



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104217401 B

(45)授权公告日 2018.09.11

(21)申请号 201310216537.7

A61B 8/00(2006.01)

(22)申请日 2013.06.03

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 101987023 A, 2011.03.23, 说明书第1、3-4、7.

申请公布号 CN 104217401 A

CN 1098616 A, 1995.02.15, 全文.

(43)申请公布日 2014.12.17

CN 1646934 A, 2005.07.27, 全文.

(73)专利权人 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司

CN 1718164 A, 2006.01.11, 全文.

地址 518000 广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南12路迈瑞大厦1-4层

US 2011096989 A1, 2011.04.28, 全文.

US 2012260736 A1, 2012.10.18, 全文.

CN 1798523 A, 2006.07.05, 全文.

CN 102130660 A, 2011.07.20, 全文.

(72)发明人 史志伟 董永强

杨先凤 等. 基于模糊数模型的医学超声图像分割方法.《计算机工程与设计》.2011, 第32卷(第5期), 第1742-1744页.

(74)专利代理机构 深圳市隆天联鼎知识产权代理有限公司 44232

代理人 刘抗美 金云媚

审查员 孙慧静

(51)Int.Cl.

G06T 5/00(2006.01)

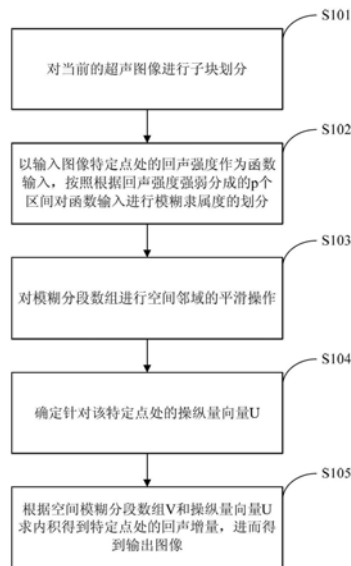
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54)发明名称

超声成像方法及装置

(57)摘要

本申请公开了一种超声成像方法及装置,其基于对回声信号进行隶属函数的模糊分段,将输入图像按回声强度依次划分成若干模糊分段,据此将图像划分成若干层次,进而对若干层次内的隶属度取值进行空间邻域操作,从而得到空间模糊分段数组;另一方面通过基于图像内容的自适应计算或基于用户的输入而确定图像的操纵量向量,最后利用该操纵量向量对各个层次的空间模糊分段数组进行灵活的加权和拉伸处理,并使用得到的回声增量和亮度补偿对输入图像进行调整和复合,从而得到最终的输出图像。本实施例的方法及装置能够实现局部增益调节、高亮回声抑制、低回声恢复、和亮度均衡等功能,从而达到丰富图像信号细节分辨率等目的。



1. 一种超声成像方法,包括以下步骤:

以输入图像特定点处的回声强度作为函数输入,按照根据回声强度强弱分成的 $p$ 个区间对所述函数输入进行模糊隶属度的划分,得到该特定点处的空间模糊分段数组 $V$ ,其中 $V=[V_1, V_2, \dots, V_p]$ , $V_1, V_2, \dots, V_p$ 的值均介于0与1之间,且 $V_1+V_2+\dots+V_p \approx 1$ ;

根据对所述输入图像的内容进行自适应计算得到的结果或者根据用户的输入来确定针对该特定点处的操纵量向量 $U$ ,所述操纵量向量 $U$ 为选自以下向量的任意组合之和:局部增益调节向量 $ULGA$ 、高亮回声抑制向量 $UHSS$ 、低回声恢复向量 $ULER$ 、和亮度均衡向量 $UBE$ ;其中, $ULGA=[ULGA_1, ULGA_2, \dots, ULGA_p]$ , $UHSS=[UHSS_1, UHSS_2, \dots, UHSS_p]$ , $ULER=[ULER_1, ULER_2, \dots, ULER_p]$ , $UBE=[UBE_1, UBE_2, \dots, UBE_p]$ ;以及

根据所述空间模糊分段数组 $V$ 和操纵量向量 $U$ 求内积得到该特定点处的回声增量 $\Delta I$ ,并利用所述回声增量 $\Delta I$ 调节该特定点处的回声强度,并将经过调节的回声强度作为输出图像在对应点处的回声强度,其中 $\Delta I=U^T \cdot V$ , $U^T$ 表示 $U$ 的转置矩阵。

2. 如权利要求1所述的超声成像方法,其中在进行所述模糊隶属度的划分之后还包括:进行空间邻域的平滑操作,使得所述输入图像中在空间上相邻近的点被划分到一个区间的隶属度较大,由此得到所述空间模糊分段数组 $V$ 。

3. 如权利要求1所述的超声成像方法,其中在进行所述模糊隶属度的划分之前还包括:对经过包络提取后得到的图像进行子块划分,以子块划分后得到的各个子块图像作为所述输入图像。

4. 如权利要求1所述的超声成像方法,其中在通过所述求内积得到该特定点处的回声增量 $\Delta I$ 之后还包括根据所述局部增益调节向量 $ULGA$ 、所述高亮回声抑制向量 $UHSS$ 、所述低回声恢复向量 $ULER$ 、所述亮度均衡向量 $UBE$ 和/或所述回声增量 $\Delta I$ 确定亮度补偿量 $\Delta GainComp$ ,之后则利用该亮度补偿量 $\Delta GainComp$ 对所述输出图像进行亮度校正。

5. 如权利要求1至4任一项所述的超声成像方法,其中所述对输入图像的内容进行自适应计算包括以下步骤的任意组合:

确定所述特定点处需要调整的局部增益 $\Delta Gain$ ,使 $ULGA_1=ULGA_2=\dots=ULGA_p=\Delta Gain$ ,由此得到所述局部增益调节向量 $ULGA$ ;以及

对所述输入图像进行分析以得到回声信号的分布特性,根据该分布特性确定高亮回声饱和的级别、和/或低回声丢失的级别、和/或亮度明暗的级别,之后根据确定的各级别分别查找得到对应级别的预先分级别设置的高亮回声抑制向量 $UHSS$ 、和/或低回声恢复向量 $ULER$ 、和/或亮度均衡向量 $UBE$ 。

6. 一种超声成像装置,包括:

模糊分段确定单元,用于以输入图像特定点处的回声强度作为函数输入,按照根据回声强度强弱分成的 $p$ 个区间对所述函数输入进行模糊隶属度的划分,得到该特定点处的空间模糊分段数组 $V$ ,其中 $V=[V_1, V_2, \dots, V_p]$ , $V_1, V_2, \dots, V_p$ 的值均介于0与1之间,且 $V_1+V_2+\dots+V_p \approx 1$ ;

操纵量确定单元,用于根据对所述输入图像的内容进行自适应计算得到的结果或者根据用户的输入来确定针对该特定点处的操纵量向量 $U$ ,所述操纵量向量 $U$ 为选自以下向量的任意组合之和:局部增益调节向量 $ULGA$ 、高亮回声抑制向量 $UHSS$ 、低回声恢复向量 $ULER$ 、和亮度均衡向量 $UBE$ ;其中, $ULGA=[ULGA_1, ULGA_2, \dots, ULGA_p]$ , $UHSS=[UHSS_1, UHSS_2, \dots, UHSS_p]$ ,

$ULER=[ULER_1, ULER_2, \dots, ULER_p]$ ,  $UBE=[UBE_1, UBE_2, \dots, UBE_p]$ ; 以及

图像输出单元, 用于根据所述空间模糊分段数组 $V$ 和操纵量向量 $U$ 求内积得到该特定点处的回声增量 $\Delta I$ , 并利用所述回声增量 $\Delta I$ 调节该特定点处的回声强度, 并将经过调节的回声强度作为输出图像在对应点处的回声强度, 其中 $\Delta I=U^T \cdot V$ ,  $U^T$ 表示 $U$ 的转置矩阵。

7. 如权利要求6所述的超声成像装置, 其中还包括空间邻域平滑单元, 用于在所述模糊分段确定单元进行模糊隶属度的划分之后进行空间邻域的平滑操作, 使得所述输入图像中在空间上相邻的点被划分到一个区间的隶属度较大, 由此得到所述空间模糊分段数组 $V$ 。

