



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107997784 A

(43)申请公布日 2018.05.08

(21)申请号 201711230934.4

(22)申请日 2017.11.29

(71)申请人 声泰特(成都)科技有限公司

地址 610041 四川省成都市高新区高朋大道5号

(72)发明人 石丹 刘西耀 刘东权

(74)专利代理机构 四川力久律师事务所 51221

代理人 韩洋 张伟

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书9页 附图7页

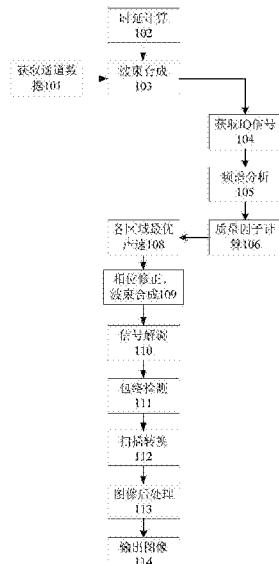
(54)发明名称

一种基于声速自适应修正的超声波束合成方法和系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于声速自适应修正的超声波束合成方法和系统,能够进行声速优化自适应修正,提高声速优化结果准确度和优化结果准确度,使用最佳声速对通道数据进行相位补偿,提高超声成像质量。该方法包括:使用一个预定的系统声速进行一次超声波发射,根据各通道所接收的回波信号获取第一通道数据;基于第一通道数据,获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子;对于每个局部区域,将最大的声速优化质量因子所对应的样本声速设置为该局部区域的最佳声速;根据各个局部区域的最佳声速和系统声速之差对第一通道数据进行相位修正和波束合成;依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、图像后处理,生成一帧图像。

CN 107997784 A



1. 一种基于声速自适应修正的超声波束合成方法,其特征在于,所述方法包括:

使用一个预设的系统声速进行一次超声波发射,根据各通道所接收的回波信号获取第一通道数据;

基于第一通道数据,获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子;

对于每个局部区域,将最大的声速优化质量因子所对应的样本声速设置为该局部区域的最佳声速;根据各个局部区域的最佳声速和系统声速之差对第一通道数据进行相位修正和波束合成;

对波束合成的信号,依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、图像后处理,生成一帧图像。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子包括针对多个样本声速中的每一个样本声速执行:

根据样本声速计算与通道相对应的时延;根据计算所得时延对第一通道数据进行波束合成,获得RF信号;对所获得RF信号进行基带处理,获取IQ信号;分别基于至少三个局部区域中的每一个局部区域,对IQ信号进行频谱分析,获取代表各个局部区域的频谱;计算代表各个局部区域的频谱主瓣的能量,获取各局部区域与样本声速相对应的声速优化质量因子。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子包括针对多个样本声速中的每一个样本声速执行:

根据样本声速计算与通道相对应的时延;根据计算所得时延对第一通道数据进行波束合成,获得RF信号;分别基于至少三个局部区域中的每一个局部区域,对RF信号进行频谱分析,获取代表各个局部区域的频谱;计算代表各个局部区域的频谱主瓣的能量,获取各局部区域与样本声速相对应的声速优化质量因子。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子包括针对多个样本声速中的每一个样本声速执行:

根据样本声速计算与通道相对应的时延;根据计算所得时延对第一通道数据进行第一波束合成;对波束合成的信号,依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、图像后处理,生成一帧图像;

用预设的二维纹理分析窗口对所获得图像进行纹理分析,计算图像的遍历纹理熵;计算图像的各个局部区域的纹理熵平均值,获取各局部区域与样本声速相对应的声速优化质量因子。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述多个样本声速可以从范围1400m/s~1700m/s均匀间隔取值,且样本声速的数量大于60。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在进行波束合成之前对每个聚焦点,将对应的时延施加到第一通道数据,获取向量数据;对向量数据中的一个或多个向量进行离散时频变换,生成频域信号;对所生成的频域信号进行信号检测和噪声抑制;对经过噪声抑制的频域信号中的每一个向量进行逆变换,获取第二通道数据;

所述信号检测和噪声抑制包括:对所生成的频域信号中的每一个,识别出频率大于预设频率阈值且幅度大于预设幅度阈值的部分,将识别出的部分频域信号的幅度设置成预定

义的值。

7. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括基于纹理对比度或者纹理能量获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法进一步包括:将局部区域中聚焦区域的最佳声速设置为全局最佳声速;用全局最佳声速更新系统声速;并且,在后续超声波发射时采用的预设的系统声速为前一帧图像的全局最佳声速。

9. 一种基于声速自适应修正的超声波束合成系统,其特征在于,所述系统包括依次连接的探头阵元、波束合成器、回波信号处理器、扫描转换器、图像处理器、存储器、显示器;与波束合成器依次连接的基带处理模块、频谱分析模块、质量因子计算模块和存储器;以及与波束合成器连接的相位修正模块;所述系统用于执行权利要求1至9中任一项所述的方法。

10. 根据权利要求9所述的系统,其特征在于,进一步包括:依次与时延模块连接的时频变换模块、信号检测和噪声抑制模块、以及逆时频变换模块。

## 一种基于声速自适应修正的超声波束合成方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声波成像技术领域,尤其涉及一种基于声速自适应修正的超声波束合成方法和系统。

### 背景技术

[0002] 在医疗超声成像系统中,从超声探头发射超声波到最后显示出图像,要经过发射接收电路,模拟信号到数字信号转化,波束合成,信号基带处理,数字扫描变换器及图像后处理等环节。其中,超声成像系统的波束合成质量高低对最终成像效果有着至关重要的影响。对通道数据进行波束合成的主要处理方式包括传统的硬件波束合成与随通用处理器能力发展而兴起的软件波束合成,其涉及的相关技术有电子聚焦与扫描线控制,变迹,变孔径等。无论是硬件还是软件波束合成,其目的都是为了获得具有良好指向性的超声波束。

[0003] 由于在发射时每次发射只能形成一个焦点,选择一种孔径,一种变迹函数;在接收时,随时间变化的接收信号代表着不同深度处产生的回波信号,如果随时间不断调整聚焦深度,孔径大小与变迹函数,就可以获得全程聚焦(动态聚焦)的效果。波束合成控制超声的发射和接收,在发射时控制不同的聚焦深度,不同的孔径与变迹函数,在接收时根据不同位置完成动态聚焦同时也可以使用接收端孔径与变迹来抑制旁瓣提高聚焦质量。

[0004] 波束合成的过程就像百川汇大江一样,将各个通道的回波信号数据汇聚成具有良好指向性的波束。遗憾的是这个过程中一些通道会受到污染。对于超声成像各个模式(例如B,C,D模式)而言,信号滤波就像是净水处理工厂来滤除污染,例如旁瓣产生的噪声、系统噪声、滤除C模式下血流信号中的组织信号。但由于信号与噪声在波束加和处理阶段会混在一块,现有方案不能完全滤除噪声,并且甚至在可能滤除的情况下也存在滤波的折衷,例如噪声的强抑制可能使真实信号变形。

