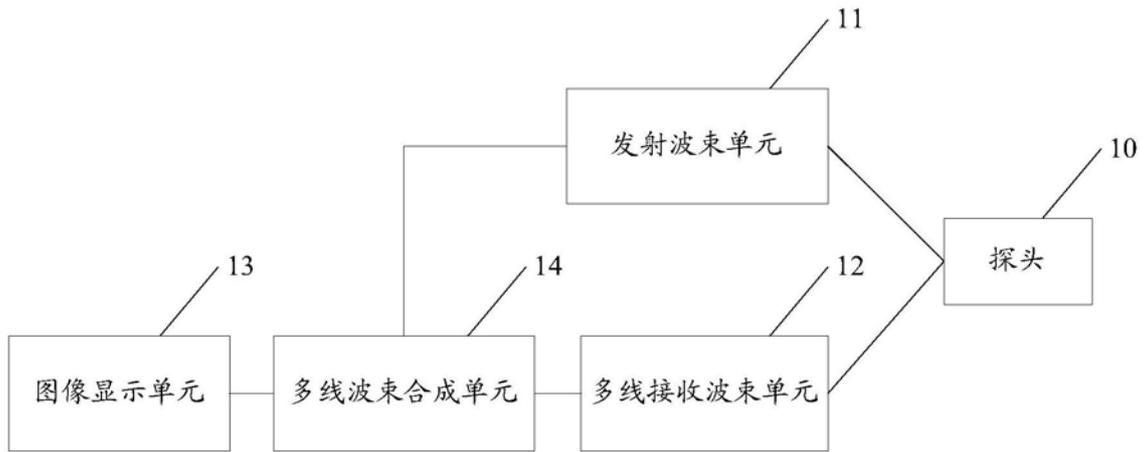


图1

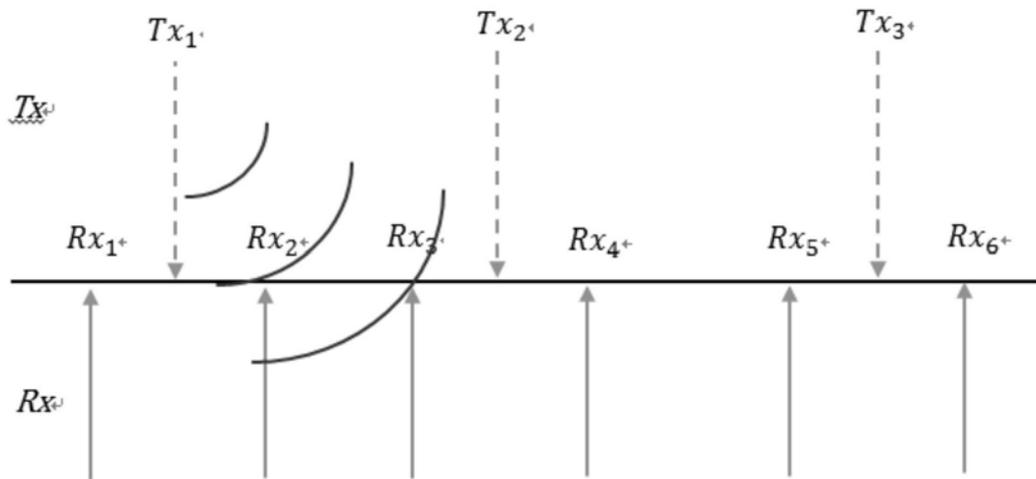


图2

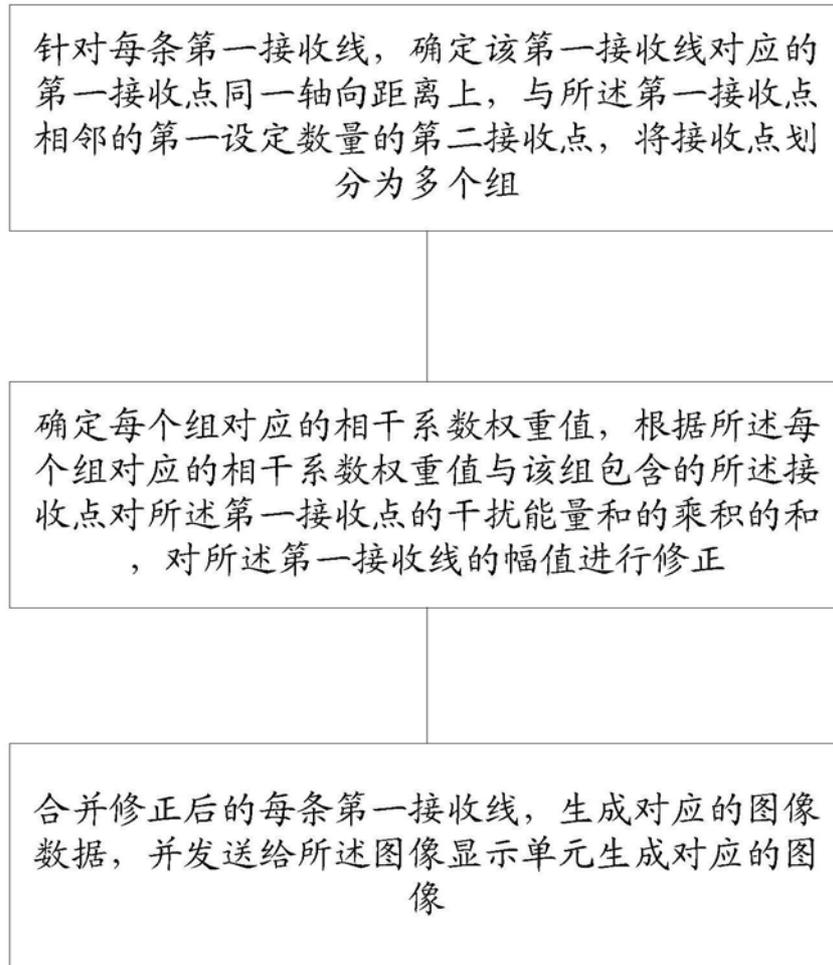


图3

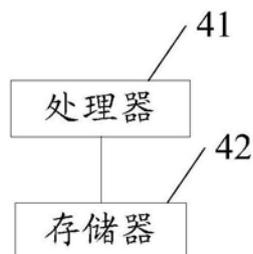


图4

专利名称(译)	一种超声成像系统、方法、设备及介质		
公开(公告)号	CN110507355A	公开(公告)日	2019-11-29
申请号	CN201910893370.5	申请日	2019-09-20
[标]申请(专利权)人(译)	青岛海信医疗设备股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	青岛海信医疗设备股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	青岛海信医疗设备股份有限公司		
[标]发明人	马克涛 王琦 宋昊		
发明人	马克涛 王琦 宋昊		
IPC分类号	A61B8/00 G06F17/50		
CPC分类号	A61B8/5207 A61B8/5269		
代理人(译)	王春波		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种超声成像系统、方法、设备及介质，根据每一条第一接收线对应的第一接收点同一轴向上，与第一接收点相邻的第一设定数量的第二接收点，将接收点划分为多个组，其中每个组中包含第二设定数量的所述接收点，每个组中包含的所述接收点完全不同；确定每个组对应的相干系数权重值，根据所述每个组对应的相干系数权重值与该组包含的所述接收点对所述第一接收点的相干能量和的乘积的和，对所述第一接收线的幅值进行修正；合并修正后的每条第一接收线，生成对应的图像数据，并发送给所述图像显示单元生成对应的图像，提高了并行波束合成的帧频与准确性，解决了现有技术中接收线数据在不可信的情况下对修正结果造成误差的问题。