8. 如权利要求6所述的超声成像装置, 其中还包括图像子块划分单元, 用于在所述模糊分段确定单元进行模糊隶属度的划分之前, 对经过包络提取后得到的图像进行子块划分, 并以子块划分后得到的各个子块图像作为所述输入图像。

9. 如权利要求6所述的超声成像装置, 其中还包括亮度校正单元, 用于在所述图像输出单元通过求内积得到该特定点处的回声增量 $\Delta I$ 之后, 根据所述局部增益调节向量 $ULGA$ 、所述高亮回声抑制向量 $UHSS$ 、所述低回声恢复向量 $ULER$ 、所述亮度均衡向量 $UBE$ 和/或所述回声增量 $\Delta I$ 确定亮度补偿量 $\Delta GainComp$ , 并利用该亮度补偿量 $\Delta GainComp$ 对所述输出图像进行亮度校正。

10. 如权利要求6-9任一项所述的超声成像装置, 其中所述操纵量确定单元包括以下子单元的任意组合:

局部增益计算子单元, 用于确定所述特定点处需要调整的局部增益 $\Delta Gain$ , 使 $ULGA_1=ULGA_2=\dots=ULGA_p=\Delta Gain$ , 由此得到所述局部增益调节向量 $ULGA$ ; 以及

高亮回声抑制计算子单元、低回声恢复计算子单元、和亮度均衡计算子单元, 分别用于对所述输入图像进行分析以得到回声信号的分布特性, 并根据该分布特性确定高亮回声饱和的级别、低回声丢失的级别、和亮度明暗的级别, 之后根据确定的各级别分别查找得到对应级别的预先分级别设置的高亮回声抑制向量 $UHSS$ 、低回声恢复向量 $ULER$ 、和亮度均衡向量 $UBE$ 。

## 超声成像方法及装置

### 技术领域

[0001] 本申请涉及超声成像技术领域,尤其涉及一种超声成像方法及装置。

### 背景技术

[0002] 随着超声成像技术发展的日新月异,超声成像设备采集的信号动态范围越来越大,高回声和低回声信号越来越丰富,而超声信号由于受到衰减、非均匀声束和探头指向性等的影响,信号和噪声的形态在整幅图像上表现并不统一,信号的动态范围在不同位置、不同时间各不相同。因此,为了将这些高回声和低回声信号同时显示在一起,并且显示更多的细节信号,相关领域中已经提出多种技术方案。

[0003] 在图像处理领域,Chiu等人提出关于空间非均匀调整的方法(K Chiu,M Herf,P Shirley;“用于高对比度图像的空间非均匀尺度函数(Spatially non-uniform scaling functions for high contrast images)”；《图形界面论文集》93年刊第245-253页),该方法利用图像本身的高斯平滑作为局部增益,使得不同动态范围的信号得以较好显示。该方案的不足之处在于,处理后的图像在强或弱的边缘周围易出现光晕(halo)现象。

[0004] 在超声波成像领域,现有技术中还存在多种自适应调整方法,其主要思想都是利用噪声信号确定信号动态范围,再依据确定的该动态范围对超声信号进行映射。这些方案一个不足之处是噪声信号的确定难度较大,对于回波比较弱的超声信号,很难简单地将有用的组织信息和噪声区分开来,如果区分效果不好,就不能对弱的信号或噪声进行有效的控制;其另外一个不足在于这种简单的映射会带来不自然的图像局部对比度,对实际动态范围较小的区域进行过分拉伸,会给组织带来过多的黑洞,或将管腔内的斑点噪声凸显出来。

[0005] 现有技术中还存在一种区分组织和噪声的对比度的方案,但该方案没有对图像进行伸缩操作,因此无法对弱信号进行显著增强;此外,这项技术还需要利用一个对比度分辨率较好的图像作为基础,从而对图像处理提出了额外要求,增大了处理难度。

[0006] 综上所述,有必要提出一种应用于超声成像的更好的信号动态范围调整方案,从而在实现显示更多细节信号的同时避免上述相关技术方案存在的各种不足。

### 发明内容

[0007] 针对上述问题,本申请的实施例旨在提供一种超声成像方法及装置。

[0008] 为实现上述目的,本申请的实施例提供了一种超声成像方法,包括以下步骤:

[0009] 以输入图像特定点处的回声强度作为函数输入,按照根据回声强度强弱分成的 $p$ 个区间对所述函数输入进行模糊隶属度的划分,得到该特定点处的空间模糊分段数组 $V$ ,其中 $V=[V_1, V_2, \dots, V_p]$ ,  $V_1, V_2, \dots, V_p$ 的值均介于0与1之间,且 $V_1+V_2+\dots+V_p \approx 1$ ;

[0010] 根据对所述输入图像的内容进行自适应计算得到的结果或者根据用户的输入来确定针对该特定点处的操纵量向量 $U$ ,所述操纵量向量 $U$ 为选自以下向量的任意组合之和:局部增益调节向量 $ULGA$ 、高亮回声抑制向量 $UHSS$ 、低回声恢复向量 $ULER$ 、和亮度均衡向量

UBE;其中, $ULGA=[ULGA_1, ULGA_2, \dots, ULGA_p]$ , $UHSS=[UHSS_1, UHSS_2, \dots, UHSS_p]$ , $ULER=[ULER_1, ULER_2, \dots, ULER_p]$ , $UBE=[UBE_1, UBE_2, \dots, UBE_p]$ ;以及

[0011] 根据所述空间模糊分段数组V和操纵量向量U求内积得到该特定点处的回声增量 $\Delta I$ ,并利用所述回声增量 $\Delta I$ 调节该特定点处的回声强度,并将经过调节的回声强度作为输出图像在对应点处的回声强度,其中 $\Delta I=U^T \cdot V$ , $U^T$ 表示U的转置矩阵。

[0012] 本申请的实施例还提出一种超声成像装置,包括:

[0013] 模糊分段确定单元,用于以输入图像特定点处的回声强度作为函数输入,按照根据回声强度强弱分成的p个区间对所述函数输入进行模糊隶属度的划分,得到该特定点处的空间模糊分段数组V,其中 $V=[V_1, V_2, \dots, V_p]$ , $V_1, V_2, \dots, V_p$ 的值均介于0与1之间,且 $V_1+V_2+\dots+V_p \approx 1$ ;

[0014] 操纵量确定单元,用于根据对所述输入图像的内容进行自适应计算得到的结果或者根据用户的输入来确定针对该特定点处的操纵量向量U,所述操纵量向量U为选自以下向量的任意组合之和:局部增益调节向量ULGA、高亮回声抑制向量UHSS、低回声恢复向量ULER、和亮度均衡向量UBE;其中, $ULGA=[ULGA_1, ULGA_2, \dots, ULGA_p]$ , $UHSS=[UHSS_1, UHSS_2, \dots, UHSS_p]$ , $ULER=[ULER_1, ULER_2, \dots, ULER_p]$ , $UBE=[UBE_1, UBE_2, \dots, UBE_p]$ ;以及

[0015] 图像输出单元,用于根据所述空间模糊分段数组V和操纵量向量U求内积得到该特定点处的回声增量 $\Delta I$ ,并利用所述回声增量 $\Delta I$ 调节该特定点处的回声强度,并将经过调节的回声强度作为输出图像在对应点处的回声强度,其中 $\Delta I=U^T \cdot V$ , $U^T$ 表示U的转置矩阵。

[0016] 由上述技术方案可知,本申请的实施例基于回声强度的模糊分段,通过对各个分段使用不同的控制参数,由此实现局部增益调节、高亮回声抑制、低回声恢复、和亮度均衡等功能,能够达到丰富图像信号细节分辨率等目的。

## 附图说明

[0017] 图1为本申请超声成像方法的实施例流程图;

[0018] 图2为图1所示实施例中子块划分的示意图;

[0019] 图3为图1所示实施例中使用的三角形隶属函数示意图;

[0020] 图4为作为图3所示隶属函数的示意调整对象的斜坡函数示意图;

[0021] 图5-图9分别为利用不同的参数组合对图4的斜坡函数信号进行调整的效果示意图;

[0022] 图10-图12分别为图1所示实施例可使用的其他隶属函数示意图;

[0023] 图13-图15分别为图1所述实施例中使用的由柱状图表示的回声信号分布特性示意图;

