



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113345040 B

(45) 授权公告日 2024.03.15

(21) 申请号 202110553946.0

(22) 申请日 2021.05.20

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113345040 A

(43) 申请公布日 2021.09.03

(73) 专利权人 河南工业大学

地址 450001 河南省郑州市高新技术产业
开发区莲花街100号

(72) 发明人 娄翠娟

(74) 专利代理机构 合肥市上嘉专利代理事务所

(普通合伙) 34125

专利代理师 郭华俊

(51) Int. Cl.

G06T 11/00 (2006.01)

A61B 8/08 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102210595 A, 2011.10.12

CN 103536316 A, 2014.01.29

CN 107582099 A, 2018.01.16

CN 112469341 A, 2021.03.09

WO 2019056431 A1, 2019.03.28

审查员 李陆美

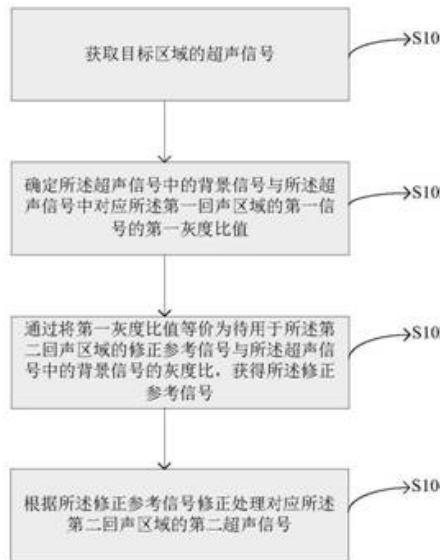
权利要求书3页 说明书13页 附图4页

(54) 发明名称

一种超声信号处理方法、超声图像重建方法及电子设备

(57) 摘要

本发明属于超声技术领域,特别是一种超声信号处理方法、超声图像重建方法及电子设备,超声信号处理方法包括:获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;确定所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值;通过将第一灰度比值等价为待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号;通过将第一灰度比值等价为待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号;根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号。本发明能够有效减少重建超声图像中黑色伪影的产生,提高了重建图像的分辨率。



1. 一种超声信号处理方法,其特征在于,包括:

获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

确定所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值;其中,所述背景信号和所述第一信号均基于所述第二回声区域的第二信号的最大值归一化处理;

通过将第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号;

根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号。

2. 根据权利要求1所述的超声信号处理方法,其特征在于,所述确定所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值,包括:

基于所述第二回声区域的第二信号的最大值对所述背景信号和对应所述第一回声区域的第一信号均进行归一化处理获得归一化背景信号和归一化第一信号;

基于所述归一化背景信号确定所述背景信号对应的第一灰度值;

基于所述归一化第一信号确定所述第一信号对应的第二灰度值;

将所述第一灰度值与所述第二灰度值的比值记为第一灰度比值。

3. 根据权利要求2所述的超声信号处理方法,其特征在于,通过将第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号,包括:

对待用于所述第二回声区域的修正参考信号进行归一化处理获得归一化修正参考信号;

基于所述归一化修正参考信号确定所述修正参考信号对应的第三灰度值;

根据所述第三灰度值与所述第一灰度值的比值与所述第一灰度比值的等价确定所述修正参考信号。

4. 根据权利要求1所述的超声信号处理方法,其特征在于,根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号,包括:

针对待修正的第二超声信号,根据所述第二超声信号与所述修正参考信号两者的灰度比与幅值比成反比的关系,获得修正后的第二超声信号。

5. 一种超声图像重建方法,其特征在于,包括:

获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

从所述超声信号中确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号;

采用权利要求1-4任一项所述的超声信号处理方法修正处理第二信号获得第二修正信号;

基于所述第一信号确定第一超声相干因子,并基于所述第二修正信号确定第二超声相干因子;

根据第一超声相干因子和所述第一信号、所述第二超声相干因子和所述第二信号共同确定所述目标区域的初始成像信号;

根据所述初始成像信号获得所述目标区域的图像,完成超声图像重建以获得目标区域图像。

6. 根据权利要求5所述的超声图像重建方法,其特征在于,所述从所述超声信号中确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号,包括:

对表示所述超声信号的数据采用神经网络技术进行分界点确定;

根据所述分界点及分界点之间的数据特点确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号。

7. 根据权利要求5所述的超声图像重建方法,其特征在于,所述超声信号通过超声接收元件获取,所述超声接收元件具有多个通道;

所述基于所述第一信号确定第一超声相干因子,包括:

通过表示所述超声接收元件各通道接收的超声信号的波动情况的差异值表示相干因子模型;其中:所述相干因子模型中所述差异值的 k 次方的值与相干因子参数之和为常数; k 为整数;

确定满足预设条件的 k 值对应的相干因子参数为第一超声相干因子。

8. 根据权利要求7所述的超声图像重建方法,其特征在于,所述表示所述超声接收元件各通道接收的超声信号的波动情况的差异值,包括:

获取所述超声接收元件各通道接收的超声信号的离差能量和;

获取所述超声接收元件各通道接收的超声信号的能量总和;

将所述离差能量和与所述能量总和的比值作为所述差异值。

9. 根据权利要求8所述的超声图像重建方法,其特征在于,所述预设条件为预设阈值;所述确定满足预设条件的 k 值对应的相干因子参数为第一超声相干因子,包括:

确定所述差异值的 k 次方的值变化小于所述预设阈值的 k 具体数值;

将所述 k 具体数值决定的相干因子参数确定为第一超声相干因子。

10. 根据权利要求9所述的超声图像重建方法,其特征在于,所述确定所述差异值的 k 次方的值变化小于所述预设阈值的 k 具体数值,包括:

将所述离差能量和与所述能量总和的比值表示的所述差异值进行数学变形处理,获得其对应的参数化矩阵表示和矩阵最大特征值;

基于所述参数化矩阵表示的 k 次方的值与所述参数化矩阵表示的 $k+1$ 次方的值的差获取第一差值,并基于所述矩阵最大特征值和 k 值确定所述第一差值的上限值表示;

确定所述上限值表示小于所述预设阈值时的 k 的最大值作为 k 的具体数值。

11. 根据权利要求10所述的超声图像重建方法,其特征在于,所述将所述离差能量和与所述能量总和的比值表示的所述差异值进行数学变形处理,获得其对应的参数化矩阵表示和矩阵最大特征值,包括:

获取超声接收元件各通道接收的超声信号形成的信号矩阵;

将所述离差能量转化为所述信号矩阵的转置共轭矩阵、厄米矩阵、和所述信号矩阵的乘积的第一矩阵化表示;

将所述能量总和转化为超声接收元件总通道数量、所述信号矩阵的转置共轭矩阵和所述信号矩阵的乘积的第二矩阵化表示;