[0005] 与波束合成的质量相关的重要成像参数是声速。超声系统需要利用声速来得到发射接收中各个通道的延迟曲线,如果系统使用的声速偏离真实声速的超声波经过了局部组织时,就会出现相位偏差,导致组织位置的偏移,点扩散函数的拓宽以及旁瓣的增加,影响图像的动态范围,对比度,降低图像的质量,影响医疗诊断的准确性。而超声波在人体不同组织中传播时,声速会差异较大,例如,超声波在人体脂肪含量较高的脂肪传播时,声速大约为1450m/s,而在肌肉中的声速为1580m/s左右。某些肌肉组织的声速甚至可高达1640m/s,如表1所示。

[0006] 表1

[0007]

组织	声速(m/s)
血液	1580
肌肉	1580
肾脏	1560
肝	1550

脂肪	1450
----	------

[0008] 现有的医疗超声系统通常把1540m/s作为声速预设值,并且包含超声声速优化和相关信号校正的方法。申请公布号为CN 104188684 A的中国发明专利申请公开了一种自适应医疗超声成像声速优化和信号修正方法及系统,其使用不同声速对同一扫描部位多次发射超声波,声速的迭代范围为1450m/s~1640m/s,从而获得多幅不同声速对应的RF信号。该方法需要使用不同声速进行多次扫描获得多幅不同声速对应的RF信号或图像,不仅非常耗时,而且容易因扫描时间过长引入的运动误差(心脏扫描最为突出,由于心脏运动,多帧图像之间相差较大),使得声速优化时间较长且优化结果的准确度较低。另一方面,由于需要使用不同的迭代声速进行多次发射,受限于探头阵元扫描切换延迟和成像时间要求,该方案的样本声速的迭代密度通常较小,加之保存多次发射对应通道数据时因运动误差带来的噪声,所获得的声速优化结果准确度无法达到更高的要求,从而影响成像质量。

## 发明内容

[0009] 本发明的目的之一至少在于,针对如何克服上述现有技术存在的问题,提供一种基于声速自适应修正的超声波束合成方法和系统,能够进行声速优化自适应修正,提高声速优化结果准确度和优化结果准确度,使用最佳声速对通道数据进行相位补偿,提高超声成像质量。

[0010] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案包括以下各方面。

[0011] 一种基于声速自适应修正的超声波束合成方法,其包括:

[0012] 使用一个预设的系统声速进行一次超声波发射,根据各通道所接收的回波信号获取第一通道数据;

[0013] 基于第一通道数据,获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子;

[0014] 对于每个局部区域,将最大的声速优化质量因子所对应的样本声速设置为该局部区域的最佳声速;根据各个局部区域的最佳声速和系统声速之差对第一通道数据进行相位修正和波束合成;

[0015] 对波束合成的信号,依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、图像后处理,生成一幅图像。

[0016] 优选的,所述获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子包括针对多个样本声速中的每一个样本声速执行:

[0017] 根据样本声速计算与通道相对应的时延;根据计算所得时延对第一通道数据进行波束合成,获得RF信号;对所获得RF信号进行基带处理,获取IQ信号;分别基于至少三个局部区域中的每一个局部区域,对IQ信号进行频谱分析,获取代表各个局部区域的频谱;计算代表各个局部区域的频谱主瓣的能量,获取各局部区域与样本声速相对应的声速优化质量因子。

[0018] 优选的,所述获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子包括针对多个样本声速中的每一个样本声速执行:

[0019] 根据样本声速计算与通道相对应的时延;根据计算所得时延对第一通道数据进行波束合成,获得RF信号;分别基于至少三个局部区域中的每一个局部区域,对RF信号进行频

谱分析,获取代表各个局部区域的频谱;计算代表各个局部区域的频谱主瓣的能量,获取各局部区域与样本声速相对应的声速优化质量因子。

[0020] 优选的,所述获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子包括针对多个样本声速中的每一个样本声速执行:

[0021] 根据样本声速计算与通道相对应的时延;根据计算所得时延对第一通道数据进行第一波束合成;对波束合成的信号,依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、图像后处理,生成一帧图像;

[0022] 用预设的二维纹理分析窗口对所获得图像进行纹理分析,计算图像的遍历纹理熵;计算图像的各个局部区域的纹理熵平均值,获取各局部区域与样本声速相对应的声速优化质量因子。

[0023] 优选的,所述多个样本声速可以从范围1400m/s~1700m/s均匀间隔取值,且样本声速的数量大于60。

[0024] 优选的,在进行波束合成之前对每个聚焦点,将对应的时延施加到第一通道数据,获取向量数据;对向量数据中的一个或多个向量进行离散时频变换,生成频域信号;对所生成的频域信号进行信号检测和噪声抑制;对经过噪声抑制的频域信号中的每一个向量进行逆变换,获取第二通道数据;

[0025] 所述信号检测和噪声抑制包括:对所生成的频域信号中的每一个,识别出频率大于预设频率阈值且幅度大于预设幅度阈值的部分,将识别出的部分频域信号的幅度设置成预定的值。

[0026] 优选的,所述方法进一步包括基于纹理对比度或者纹理能量获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子。

[0027] 优选的,所述方法进一步包括:将局部区域中聚焦区域的最佳声速设置为全局最佳声速;用全局最佳声速更新系统声速;并且,在后续超声波发射时采用的预设的系统声速为前一帧图像的全局最佳声速。

[0028] 一种基于声速自适应修正的超声波束合成系统,其包括依次连接的探头阵元、波束合成器、回波信号处理器、扫描转换器、图像处理器、存储器、显示器;与波束合成器依次连接的基带处理模块、频谱分析模块、质量因子计算模块和存储器;以及与波束合成器连接的相位修正模块;所述系统用于执行上述的方法。

[0029] 优选的,所述系统进一步包括:依次与时延模块连接的时频变换模块、信号检测和噪声抑制模块、以及逆时频变换模块。

[0030] 综上所述,由于采用了上述技术方案,本发明至少具有以下有益效果:

[0031] 通过对波束合成前的通道数据进行声速优化,在得到最优声速后,再进行波束合成,进而完成超声成像;声速优化包括计算各个样本声速下的成像质量因子,将达到最佳成像效果的波束合成输出,同时也可把获得的最佳声速设置为该次超声成像所使用的声速,并将所有局部区域的局部最佳声速用于后续的信号相位补偿,提高了超声系统聚焦质量,使获得的图像分辨率更高,对比度更强。