[0024] 图16为本申请超声成像装置的实施例框图。

## 具体实施方式

[0025] 下面将详细描述本申请的具体实施例。应当注意,这里描述的实施例只用于举例说明,并不用于限制本申请。

[0026] 图1为本申请超声成像方法的实施例流程图,如图所示,本实施例的超声成像方法包括以下步骤S101-S105。

[0027] S101、对当前的超声图像进行子块划分；

[0028] 超声图像除了受到探头、前端电路、信号处理的影响外，还受到待检查病人条件的影 响，其中，不同病人的衰减程度、杂波、强反射界面、声窗条件等各不相同。因此，对图像进 行检测和分析，实时地改变图像效果以适应不同的条件是一个重要的问题。在本步骤中，通 过对图像进行子块划分，有助于掌握图像的局部信息，便于后续对图像内容进行调整。子块 划分可按照预设的规则来进行，例如保持子块是矩形、圆形、或其他形状，又例如保持相邻 子块之间有一定比例的重叠等等。在一个实施例中，如图2所示，超声图像S被划分成多个圆 形子块S(1)、S(2)等等。在另一个实施例中，还可将大小为M×N的矩形超声图像划分成多个 大小为m×n的矩形子块，这里，矩形超声图像的大小M×N和矩形子块的大小m×n的单位可 以是实际物理长度单位，比如毫米等等，也可以是像素单位。

[0029] 另外，本步骤中作为子块划分基础的超声图像可以是经过包络提取之后的图像， 也即，本实施例的超声成像方法可以是在超声图像经过包络提取之后的某一环节进行，因 为经过包络提取的信号可较好地体现回声的幅度，便于对图像进行统计分析。但本申请并 不局限于此，在包络提取之前进行本实施例的超声成像方法也是可行的。

[0030] S102、以输入图像特定点处的回声强度作为函数输入，按照根据回声强度强弱分 成的p个区间对所述函数输入进行模糊隶属度的划分；

[0031] 在经过步骤S101的子块划分之后，后续步骤的流程均以划分后的子块图像作为输 入图像进行处理。

[0032] 在本步骤中，为了更好地操纵输入图像的局部灰阶特性，首先可以定义p个强弱不 同的回声强度区间。本发明的实施例中，定义的回声强度区间的数量p的值不做特别的限 制。通常，p越大，即回声强度区间的数量越多，则可以实现更为精细的调整，但同时也会增 加计算量。因此，p的大小可以根据实际情况的需要灵活选择。例如，在一个实施例中，可采 取p为3-20左右的区间数进行模糊分段处理。为简便起见，在本文后续实施例中，均以超低 回声、低回声、中等回声、高回声、和超高回声这5个区间(即p=5)为例进行详细说明，但本 领域技术人员当可了解本申请并不仅限于此。

[0033] 接续，用隶属函数将上述5个回声强度区间表示出来。下面以对称三角形隶属函数 为例，如图3所示，分别用图中从左至右5个分段的三角形函数表示超低回声、低回声、中等 回声、高回声、和超高回声这5个区间，图中横坐标表示回声强度，纵坐标表示隶属度，由 图示可以看出，这5个函数的隶属度最高值对应的回声强度分别位于5db、25db、45db、65db、和 85db处，单个分类的跨度为40db，并且在相邻区间之间具有20db的重叠。

[0034] 按照各个隶属函数对输入图像进行模糊分段，确定超低回声、低回声、中等回声、 高回声、和超高回声这5个区间，分别用VL(X)、L(X)、M(X)、H(X)、和VH(X)表示。这样，以输入 图像每个特定点处的回声强度I作为函数输入(即X=I)，则通过函数计算或查表便可输出一个 长度为5的模糊分段数组：[VL(I), L(I), M(I), H(I), VH(I)]，根据隶属函数的特性可知， VL(I)、L(I)、M(I)、H(I)、和VH(I)的取值均介于0到1之间，且它们的和为1。参见图3，以回 声强度为5db为例，对应的输出为[1, 0, 0, 0, 0]，以回声强度为10db为例，对应的输出大约 为[0.5, 0.5, 0, 0, 0]。

[0035] 经过本步骤的模糊隶属度划分，可得到强度不同的5个模糊分段，后续的流程即通 过对这5个模糊分段施加不同的增益来实现图像细节的控制，在此之前，这里先将以斜坡函

数(如图4所示)为例简要描述后续的分段调整方法对图像灰阶的影响。

[0036] 假设对函数输入X处的各个模糊分段施加不同的增益分别为:GainVL、GainL、GainM、GainH、和GainVH,则X处的信号改变量可用如下计算式表示:

[0037]  $\Delta X = \text{GainVL} \cdot \text{VL}(X) + \text{GainL} \cdot \text{L}(X) + \text{GainM} \cdot \text{M}(X) +$

[0038]  $\text{GainH} \cdot \text{H}(X) + \text{GainVH} \cdot \text{VH}(X) + \Delta \text{GainComp}$

[0039] 其中,  $\Delta \text{GainComp}$ 为亮度补偿量,其大小与回声调整的分段有关,当调整中低回声的幅度时,对图像的整体亮度则不会有较大影响;相反,当调整中高回声时,则需要较大的幅度来调整图像的亮度。

[0040] 首先参照图5和图6所示,其是通过GainM来调整信号,从而改变最终的图像灰阶。图5中设置GainM>0,其作用是增加中低回声的局部对比度,同时降低中高回声的局部对比度,GainM越大这种效果就越强。同理,图6中设置GainM<0,其作用是增加中高回声的对比度,同时降低中低回声的对比度。从结果上来看,通过改变GainM,可以在保持回声信号单调性的同时,实现图像高低回声层次的调整。

[0041] 进一步,图7中设置GainVL、GainL、GainH和GainVH均大于0,而GainM=0,其效果类似于图6的效果,不同之处在于图像亮度有所增加,起到的灰阶调整效果则与图6完全一致的。

[0042] 接续,为了提升中等偏高回声的对比,同时避免导致部分过强的高亮回声饱和,可以设置:GainM<0、GainH>0和GainVH<0,其效果如图8所示。

[0043] 最后,对于动态范围过大的图像来说,将有效的图像信息有效地映射到显示设备是一个非常重要的问题。例如当信号动态范围超过显示动态范围时,高亮回声可能已出现大片饱和,或者低回声信息出现丢失,此时可分别设置GainVL>0和GainVH<0,由此将丢失的信号动态范围调整到人眼能够识别的灰阶范围内,效果如图9所示。

[0044] 需要说明的是,上面的模糊隶属度划分是以对称的三角形隶属函数为例进行说明,但本申请显然不限于此,本领域技术人员可以理解还可采用其他形式的隶属函数。

[0045] 例如,在一个实施例中,可以应用如图10所示三个顶点依次对应于横坐标a、b、c的一般三角形函数形式,其中 $f(x) = \max(\min((x-a)/(b-a), (c-x)/(c-b)), 0)$ 。其中a为图10中A点的横坐标,b为图10中B点的横坐标,c为图10中C点的横坐标。这里,A、B和C分别为图10中的三角形函数的顶点。

[0046] 在另一个实施例中,为了改善信号梯度过渡的连续性,可使用光滑的隶属函数,例如图11所示的分布参数为、中心在C处高斯函数,其中

[0047] 
$$f(x) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2\sigma^2}}$$

[0048] 这里,c为图11中的高斯函数的顶点(中心点)C的横坐标。

[0049] 在再一个实施例中,为了信号控制的灵活性,还可以将相邻两个或者多个隶属函数合并成一个,从而形成一个“平顶”的隶属函数,如图12所示的“钟形”函数,其中

[0050] 
$$f(x) = \frac{1}{(1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b})}$$

[0051] 这里,  $c$ 为图12中的钟形隶属函数的左右对称中心 $C$ 的横坐标,  $a$ 和 $b$ 是该钟形隶属函数的控制参数,用于控制该钟形隶属函数的形状和跨度。

[0052] S103、对模糊分段数组进行空间邻域的平滑操作;

[0053] 如上所述,步骤S102是以输入图像特定点处的回声强度作为函数输入进行模糊隶属度的划分,以得到长度为 $p$ 的模糊分段数组输出。然而,这种划分仅仅是根据回声强度进行分类,而并未考虑到图像的空间连续性。具体而言,考虑某一输入图像,如果存在离散的黑孔,当组织回声和这些黑孔的回声分属不同的模糊集合时,而两个集合的操纵量又相反时,这些图像上的黑孔将更加明显。