将所述第一矩阵化表示和所述第二矩阵化表示的比值作为参数化矩阵表示;

获取所述参数化矩阵表示的最大特征值作为矩阵最大特征值。

12. 一种电子设备,其特征在于,包括:处理器;

用于存储处理器可执行指令的存储器;

其中,所述处理器通过运行所述可执行指令以实现如权利要求1-4或权利要求5-11中任一项所述的方法。

13. 一种计算机可读存储介质,其特征不在于,其上存储有计算机指令,该指令被处理器执行时实现如权利要求1-4或权利要求5-11中任一项所述方法的步骤。

一种超声信号处理方法、超声图像重建方法及电子设备

技术领域

[0001] 本发明属于超声技术领域,特别是一种超声信号处理方法、超声图像重建方法及电子设备。

背景技术

[0002] 超声成像基于脉冲回波原理,它通过利用超声脉冲扫描待检测组织,接收由不同组织密度(即声阻抗不同)导致的沿着传播路径反射和散射的回波信号,经过处理重建出目标区域组织轮廓的图像。具有实时性强、使用方便、安全性高(无创、无电离辐射)、廉价等优点。

[0003] 目前临床上常用的超声成像中的波束形成方法是延时叠加(Delay and sum,DAS)算法,但这种方法仅是对通道信号的简单相加,不能分离期望信号和杂波,因此重建图像的分辨率低。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种超声信号处理方法、超声图像重建方法及电子设备,以解决现有技术中的不足,它能够提高重建图像的分辨率。

[0005] 本申请的一实施例提供了一种超声信号处理方法,包括:

[0006] 获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

[0007] 确定所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值;

[0008] 通过将第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号;

[0009] 根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号。

[0010] 如上所述的超声信号处理方法,其中,可选的是,所述确定所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值,包括:

[0011] 对所述背景信号和对应所述第一回声区域的第一信号均进行归一化处理获得归一化背景信号和归一化第一信号;

[0012] 基于所述归一化背景信号确定所述背景信号对应的第一灰度值;

[0013] 基于所述归一化第一信号确定所述第一信号对应的第二灰度值;

[0014] 将所述第一灰度值与所述第二灰度值的比值记为第一灰度比值。

[0015] 如上所述的超声信号处理方法,其中,可选的是,通过将第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号,包括:

[0016] 对待用于所述第二回声区域的修正参考信号进行归一化处理获得归一化修正参考信号;

[0017] 基于所述归一化修正参考信号确定所述修正参考信号对应的第三灰度值；

[0018] 根据所述第三灰度值与所述第一灰度值的比值与所述第一灰度比值的等价确定所述修正参考信号。

[0019] 如上所述的超声信号处理方法,其中,可选的是,根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号,包括:

[0020] 针对待修正的第二超声信号,根据所述第二超声信号与所述修正参考信号两者的灰度比与幅值比成反比的关系,获得修正后的第二超声信号。

[0021] 与现有技术相比,本实施例将所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号,根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号。整个过程紧紧围绕降低第二回声区域边界处的信号波动展开,详细分析第一回声区域信号与背景信号的差异(第一灰度比值),并且将这种差异迁移到第二回声区域,获得修正处理后的所述第二回声区域的第二超声信号,减少了第二回声区域和第一回声区域之间的信号波动,进而有效减少重建超声图像中黑色伪影的产生,提高了重建图像的分辨率。

[0022] 基于相同构思,本申请的另一实施例提供了一种超声信号处理装置,包括:

[0023] 信号获取模块,被配置为获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

[0024] 第一信号处理模块,被配置为确定所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值;

[0025] 第二信号处理模块,被配置为通过将第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号;

[0026] 第三信号处理模块,被配置为根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号。

[0027] 基于上述构思的应用,本申请的另一实施例提供了一种超声图像重建方法,包括:

[0028] 获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

[0029] 从所述超声信号中确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号;

[0030] 采用上述的所述的超声信号处理方法修正处理第二信号获得第二修正信号;

[0031] 基于所述第一信号确定第一超声相干因子,并基于所述第二修正信号确定第二超声相干因子;

[0032] 根据第一超声相干因子和所述第一信号、所述第二超声相干因子和所述第二信号共同确定所述目标区域的初始成像信号;

[0033] 根据所述初始成像信号获得所述目标区域的图像,完成超声图像重建以获得目标区域图像。

[0034] 如上所述的超声图像重建方法,其中,可选的是,所述从所述超声信号中确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号,包括:

- [0035] 对表示所述超声信号的数据采用神经网络技术进行分界点确定；
- [0036] 根据所述分界点及分界点之间的数据特点确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号。
- [0037] 如上所述的超声图像重建方法,其中,可选的是,所述超声信号通过超声接收元件获取,所述超声接收元件具有多个通道；
- [0038] 所述基于所述第一信号确定第一超声相干因子,包括：
- [0039] 通过表示所述超声接收元件各通道接收的超声信号的波动情况的差异值表示相干因子模型；其中：所述相干因子模型中所述差异值的k次方的值与相干因子参数之和为常数；k为整数；
- [0040] 确定满足预设条件的k值对应的相干因子参数为第一超声相干因子。
- [0041] 如上所述的超声图像重建方法,其中,可选的是,所述表示所述超声接收元件各通道接收的超声信号的波动情况的差异值,包括：
- [0042] 获取所述超声接收元件各通道接收的超声信号的离差能量和；
- [0043] 获取所述超声接收元件各通道接收的超声信号的能量总和；
- [0044] 将所述离差能量和与所述能量总和的比值作为所述差异值。
- [0045] 如上所述的超声图像重建方法,其中,可选的是,所述预设条件为预设阈值；所述确定满足预设条件的k值对应的相干因子参数为第一超声相干因子,包括：
- [0046] 确定所述差异值的k次方的值变化小于所述预设阈值的k具体数值；
- [0047] 将所述k具体数值决定的相干因子参数确定为第一超声相干因子。
- [0048] 如上所述的基于超声相干因子的超声图像重建方法,其中,可选的是,所述确定所述差异值的k次方的值变化小于所述预设阈值的k具体数值,包括：
- [0049] 将所述离差能量和与所述能量总和的比值表示的所述差异值进行数学变形处理,获得其对应的参数化矩阵表示和矩阵最大特征值；
- [0050] 基于所述参数化矩阵表示的k次方的值与所述参数化矩阵表示的k+1次方的值的差获取第一差值,并基于所述矩阵最大特征值和k值确定所述第一差值的上限值表示；
- [0051] 确定所述上限值表示小于所述预设阈值时的k的最大值作为k的具体数值。
- [0052] 如上所述的超声图像重建方法,其中,可选的是,所述将所述离差能量和与所述能量总和的比值表示的所述差异值进行数学变形处理,获得其对应的参数化矩阵表示和矩阵最大特征值,包括：
- [0053] 获取超声接收元件各通道接收的超声信号形成的信号矩阵；
- [0054] 将所述离差能量转化为所述信号矩阵的转置共轭矩阵、厄米矩阵、和所述信号矩阵的乘积的第一矩阵化表示；
- [0055] 将所述能量总和转化为超声接收元件总通道数量、所述信号矩阵的转置共轭矩阵和所述信号矩阵的乘积的第二矩阵化表示；
- [0056] 将所述第一矩阵化表示和所述第二矩阵化表示的比值作为参数化矩阵表示；
- [0057] 获取所述参数化矩阵表示的最大特征值作为矩阵最大特征值。
- [0058] 如上所述的超声图像重建方法,其中,可选的是,所述根据第一超声相干因子和所述第一信号、所述第二超声相干因子和所述第二信号共同确定所述目标区域的初始成像信号,包括：