## 附图说明

[0032] 图1是根据本发明一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成方法的流程

图。

- [0033] 图2是根据本发明另一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成方法的流程图。
- [0034] 图3是根据本发明实施例的去除通道数据中噪声的流程示意图。
- [0035] 图4是根据本发明又一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成方法的流程图。
- [0036] 图5是根据本发明一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成系统的结构示意图。
- [0037] 图6是根据本发明另一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成系统的结构示意图。
- [0038] 图7是根据本发明又一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成系统的结构示意图。
- [0039] 图8是根据本发明实施例的横向加权频谱示意图。
- [0040] 图9是根据本发明实施例的轴向加权频谱示意图。

## 具体实施方式

[0041] 下面结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明,以使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0042] 图1示出了根据本发明一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成方法的流程图。其包括的如下各步骤中的部分或全部步骤可以分别单独或者并行执行,步骤编号仅用于标识各步骤,并不用于限制各步骤的执行次序和/或次数。

[0043] 步骤101:使用一个预设的系统声速进行一次超声波发射,根据各通道所接收的回波信号获取第一通道数据

[0044] 其中,预设的系统声速可以为存储器中存储的多个声速数据,并可以在发射时根据应用场景的不同来选取(例如,对应心脏的应用,预设的系统声速为1580m/s),也可以在运行中更新为不同的声速。其中,区别于传统超声成像系统在发射时的聚焦点一般需要选择用户感兴趣区域,本实施例所述发射的聚焦点可以任意设置,因为其采用追溯法发射逐点聚焦,所以聚焦点的空间位置可在目标组织上述任意选取。但是,优选的也可以是用户感兴趣区域。并且,在发射超声波时可以根据第一变迹函数对各阵元施加幅度激励信号。

[0045] 通道数据包括发射后各个通道接收到的回波信号的采样数据,例如M个通道,每个通道接收L个采样点,一次发射就得到M\*L个采样数据。其中,通道数M最高不超过探头阵元的通道个数,可根据应用选择1到探头的通道个数之间的值,优选是全通道使用。采样点数量L是由系统采样率F<sub>s</sub>、声速C和扫描深度d来确定的,即L=2dF<sub>s</sub>/C,不同系统还可能存在一定扫描切换延迟,例如系统采样率为60MHZ,扫描深度10cm,声速1540m/s,不考虑系统延迟,L约为7790点。

[0046] 步骤102:根据第一样本声速计算与通道相对应的时延

[0047] 具体地,可以根据样本声速、以及与发射的动态接收聚焦点到各个通道(即接收回波的各个探头阵元)的距离,根据速度与距离的关系来计算对应的时延。

[0048] 步骤103:根据计算所得时延对第一通道数据进行第一波束合成,获得射频RF信号

[0049] 其中,在进行第一(以及后述的第二)波束合成前可以使用频率域信号分析来去除的不良旁瓣和保存通道数据产生的噪声,以获取更好的成像质量。关于频率域信号分析后文将进行详细说明。

[0050] 步骤104:对所获得RF信号进行基带处理,获取正交解调信号(IQ信号)

[0051] 步骤105:分别基于至少三个局部区域中的每一个局部区域,对IQ信号进行频谱分析,获取代表各个局部区域的频谱

[0052] 其中,所述至少三个局部区域至少包括一个聚焦区域,例如可以包括近场、远场和聚焦三个区域。在其他实施例中,也可以对局部区域进一步细分。可以首先使用快速傅立叶变换(FFT)和滤波器组的Capon或APES变换等计算得到横向(即平行于探头方向,见图8)频谱,或者轴向(即平行于声束方向,见图9)频谱。再对各个局部区域内的频谱进行加权平均,获取代表各个局部区域的频谱。

[0053] 在其他实施例中,也可以不在步骤104中对RF信号进行基带处理,相应地,本步骤105中直接对RF信号进行频谱分析,相应的频谱为直接根据RF信号获取。RF信号由于没有经历下采样,因此数据量相比IQ信号更大,所需的计算时间更长,但所获取的频谱更加精细,因此能够获取更高品质的成像。

[0054] 步骤106:计算代表各个局部区域的频谱主瓣的能量,获取各局部区域与第一样本声速相对应的声速优化质量因子

[0055] 其中,频谱主瓣的能量为代表各个局部区域的频谱的起始频点到终止频点的积分。可以将各个局部区域的该积分值作为各个局部区域的声速优化质量因子。

[0056] 步骤107:基于第一通道数据,获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子

[0057] 具体地,可以不必再次进行超声波发射,仍然基于第一通道数据,分别用第二样本声速至第N样本声速重复执行上述步骤102至步骤106,以获取各局部区域分别与N个样本声速相对应的声速优化质量因子。并且,重复执行上述步骤102至步骤106可以按照样本声速的数量进行并行处理。

[0058] 其中,N个样本声速可以从范围1400m/s~1700m/s均匀间隔取值,例如N可以取值大于60,即本发明可以仅通过一次发射,对一次发射所获取的一组通道数据采用远多于现有技术的样本声波来进行多次自适应调整,提高声速优化质量,使优化结果声速更接近当前应用组织中的实际声速,从而提高相位修正的效果,进一步提高成像质量;同时由于仅需要进行一次发射,大于60次的声速自适应优化可以同时并行处理,因此可以在不延长优化时间的前提下提高优化质量。

[0059] 步骤108:对于每个局部区域,将最大的声速优化质量因子所对应的样本声速设置为该局部区域的最佳声速

[0060] 步骤109:根据各个局部区域的最佳声速和系统声速之差对第一通道数据进行相位修正和第二波束合成

[0061] 其中,相位修正包括:在回波动态聚焦计算中,根据各个局部区域的最优声速与系统声速差异对各个局部区域对应的通道数据进行相位偏移补偿,以在第二波束合成中获得最佳聚焦效果。

[0062] 对步骤109波束合成的信号,依次执行步骤110信号解调、步骤111包络检测、步骤112扫描转换、步骤113图像后处理,生成一帧图像。

[0063] 步骤114:输出所获取的图像

[0064] 例如,可以将获取的图像输出到存储器中存储或者通过显示器显示。

[0065] 图2示出了根据本发明另一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成方法的流程图。其与图1的实施例不同在于,在通过步骤108获取各局部区域的最佳声速之后,还包括步骤216,将局部区域中聚焦区域的最佳声速设置为全局最佳声速,以及步骤217,用全局最佳声速更新系统声速。并且,在后续超声波发射时所采用的预设的系统声速即为前一帧图像的全局最佳声速,因此可以提高后续成像中系统声速与组织中实际声速的匹配度,从而进一步提高成像质量。

[0066] 如图3所示,在上述实施例中进行第一和第二波束合成前,均可以使用频率域信号分析来去除通道数据中的不良旁瓣和保存通道数据产生的噪声,以获取更好的成像质量。具体地,包括如下步骤:

[0067] 步骤301:对每个聚焦点,将对应的时延施加到第一通道数据,获取向量数据

[0068] 其中,施加是指将每个聚焦点对应的时延应用在对应的回波信号上以获取各个通道的信号值。具体地,对每个聚焦点,将该聚焦点到M个通道中每一个通道的时延施加到对应的通道数据,可以获得一个包含M个点的时域向量。对于进行N次发射,可以得到N个维度为M的时域向量。其中,时延可以采用上述各局部区域的最佳声速、以及聚焦点与到对应的通道的距离来获取。

[0069] 步骤302:对向量数据中的一个或多个向量进行离散时频变换,生成频域信号

[0070] 例如,离散时频变换可以采用S变换、小波变换、傅立叶变换等时频分析方法之一获取N个频域信号。优选采用S变换。

[0071] 步骤303:对所生成的频域信号进行信号检测和噪声抑制

[0072] 具体地,信号检测和噪声抑制包括:对于N个上述经过变换后得到的频域信号中的每一个,识别出频率大于预设频率阈值(例如,频率阈值大约为探头阵元中心频率的110%至190%)并且幅度大于预设幅度阈值(例如,幅度阈值大约为-10dB至-200dB)的部分(这些信号通常是由超声反射和指向性引入的),将识别出的部分频域信号的幅度设置成预定义的值。这通常是非常小的值,例如,输出为0,即完全抑制。这可以通过相应的频率滤波电路来实现。

[0073] 优选地,可以进一步计算所识别出的部分频域信号的频率或者幅度分别在通道数据维度方向(即不同的发射对应的通道数据之间)的方差,对方差大于预设阈值(例如,预设阈值大约为方差均值的0.1%至10%)的频域信号的频率和幅度施加较低的权重(例如,权重为0或者用模糊逻辑得到过渡带权重0~1)来抑制噪声。

[0074] 上述使用方差进行检测的原因是返回的回波信号部分在各个发射中在没有离轴反射,声速误差和噪声的情况下应该是相似的(方差较小),因此方差大的部分被认为是需要去除的噪声,使用更低的权重。在其他实施例中,所述方差,也可以是标准差等衡量一组数据离散度的指标。

[0075] 步骤304:对经过噪声抑制的频域信号中的每一个向量进行逆变换,获取第二通道数据

[0076] 其中,逆变换可以采用与步骤302中变换相对应的逆变换,例如逆S变换,逆小波变换,逆傅立叶变换等。

[0077] 后续可以继续按照上述的各实施例的方法对获取的第二通道数据(作为前述实施例中的第一通道数据)进行波束合成。

[0078] 图4示出了根据本发明又一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成方法的流程图。其与图1的实施例不同在于是更加对图像的纹理分析来计算声速优化因子和相应的最优声速,具体包括如下步骤:

[0079] 步骤401:使用一个预设的系统声速进行一次超声波发射,根据各通道所接收的回波信号获取第一通道数据

[0080] 步骤402:根据第一样本声速计算与通道相对应的时延

[0081] 步骤403:根据计算所得时延对第一通道数据进行第一波束合成

[0082] 对步骤403波束合成的信号,依次执行步骤404信号解调、步骤405包络检测、步骤406扫描转换、步骤407图像后处理,生成一帧图像。

[0083] 步骤408:用预设的二维纹理分析窗口对所获得图像进行纹理分析,计算图像的遍历纹理熵

[0084] 其中,二维纹理分析窗口的大小可以为 $8 \times 8, 12 \times 12, 16 \times 16$ ,到 $32 \times 32$  等。

[0085] 步骤409:计算图像的各个局部区域的纹理熵平均值,获取各局部区域与第一样本声速相对应的声速优化质量因子

[0086] 其中,可以根据遍历纹理熵分别计算各个局部区域内(例如,可以将图像按照边缘、中心、关注度等条件分为多个局部区域)的纹理熵的平均值,以作为该局部区域与第一样本声速对应声速优化质量因子。

[0087] 步骤410:基于第一通道数据,获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子

[0088] 具体地,可以不必再次进行超声波发射,仍然基于第一通道数据,分别用第二样本声速至第N样本声速重复执行上述步骤402至步骤409,以获取各局部区域分别与N个样本声速相对应的声速优化质量因子。

[0089] 步骤411:对于每个局部区域,将最大的声速优化质量因子所对应的样本声速设置为该局部区域的最佳声速

[0090] 步骤412:根据各个局部区域的最佳声速和系统声速之差,对第一通道数据进行相位修正

[0091] 其中,相位修正包括:在回波动态聚焦计算中,根据各个局部区域的最优声速与系统声速差异对各个局部区域对应的通道数据进行相位偏移补偿,以在波束合成中获得最佳聚焦效果。

[0092] 根据步骤412修正后的通道数据,重复执行步骤403进行波束合成,并依次执行步骤404信号解调、步骤405包络检测、步骤406扫描转换、步骤407 图像后处理,生成一帧图像。

[0093] 最后,通过步骤413:输出所获取的图像。

[0094] 同样的,本实施例也可以进一步在通过步骤411获取各局部区域的最佳声速之后,还包括:将局部区域中聚焦区域的最佳声速设置为全局最佳声速;以及,用全局最佳声速设

置更新系统声速。并且，在后续超声波发射时所采用的预设的系统声速即为前一帧图像的全局最佳声速，因此可以提高后续成像中系统声速与组织中实际声速的匹配度，从而进一步提高成像质量。

[0095] 图4的实施例中步骤409获取声速优化质量因子除了可以通过计算纹理熵平均值来获取外，在优选的实施例中，可以采用计算图像的各个局部区域的纹理对比度或者纹理能量来获取，以实现更高的优化质量。

[0096] 其中，纹理对比度可以表征图像局部的对比度，特别是图像边缘的保持度，因此它的取值越大，说明聚焦的效果越好，其对应的声速越接近真实声速。纹理对比度的定义为： $\text{Contrast} = \sum_j j^2 P_d(j)$ 。

[0097] 并且，纹理能量可以用于表征局部图像的均匀性，其值越大，表明该区域同质化程度越高，对比度越低，因此它的取值越小，说明聚焦的效果越好，其对应的声速越接近真实声速，因此相应其他各步骤中，选取局部最优和全局最优的声速优化质量因子时，选择纹理能量最小的为最优。纹理能量  $\text{Energy} = \sum_i P_s(i)^2 \sum_j P_d(j)^2$