[0054] 有鉴于此,为了改善最终图像的连续性,抑制组织上的黑孔和管腔内的噪点等局部突变,还可以经过本步骤对由输入图像所有点的模糊分段数组 $[V_L(I), L(I), M(I), H(I), V_H(I)]$ 组成的信号矩阵进行空间邻域的平滑操作,使得输入图像中在空间上相邻近的点被划分到一个区间的隶属度较大,由此保留一定程度的“空间结构”,使图像能够在灰阶调整中保持空间上的连续性。在一个实施例中,上述空间邻域的平滑操作可采用线性或非线性的平滑来进行,例如形态学开/闭运算、非线性黑孔填充、低通滤波、旋转掩模、和中值滤波等等算法。经过上述平滑操作的信号矩阵能够保留局部灰阶层次的空间连续结构,而并不具有原图像的细节分辨率和对比度分辨率,由此对于输入图像的每个特定点处则均可得到一个对应的空间模糊分段数组 $V=[V_1, V_2, \dots, V_p]$ 。注意到 $V_1, V_2, \dots, V_p$ 的取值仍介于0和1之间,表示当前回声图像相对于各个区间的隶属程度,而不再反映回声强度的大小,并且它们的和仍然近似等于1。

[0055] 本步骤的空间邻域平滑操作是在模糊隶属度划分之后进行,但本申请并不仅限于此,在一个实施例中,为了改善图像的空间连续性,还可以先对输入图像进行平滑操作,然后再通过模糊隶属函数计算获得长度为5的空间模糊分段数组 $V=[V_1, V_2, V_3, V_4, V_5]$ 。

[0056] S104、确定针对该特定点处的操纵量向量 $U$ ;

[0057] 在经过上述步骤S101-S103得到输入图像特定点处对应的空间模糊分段数组 $V$ 的基础上,接续便可以确定针对该特定点处的操纵量向量 $U$ 。在一个实施例中,操纵量向量 $U$ 是局部增益调节(Local Gain Adjustment)向量 $ULGA$ 、高亮回声抑制(High Saturation Suppression)向量 $UHSS$ 、低回声恢复(Low Echo Recovery)向量 $ULER$ 、和亮度均衡(Brightness Equalization)向量 $UBE$ 的任意组合之和,下面将分别予以详细阐述。

[0058] 由于超声成像系统的内部增益以及不同病人的情况等原因,不同子块输入图像的信号与噪声分布情况各不相同,这就有必要进行局部增益的校正,以改善整幅图像的一致性。局部增益参数的计算需要基于当前子块及邻近子块的回声强度分布信息,通过邻近区域的图像的直方图进行分析,由此计算出局部增益校正量。

[0059] 有些图像由于信噪比的差异,仅通过局部增益无法改善图像的均匀性,这时就有必要配合进行亮度均衡的调整。与局部增益调整的方式不同,亮度均衡侧重于不同信噪比图像亮度的一致化。具体而言,信噪比较低的区域,如果仅通过局部增益来提升亮度,则增加信号的同时也会增加噪声,带来负面影响。因此,有必要根据当前信号分布情况,通过亮度均衡来调整各个回声模糊分段的比例,从而达到调整灰阶层次的目的,最终改善整体图像的一致性。

[0060] 超声波遇到强反射界面,会产生较强的回波信号,由于显示动态范围有限,很容易

产生较强的高亮回声饱和,体现在超声图像上就是出现一片没有层次的高亮灰阶,通过分析显示动态范围和回声强度,可以计算出出现高亮回声的相对区间,通过调整映射曲线的形状,可以恢复部分高亮回声的层次。同理,低回声信号恢复是将容易向下溢出的超声信号调整到用户的显示动态范围之内,从而增加有效信号的信息量。高亮回声抑制和低回声信号恢复结合使用,配合用户动态范围,可以优化图像显示内容,改善图像质量。

[0061] 为了实现上述的局部增益调节、高亮回声抑制、低回声恢复和亮度均衡,可以基于前述步骤的空间模糊分段来实现。具体而言,对于这4个功能,针对前述5个模糊分段可以用4组长度为5的控制向量来对应。在一个实施例中,这些控制向量可以根据图像内容进行自适应计算而得到,或者也可以通过与用户的交互而基于用户的输入得到,下面首先将对前一种情况(即图像内容的自适应计算)加以详细阐述。

[0062] (1) 局部增益调节

[0063] 局部增益调节向量的确定原则比较简单,只需要设置向量中针对超低回声、低回声、中等回声、高回声、和超高回声这5个区间的所有参数值均相等,即, $ULGA_1=ULGA_2=\dots=ULGA_p=\Delta Gain$ 。其中 $\Delta Gain$ 为当前点需要调整的局部增益,在一个实施例中, $\Delta Gain$ 可根据例如美国专利申请公开第US20120260736号、中国专利申请第200910109156中揭示的方案等现有技术来确定。

[0064] 相对于局部增益调节而言,亮度均衡的参数设置灵活度更大。概略而言,对于信噪比较高的图像区域,针对中、高回声的参数应低于针对低回声的参数,反之,对于信噪比较低的图像,应根据情况适当调整中、低回声的参数增加中低信号的对比度。低回声信号恢复是将尽可能多的低回声信号映射到显示动态范围之内,比如前面结合图9提到的设置 $Gain_{VL}>0$ ,并且,根据信号分布的特征,还可以适度设置 $Gain_L$ 和 $Gain_M$ ,从而得到更加适度的中低回声分布。同理,对于局部的高亮回声信号,可设置 $Gain_{VH}<0$ ,同时设置 $Gain_H$ 和 $Gain_M$ 来保留中高回声的层次,抑制高亮回声抑制问题。进一步,对于亮度均衡、低回声信号恢复和高亮回声抑制来说,向量中各个参数可能各不相同,下面将对各向量的确定方法和原则分别加以说明。

[0065] (2) 高亮回声抑制

[0066] 按照上述步骤S102中结合图5-图9描述的调整示例可知,可以通过改变各操纵参数的符号和大小来控制图像的改变量。因此,在本步骤中,首先可以通过设置符号和大小各不相同的参数组合来预设不同级别的高亮回声抑制向量。例如,在一个实施例中,可以定义非常强、较强、中等、较小、不变这5个级别的高亮回声抑制向量。其中,对应每个级别的操纵参数的单位可以是db,大小可以根据临床图像标准的需要灵活设置。例如“非常强”这个级别的设置可以根据按照临床的要求能产生临床图像显著变化的要求,并且其余各个档位应有明显的依次变化,等等。

[0067] 此外,实际操作参数也可以是介于两个档位之间的模糊值,比如介于“非常强”与“较强”之间的值,或者“不变”和“较小”之间的值,均根据实际临床图像的需要而定。

[0068] 例如,一个实施例中,各个高回声抑制向量可以分别如下所示。

[0069] 非常强:UHSS=[0,0,0,-5,-10]

[0070] 较强:UHSS=[0,0,0,-3,-7]

[0071] 中等:UHSS=[0,0,0,-2,-3]

[0072] 较小:UHSS=[0,0,0,-1,-1]

[0073] 不变:UHSS=[0,0,0,0,0]

[0074] 接续,通过对输入图像进行分析获得回声信号的分布特性,并根据该分布特性确定高亮回声饱和的级别。具体可参见图13所示的示例,其柱状图即反映了当前输入图像的回声信号分布,在该示例中,假设超声设备的用户显示动态范围是50db(10db-60db),换言之,强度为10db的回声信号在屏幕上显示为灰阶0,强度为60db的信号显示为灰阶255,而小于10db或大于60db的信号都不会显示在屏幕上,分别对应为弱回声信号损失和高亮回声饱和。从图13可以看出,该输入图像中的大部分回声信号都超出了60db,这会引发较为严重的高亮回声饱和,由此从“非常严重、较严重、中等、轻微、无”这5个预设级别中选择当前输入图像的高亮回声饱和级别确定为“较严重”,或者可以按照模糊推理的原则(比如,可以使用如文献“Mamdani,E.H.,“Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis:,IEEE transactions on computers,vol.26,no.12,pp.1182-1191,1977.”中揭露的经典的Mamdani推理法)得到图像高亮饱和的级别介于“非常严重”和“较为严重”之间。需要说明的是,上述示例中是使用柱状图统计的方法来描述回声信号的分布特性,但本申请并不仅限于此,在其他实施例中,此处也可通过上述步骤S102中提及的隶属函数来描述回声分布特性,虽然隶属函数和柱状图的计算方法不同,但二者从模糊理论和统计学上的内涵是相通的,二者都能从图中直观得到高亮回声饱和的级别,是以此处对于隶属函数的表示方法不再赘述。