- [0059] 基于所述超声相干因子对所述目标区域的超声信号进行处理获得初始成像信号。
- [0060] 如上所述的超声图像重建方法,其中,可选的是,根据所述初始成像信号获得所述目标区域的图像,完成超声图像重建以获得目标区域图像。
- [0061] 对所述初始成像信号依次进行包络检测、对数压缩、灰度映射和图像显示,完成超声图像重建以获得目标区域图像。
- [0062] 如上所述的超声图像重建方法,其中,可选的是,所述对所述初始成像信号进行包络检测,包括:
- [0063] 通过希尔伯特变换法对所述初始成像信号进行包络检测。
- [0064] 如上所述的超声图像重建方法,其中,可选的是,所述对所述初始成像信号进行对数压缩,包括:
- [0065] 将经所述包络检测后的所述初始成像信号依次进行归一化处理、取对数处理、和信号极值映射处理。
- [0066] 基于相同构思,本申请的再一实施例提供了一种超声图像重建装置,包括:
- [0067] 超声信号获取模块,被配置为获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;
- [0068] 第一超声信号处理模块,被配置为从所述超声信号中确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号;
- [0069] 第二超声信号处理模块,被配置为采用上述的超声信号处理方法修正处理第二信号获得第二修正信号;
- [0070] 相干因子确定模块,被配置为基于所述第一信号确定第一超声相干因子,并基于所述第二修正信号确定第二超声相干因子;
- [0071] 初始成像信号确定模块,被配置为根据第一超声相干因子和所述第一信号、所述第二超声相干因子和所述第二信号共同确定所述目标区域的初始成像信号;
- [0072] 图像重建模块,被配置为根据所述初始成像信号获得所述目标区域的图像,完成超声图像重建以获得目标区域图像。
- [0073] 与现有技术相比,本实施例提供了一种基于超声相干因子、超声图像重建方法,该方法考虑了对重建图像亮度影响的超声相干因子以及第一回声区域和第二回声区域的不同对超声相干因子的影响、对对比度的影响,创新性地提出所述差异值的k次方的值与相干因子参数之和为常数的相干因子模型,并通过确定满足预设条件的k值对应的相干因子参数为超声相干因子;同时,针对第一回声区域和第二回声区域的不同对相干因子的影响,创新性地通过将第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号;根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号。利用修正处理后的超声信号以及利用创新性的超声相干确定方法确定和第二回声区域相关的第二超声相干因子,然后基于超声相干因子进行超声图像的重建,保证了重建图像的亮度、对比度和分辨率。
- [0074] 本申请的再一实施例提供了一种电子设备,包括:处理器;用于存储处理器可执行指令的存储器;其中,所述处理器通过运行所述可执行指令以实现上述任一项所述超声信号处理方法或上述任一项所述超声图像重建方法。

[0075] 本申请的再一实施例提供了一种计算机可读存储介质,其特征在于,其上存储有计算机指令,该指令被处理器执行时实现上述任一项所述超声信号处理方法或上述任一项所述超声图像重建方法的步骤。

附图说明

- [0076] 图1是本申请一实施例提供的一种超声信号处理方法流程示意图;
 [0077] 图2是本申请另一实施例提供的一种超声图像重建方法流程示意图;
 [0078] 图3是本申请一实施例提供的电子设备示意图;
 [0079] 图4是本申请一实施例提供的一种超声信号处理装置的框图;
 [0080] 图5是本申请一实施例提供的一种超声图像重建装置的框图。

具体实施方式

[0081] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请中的技术方案,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,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他实施例,都应当属于本申请保护的范围。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能解释为对本发明的限制。

[0082] 本申请提出了一种超声信号处理方法、超声图像重建方法及电子设备,需要说明的是,在超声图像重建中,相干因子成像是一种简单易实现并且实时的自适应波束形成方法,极易适合临床上的推广,然而这种方法存在图像整体亮度低且容易产生黑色伪影的问题。发明人针对该问题,一改目前常用的从经验参数上对信号进行空时平滑的方法,而是从现在常用超声相干因子(又称传统相干因子)定义模型入手寻找重建图像整体亮度以及黑色伪影的影响因素,然后进行针对性解决。

[0083] 即本申请是发明人在使用通过超声接收元件各通道接收的相干能量和总能量的比值定义的传统相干因子时发现的重建超声图像时亮度和黑色伪影问题以及问题解决提出的。

[0084] 具体的:通过超声接收元件各通道接收的相干能量和总能量的比值定义的传统相干因子的表示如下:

$$[0085] \quad CF[n] = 1 - \frac{\sum_{q=0}^{Q-1} |x_q[n] - \bar{x}[n]|^2}{\sum_{q=0}^{Q-1} |x_q[n]|^2} \quad (1)$$

[0086] 其中:式(1)中Q表示超声接收元件通道数量, $x_q[n]$ 表示一个通道接收的超声信号数据, $\bar{x}[n]$ 表示各通道接收的平均超声信号数据。CF[n]为传统相干因子值。发明人对式(1)进行分析发现,当式(1)等式右边第二项的值越大,即各接收通道信号波动较大时,相干因子取值较小,重建图像亮度越低。而各接收通道信号波动较大时经常发生在高回声区域和低回声区域之间,黑色伪影在该区域之间应运而生。

[0087] 本申请的一实施例针对黑色伪影的问题提出一种超声信号处理方法,请参考图1,

图1是本申请一实施例提供的一种超声信号处理方法流程示意图,本实施例提供的提出的一种超声信号处理方法,包括:

[0088] S101、获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

[0089] 具体的,目标区域是指来源与检测对象的检测区域,包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