[0098] 其中， $P_d$  和  $P_s$  的定义如下：

$$P_s(i; d_x, d_y) = \text{Card}\{(k, l) | y_{k,l} + y_{k+d_x, l+d_y} = i\}$$

$$P_d(i; d_x, d_y) = \text{Card}\{(k, l) | y_{k,l} - y_{k+d_x, l+d_y} = i\}$$

[0101] 其中， $\text{Card}$  表示满足式中条件的坐标集合的个数，式中  $y_{k,l}$  表示局部坐标为  $(k, l)$  处的强度， $i$ 、 $j$  表示坐标点处的灰度值， $(d_x, d_y)$  是用于纹理分析的方向向量，例如，方向向量  $(2, 0)$  表示在  $x$  (水平) 方向的计算步长为 2，而在  $y$  (深度方向) 方向步长为 0。并且，由于声速误差引起的图像退化对超声横向分辨率更为突出，因此，优选的二维纹理分析窗口大小为  $16 \times 16$ 。

[0102] 图5示出了根据本发明一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成系统的结构示意图，该系统包括：依次连接的探头阵元、波束合成器、回波信号处理器、扫描转换器、图像处理器、显示器；其中，探头阵元用于发射超声波并接收对应的回波信号；波束合成器用于对通道数据进行波束合成；回波信号处理器用于对波束合成信号进行信号解调和包络检测；扫描转换器用于根据解调信号和包络获取图像数据；图像处理器用于进行图像后处理以生成一帧图像；

[0103] 与波束合成器依次连接的基带处理模块、频谱分析模块、质量因子计算模块和存储器；其中，基带处理模块，用于RF信号进行基带处理，获取正交解调信号；频谱分析模块，用于获取代表各个局部区域的频谱；质量因子计算模块，用于获取各局部区域与本声速相对应的声速优化质量因子并存储在存储器中；

[0104] 与探头阵元连接的时延模块，用于计算与通道相对应的时延；以及

[0105] 与波束合成器连接的相位修正模块，用于对通道数据进行相位修正。

[0106] 图6示出了根据本发明另一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成系统的结构示意图，该系统在图5中实施例的基础上进一步包括依次与时延模块连接的时频变换模块、信号检测和噪声抑制模块、以及逆时频变换模块。

[0107] 时延模块进一步用于将每个聚焦点到各个通道的时延施加到对应的通道数据，获得向量数据；时频变换模块用于对向量数据中的一个或多个向量进行离散时频变换，生成

频域信号；信号检测和噪声抑制模块用于对所生成的频域信号进行信号检测和噪声抑制，以去除频域噪声；逆时频变换模块用于对经过噪声抑制的频域信号中的每一个向量进行逆变换，获取对应通道数据。

[0108] 图7示出了根据本发明又一实施例的基于声速自适应修正的超声波束合成系统的结构示意图，该系统与图5中实施例的不同在于，其包括与图像处理模块连接的纹理分析模块，用于获取图像各局部区域分别与样本声速相对应的声速优化质量因子。

[0109] 以上所述，仅为本发明具体实施方式的详细说明，而非对本发明的限制。相关技术领域的技术人员在不脱离本发明的原则和范围的情况下，做出的各种替换、变型以及改进均应包含在本发明的保护范围之内。