[0075] 这之后,对应于确定的“较严重”的高亮回声饱和,便需要较强的高亮回声抑制功能,因此,对应即从上述预设级别的高亮回声抑制向量中选择“较强”一级的高亮回声抑制向量[0,0,0,-3,-7]作为最终确定的高亮回声抑制向量UHSS。

[0076] (3) 低回声恢复

[0077] 与上述高亮回声抑制向量的确定类似,在确定低回声恢复向量时,首先可以预设不同级别的低回声恢复向量。例如,在一个实施例中,可以定义非常强、较强、中等、较小、不变这5个级别的低回声恢复向量,其结果可以分别如下所示。

[0078] 非常强:ULER=[10,5,0,0,0]

[0079] 较强:ULER=[7,3,0,0,0]

[0080] 中等:ULER=[3,2,0,0,0]

[0081] 较小:ULER=[2,1,0,0,0]

[0082] 不变:ULER=[0,0,0,0,0]

[0083] 接续,通过对输入图像进行分析获得的回声信号分布特性来确定低回声丢失的级别。具体可参见图14所示的示例,从其柱状图中可以看出,该输入图像中的一部分回声信号都在10db以下,表面需要进行一定程度的低回声信号恢复,由此从“非常严重、较严重、中等、轻微、无”这5个预设级别中选择将当前输入图像的低回声丢失级别确定为“中等”。

[0084] 这之后,对应于确定的“中等”的低回声丢失,便需要中等的低回声恢复功能,因此,对应即从上述预设级别的低回声恢复向量中选择“中等”一级的低回声恢复向量[3,2,0,0,0]作为最终确定的低回声恢复向量ULER。

[0085] (4) 亮度均衡

[0086] 与上述高亮回声抑制向量的确定类似,在亮度均衡向量时,首先可以预设不同级

别的亮度均衡向量。例如,在一个实施例中,可以定义非常强、较强、中等、较小、不变这5个级别的亮度均衡向量,其结果可以分别如下所示。

[0087] 非常强:UBE=[0,5,10,6,2]

[0088] 较强:UBE=[0,3,7,3,1]

[0089] 中等:UBE=[0,2,5,2,1]

[0090] 较小:UBE=[0,1,2,1,0]

[0091] 不变:UBE=[0,0,0,0,0]

[0092] 接续,通过对输入图像进行分析获得的回声信号分布特性来确定亮度明暗的级别。具体可参见图15所示的示例,从其柱状图中可以看出,该输入图像的信号较弱,需要增加图像亮度,由此从“非常暗、比较暗、有些暗、轻微暗、正常”这5个预设级别中选择将当前输入图像的亮度明暗级别确定为“比较暗”。

[0093] 这之后,对应于确定的“比较暗”的亮度明暗级别,便需要较强的亮度均衡功能,因此,对应即从上述预设级别的亮度均衡向量中选择“较强”一级的亮度均衡向量[0,3,7,3,1]作为最终确定的亮度均衡向量UBE。

[0094] 由前文所述,本发明的实施例中,各个控制向量(例如,高亮回声抑制向量UHSS、低回声恢复向量ULER和亮度均衡向量UBE)可以是基于对输入图像进行分析获得。此时,本发明的实施例中,可以是对输入图像的一次分析中同时获得多个控制向量(例如,高亮回声抑制向量UHSS、低回声恢复向量ULER和亮度均衡向量UBE可以在对输入图像的分析中一次性同时获得),也可以是分别在对输入图像的不同分析步骤中获得不同的控制向量。

[0095] 在如上所述分别确定了局部增益调节向量、高亮回声抑制向量、低回声恢复向量、和亮度均衡向量之后,可对这些向量进行求和运算来得到最终的操纵量向量 $U=ULGA+UHSS+ULER+UBE$ 。但本申请并不仅限于此,在一个实施例中,根据实际情况需要,还可以从局部增益调节向量、高亮回声抑制向量、低回声恢复向量、和亮度均衡向量中选取任意组合进行求和运算来得到操纵量向量U。

[0096] 上述实施例中详细描述了根据图像内容进行自适应计算来确定操纵量向量U的示例,然而本申请并不仅限于此。在一个实施例中,还可通过设置用户输入装置,结合与用户的交互进行计算,根据预设规则对用户的输入进行解释和翻译来分别得到确定操纵量向量U。以触摸屏作为用户输入装置为例,用户(例如医生)可通过手指在触摸屏上产生输入,从而可对触摸点坐标及其随时间变化的规律、手指移动的开始点和终止点、移动速度和加速度、以及移动路径等等进行计算和分析,并根据计算和分析结果参照预设规则来得到局部增益调节向量、高亮回声抑制向量、低回声恢复向量、和亮度均衡向量等各个参数。

[0097] S105、根据空间模糊分段数组V和操纵量向量U求内积得到特定点处的回声增量,进而得到输出图像。

[0098] 在经过步骤S103得到空间模糊分段数组V以及经过步骤S104得到操纵量向量U之后,本步骤即可进行图像的回声增量计算。具体而言,在所述特定点处,回声增量可表示为 $\Delta I=U^T \cdot V$ 。其中,“T”表示矩阵的转置符号,“·”表示求内积的运算符号。如上所述,空间模糊分段数组V和操纵量向量U的长度均为n,因此通过求内积运算可消掉长度为n的这一维,得到特定点处的回声增量 $\Delta I$ 。

[0099] 在一个示例中,假设步骤S104中确定的局部增益调节向量、高亮回声抑制向量、低

回声恢复向量、和亮度均衡向量分别如下：

[0100] ULGA=[3,3,3,3,3],其功能是提升局部图像整体亮度；

[0101] UHSS=[0,0,0,0,-2],其功能是抑制超高回声的高亮饱和；

[0102] ULER=[2,2,1,0,0],其功能是抬高超低、低回声信号；

[0103] UBE=[0,-1,2,5,0],其功能是增加中高回声层次。

[0104] 则通过求和得到最终的操纵量向量U如下：

[0105]  $U=ULGA+UHSS+ULER+UBE=[5,4,6,8,1]$

[0106] 进而通过求内积得到回声增量  $\Delta I$  如下：

[0107]  $\Delta I=U^T \cdot V=[5,4,6,8,1]^T \cdot [V_1,V_2,V_3,V_4,V_5]$

[0108]  $=5*V_1+4*V_2+6*V_3+8*V_4+1*V_5$

[0109] 最后,利用求得回声增量  $\Delta I$  对该特定点处的回声强度进行调节,并用经过调节后的回声强度作为输出图像特定点处的回声强度,由此可得到输出图像。

[0110] 结合步骤S102中提及的信号改变量计算式可知,在利用回声增量  $\Delta I$  进行回声强度的调节后,还可以对输入图像进行亮度校正,由于局部增益调节向量、高亮回声抑制向量、低回声恢复向量、和亮度均衡向量各参数均已确定,因此校正量  $\Delta GainComp$  也是可计算的。

[0111] 本发明的实施例中, $\Delta GainComp$  可以根据使校正后的图像的亮度与动态范围调节前的图像的亮度基本一致的要求,根据前述已经获得的局部增益调节向量、高亮回声抑制向量、低回声恢复向量、亮度均衡向量、最终的操纵量向量和/或前述获得回声增量确定,具体的确定方法可以根据实际情况的需要而定,只要使校正后的图像的亮度与动态范围调节前的图像的亮度基本一致即可。

[0112] 在利用得到的  $\Delta GainComp$  进行亮度校正后,可进一步得到亮度均匀的输出图像。

[0113] 与上述方法实施例对应,本申请的实施例还提供一种超声成像装置。图16为本申请超声成像装置的实施例框图,如图所示,本实施例的超声成像装置包括图像子块划分单元21、模糊分段确定单元22、空间邻域平滑单元23、操纵量确定单元24、图像输出单元25、和亮度校正单元26。其中：