[0090] 超声信号是超声探测器中的超声接收元件收到的针对目标区域的超声信号,所述超声接收元件具有多个通道,示例性的,有 Q 个通道,第二回声区域横向边界处散射点反射信号被各通道接收,经由第二回声区域被接收的反射信号与第一回声区域被接收的反射信号波动较大,导致相干因子取值很小,黑色伪影应运而生。

[0091] 设超声接收元件每个通道接收的超声信号记录为 $x_q[n]$,各个通道接收的平均超声信号记录为 $\bar{x}[n]$,所采用的超声接收元件不做具体限制,可以是线阵超声接收元件、面阵超声接收元件、环阵超声接收元件等;接收的信号数据格式也没有特殊要求,满足波束合成需要即可,示例性的,对待合成波束,其对应的数据为temp,则temp的维数为 $P_i \times Q$,其中: P_i 为采样点深度, Q 为超声接收元件通道数量。

[0092] S102、确定所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值;

[0093] 具体的,对所述背景信号和对应所述第一回声区域的第一信号均进行归一化处理获得归一化背景信号和归一化第一信号;基于所述归一化背景信号确定所述背景信号对应的第一灰度值;基于所述归一化第一信号确定所述第一信号对应的第二灰度值;将所述第一灰度值与所述第二灰度值的比值记为第一灰度比值。

[0094] 示例性的,假设超声信号中包括的背景信号的均值为 p_B 、对应所述第一回声区域的第一信号的均值为 p_A 、对应所述第二回声区域的第二信号的最大值为 p_M 。定义信号矩阵 $A = [x_0[n], x_1[n], \dots, x_{Q-1}[n]]^T$,则 A 的最大值为 p_M 。当对矩阵 A 进行归一化处理时,背景信号的均值为 p_B/p_M 、对应所述第一回声区域的第一信号的均值为 p_A/p_M 、对应所述第二回声区域的第二信号的最大值为1,则所述超声信号中的背景信号的灰度值用信号幅度值表示为 $20\log(p_B/p_M+c)$,对应所述第一回声区域的第一信号的灰度值用信号幅度值表示为 $20\log(p_A/p_M+c)$,则第一灰度比值如下:

$$[0095] \quad R = \frac{20\log(p_B/p_M+c)}{20\log(p_A/p_M+c)}$$

[0096] 其中: c 为预设常数。

[0097] S103、通过将第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号;

[0098] 具体的,对待用于所述第二回声区域的修正参考信号进行归一化处理获得归一化修正参考信号;基于所述归一化修正参考信号确定所述修正参考信号对应的第三灰度值;根据所述第三灰度值与所述第一灰度值的比值与所述第一灰度比值的等价确定所述修正参考信号。

[0099] 示例性的,假设修正参考信号为 \bar{p}_M ,则所述第二回声区域的修正参考信号与所述

超声信号中的背景信号的灰度比如下：

$$[0100] \quad R1 = \frac{20\log(\bar{p}_M/p_M + c)}{20\log(p_B/p_M + c)}$$

[0101] 令 $R=R1$,则可以获得修正参考信号为 \bar{p}_M 。

[0102] S104、根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号。

[0103] 具体的,针对待修正的第二超声信号,根据所述第二超声信号与所述修正参考信号两者的灰度比与幅值比成反比的关系,获得修正后的第二超声信号。

[0104] 示例性的,针对第二回声区域的任意第二超声信号 p_{ME} ,假设其对应的高回声桥信号为 \bar{p}_{ME} ,按对应灰度比与幅值比成反比例,即:

$$[0105] \quad \frac{20\log(\bar{p}_M/p_M + 0.001)}{20\log(\bar{p}_{ME}/p_M + 0.001)} = \frac{p_{ME}}{P_M}$$

[0106] 即可确定 \bar{p}_{ME} ,确定的 \bar{p}_{ME} 为修正处理所述第二回声区域的第二超声信号得到的信号。

[0107] 本实施例通过步骤S101至S104,依据所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号,根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号。

[0108] 整个过程紧紧围绕降低第二回声区域边界处的信号波动展开,详细分析第一回声区域信号与背景信号的差异(第一灰度比值),并且将这种差异迁移到第二回声区域,获得修正处理后的所述第二回声区域的第二超声信号,减少了第二回声区域和第一回声区域之间的信号波动,进而有效减少重建超声图像中黑色伪影的产生,保证了重建超声图像的分辨率。

[0109] 请参考图2,图2是本申请另一实施例提供的一种超声图像重建方法流程示意图,本实施例提供的一种超声图像重建方法,包括:

[0110] S201、获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

[0111] S202、从所述超声信号中确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号;

[0112] S203、采用上述的超声信号处理方法修正处理第二信号获得第二修正信号;

[0113] S204、基于所述第一信号确定第一超声相干因子,并基于所述第二修正信号确定第二超声相干因子;

[0114] S205、根据第一超声相干因子和所述第一信号、所述第二超声相干因子和所述第二信号共同确定所述目标区域的初始成像信号;

[0115] S206、根据所述初始成像信号获得所述目标区域的图像,完成超声图像重建以获得目标区域图像。

[0116] 本实施例通过步骤S201至步骤S206实现包含第一回声区域和第二回声区域的超声信号的超声图像重建,在过程中,针对第一回声区域超声信号和第二回声区域的超声信

号的不同,详细分析第一回声区域信号与背景信号的差异(第一灰度比值),并且将这种差异迁移到第二回声区域,获得修正处理后的所述第二回声区域的第二超声信号,减少了第二回声区域和第一回声区域之间的信号波动,进而有效减少重建超声图像中黑色伪影的产生,保证了重建超声图像的分辨率。

[0117] 作为本实施的一种实施方式,步骤S202从所述超声信号中确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号,包括:

[0118] S2021、对表示所述超声信号的数据采用神经网络技术进行分界点确定;

[0119] 具体的,基于获取的超声信号数据获取对应第一回声区域和对应第二回声区域的信号是确定数据分界点问题。需要先对线数据取包络,然后对包络的差分采用过零法(即求出线数据包络函数的差分函数,然后再求出差分函数与0的交点)初步确定分界点,最后将所有的零点作为输入端,构建神经网络,输出准确的分界点的值。

[0120] S2022、根据所述分界点及分界点之间的数据特点确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号。

[0121] 具体的,如果差分函数有一段近似为0或直接为0,则该段对应第一回声区域;差分函数的波峰区域对应第二回声区域。

[0122] 作为本实施的一种实施方式,步骤S204所述的基于所述第一信号确定第一超声相干因子,并基于所述第二修正信号确定第二超声相干因子均属于基于超声信号确定超声相干因子技术。