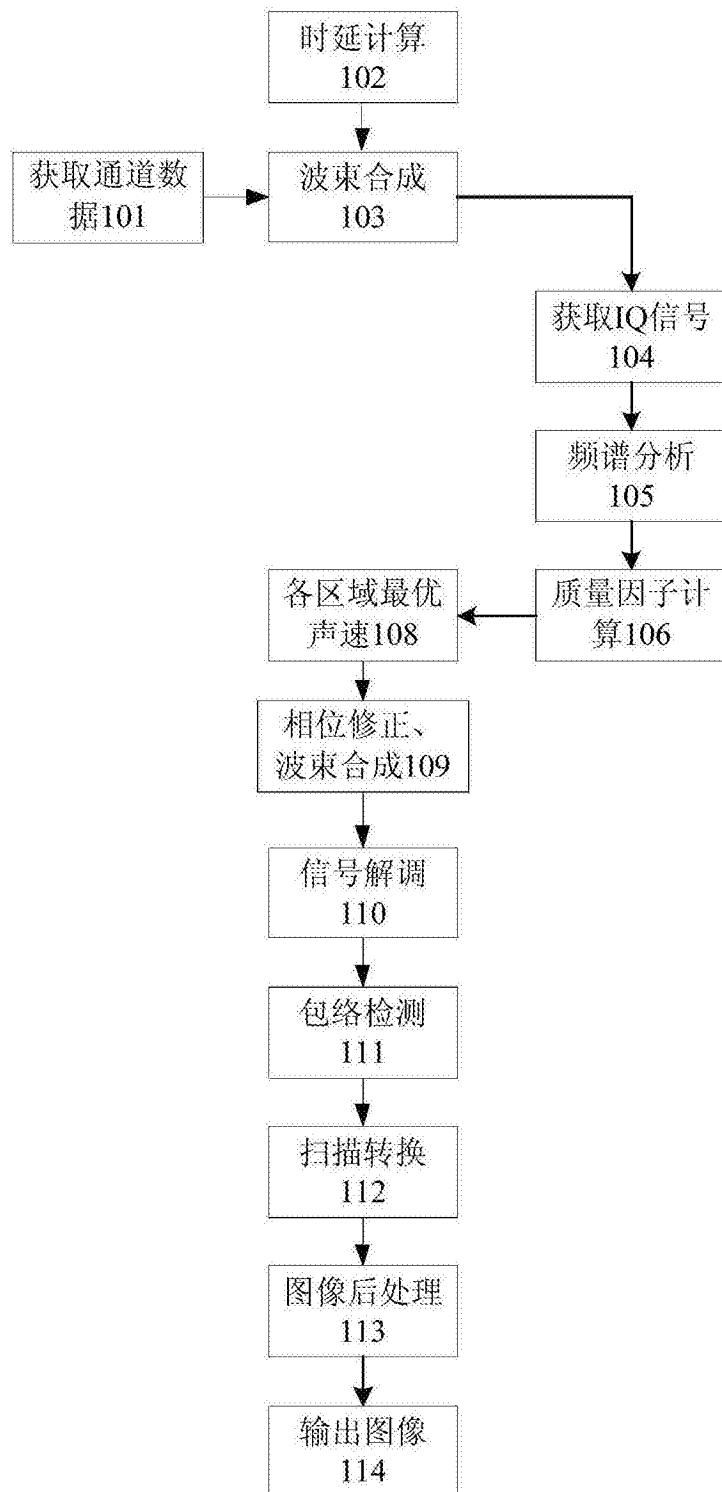


图1

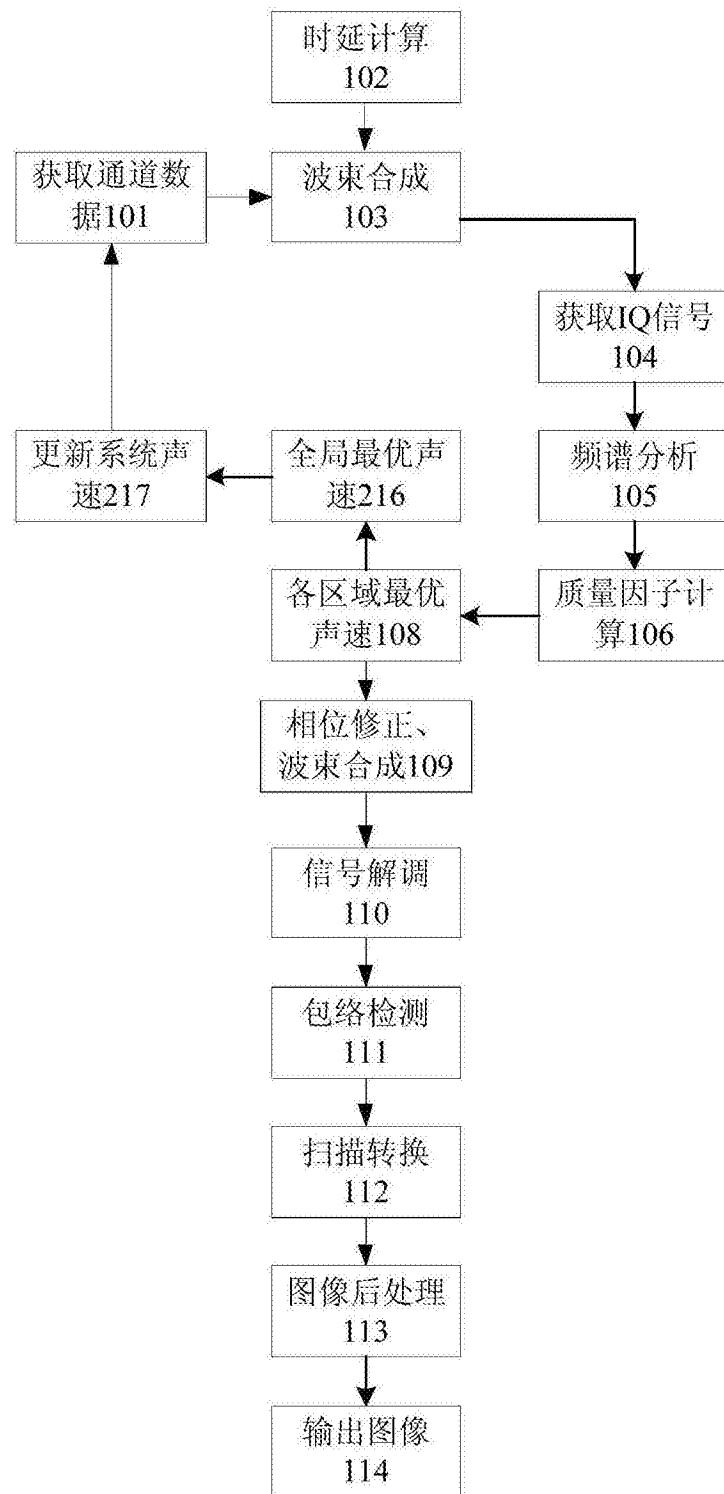


图2

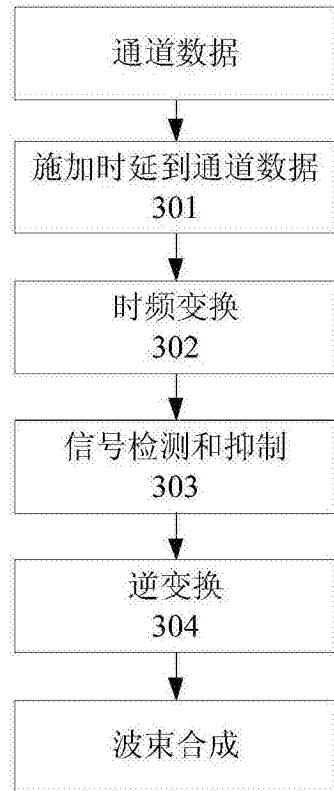


图3

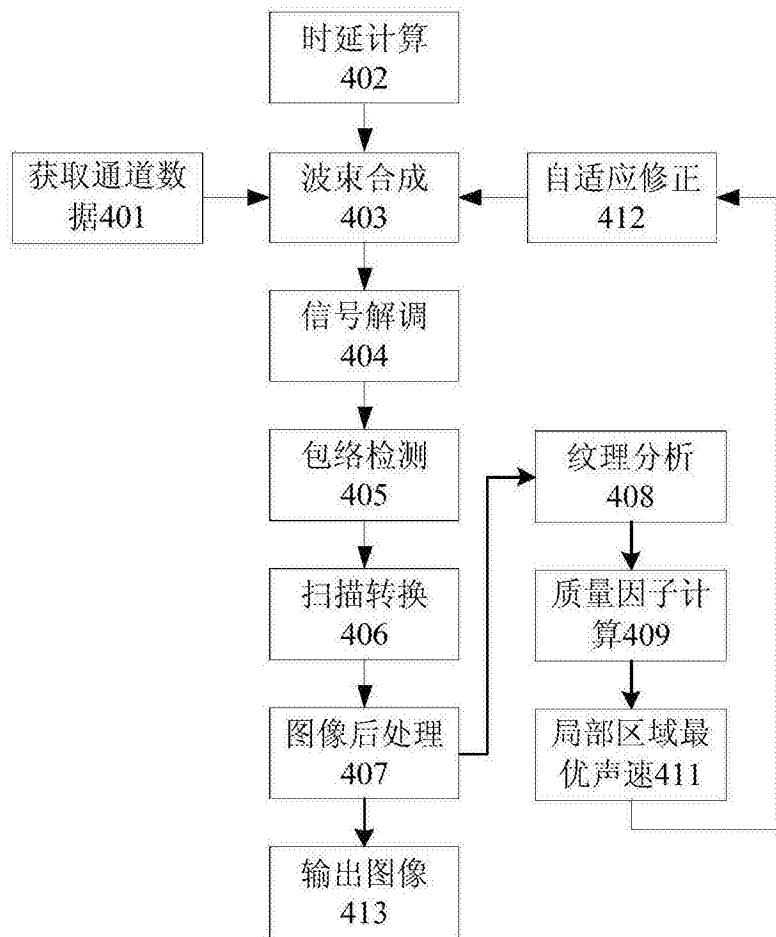


图4

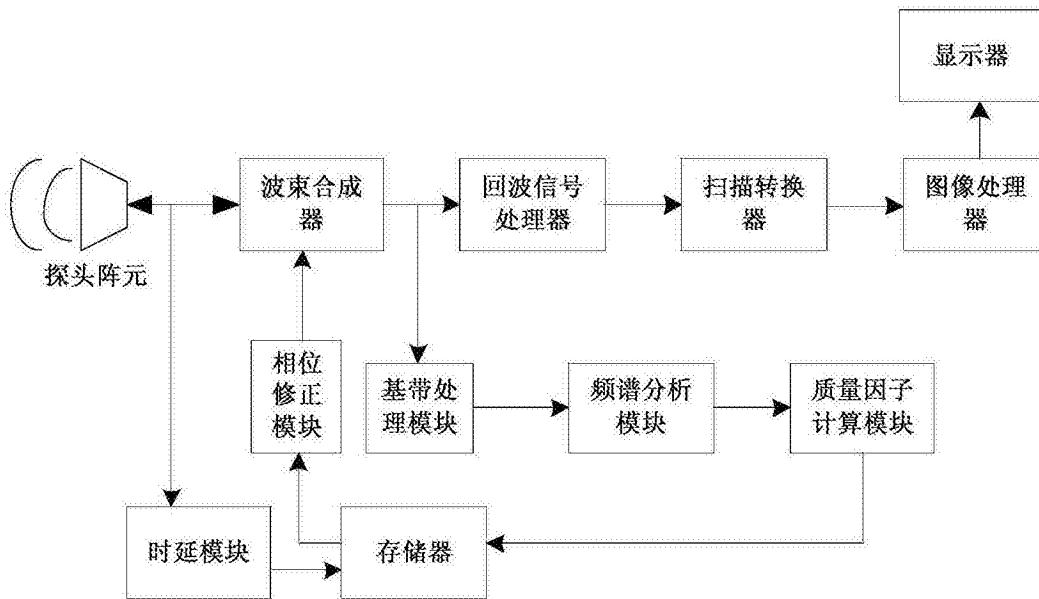


图5

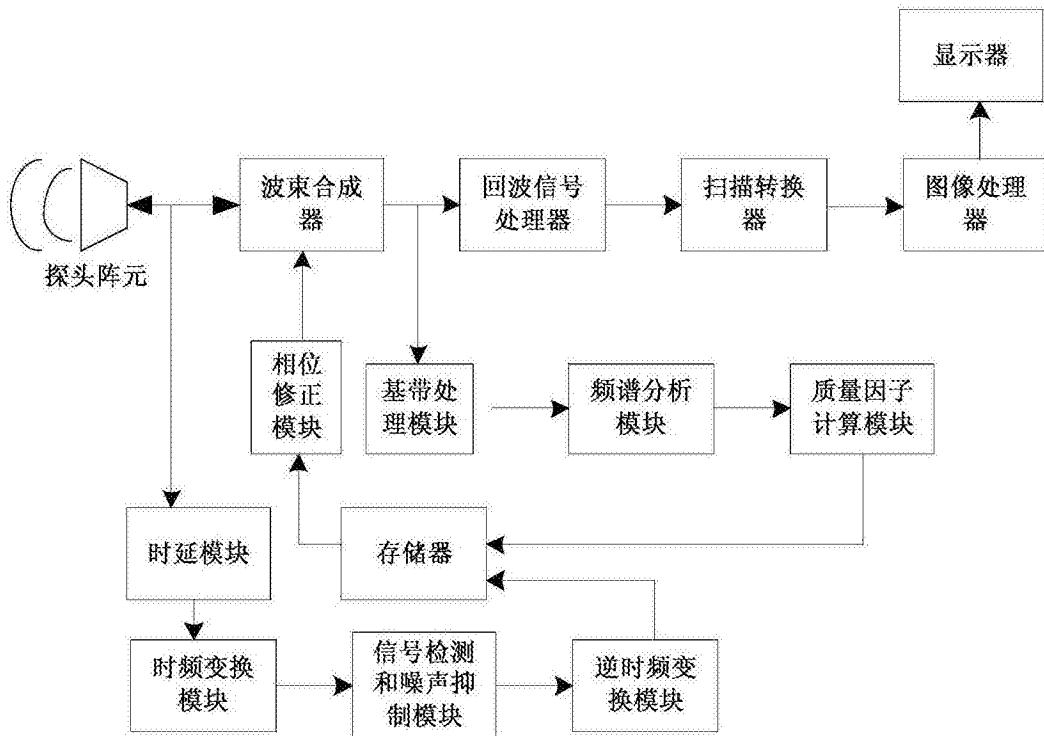


图6

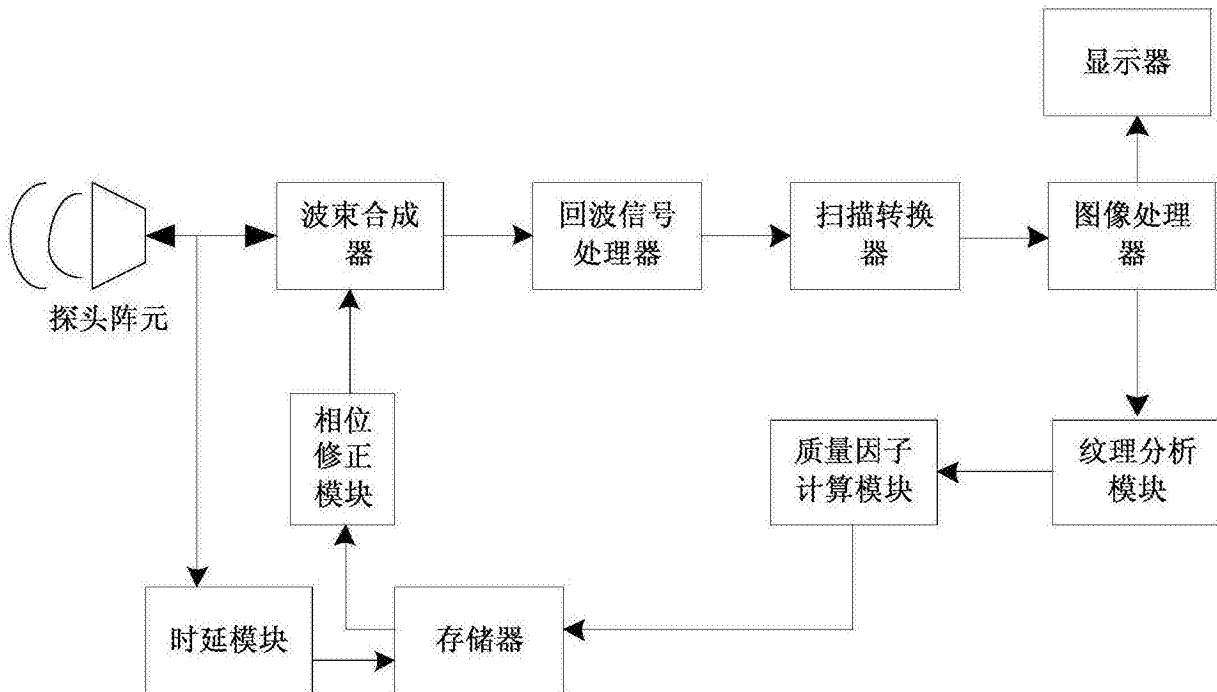


图7

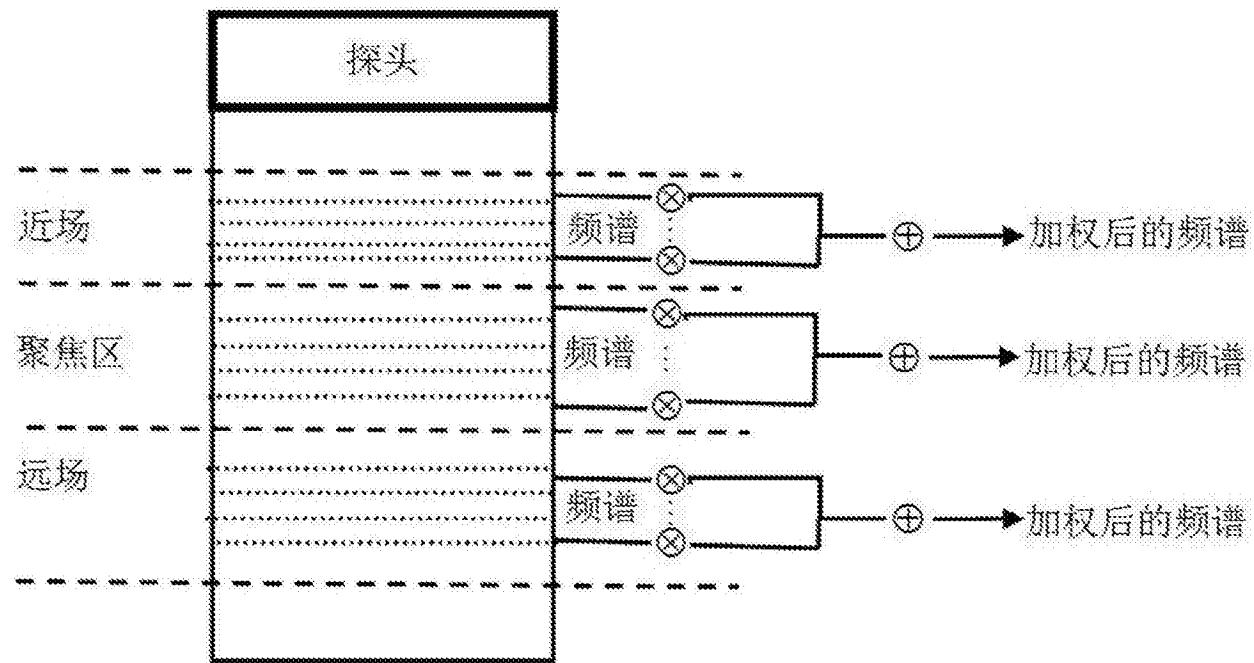


图8