[0114] 图像子块划分单元21用于对经过包络提取后得到的图像进行子块划分,并以子块划分后得到的各个子块图像作为输入图像。在一个实施例中,图像子块划分单元21也可以在包络提取之前进行子块划分,并直接以划分后的子块图像作为输入图像。

[0115] 模糊分段确定单元22用于以输入图像特定点处的回声强度作为函数输入,按照根据回声强度强弱分成的p个区间对函数输入进行模糊隶属度的划分,得到该特定点处的空间模糊分段数组V,其中 $V=[V_1,V_2,\dots,V_p]$ , $V_1,V_2,\dots,V_p$ 的值均介于0与1之间,且 $V_1+V_2+\dots+V_p \approx 1$ 。

[0116] 空间邻域平滑单元23用于在模糊分段确定单元22进行模糊隶属度的划分之后进行空间邻域的平滑操作,使得输入图像中在空间上相邻近的点被划分到一个区间的隶属度较大,由此得到最终的空间模糊分段数组V。

[0117] 操纵量确定单元24用于根据对输入图像的内容进行自适应计算得到的结果或者根据用户的输入来确定针对该特定点处的操纵量向量U,该操纵量向量U为选自以下向量的任意组合之和:局部增益调节向量ULGA、高亮回声抑制向量UHSS、低回声恢复向量ULER、和

亮度均衡向量UBE;其中,  $ULGA=[ULGA_1, ULGA_2, \dots, ULGA_p]$ ,  $UHSS=[UHSS_1, UHSS_2, \dots, UHSS_p]$ ,  $ULER=[ULER_1, ULER_2, \dots, ULER_p]$ ,  $UBE=[UBE_1, UBE_2, \dots, UBE_p]$ 。

[0118] 图像输出单元25用于根据模糊分段确定单元22得到的空间模糊分段数组V和操纵量确定单元24得到的操纵量向量U求内积来得到该特定点处的回声增量 $\Delta I$ ,并利用该回声增量 $\Delta I$ 调节所述特定点处的回声强度,且将经过调节的回声强度作为输出图像在对应点处的回声强度,其中 $\Delta I=U^T \cdot V$ , $U^T$ 表示U的转置矩阵。

[0119] 亮度校正单元26则用于在图像输出单元25通过求内积得到该特定点处的回声增量 $\Delta I$ 之后,根据该回声增量 $\Delta I$ 确定亮度补偿量 $\Delta GainComp$ ,并利用该亮度补偿量 $\Delta GainComp$ 对图像进行亮度校正后得到最终的输出图像。

[0120] 进一步,在一个实施例中,上述的操纵量确定单元24包括选自局部增益计算子单元241、高亮回声抑制计算子单元242、低回声恢复计算子单元243、和亮度均衡计算子单元244的任意组合。其中:

[0121] 局部增益计算子单元241用于确定特定点处需要调整的局部增益 $\Delta Gain$ ,并使得 $ULGA_1=ULGA_2=\dots=ULGA_p=\Delta Gain$ ,由此得到所述局部增益调节向量ULGA。

[0122] 高亮回声抑制计算子单元242、低回声恢复计算子单元243、和亮度均衡计算子单元244则分别用于对输入图像进行分析以得到回声信号的分布特性,并根据该分布特性来分别确定高亮回声饱和的级别、低回声丢失的级别、和亮度明暗的级别,之后再根据确定的各级别分别查找得到对应级别的预先分级别设置的高亮回声抑制向量UHSS、低回声恢复向量ULER、和亮度均衡向量UBE。

[0123] 综上所述,本实施例的超声成像方法及装置基于对回声信号进行隶属函数的模糊分段,例如可将噪声和弱回声信号划分为超低回声信号,将向上饱和的信号(在用户显示动态范围之外)划分为超高回声信号,然后依次划分成若干模糊分段,据此将图像划分成若干属于不同模糊分段的层次,进而对若干层次内的隶属度取值进行空间邻域操作,从而得到空间模糊分段数组。另一方面通过基于图像内容的自适应计算或基于用户的输入而确定图像的操纵量向量,最后利用该操纵量向量对各个层次的空间模糊分段数组进行灵活的加权和拉伸处理(求内积),并使用得到的回声增量和亮度补偿对输入图像进行调整和复合,从而得到最终的输出图像。本实施例的方法及装置避免了处理噪声本底和高对比度分辨率的图像,用灵活的空间模糊加权处理避免了直接映射带来的副作用。

[0124] 由上述技术方案可知,本申请的实施例基于回声强度模糊分段的灰阶调整方法,通过对各个分段使用不同的控制参数,实现局部增益调节、高亮回声抑制、低回声恢复、和亮度均衡等功能,从而达到丰富图像信号细节分辨率等目的。

[0125] 按照本申请实施例的超声成像方法及装置,可以通过硬件、软件、固件、或者其组合实现在超声成像系统中,从而使得超声成像系统可以采用基于本申请实施例的超声成像方法,或者包括基于本申请实施例的超声成像装置。按照本申请的上述教导,这种实现对于本领域普通技术人员而言是显而易见的,在此不再赘述。

[0126] 虽然已参照几个典型实施例描述了本申请,但应当理解,所用的术语是说明和示例性、而非限制性的术语。由于本申请能够以多种形式具体实施而不脱离申请的精神或实质,所以应当理解,上述实施例不限于任何前述的细节,而应在随附权利要求所限定的精神和范围内广泛地解释,因此落入权利要求或其等效范围内的全部变化和改型都应为随附权