[0123] 需要说明的是,在超声图像重建中,相干因子成像是一种简单易实现并且实时的自适应波束形成方法,极易适合临床上的推广,然而这种方法存在图像整体亮度低且容易产生黑色伪影的问题。发明人针对该问题,一改目前常用的从经验参数上对信号进行空时平滑的方法,而是从现在常用超声相干因子(又称传统相干因子)定义方法入手寻找改进。即本申请是发明人在使用通过超声接收元件各通道接收的相干能量和总能量的比值定义的传统相干因子时发现的重建超声图像时亮度和黑色伪影问题以及问题解决提出的。

[0124] 为提高重建图像的亮度,本申请以基于所述第一信号确定第一超声相干因子为例进行超声相干因子确定的阐述,具体如下:

[0125] 所述超声信号通过超声接收元件获取,所述超声接收元件具有多个通道,例如Q个通道。每个通道接收的超声信号记录为 $x_q[n]$,各个通道接收的平均超声信号记录为 $\bar{x}[n]$,所采用的超声接收元件不做具体限制,可以是线阵超声接收元件、面阵超声接收元件、环阵超声接收元件等;接收的信号数据格式也没有特殊要求,满足波束合成需要即可,示例性的,对待合成波束,其对应的数据为temp,则temp的维数为 $P_i \times Q$,其中: P_i 为采样点深度,Q为超声接收元件通道数量。

[0126] 所述基于所述第一信号确定第一超声相干因子,包括:

[0127] S2041、通过表示所述超声接收元件各通道接收的超声信号的波动情况的差异值表示相干因子模型;其中:所述相干因子模型中所述差异值的k次方的值与相干因子参数之和为常数;k为整数;

[0128] 具体的,差异值是超声接收元件各通道接收的超声信号的离差能量与所述超声接收元件各通道接收的超声信号的能量总和的比值。这里的常数为设定值,示例性的为1。所述相干因子模型中所述差异值的k次方的值与相干因子参数之和为常数表示如下式(2)所

示:

$$\begin{aligned}
 \text{Cf}[n] &= 1 - \left(\frac{\text{离差能量}}{\text{能量总和}} \right)^k \\
 [0129] \quad &= 1 - \left(\frac{\sum_{q=0}^{Q-1} |x_q[n] - \bar{x}[n]|^2}{\sum_{q=0}^{Q-1} |x_q[n]|^2} \right)^k \quad (2)
 \end{aligned}$$

[0130] 其中:Cf[n]为相干因子参数。

[0131] S2042、确定满足预设条件的k值对应的相干因子参数为第一超声相干因子。

[0132] 具体的,发明人发现,当所述差异值的k次方的值变化小于预设阈值时,则式(2)中的相干因子参数Cf[n]变化趋向平缓,而变化趋向平缓的相干因子参数Cf[n]是提高图亮度的一个最有效相干因子,所以可以通过设置预设条件为预设阈值,通过确定满足预设条件的k值对应的相干因子参数为超声相干因子来获得可以提高重建图像亮度的最有效相干因子。

[0133] 本实施例步骤S2041至步骤S2042,通过表示所述超声接收元件各通道接收的超声信号的波动情况的差异值表示相干因子模型;其中:所述相干因子模型中所述差异值的k次方的值与相干因子参数之和为常数,使得相干因子参数取决于所述差异值的k次方的值,且确定满足预设条件的k值对应的相干因子参数为超声相干因子,获得的超声相干因子可以有效保证重建图像亮度。

[0134] 在具体实施时,所述预设条件为预设阈值;步骤S2042所述确定满足预设条件的k值对应的相干因子参数为第一超声相干因子,包括:

[0135] S20421、确定所述差异值的k次方的值变化小于所述预设阈值的k具体数值;

[0136] S20422、将所述k具体数值决定的相干因子参数确定为第一超声相干因子。

[0137] 在本实施例实施过程中,针对步骤S20421中k值的确定的具体过程如下:

[0138] a、将所述离差能量和与所述能量总和的比值表示的所述差异值进行数学变形处理,获得其对应的参数化矩阵表示和矩阵最大特征值;

[0139] 具体的,如上所述,超声接收元件各通道接收的超声信号为 $x_q[n]$,超声接收元件共有Q个通道,为实现所述差异值进行数学变形处理,获得其对应的参数化矩阵表示,需要获取超声接收元件各通道接收的超声信号形成的信号矩阵,基于信号矩阵,将离差能量和能量总和均进行矩阵化表示。

[0140] 示例性的,定义信号矩阵 $X = [x_0[n], x_1[n], \dots, x_{Q-1}[n]]^T$,将所述离差能量转化为所述信号矩阵的转置共轭矩阵、厄米矩阵、和所述信号矩阵的乘积的第一矩阵化表示,示例性的, X^HAX ,其中:A是厄米矩阵;将所述能量总和转化为超声接收元件总通道数量、所述信号矩阵的转置共轭矩阵和所述信号矩阵的乘积的第二矩阵化表示,示例性的, QX^HX ;将所述第一矩阵化表示和所述第二矩阵化表示的比值作为参数化矩阵表示,示例性的, $S = X^HAX/QX^HX$,则 $S \in (0, 1)$;获取所述参数化矩阵表示的最大特征值作为矩阵最大特征值,示例性的,由矩阵论知识可知,矩阵具有特征值,假设 $S = X^HAX/QX^HX$ 最大特征值为 λ_1/Q 。

[0141] b、基于所述参数化矩阵表示的k次方的值与所述参数化矩阵表示的k+1次方的值的差获取第一差值,并基于所述矩阵最大特征值和k值确定所述第一差值的上限值表示;

[0142] 具体的,如上所述,差异值的参数化矩阵表示为S,则第一差值为 $|S^k - S^{k+1}|$, $|S^k - S^{k+1}| = S^k(1-S) \leq (\lambda_1/Q)^k$ 。

[0143] c、确定所述上限值表示小于所述预设阈值时的k的最大值作为k的具体数值。

[0144] 具体的,通过 $S^k(1-S) \leq (\lambda_1/Q)^k < \varepsilon$ 即可获得k值,其中, ε 为预设阈值。示例性的,最优k值 $k^* = \lceil \log_{\tilde{\lambda}_1} \varepsilon \rceil$,其中: $\tilde{\lambda}_1 = \lambda_1/Q$, $\lceil \cdot \rceil$ 为取整符号。

[0145] 本实施例通过以上过程,提供了一种基于超声相干因子超声图像重建方法,该方法考虑了对重建图像亮度影响的超声相干因子以及第一回声区域和第二回声区域的不同对超声相干因子的影响、对对比度的影响,创新性地提出所述差异值的k次方的值与相干因子参数之和为常数的相干因子模型,并通过确定满足预设条件的k值对应的相干因子参数为超声相干因子;同时,针对第一回声区域和第二回声区域的不同,创新性地通过将第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号;根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二信号。利用修正处理后的超声信号以及利用创新性的超声相干因子确定方法确定和第二回声区域相关的第二超声相干因子,然后基于超声相干因子、第一信号、第二信号进行超声图像的重建,保证了重建图像的亮度、对比度和分辨率。