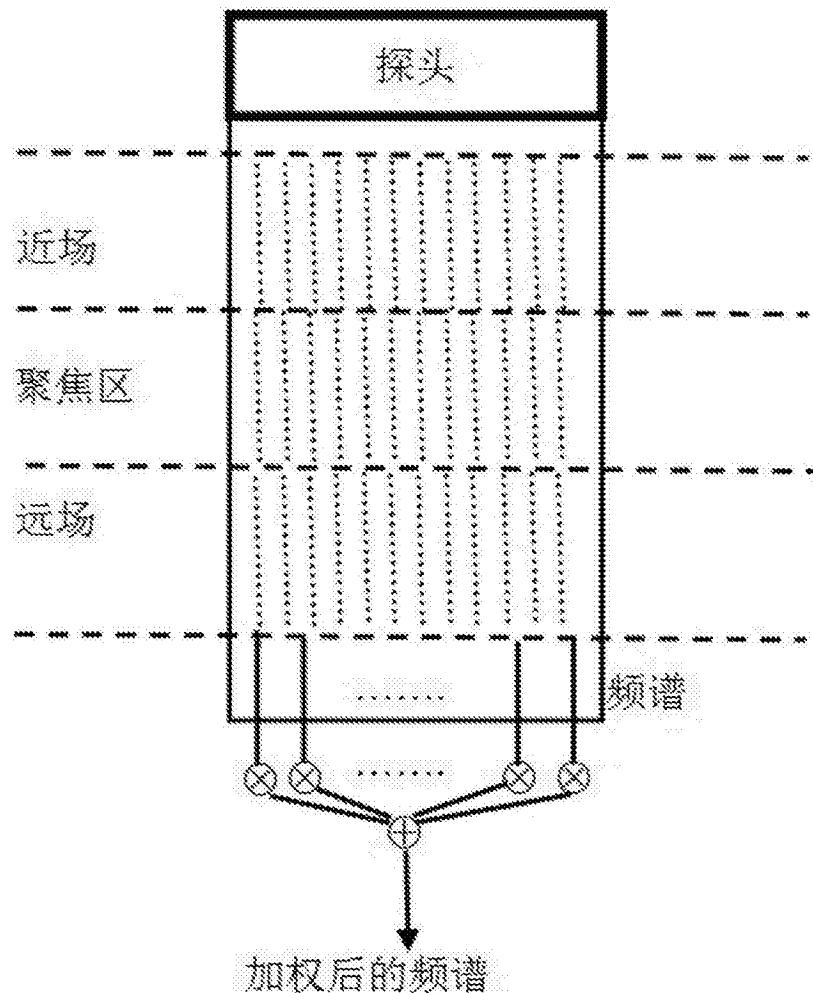


图9

专利名称(译)	一种基于声速自适应修正的超声波束合成方法和系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN107997784A</a>	公开(公告)日	2018-05-08
申请号	CN201711230934.4	申请日	2017-11-29
[标]申请(专利权)人(译)	声泰特(成都)科技有限公司		
申请(专利权)人(译)	声泰特(成都)科技有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	声泰特(成都)科技有限公司		
[标]发明人	石丹 刘西耀 刘东权		
发明人	石丹 刘西耀 刘东权		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/52 A61B8/5207 A61B8/5269		
代理人(译)	韩洋 张伟		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

**摘要(译)**

本发明公开了一种基于声速自适应修正的超声波束合成方法和系统，能够进行声速优化自适应修正，提高声速优化结果准确度和优化结果准确度，使用最佳声速对通道数据进行相位补偿，提高超声成像质量。该方法包括：使用一个预设的系统声速进行一次超声波发射，根据各通道所接收的回波信号获取第一通道数据；基于第一通道数据，获取各局部区域分别与多个样本声速相对应的声速优化质量因子；对于每个局部区域，将最大的声速优化质量因子所对应的样本声速设置为该局部区域的最佳声速；根据各个局部区域的最佳声速和系统声速之差对第一通道数据进行相位修正和波束合成；依次执行信号解调、包络检测、扫描转换、图像后处理，生成一帧图像。