利要求所涵盖。

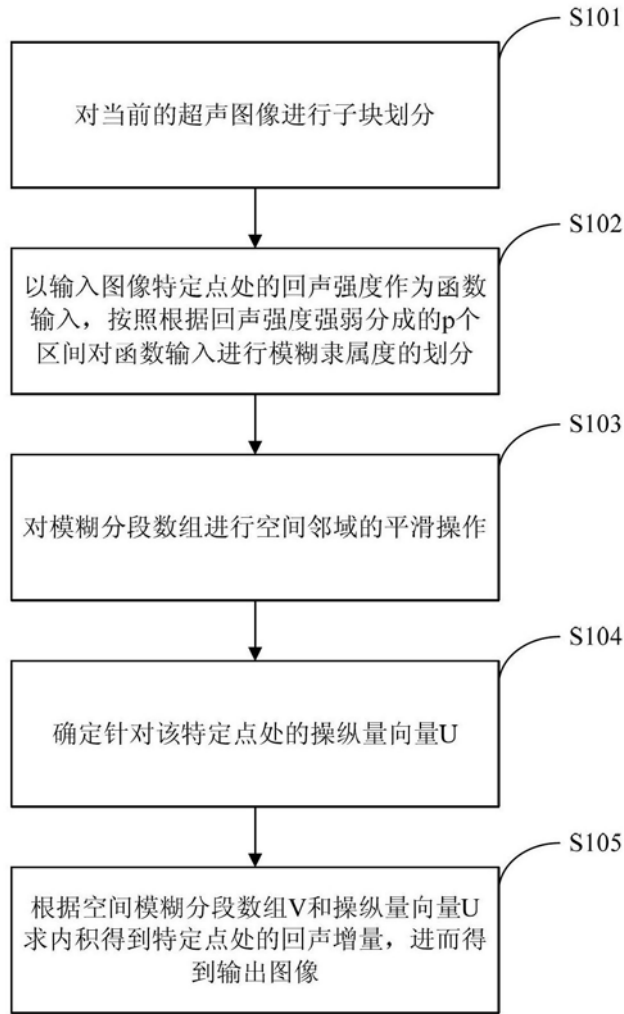


图1

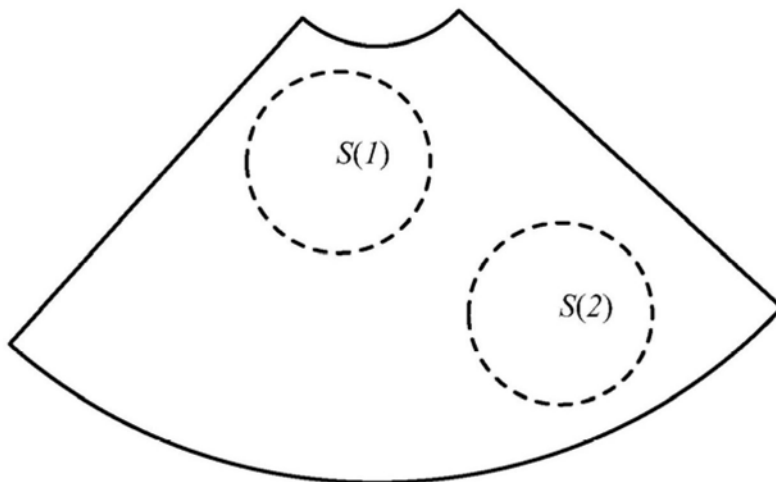


图2

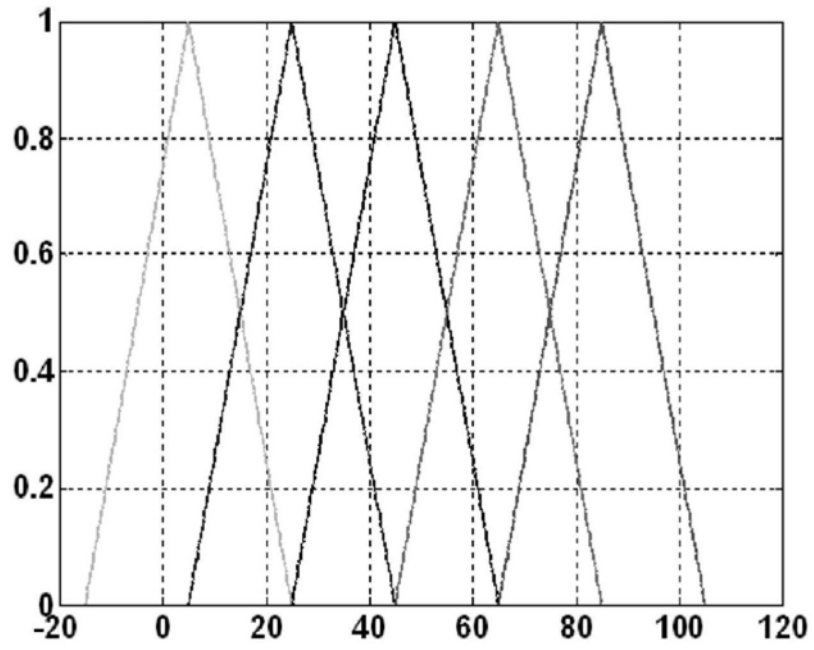


图3

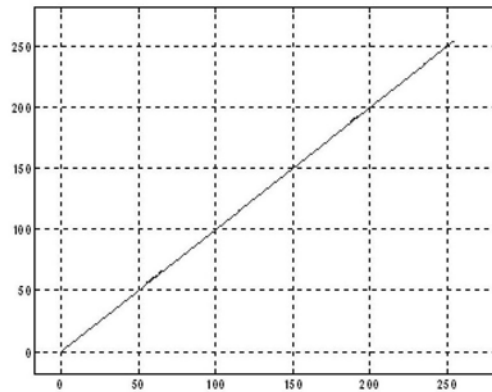


图4

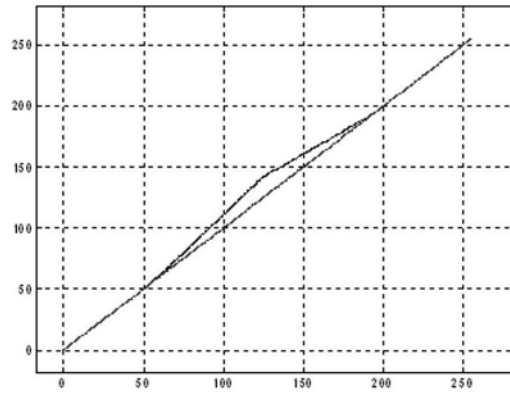


图5

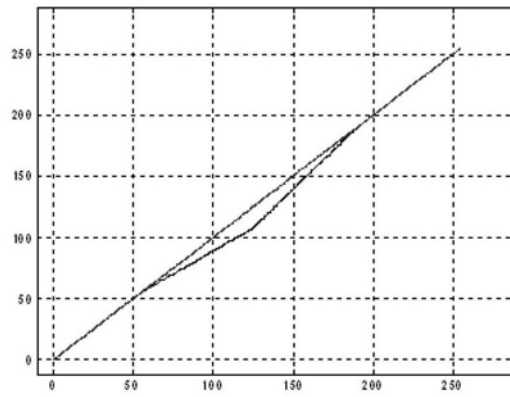


图6

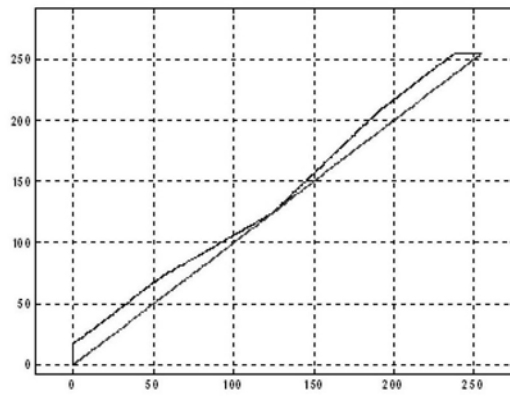


图7

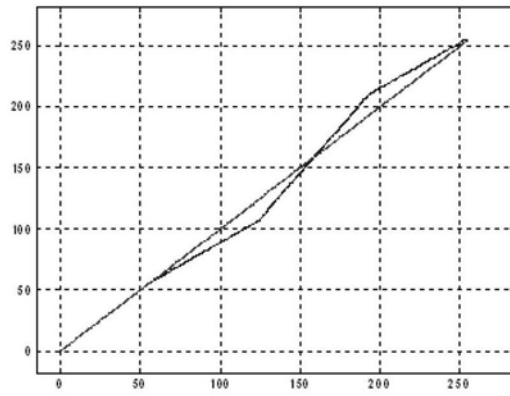


图8

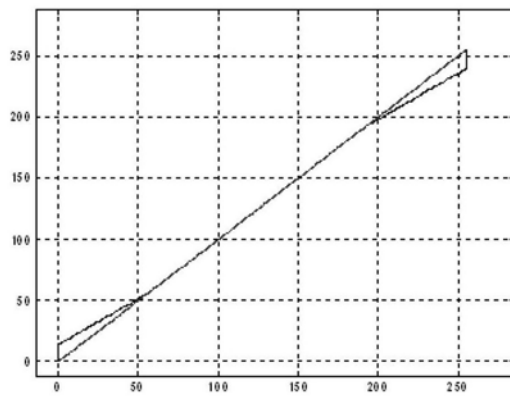


图9

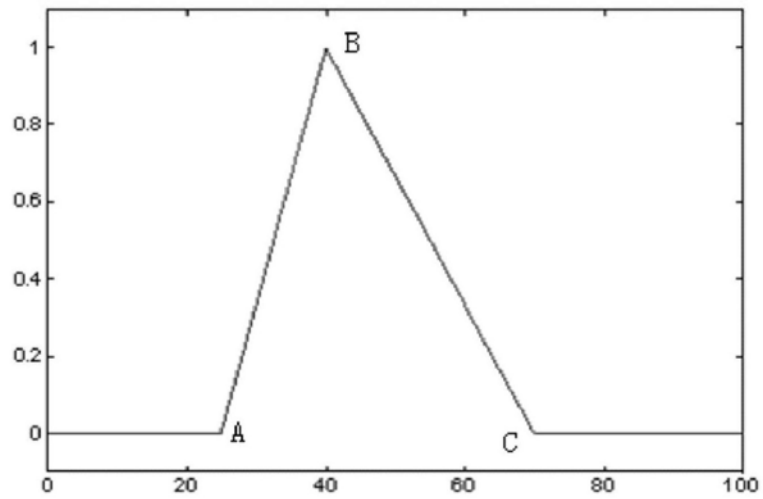


图10

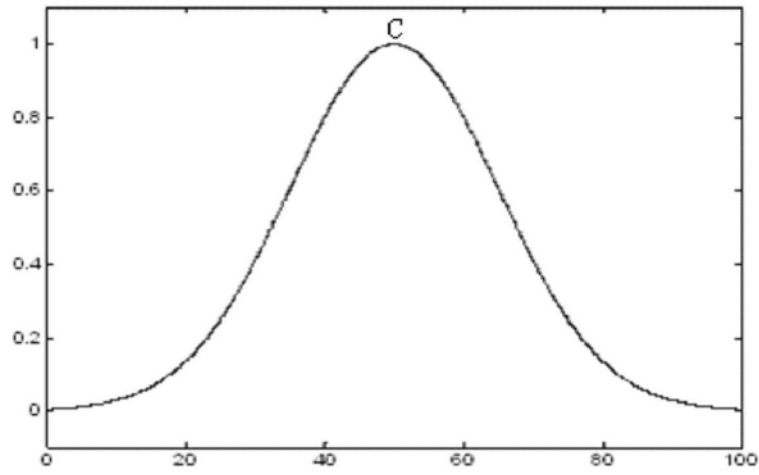


图11

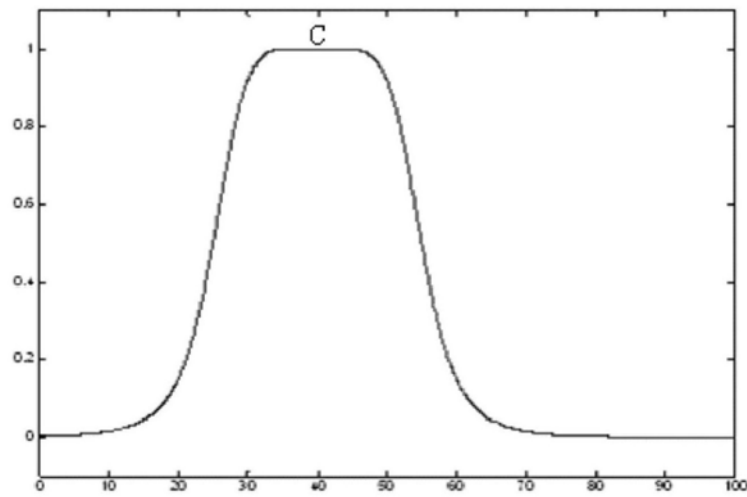


图12

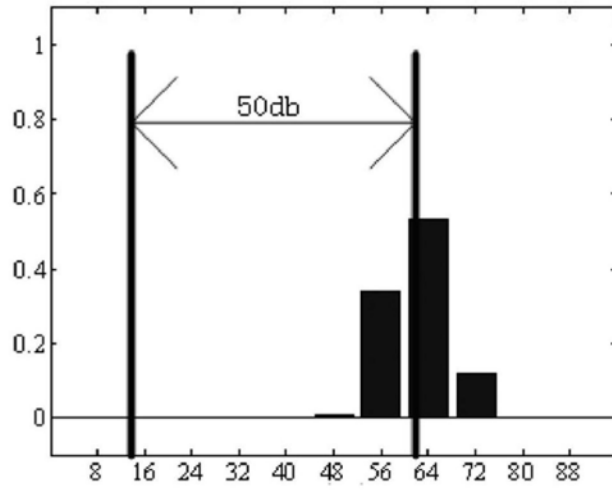


图13

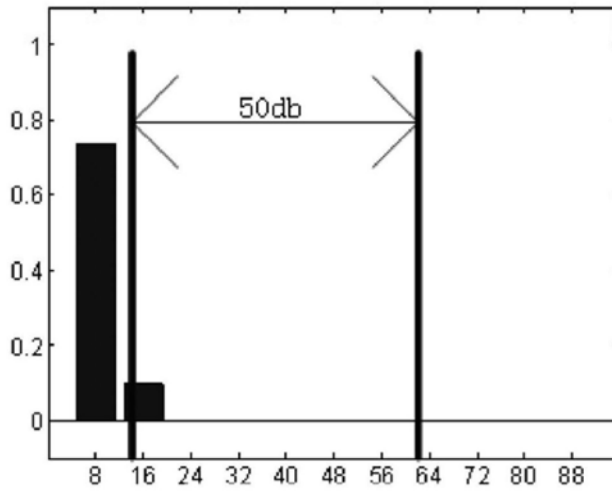


图14

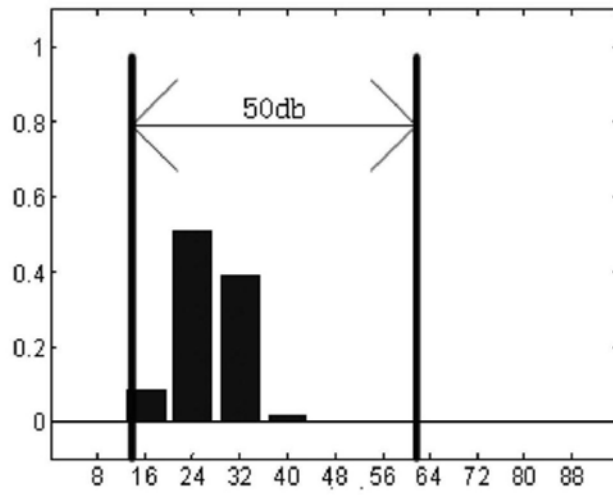


图15

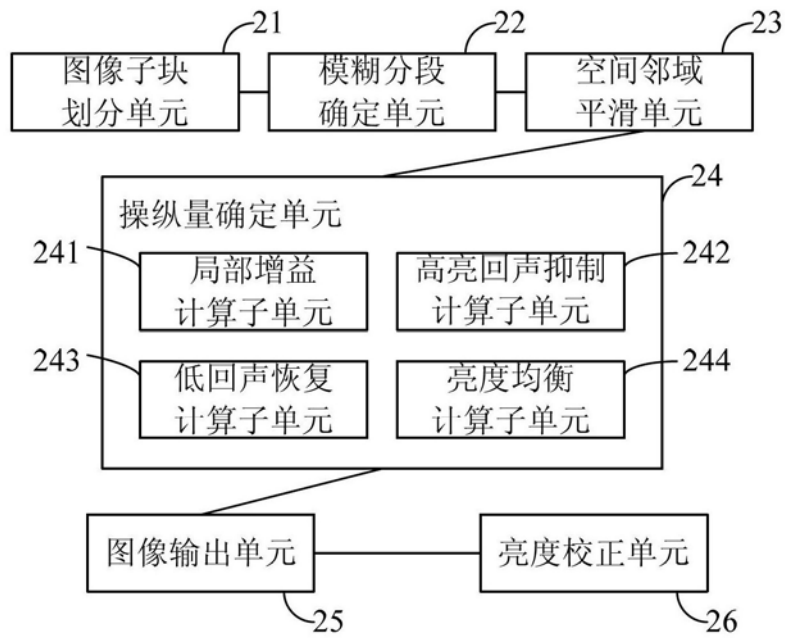