[0146] 作为本实施的一种实施方式,步骤S205所述根据第一超声相干因子和所述第一信号、所述第二超声相干因子和所述第二信号共同确定所述目标区域的初始成像信号;理解如下:

[0147] 首先针对第一超声相干因子和第二超声相干因子依次排序,然后进行波束合成,获得初始成像信号。具体的,针对第一信号或第二信号,假设第i条超声信号线上深度n处波束形成后的数据为 $y_i[n]$,第i条线对应接收超声信号取包络后的数据为 $temp_1$,维数为 $P_i \times Q$, P_i 为采样点的深度, Q 为超声接收元件通道数量,则:

$$[0148] \quad y_i[n] = Cf[n] \cdot \sum_{j=1}^Q temp_1(:, j),$$

[0149] 该 $y_i[n]$ 即为所述第i条线上深度n处的初始成像信号;

[0150] 作为本实施的一种实施方式,步骤S206根据所述初始成像信号获得所述目标区域的图像,完成超声图像重建以获得目标区域图像的过程可以包括:对所述初始成像信号依次进行包络检测、对数压缩、灰度映射和图像显示。

[0151] 具体的,包络检测检出超声信号中的包络,提取出作为回波的超声信号中携带的低频分量,即被测物体信息。

[0152] 在具体实施时,所述对所述初始成像信号进行包络检测,包括:通过希尔伯特变换法对所述初始成像信号进行包络检测。其原理为:原始信号经过希尔伯特变换将得到原始信号的正交信号。以原始信号为实部,以希尔伯特变换得到的信号为虚部构造解析信号,这个解析信号的模就是所要求的实信号的包络。

[0153] 再具体的,对数压缩是为了将超声信号经对数处理转化成以分贝为单位的信号表示,以方便后续的灰度映射和图像显示,具体的:所述对所述初始成像信号进行对数压缩,包括:将经所述包络检测后的所述初始成像信号依次进行归一化处理、取对数处理、和信号极值映射处理。

[0154] 示例性的,取对数处理为对超声信号取以10为底的对数、并乘以20,得到单位是分贝(dB)表示的信号。取完对数之后可以调整回波的动态范围,以得到最好的成像效果,示例性的调整为第一值,第一值示例性的为60dB或80dB。可以理解的是,第一值为60dB时,即动态范围为60dB。动态范围为60dB指的是将信号中的最大值映射到60dB,将比最大信号小60dB的信号以及更小的信号映射到0dB。

[0155] 再具体的,灰度映射是指将以分贝表示的信号映射为图像像素,可以采用线性映射,或其他映射方法。示例性的线性映射为成比例地将最弱的信号映射到0,将最强的信号映射到255或511(分别对应图像显示中常用的256灰度级或512灰度级的图像)。

[0156] 再具体的,经过灰度映射之后的数据,直接调用预设工具,示例性的MATLAB中的成像函数,即可实现图像显示,得到超声图像。

[0157] 本实施例创新性的超声相干因子和修正处理后的超声信号进行超声图像重建,保证了重建超声图像的图像分辨率、对比度和亮度。

[0158] 与上述方法实施例相对应,本申请还提供了一种超声信号处理装置的实施例和一种超声图像重建装置的实施例。本申请的超声信号处理装置的实施例和超声图像重建装置可以应用在电子设备上。装置实施例可以通过软件实现,也可以通过硬件或者软硬件结合的方式实现。以软件实现为例,作为一个逻辑意义上的装置,是通过其所在电子设备的处理器将非易失性存储器中对应的计算机程序指令读取到内存中运行形成的。从硬件层面而言,如图3所示,为本申请的超声信号处理装置或超声图像重建装置所在电子设备的一种硬件结构图,除了图3所示的处理器、内存、网络接口、以及非易失性存储器之外,实施例中装置所在的电子设备通常根据该电子设备的实际功能,还可以包括其他硬件,对此不再赘述。

[0159] 图4是本申请一实施例提供的一种超声信号处理装置的框图。本实施例提供的一种超声信号处理装置,包括:

[0160] 信号获取模块301,被配置为获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

[0161] 第一信号处理模块302,被配置为确定所述超声信号中的背景信号与所述超声信号中对应所述第一回声区域的第一信号的第一灰度比值;

[0162] 第二信号处理模块303,被配置为通过将第一灰度比值等价于待用于所述第二回声区域的修正参考信号与所述超声信号中的背景信号的灰度比,获得所述修正参考信号;

[0163] 第三信号处理模块304,被配置为根据所述修正参考信号修正处理对应所述第二回声区域的第二超声信号。

[0164] 请参考图5,图5是本申请一实施例提供的一种超声图像重建装置的框图,本实施例提供的一种超声图像重建装置,包括:

[0165] 超声信号获取模块401,被配置为获取目标区域的超声信号,其中:所述目标区域包括第一回声区域和第二回声区域,所述第一回声区域为低回声或无回声区域,所述第二回声区域为高回声区域;

[0166] 第一超声信号处理模块402,被配置为从所述超声信号中确定对应所述第一回声区域的第一信号和对应所述第二回声区域的第二信号;

[0167] 第二超声信号处理模块403,被配置为采用上述的超声信号处理方法修正处理第

二信号获得第二修正信号；

[0168] 相干因子确定模块404,被配置为基于所述第一信号确定第一超声相干因子,并基于所述第二修正信号确定第二超声相干因子；

[0169] 初始成像信号确定模块405,被配置为根据第一超声相干因子和所述第一信号、所述第二超声相干因子和所述第二信号共同确定所述目标区域的初始成像信号；

[0170] 图像重建模块406,被配置为根据所述初始成像信号获得所述目标区域的图像,完成超声图像重建以获得目标区域图像。

[0171] 本申请再一实施例提供了一种电子设备,包括:处理器;用于存储处理器可执行指令的存储器;其中,所述处理器通过运行所述可执行指令以实现上述超声信号处理方法或上述超声图像重建方法。

[0172] 本申请再一实施例提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机指令,该指令被处理器执行时实现上述超声信号处理方法或上述超声图像重建方法的步骤。

[0173] 上述实施例阐明的系统、装置、模块或单元,具体可以由计算机芯片或实体实现,或者由具有某种功能的产品来实现。一种典型的实现设备为计算机,计算机的具体形式可以是个人计算机、膝上型计算机、蜂窝电话、相机电话、智能电话、个人数字助理、媒体播放器、导航设备、电子邮件收发设备、游戏控制台、平板计算机、可穿戴设备或者这些设备中的任意几种设备的组合。