图16

专利名称(译)	超声成像方法及装置		
公开(公告)号	<a href="#">CN104217401B</a>	公开(公告)日	2018-09-11
申请号	CN201310216537.7	申请日	2013-06-03
[标]申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司		
[标]发明人	史志伟 董永强		
发明人	史志伟 董永强		
IPC分类号	G06T5/00 A61B8/00		
CPC分类号	G06T7/0012 G01S7/52046 G06K9/4661 G06K9/52 G06T5/50 G06T7/60 G06T2207/10132 G06T2207/20021 G06T2207/20112 G06T2207/30004 G06T2207/30196		
其他公开文献	CN104217401A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本申请公开了一种超声成像方法及装置，其基于对回声信号进行隶属函数的模糊分段，将输入图像按回声强度依次划分成若干模糊分段，据此将图像划分成若干层次，进而对若干层次内的隶属度取值进行空间邻域操作，从而得到空间模糊分段数组；另一方面通过基于图像内容的自适应计算或基于用户的输入而确定图像的操纵量向量，最后利用该操纵量向量对各个层次的空间模糊分段数组进行灵活的加权和拉伸处理，并使用得到的回声增量和亮度补偿对输入图像进行调整和复合，从而得到最终的输出图像。本实施例的方法及装置能够实现局部增益调节、高亮回声抑制、低回声恢复、和亮度均衡等功能，从而达到丰富图像信号细节分辨率等目的。