[0174] 在一个典型的配置中,计算机包括一个或多个处理器(CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。

[0175] 内存可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器,随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式,如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。内存是计算机可读介质的示例。

[0176] 计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括,但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带、磁盘存储、量子存储器、基于石墨烯的存储介质或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质,可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定,计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体(transitory media),如调制的数据信号和载波。

[0177] 还需要说明的是,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0178] 上述对本说明书特定实施例进行了描述。其它实施例在所附权利要求书的范围内。在一些情况下,在权利要求书中记载的动作或步骤可以按照不同于实施例中的顺序来执行并且仍然可以实现期望的结果。另外,在附图中描绘的过程不一定要求示出的特定顺

序或者连续顺序才能实现期望的结果。在某些实施方式中,多任务处理和并行处理也是可以的或者可能是有利的。

[0179] 在本说明书一个或多个实施例使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的,而非旨在限制本说明书一个或多个实施例。在本说明书一个或多个实施例和所附权利要求书中所使用的单数形式的“一种”、“所述”和“该”也旨在包括多数形式,除非上下文清楚地表示其他含义。还应当理解,本文中使用的术语“和/或”是指并包含一个或多个相关联的列出项目的任何或所有可能组合。应当理解,尽管在本说明书一个或多个实施例可能采用术语第一、第二、第三等来描述各种信息,但这些信息不应限于这些术语。这些术语仅用来将同一类型的信息彼此区分开。例如,在不脱离本说明书一个或多个实施例范围的情况下,第一信息也可以被称为第二信息,类似地,第二信息也可以被称为第一信息。取决于语境,如在此所使用的词语“如果”可以被解释成为“在……时”或“当……时”或“响应于确定”。以上所述仅为本说明书一个或多个实施例的较佳实施例而已,并不用以限制本说明书一个或多个实施例,凡在本说明书一个或多个实施例的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本说明书一个或多个实施例保护的范围内。

[0180] 以上依据图式所示的实施例详细说明了本发明的构造、特征及作用效果,以上所述仅为本发明的较佳实施例,但本发明不以图面所示限定实施范围,凡是依照本发明的构想所作的改变,或修改为等同变化的等效实施例,仍未超出说明书与图示所涵盖的精神时,均应在本发明的保护范围内。

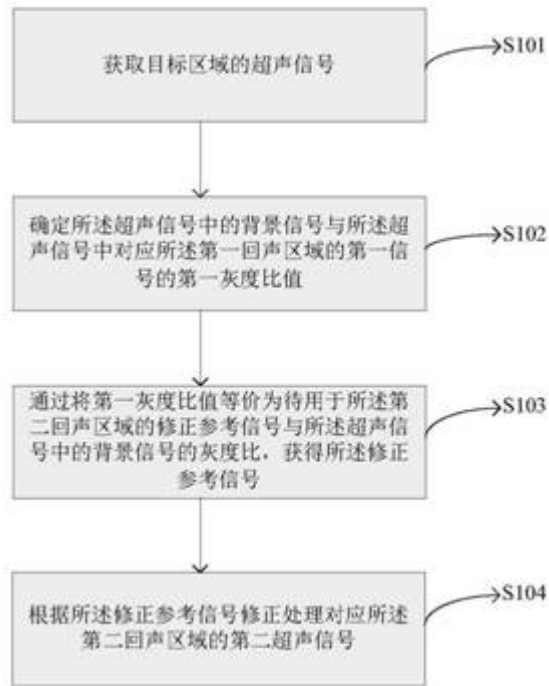


图1

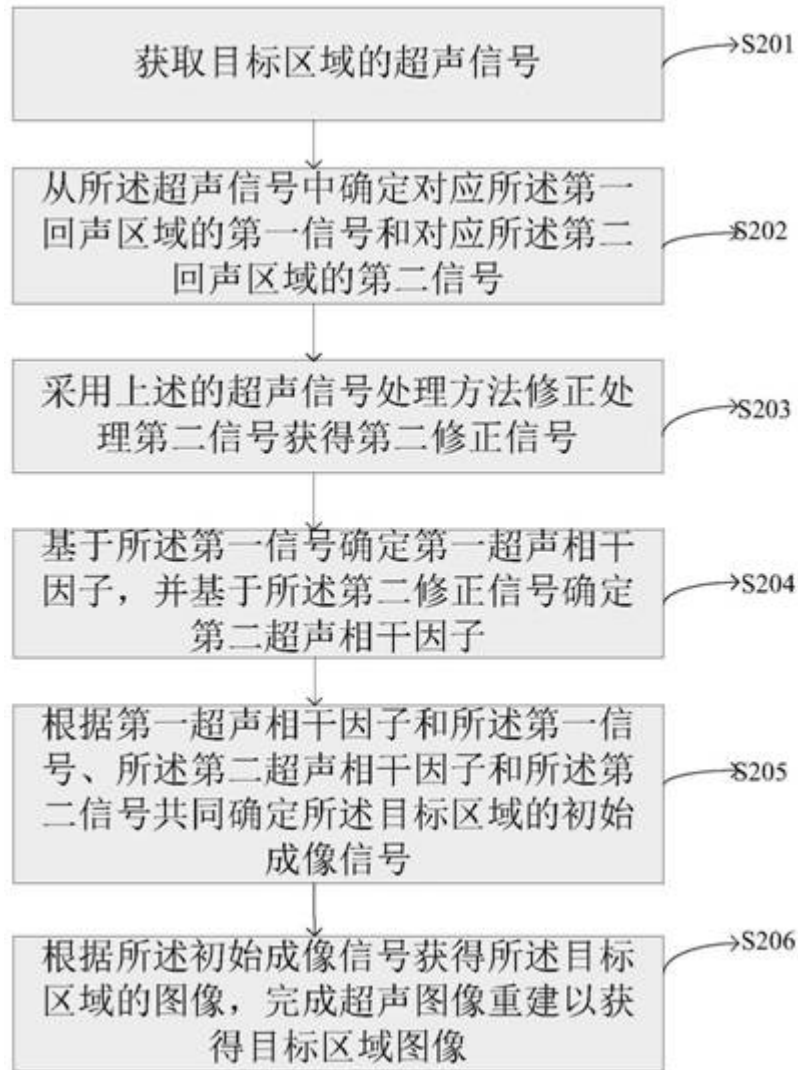


图2

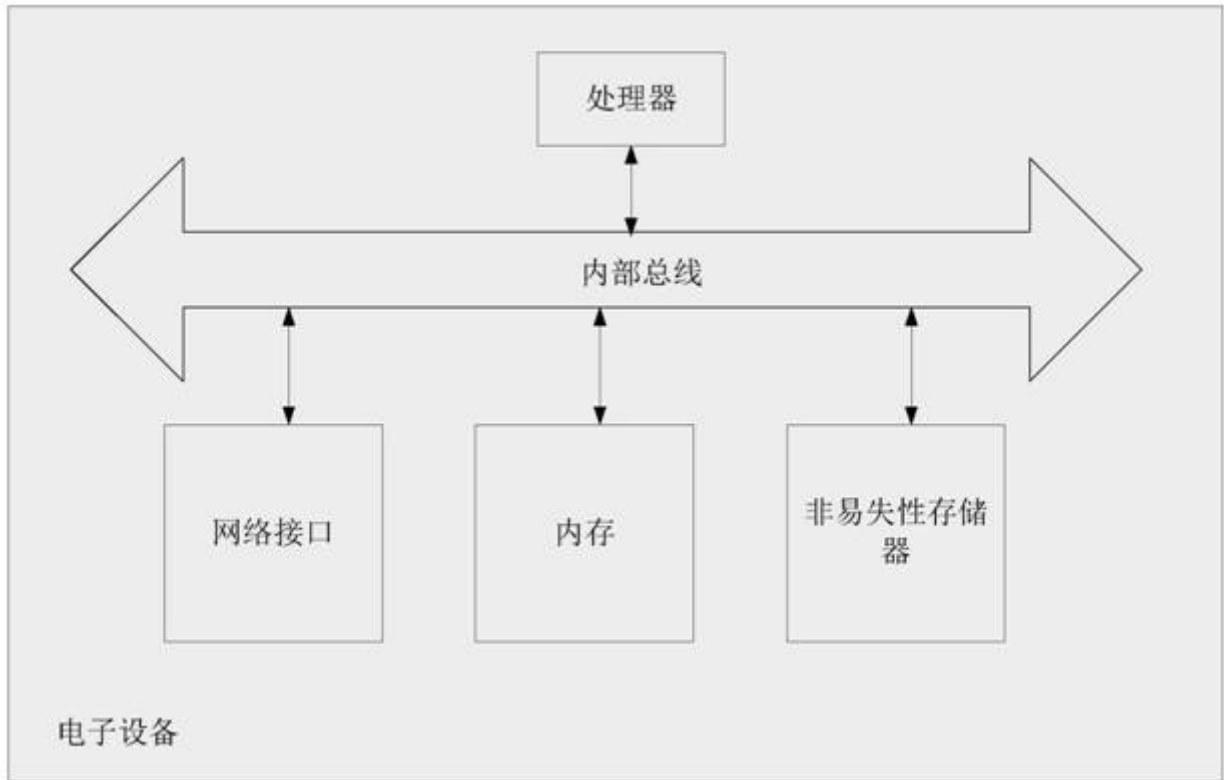


图3

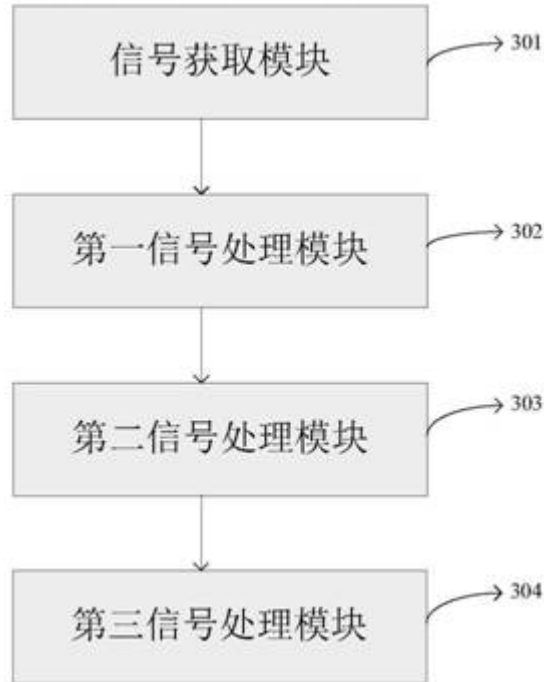


图4

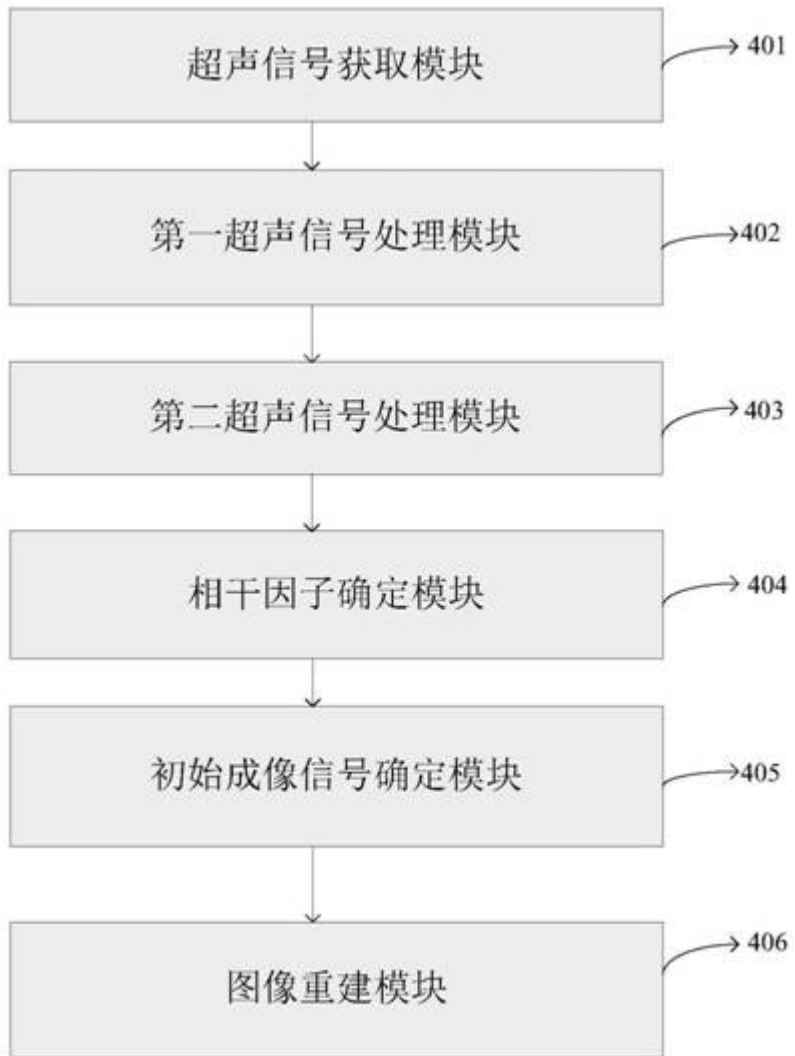


图5